

Zeitschrift: Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel
Herausgeber: Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel
Band: 35 (1963)

Artikel: Methodische Untersuchungen zur Erfassung der assimilierenden Gesamtoberfläche von Wiesen
Autor: Geyger, Erika
Kapitel: B.: Untersuchungsmethodik
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-377641>

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: 16.07.2025

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

und Gräser, deren Blätter z.T. sogar gefaltet oder gerollt sind (*Festuca rubra*). Zudem sind hier im Unterschied zu Untersuchungen an Wäldern auch die Stengel und Blattscheiden als Assimilationsorgane mit zu erfassen. Eine einheitliche Messmethodik für so verschieden geformte Oberflächen wurde bisher nicht beschrieben, denn die meisten Autoren untersuchten jeweils für spezielle Zwecke die Blattflächen nur einer oder weniger Pflanzenarten. Deshalb musste bei den vorliegenden Untersuchungen besonderes Gewicht auf die Ausarbeitung einer geeigneten Messmethodik gelegt werden. Die Untersuchungen können als Anwendungsbeispiele dieser neuentwickelten Methodik gelten.

B. Untersuchungsmethodik

I. Oberflächenmessung an pflanzlichen Organen

Der erste Schritt zur Erfassung der assimilierenden Gesamtoberflächen ist die Flächenmessung der verschiedenen grünen Pflanzenteile. Zunächst seien alle mir erreichbaren Angaben in der Literatur zur Messmethodik kurz zusammengestellt.

1. Literaturübersicht

a) Zur Messung der Blattflächen

Verhältnismässig einfach ist die exakte Flächenerfassung der vorwiegend plan ausgebreiteten Pflanzenblätter. Ihre Flächen wurden von den meisten Autoren nicht unmittelbar vermessen, sondern zunächst als Abbildungen festgehalten, entweder durch Zeichnung (DIETRICH 1925, SCHEIBE 1927, ELLENBERG 1939) oder durch Lichtpause (HENRICI 1918, MAXIMOV 1929, STOCKER 1929, WALTER 1962). Die anschliessende Flächenmessung erfolgte (jedoch z.T. nur an Teilproben des Untersuchungsmateriales) durch Planimetrieren (SCHEIBE 1927, STOCKER 1929, GRAF-MARIN 1934, ELLENBERG 1939, POLSTER und REICHENBACH 1958) oder durch Ausschneiden und Wägen (RAMANN 1911, HENRICI 1918, LÜDIN 1927). MAXIMOV (1929), VARESCHI (1951) und WALTER (1962) gaben beide Messverfahren an. MÖLLER (1945) stellte die Blattabbildungen durch Farbabdruck her (Aufdrücken der Blätter auf ein Stempelkissen) und ermittelte die Fläche der auf weissem Bogen spiralförmig angeordneten Blattabdrucke durch eine einzige Planimetrierung; auch ELLENBERG (1939) planimetrierte viele dicht zusammengelegte Blätter auf einmal. MEYER (1961) verzichtete auf jede Abbildung; er stanzte mit einem Locheisen Blattstücke bestimmter Fläche aus und verglich deren Trockengewichte mit dem Gesamttrockengewicht der Blätter.

b) Zur Messung der Oberflächen gewölbter Organe

Für gewölbte Organe sind die Messverfahren komplizierter. STOCKER (1923) forderte die Berücksichtigung der Wölbung schon bei den Blättern «erikoider Formen». *Sempervivum tectorum* z. B. hat gewölbte Blattunterseiten mit etwa 20% Flächenvergrößerung; diese wären also bei der Einbeziehung der Blattunterseiten in die Messung (besonders für Transpirationsuntersuchungen) zu der plan gemessenen Blattfläche zuzuschlagen. Bei den dreikantigen Sprossen von *Calluna vulgaris* wurde entweder die Fläche einer Seite ermittelt und dreimal in Rechnung gesetzt oder nach vorsichtiger Quetschung die neu entstandene ebene Fläche doppelt in Rechnung gesetzt. (Durch Vergleich der beiden am gleichen Objekt nacheinander angewandten Verfahren ergaben sich gleiche Flächengrößen.) Bei *Empetrum nigrum* wurden die Rollblätter nach Quetschung als ebene Fläche vermessen, wobei naturgemäss beide Seiten in Rechnung gesetzt wurden. (Die völlig abgeschlossene Innenseite der Rollblätter darf ja weder für Assimilations- noch für Transpirationsuntersuchungen in die Messung einbezogen werden, ebensowenig die Blattrinnen bei *Calluna* und *Erica*, die von Haaren versperrt sind.) Bei *Sedum album* wurde die Fläche der als «Rotationsellipsoide» ausgebildeten Blätter nach Messung von Längs- und Querdurchmesser errechnet. Für Sprosse von *Sarothamnus*, *Eriophorum* und *Cereus* wurde nach Zerschneiden in Abschnitte der Umfang derselben am Mikroskop mit Hilfe eines Zeichenapparates festgehalten und seine Länge gemessen; hieraus liess sich unter Berücksichtigung der beiden Sprosseiten und der Länge der Abschnitte die Oberfläche errechnen. Ähnlich verfuhr MÖLLER (1945) bei Oberflächenmessungen an Fichtennadeln.

DIETRICH (1925) ermittelte die Oberfläche von *Opuntia* durch Umwickeln der ganzen Pflanze mit Papierstreifen nach Art eines Verbandes. Die äussere Oberfläche wurde dann geschwärzt; nach Abwickeln des Papierstreifens wurden die schwarzen Flächen desselben, die der Pflanzenoberfläche entsprachen, ausgeschnitten und gewogen und zum Gesamtgewicht und der bekannten Gesamtfläche des Papierstreifens ins prozentuale Verhältnis gesetzt.

HARDER, FILZER und LORENZ (1931) ermittelten die Oberflächen von Wüstenpflanzen durch «Abschälen» der Aussenschicht, deren Fläche als Lichtpause festgehalten und planimetriert wurde.

BEILER (1938) benutzte zur Messung der Sprossdurchmesser von *Salicornia* die Mikrometerschraube und errechnete aus Durchmesser und Länge die Oberfläche der Sprosse. Ähnlich verfuhr SPANING (1941) bei Stengeln von *Sinapis*, *Calendula* und *Solanum*.

c) Vereinfachung der Messoperationen

Für die Erfassung grösserer Mengen von Pflanzenmaterial sind die genannten Messverfahren zu zeitraubend. Deshalb wurde nach Möglichkeiten gesucht, z. B. Flächenmessungen durch Längenmessungen zu ersetzen.

GRAF-MARIN (1934) ermittelte zunächst an einigen Blättern der von ihm untersuchten Art (*Hordeum vulgare*) planimetrisch die Fläche, sodann die Länge und Breite der Blätter. Der aus diesen Werten gebildete Quotient Fläche : Länge \times Breite soll für alle Blätter der gleichen Art im gesamten Untersuchungsmaterial konstant sein. Der gefundene Zahlenwert wurde also benutzt, um an den übrigen Blättern aus den Messwerten von Länge und Breite die Fläche zu berechnen.

JOHNSTON und MILLER (1940) verwendeten die Methode zur Untersuchung von Weizenblättern; hier wird angegeben, dass als Breite die maximale Breite in die Rechnung eingesetzt wurde.

BISTRUP (1943) bildete den gleichen Quotienten, er bezeichnete den errechneten Zahlenwert als «Blattformzahl». Für zehn Baumarten mit wenig gelappten Blättern lagen die Werte zwischen 0,65 und 0,70. Bei der Eiche wurde die Blattformzahl nicht aus Länge \times Breite errechnet, sondern aus dem Quadrat der Länge, hier ergab sich ein Wert von 0,36. Bei der Buche (Blattformzahl = 0,675) zeigte sich, dass der Flächeninhalt der Blätter auch anders berechnet werden konnte, da er stets annähernd gleich dem Quadrat über der grössten Breite war.

LAL und SUBBA RAO (1951) bildeten ebenfalls einen Quotienten, den sog. «Blattfaktor», bei dem das Produkt aus Länge und Breite im Zähler, die Fläche im Nenner erscheint. Sie gaben für einige Kulturgräser die durchschnittliche Streuung dieses Faktors bei verschiedenen Blättern derselben Art an: Gerste 2,9%, Reis 3,3%, Mais 6,6% und Weizen 1%.

TIRÉN (1927) stellte sogar für die Kiefernadeln eine sog. «Oberflächenformzahl» auf.

MÖLLER (1945) fand für Fichtennadeln ein konstantes Verhältnis von Oberfläche, Länge und «Umkreis», so dass es möglich war, die Nadeloberfläche aus der allein gemessenen Nadellänge zu berechnen. Bei der Buche benutzte MÖLLER das grösste Quersmass der Blattfläche; dieses sollte von einer bestimmten Blattgrösse an in konstantem Verhältnis zur Fläche stehen.

POLSTER und REICHENBACH (1958) bildeten aus Länge, Breite (in halber Länge der Blätter gemessen) und planimetrisch ermittelter Blattfläche einen Summenkoeffizienten. Dieser hatte bei gleichzeitiger Erfassung von 22 Blättern je Probe bei den untersuchten Baumarten Birke und Pappel eine Streuung von ca. 1%.

d) Flächen-Gewichts-Relation und andere Umrechnungsverfahren

Zur Verminderung des Zeitaufwandes bei Auswertung von umfangreichem Untersuchungsmaterial wird von einer Reihe von Autoren eine konstante Relation zwischen Oberfläche und Gewicht vorausgesetzt, zumindest bei den Blättern derselben Pflanzenart auf dem gleichen Standort. Hat man von repräsentativen Proben die Oberflächen und die Trockengewichte exakt ermittelt, so lässt sich durch blosse Wägung des übrigen Pflanzenmaterials die Oberfläche des Bestandes berechnen.

BURGER (1942) benutzte eine solche Relation zur Ermittlung der Nadeloberflächen von Tannen- und Fichtenbeständen; MÖLLER (1945) ebenfalls bei Fichtenforsten und ausserdem bei Buchen- und Eichenwäldern. VARESCHI (1951) ermittelte aus jeweils hundert vermessenen Blättern aller von ihm untersuchten Pflanzen (Waldbäume, Gräser, Kräuter und gar Moose) durch Flächen-Gewichts-Relation die Oberflächen ganzer Pflanzenbestände.

ELLENBERG (1939) ging dagegen von der Blattzahl aus. Er ermittelte bei Untersuchungen gemischter Waldbestände die Blattflächen von je hundert Blättern aller in den Probeflächen vorkommenden Baumarten; durch Multiplikation mit der Blattzahl ergab sich die Gesamtblattfläche der Probeflächen.

2. Eigene Messmethodik

Die genannten Mess- und Umrechnungsverfahren sind in den meisten Fällen jeweils nur für eine einzige Pflanzenart entwickelt worden, beziehen sich also auf eine ganz bestimmte Blattform. Für die Untersuchung von Wiesen ist jedoch eine Methodik wünschenswert, die die Oberflächen von Pflanzen mit unterschiedlicher Blattmorphologie auf eine einheitliche Weise zu erfassen gestattet, die also von den Umrissformen der Blätter unabhängig ist.

a) Ermittlung der Blattflächen

Besonders gross ist die gestaltliche Mannigfaltigkeit bei den flächenhaft ausgebreiteten Blättern der Wiesenkräuter. Ihre Flächen können am besten als Lichtpausen festgehalten werden. Das hat zudem den Vorteil, dass von den vergänglichen Untersuchungsobjekten haltbare «Dokumente» geschaffen werden, so dass die Flächenmessung auf die Zeit zwischen den Vegetationsperioden verschoben werden kann.

Die Herstellung der Lichtpausen mit Hilfe des natürlichen Sonnenlichtes wurde in einer früheren Arbeit ausführlich geschildert (GEYGER 1960). Da das Lichtpausverfahren selbst weitgehend bekannt ist, sei hier nur die Hilfsvorrichtung zur getreuen Abbildung der nicht immer ganz ebenen Pflanzenblätter beschrieben: Die Blätter werden mit

Wasser benetzt und haften dadurch auf einer Glasplatte, so dass man sie möglichst dicht und gleichmässig auf ihr verteilen kann. Darüber wird eine Plastikfolie gelegt, die das Lichtpauspapier gegen Nässe schützt. Dieses wird mit der lichtempfindlichen Seite zum Objekt orientiert; darauf folgt zum Ausgleich der Unebenheiten eine Schaumgummiplatte von 2 cm Dicke und zuletzt eine Holzplatte. Glas- und Holzplatte werden an den überstehenden Längskanten durch kräftige Gummiringe zusammengehalten und so die Blätter an das Lichtpauspapier elastisch angepresst. Nun dreht man die Glasplatte nach oben und lässt das direkte Sonnenlicht senkrecht auffallen, bis die Blätter als Schattenrisse auf dem Lichtpauspapier abgebildet sind. Bei kräftigem Sonnenschein genügen 10–30 Sekunden. Das Papier wird wie üblich mit Ammoniakdämpfen entwickelt.

Für diese Art der Abbildung sind sowohl die Blätter der Kräuter als auch die nach Länge und Breite stark variierenden Grasblätter geeignet. Für die späteren Messungen ist es ratsam, auf einer Abbildung jeweils nur Blätter einer einzigen Pflanzenart festzuhalten.

b) Photometrie der Blattabbildungen

Zur Flächenmessung der auf den Lichtpausen abgebildeten Pflanzenblätter steht neuerdings eine von KUBIËNA, BECKMANN und GEYGER (1961) entwickelte Methode zur Verfügung, bei der der Deckungsgrad unregelmässig geformter schwarzer Flächen auf weissem Grund gemessen wird. Die dort verwendeten sog. «Strukturphotogramme» sind auf hartem Photokopierpapier hergestellt und enthalten nur rein weisse und rein schwarze Flächen. Ihr jeweiliger Gesamtgehalt wird photometrisch erfasst. Das dazu benutzte Gerät ist auf Abb. 1 wiedergegeben.

Abb. 1 zeigt den zum Einblick geöffneten Messschrank. Das Licht des Lampenkranzes (A) tritt durch eine Opalscheibe (B) und durchleuchtet dann als diffuses Licht gleichmässig das Strukturphotogramm (C). Oben befindet sich ein Photoelement (D). Hierhin gelangt um so weniger Licht, je grösser der Anteil an schwarzen Flächen auf dem Photogramm ist. Das Messgerät (E) wird mit einem völlig weissen, aber sonst gleichartigen Testpapier auf 100% geeicht und gestattet so, den Anteil an weissen und schwarzen Flächen unmittelbar in Prozent abzulesen.

Das Gerät gestattet die photometrische Erfassung von Kreisflächen mit maximal 20 cm Durchmesser. Es kann für die Lichtpausen der vorliegenden Arbeit, die im DIN A 4-Format hergestellt wurden, nur unter der Voraussetzung benutzt werden, dass die auf der Lichtpause schwarz wiedergegebenen Flächen gleichmässig auf der ganzen Abbildung verteilt sind und der ermittelte Prozentgehalt eines Kreisflächenausschnittes von 20 cm Durchmesser für die ganze Fläche gültig ist.

Trifft diese Voraussetzung nicht zu, so ist die Benutzung eines anderen, von W. BECKMANN (KUBIËNA, BECKMANN und GEYGER 1963) entwickelten sog. Detailphotometers angebracht, wenn auch etwas zeitraubender. Das Gerät ist in Abb. 2 gezeigt.

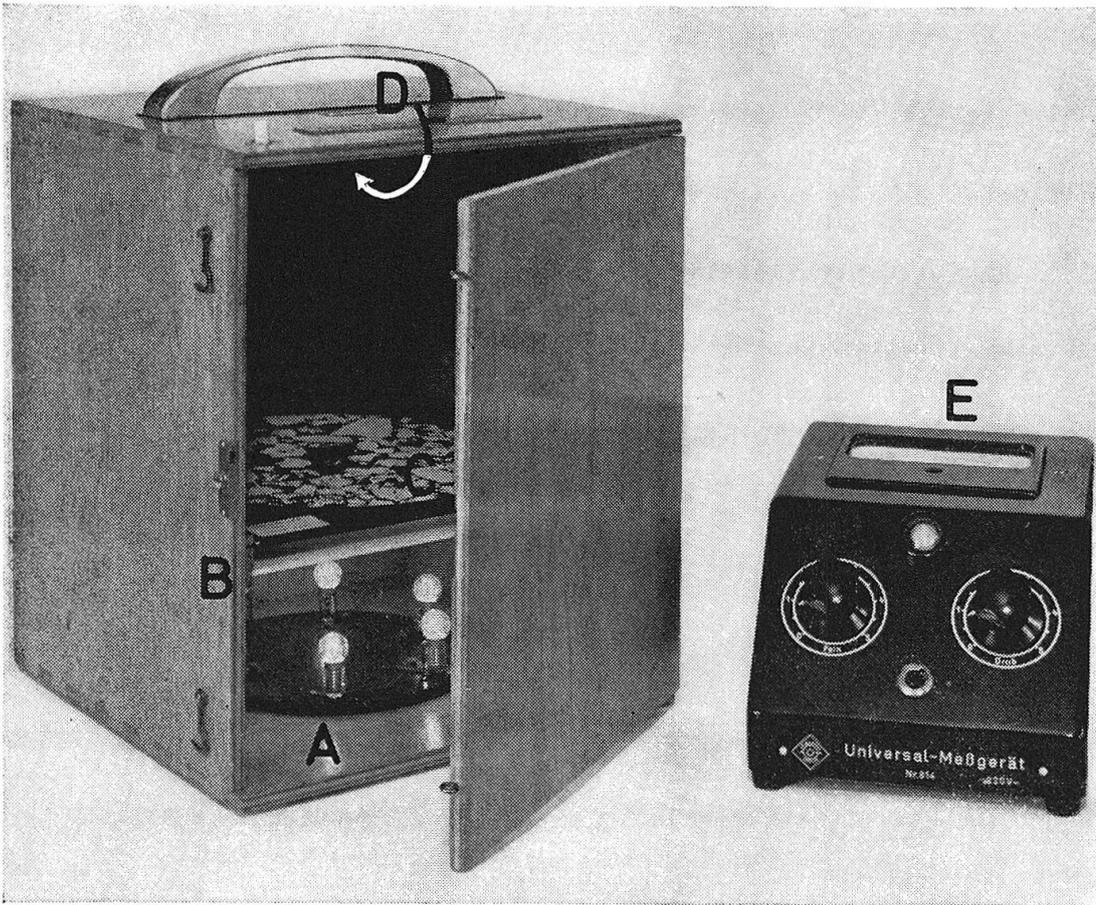


Abb. 1. Gesamtphotometer (Hersteller Dr. B. Lange, Berlin). A Lampenkranz, B Opalscheibe, C Photogramm, D Photoelement, E Messgerät.

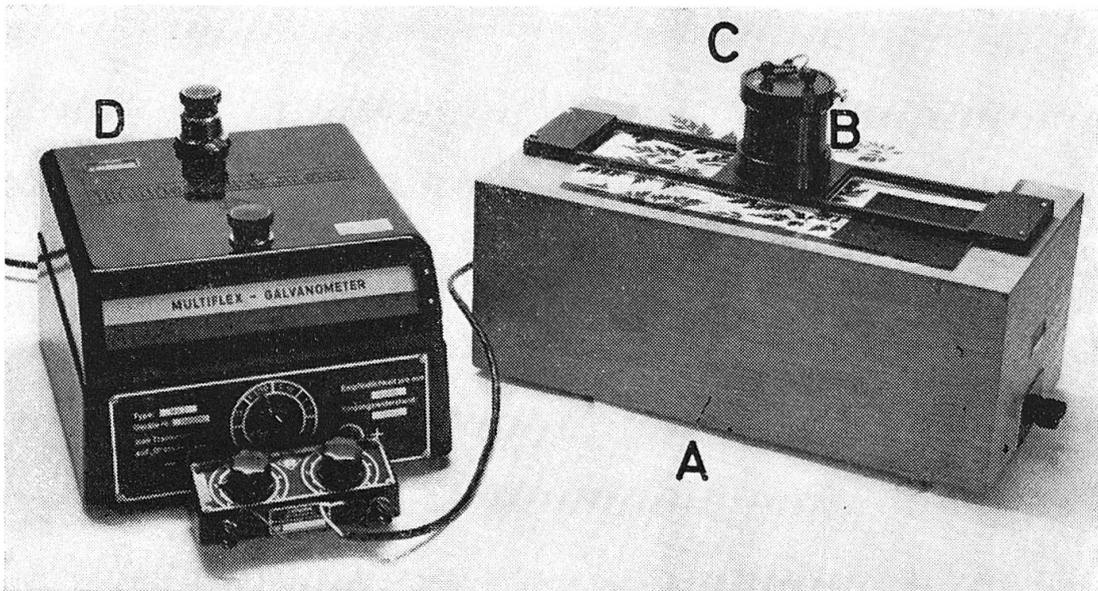


Abb. 2. Detailphotometer (Hersteller Dr. B. Lange, Berlin). A Lichtkasten, innen der Lampenkranz, B Messtubus, C Photoelement, D Messgerät.

Rechts ist der Lichtkasten (A) mit dem aufgesetzten Messtubus (B) zu sehen, links das Messgerät. Das Licht fällt von unten aus einer Öffnung des Lichtkastens, die mit einer Opalscheibe bedeckt ist, durch einen Ausschnitt der Abbildung von 6 cm Durchmesser hindurch und dann durch den Messtubus (B) auf das Photoelement (C).

Die Lichtpause wird hier nicht mit einer Messung erfasst, sondern in gleichmässigen Längs- und Querschritten unter dem Messtubus entlanggeführt, also «abgetastet». Jede Messung ergibt einen bestimmten Prozentanteil schwarzer Flächen. Der Mittelwert aus den Werten aller Messausschnitte dient zur Berechnung der Gesamtfläche der auf der Lichtpause abgebildeten Pflanzenblätter. Je nachdem, wie ungleichmässig schwarze und weisse Flächen verteilt sind, kann die Dichte der Messschritte variiert werden. Im allgemeinen genügen 25–30 Messungen je Abbildung, wie sich aus erheblich dichter gelegten Kontrollmessungen ergeben hat.

Die Messmethode wurde für Photokopierpapier entwickelt. Sie kann jedoch auch bei Lichtpausen verwendet werden, wenn gewisse Unterschiede berücksichtigt werden. Bei Lichtpausen sind die schwarzen Flächen nicht völlig lichtundurchlässig. Ebenso kann der Weisston der Zwischenräume wegen der wechselnden Intensität des Sonnenlichtes nicht immer ganz einheitlich erreicht werden. Deshalb ist es zweckmässig, auf jeder Lichtpause eine Test-

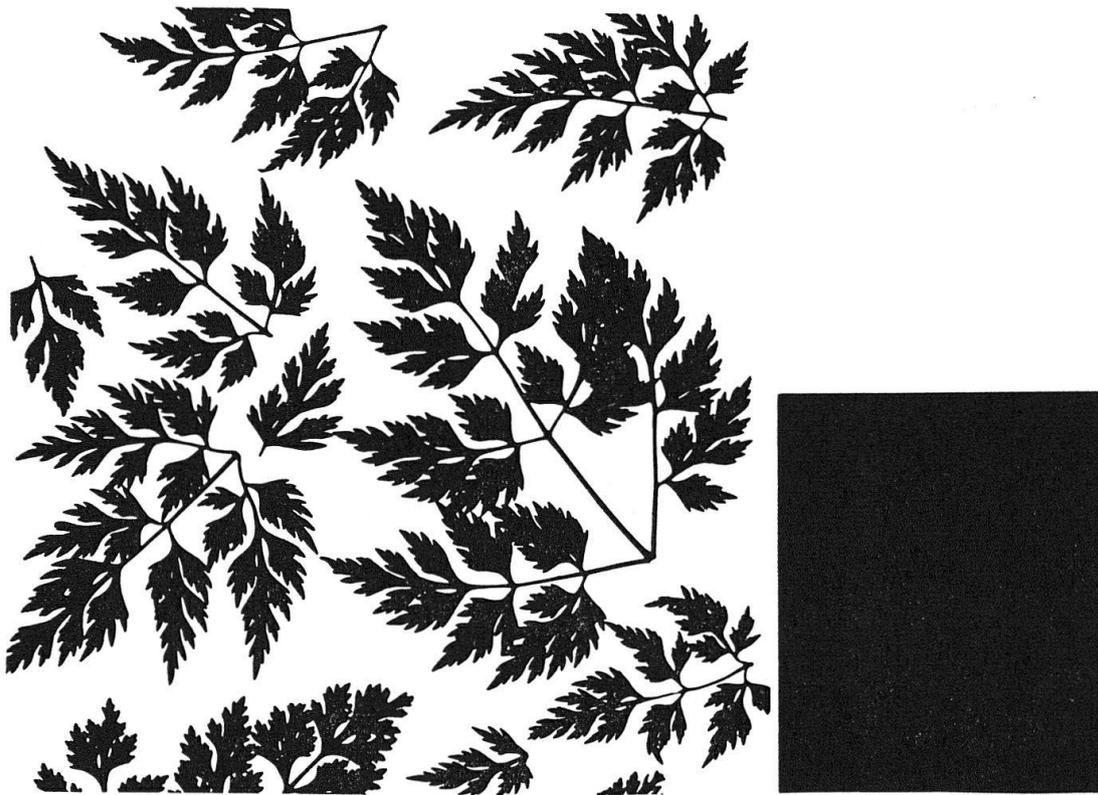


Abb. 3 Muster einer Lichtpause zur photometrischen Flächenerfassung. (ca. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

fläche sowohl für den Schwarzton wie für den Weisston auszusparen. Die Abb. 3 zeigt eine solche Lichtpause.

Der Zeitaufwand bei der photometrischen Flächenerfassung ist gegenüber den Methoden der Messung einzelner Flächen gering. Jedoch fällt er bei der Bearbeitung von Hunderten bis Tausenden von Lichtpausen, wie sie bei der Oberflächenermittlung mehrerer Wiesenbestände anfallen, immerhin ins Gewicht, denn mit 10–15 Minuten muss einschliesslich der Mittelwerts- und Flächenberechnung für eine Lichtpause gerechnet werden.

c) Schätzskala

Für vergleichende Untersuchungen ist also ein noch schnelleres Auswertungsverfahren wünschenswert. Ein solches wurde während der Arbeiten anhand des anfallenden Bildmaterials entwickelt. Da jede Lichtpause nur die Blattabbildungen einer einzigen Pflanzenart enthielt, konnte durch möglichst gleichmässige Verteilung der Blätter auf der gesamten Abbildungsfläche ein einheitlicher Deckungsgrad erzielt werden. Dieser wurde auf photometrischem Wege für alle Lichtpausen ermittelt. Dadurch gewinnt man von den vorkommenden Pflanzenarten Abbildungen verschieden dicht zusammengefügter Blätter, deren Deckungsgrad bekannt ist. Diese Bilder können dazu dienen, an anderen Lichtpausen durch visuellen Vergleich den unbekanntem Deckungsgrad abzuschätzen. Dazu muss nicht unbedingt auf der Schätzvorlage die gleiche Pflanzenart abgebildet sein, die man schätzen will. Auch Blätter oder Pflanzenteile anderer Arten, die als zusammengefügte «Schattenrisse» eine ähnliche optische Wirkung haben, können in ihrer Gesamtdeckung abgeschätzt werden.

Wählt man eine Reihe von Arten aus, deren Lichtpausbilder sowohl bezüglich der Form der abgebildeten Einzelblätter als auch durch die Ineinanderfügung der oftmals gezackten oder tief eingeschnittenen Ränder zu bestimmten Schwarz-Weiss-Mustern sich stark unterscheiden, so kann eine Abbildungsserie mit abgestuften Deckungsgraden hergestellt werden, die zur Schätzung für alle vorkommenden Arten verwendet werden kann. Aus dem vorliegenden Untersuchungsmaterial wurden folgende Pflanzenarten als beispielhaft für besondere Blattformen ausgewählt:

<i>Filipendula ulmaria</i>	(grosse Flächen mit leicht ausgerandeten Umrissen)
<i>Taraxacum officinale</i>	(stark gelappte oder gezähnte Umrisse)
<i>Ranunculus repens</i>	(kleinere handförmige Blätter mit tief eingeschnittenen gezackten Rändern)
<i>Trifolium repens</i>	(kleine rundliche Blattformen mit glatten Rändern)
<i>Lathyrus pratensis</i>	(kleine Blättchen, noch mit Stengelteilen verbunden)
<i>Anthriscus silvestris</i>	(weit ausgebreitete gefiederte Blätter ohne grosse Flächendeckung)

Phalaris arundinacea (breitblättriges Gras, auch für lanzettliche Kräuterblätter gültig)
Arrhenatherum elatius (mittelbreites Grasblatt)
Poa trivialis (schmales Grasblatt)

Die jeweils ausgewählten Deckungsgrade für die Schätzskaalen entsprechen der natürlichen Verteilungsmöglichkeit der Pflanzenblätter auf den Lichtpausen; sie sind naturgemäss bei den verschiedenen Arten unterschiedlich. Vier bis fünf von 5% zu 5% abgestufte Deckungsgrade wurden für jede Serie hergestellt. Die Schätzskaalen sind in Abb.4 in verkleinertem Massstab wiedergegeben³.

Zur Schätzung wird die Serie ausgewählt, die entweder die zu untersuchende Art enthält oder ihr im Gesamteindruck am besten entspricht. Leicht lassen sich anhand der Skalen die beiden Deckungsgrade erkennen, zwischen denen das gesuchte Bild liegt. Bei entsprechender Einübung ist eine Interpolation zwischen diesen Werten sehr wohl möglich. Daraus ergibt sich, dass der Genauigkeitsgrad dieser Schätzmethode relativ hoch liegt. Die Abweichungen von exakt gemessenen Werten betragen im allgemeinen weniger als 3%.

Die Schätzungen wurden probeweise auch von anderen Personen vorgenommen. Dabei ergaben sich schon nach kurzer Übung recht gute Genauigkeitsgrade: Die Abweichungen von den exakten Messwerten betragen in mehr als 50% der Fälle weniger als 1%. Nur 10% der Fälle brachten Abweichungen von 4–6%. Es spielte auch keine Rolle, ob die gleichen oder andere Arten, als auf der Serie abgebildet sind, zur Schätzung vorlagen, wenn nur Form und Grösse der abgebildeten Pflanzenblätter und das damit verbundene «Muster» der Zwischenräume eine ähnliche optische Wirkung hatten wie die Vorlagen. Ein solches Schätzverfahren ist offenbar ohne Bedenken den exakten Messmethoden an die Seite zu stellen und hat ihnen gegenüber den Vorteil eines unvergleichlich geringeren Zeit- und Apparate-Aufwandes.

Ist das zu bewältigende Untersuchungsmaterial noch umfangreicher und können die Genauigkeitsansprüche etwas geringer gehalten werden, so lässt sich das Schätzverfahren sogar an frischen Pflanzenblättern statt an Abbildungen anwenden. Die Blätter müssen in ähnlicher Anordnung wie auf den Schätzvorlagen auf weissem Untergrund ausgebreitet und – falls sie sich rollen oder wellen sollten – mit einer Glasplatte bedeckt werden. Besonders grosse Blätter wie die von *Cirsium oleraceum* oder *Phragmites communis* können auf diese Weise geschätzt werden, während man sie zur Abbildung auf DIN A4-Format teilweise zerschneiden müsste. Jedoch ist eine gründlichere Einübung – am besten durch Vergleich von Schätzungen an frischem und an Lichtpausenmaterial von demselben Objekt – erforderlich. Da die Blattflächen der Objekte grün, die der Schätzvorlagen hingegen schwarz sind, ist es günstig, sich beim Schätzen mehr auf die weissen Zwischenräume zu konzentrieren. Am leichtesten gelingt die Schätzung bei einem Deckungsgrad von annähernd 50%, d.h. wenn die weissen Zwischenräume etwa die Hälfte ausmachen.

³ Wer das Schätzverfahren selbst anwenden möchte, kann die Schätzskaalen als Lichtpause (100 × 190 cm), auf der die Pflanzenblätter in natürlicher Grösse abgebildet sind, beim Geobotanischen Institut der ETH in Zürich, Zürichbergstr.38, gegen Erstattung der Selbstkosten beziehen.

d) Messung der Stengeloberflächen

Für die Messung der Oberflächen gewölbter Pflanzenorgane – in der Hauptsache der Stengel oder der die Stengel umhüllenden Blattscheiden bei Gräsern – konnte auf das Ausmessen der Durchmesser nicht verzichtet werden. Jedoch wurde die Längenmessung und vor allem die aufwendige Berechnung der Oberflächen durch ein Ableseverfahren ersetzt. Von der zu diesem Zweck hergestellten Tabelle ist in Abb.5 ein Ausschnitt gezeigt, um die Ablese-technik zu demonstrieren⁴.

Durchmesser in mm	Kanten- abstand in mm		Oberflächen in mm ²						
	○	△	□	120	240	360	480	600	720
3,82	4,00	3,00	120	240	360	480	600	720	
3,63	3,80	2,85	114	228	342	456	570	684	
3,44	3,60	2,70	108	216	324	432	540	648	
3,25	3,40	2,55	102	204	306	408	510	612	
3,06	3,20	2,40	96	192	288	384	480	576	
2,86	3,00	2,25	90	180	270	360	450	540	
2,67	2,80	2,10	84	168	252	336	420	504	
2,48	2,60	1,95	78	156	234	312	390	468	
2,29	2,40	1,80	72	144	216	288	360	432	
2,10	2,20	1,65	66	132	198	264	330	396	
1,91	2,00	1,50	60	120	180	240	300	360	
1,72	1,80	1,35	54	108	162	216	270	324	
1,53	1,60	1,20	48	96	144	192	240	288	
1,34	1,40	1,05	42	84	126	168	210	252	
1,15	1,20	0,90	36	72	108	144	180	216	
0,95	1,00	0,75	30	60	90	120	150	180	
0,76	0,80	0,60	24	48	72	96	120	144	
0,57	0,60	0,45	18	36	54	72	90	108	
0,38	0,40	0,30	12	24	36	48	60	72	
0,19	0,20	0,15	6	12	18	24	30	36	
			1	2	3	4	5	6	
			Länge in cm im Maßstab 1 : 1						

Abb.5. Ausschnitt aus der Ablesetabelle für die Oberflächen runder, drei- und vierkantiger Stengel. Das abgebildete Stück eines runden Stengels hat eine Oberfläche von etwa 150 mm

Am linken Rand der Tabelle sind in senkrechter Kolonne die Durchmesser aufgeführt. Die Längen sind im Maßstab 1 : 1 horizontal aufgetragen. Die Stengeldurchmesser werden zuvor mit einer Schublehre bestimmt. Bei kleinen und gleichmässig dicken Stengeln genügt es, den mittleren Durchmesser für den ganzen Stengel zu ermitteln; längere Stengel werden in entsprechende Abschnitte zerlegt. Jeder Stengel oder Stengelabschnitt wird in der dem mittleren Durchmesser zugehörigen Zeile auf die Tabelle gelegt (diese ist zweckmässig durch aufgeklebte Landkartenfolie gegen Feuchtigkeit geschützt).

⁴ Wer das Messverfahren anwenden möchte, kann eine Lichtpause der vollständigen Tabelle beim Geobotanischen Institut in Zürich gegen Erstattung der Selbstkosten beziehen.

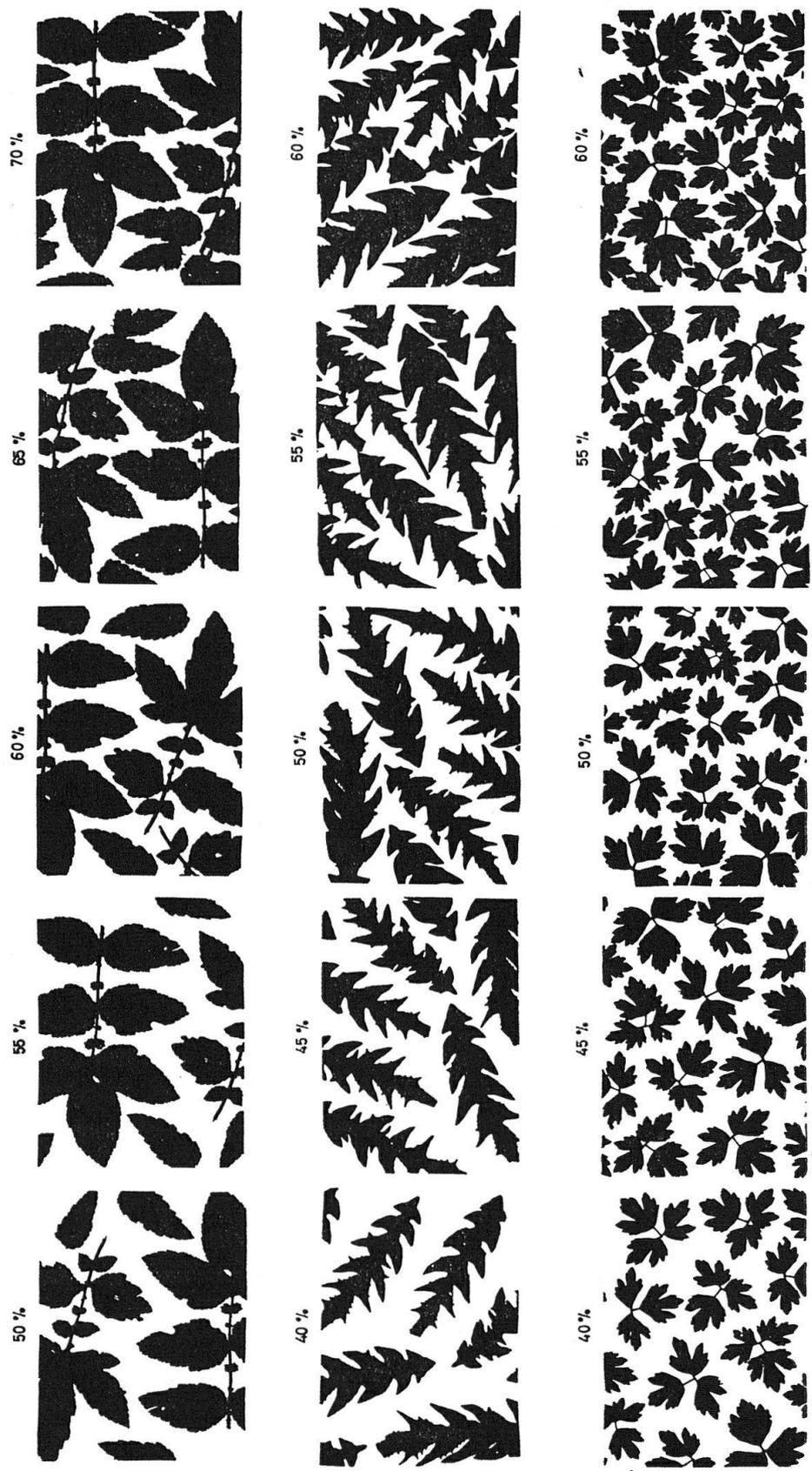


Abb. 4. Schätzskalen zur Erfassung der Blattflächen (Deckungsgrade in %, ca. 1/5 nat. Gr.)
Oben: *Filipendula ulmaria*, Mitte: *Taraxacum officinale*, Unten: *Ranunculus repens*.

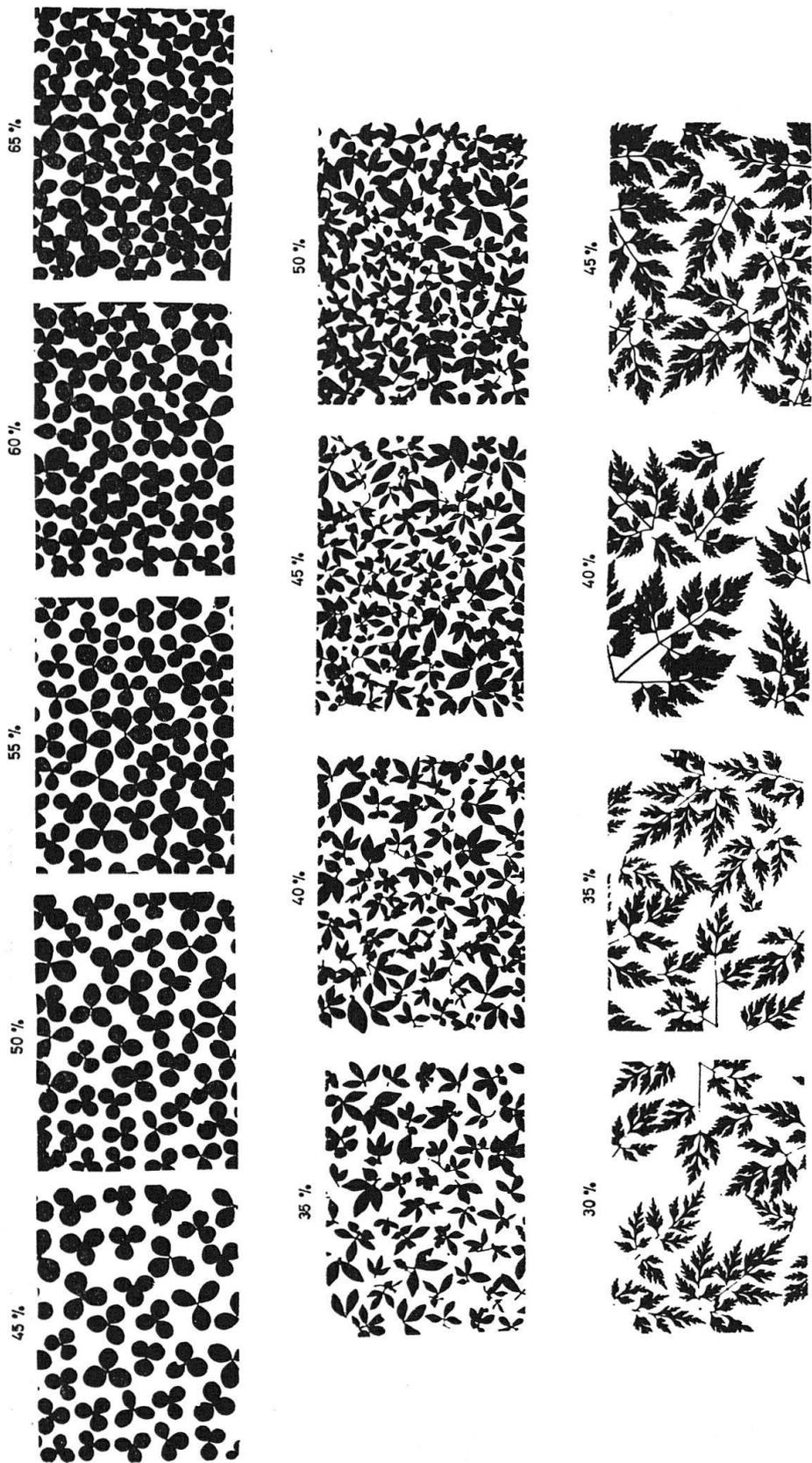


Abb. 4b. Schätzskaalen
 Oben: *Trifolium repens*, Mitte: *Lathyrus pratensis*, Unten: *Anthriscus silvestris*.

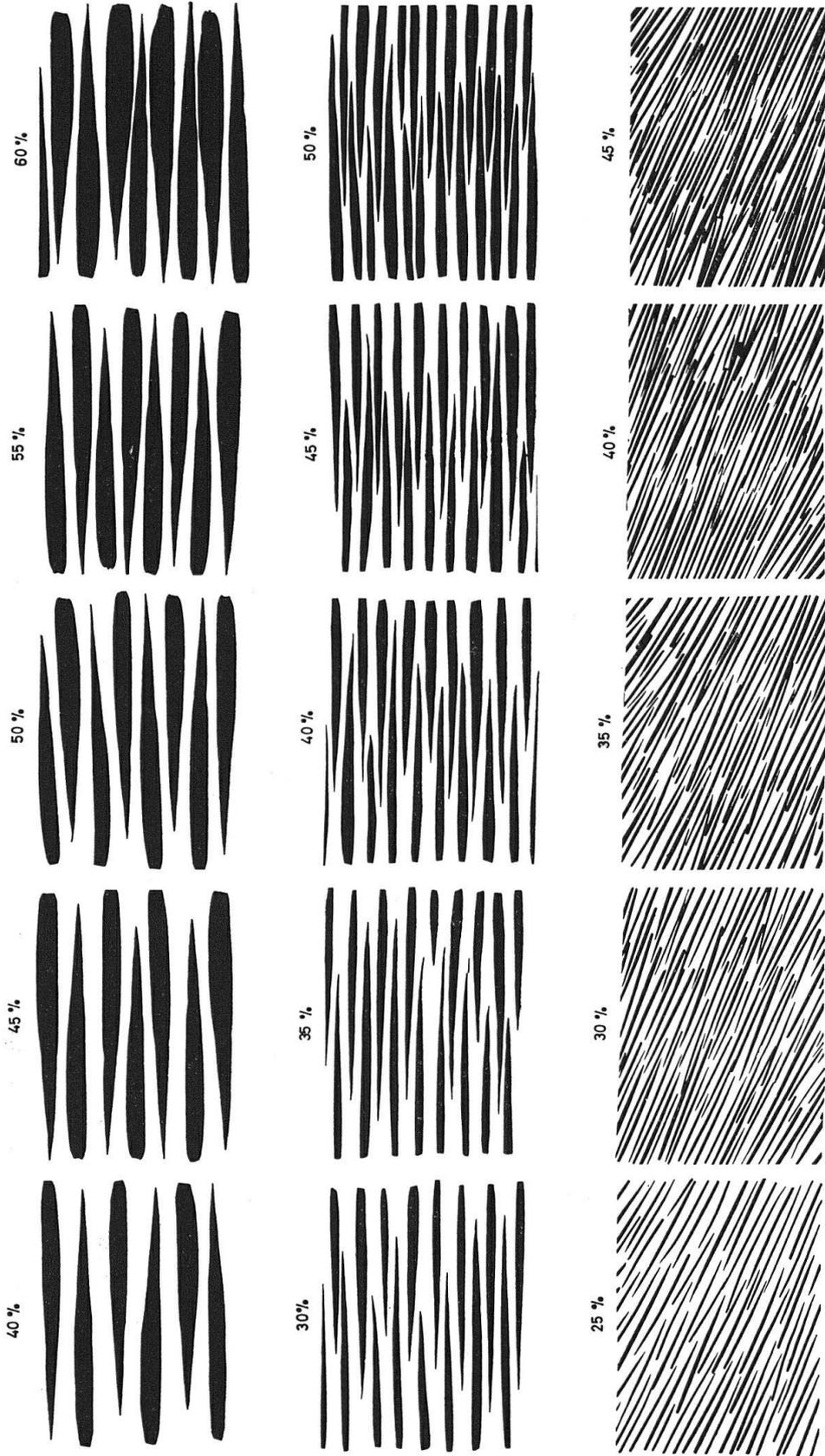


Abb. 4c. Schätzskalen
 Oben: *Phalaris arundinacea*, Mitte: *Arrhenatherum elatius*, Unten: *Poa trivialis*.

Die Oberfläche lässt sich nun unmittelbar ablesen (vgl. Abb. 5). Der Tabellenwert gilt jeweils für volle Zentimeter; ist, wie auf der Skizze, der Stengel etwas kürzer, so muss mit Hilfe des nächstniedrigeren Wertes (links davon) interpoliert werden.

Um die Tabelle auch für drei- oder vierkantige Stengel nutzbar zu machen, sind diejenigen Kartenabstände, die den Längen und Oberflächen jeder Zeile zuzuordnen sind, in zusätzlichen Kolonnen am linken Rand aufgeführt. Auch die Oberflächen von Blattscheiden und anderen langgestreckten gewölbten Organen können mit Hilfe der Tabelle erfasst werden, sogar solche mit ovalen Querschnitten, indem man zuvor zwischen dem längeren und dem kürzeren Durchmesser interpoliert.

II. Technik der Probenahme und Bearbeitung

Die in Abschn. B I ausführlich dargestellte Messmethodik ist geeignet, die Oberflächen der Assimilationsorgane von Pflanzengemeinschaften, in denen viele Arten in unterschiedlichem und innerhalb desselben Bestandes oft wechselndem Mengenverhältnis vorkommen, einheitlich und rationell zu ermitteln. Naturgemäss können aber selbst mit der rationellsten Methode nicht die Blatt- und Stengeloberflächen ganzer Wiesenbestände vermessen werden; dazu ist die Beschränkung auf repräsentative Probenanteile notwendig.

Die Entscheidung über die notwendige Mindestgrösse dieser Proben ist nicht leicht zu treffen. Für Produktivitätsermittlungen von Wiesen ist der Bewuchs über 1 m² Bodenfläche die Mindestprobe, die als repräsentativ für den ganzen Bestand gelten kann; meist werden mehrere Parallelproben dieser Grösse an verschiedenen Stellen entnommen. Entsprechend wäre hier die Aufgabe, von jedem Bestand mehrere Proben über je 1 m² Bodenfläche zu entnehmen und ihre Oberflächen zu vermessen. Wegen der Vergleichbarkeit müsste die Entnahme an einem und demselben Tage geschehen. Sollen darüber hinaus die für mehrere Bestände ermittelten Werte miteinander vergleichbar sein, so muss die Probenahme im gleichen, und zwar möglichst im optimalen Entwicklungszustand der Wiesen erfolgen; das bedeutet, dass alle Probeflächen ungefähr zum gleichen Zeitpunkt kurz vor der Mahd zu bearbeiten wären. Dafür ist die völlige Vermessung der Oberflächen, die über mehreren m² Bodenfläche entwickelt wurden, zu zeitraubend. Der Umweg über gewichtsmässige Bestimmungen ausser den Messungen ist also unvermeidlich. Er kann auf drei verschiedenen Wegen erfolgen:

1. Man entnimmt die gesamte Pflanzenmasse über 1 m² Bodenfläche, bestimmt sofort das Frischgewicht und trennt dann mehrere gewichtsgleiche Proben ab, deren Mindestgrösse experimentell zu ermitteln ist. Ihre Oberflächen werden gemessen. Aus den Gewichten der vermessenen Proben und dem Gesamtgewicht des Schnittes errechnet sich die Gesamtoberfläche.
2. Die gesamte Pflanzenmasse über 1 m² Bodenfläche wird nach dem Schnitt in Arten sortiert. Von jeder Art werden mehrere kleinere Anteile in Blätter und Stengel getrennt und deren Flächen gemessen. Die Gewichte der gemessenen und der übrigen Anteile jeder Art dienen zur Errechnung der Gesamtoberflächen.
3. Man entnimmt in mehreren Parallelen an verschiedenen Stellen des Bestandes den Bewuchs über kleineren Einheiten der Bodenfläche (etwa 1/10, 1/50 oder 1/100 m²) und misst dessen Oberflächen und Trockengewichte. Ausserdem entnimmt man mehrere grössere Proben nur zum Wägen, etwa 4 Proben über je 1/4 m², besser 4 Proben über je 1 m² Bodenfläche an verschiedenen Stellen des Bestandes. Der Gewichtsvergleich dient zur Ermittlung der Gesamtoberflächen.

Jeder der genannten Wege hat Vorzüge und Nachteile, die zum Teil schon theoretisch vorauszusehen sind, sich zum Teil erst bei der Bearbeitung ergeben. Da in der Literatur vor allem für Wiesen kaum Angaben methodischer Art bezüglich der Oberflächenermittlung ganzer Bestände vorliegen, konnte vor Beginn der Untersuchung nicht entschieden werden, welcher Weg der beste ist. Deshalb wurden die verschiedenen Möglichkeiten der Probenahme nebeneinander angewandt und von jeder die Genauigkeitsgrenzen experimentell ermittelt.

1. Gewichtsgleiche Proben

Die Prüfung der Brauchbarkeit dieser Entnahmetechnik erfolgte bei der Untersuchung von fünf Gräser-Monokulturen, die aus einem anderen Versuch im Anzuchtgarten Hamburg-Alsterdorf zur Verfügung standen. Es handelte sich um die Arten *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Alopecurus pratensis*, *Bromus erectus* und *Poa trivialis*. Sie waren unmittelbar nebeneinander in zwei Serien mit unterschiedlichem Humusanteil in der Bodenaufschüttung ausgesät und wurden im Juni 1956 untersucht. Von jeder Art jeder Serie wurde der Bewuchs über 1/2 m² Bodenfläche geschnitten. Die davon zur Messung abgezweigten Proben (je 4 Parallelen) enthielten je 1/100 des Gesamtfrischgewichtes. Die Messergebnisse der Oberflächenermittlung zeigt die Tab. 1.

Die Streuung der Werte, ausgedrückt als Maximalabweichung vom Mittelwert der vier Parallelen, ist zum Teil recht erheblich. Die Anzahl oder Grösse der Proben war also zu gering für gültige Aussagen über die Gesamtoberflächen. Deshalb wurde an einem anderen Beispiel eine grössere Zahl von Proben ausgewertet, nämlich zwölf Proben von je 1/100 des Gesamtfrischgewichtes von einem Schnitt über 1/2 m² Boden. Es handelt sich um die Art *Arrhenatherum elatius* aus Serie B. In Tab. 2 sind zunächst die Oberflächen

Tab. 1. Oberflächen von 36 gewichtsgleichen Proben von je 1/200 des Bewuchses über 1 m² Bodenfläche.

	Serie A				Serie B			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Fläche der Stengel in cm ²	Fläche der Blätter in cm ²	Flächen- summe in cm ²	Durchschnitt der Flächen- summen in cm ² (und Maximal- abweichung) in %	Fläche der Stengel in cm ²	Fläche der Blätter in cm ²	Flächen- summe in cm ²	Durchschnitt der Flächen- summen in cm ² (und Maximal- abweichung) in %
<i>Arrhenatherum elatus</i>	164 194 206 224	164 170 170 159	328 364 376 383	363 (9%)	300 328 358 407	150 139 164 204	450 467 522 611	512 (19%)
<i>Dactylis glomerata</i>	100 99 112 130	145 176 176 201	245 275 288 331	285 (16%)	129 129 150 167	214 220 208 281	343 349 358 448	375 (19%)
<i>Alopecurus pratensis</i>	184 218 200 172	181 164 277 327	365 382 477 499	431 (16%)	141 166 160 208	120 121 144 153	261 287 304 361	303 (18%)
<i>Bromus erectus</i>	274 273 259 238	140 319 467 502	414 592 726 740	618 (33%)	218 207 223 230	264 288 318 334	482 495 541 564	520 (8%)
<i>Poa trivialis</i>	356 441 498 453	153 278 244 307	509 719 742 760	682 (25%)	*			

* Die Oberflächen von *Poa trivialis* in Serie B konnten nicht mehr ermittelt werden, da der Bestand sein Optimum bereits überschritten hatte. So konnten die zarten *Poa*-Blätter in vergilbtem Zustand nicht mehr einwandfrei abgebildet werden.

Tab.2. Oberflächen von 12 gewichtsgleichen Proben von je $1/200$ des Bewuchses über 1 m^2 Bodenfläche.

	1	2	3	4	5
	Fläche der Stengel	Fläche der Blätter	Flächen- summe	Zusammen- fassung von je 3 Proben Flächen- summe in cm^2	Zusammen- fassung von je 6 Proben Flächen- summe in cm^2
	in cm^2	in cm^2	in cm^2	in cm^2	in cm^2
<i>Arrhenatherum</i>	407	204	611		
<i>elatius</i>	328	139	467	1528	
	300	150	450		2935
	358	164	522		
	305	90	395	1407	
	345	145	490		
	294	195	489		
	385	103	488	1377	
	306	94	400		
	360	108	468		2847
	342	120	462	1470	
	376	164	540		
Durchschnitt der Flächensummen in cm^2 :			482	1445	2891
(Maximalabweichung in %):			(27%)	(5,7%)	(1,5%)

jeder Einzelprobe angeführt, dann aber zusätzlich die Flächensummen von je drei bzw. je sechs Proben zusammengefasst.

Es zeigt sich deutlich eine Abnahme der Streuung bzw. der Maximalabweichungen bei Erhöhung der Probengrösse. Damit konnte für dieses Beispiel nachgewiesen werden, dass gewichtsgleiche Proben von $1/30$ des Gesamtbewuchses über 1 m^2 Bodenfläche sich untereinander bezüglich der Oberflächen kaum noch unterscheiden.

Wenn hieraus jedoch geschlossen werden soll, dass die ermittelten Oberflächen für den Gesamtbewuchs repräsentativ sind, so muss ausserdem in den Proben das Verhältnis zwischen Stengelanteil und Blattanteil konstant und für den gesamten Bestand repräsentativ sein. Eine Verschiebung dieses Verhältnisses kann sich bei der Entnahme gewichtsgleicher Kleinproben erheblich auswirken, weil die Blätter im Vergleich zur Fläche viel weniger wiegen als die meisten Stengel. Für die Proben der Tab.2 wurden die prozentualen Gewichtsanteile an Stengeln und Blättern berechnet, sie sind in Tab.3 zusammengestellt.

An der Abnahme der Streuung bzw. Maximalabweichung (vgl. unterste Zeile der Tab.3) zeigt sich, dass erst bei den grösseren Probenmengen der

Tab.3. Gewichtsverhältnis von Stengel- und Blattanteilen der Proben aus Tab.2.

	Einzelproben		Zusammenfassung von je 3 Proben		Zusammenfassung von je 6 Proben	
	Stengelanteil in %	Blattanteil in %	Stengelanteil in %	Blattanteil in %	Stengelanteil in %	Blattanteil in %
<i>Arrhenatherum elatius</i>	85,0	15,0				
	87,5	12,5	87,0	13,0		
	88,5	11,5				
	89,4	10,6			88,2	11,8
	91,6	8,4	89,4	10,6		
	86,9	13,4				
	81,6	18,4				
	90,0	10,0	87,4	12,6		
	91,9	8,1				
	90,9	9,1			88,6	11,4
	90,8	9,2	89,8	10,2		
	87,7	12,3				
Durchschnitt	88,4	11,6	88,4	11,6	88,4	11,6
Maximalabweichung (%)	7,8	59,5	1,6	12,1	0,2	1,7

jeweilige Anteil an Blatt- und Stengelsubstanz sich den Mittelwerten genügend annähert. Es ist also notwendig, entweder solche grösseren Proben auszumessen oder das für den gesamten Bewuchs gültige Verhältnis zwischen Blattanteil und Stengelanteil vorher durch Gewichtsvergleich grösserer Proben zu ermitteln.

Will man die gleiche Entnahmetechnik bei Mischbeständen anwenden, so ergibt sich eine neue Schwierigkeit durch die Grössenunterschiede zwischen den vorkommenden Arten. Unter Umständen ist eine einzelne Pflanze schon um vieles grösser als die Proben in den gezeigten Beispielen. Wie sich dies schon in artenarmen Pflanzengemeinschaften auswirkt, konnte an einem Schlankseggenried in der Bille-Niederung bei Wohltorf festgestellt werden. Hier bestritten zwei Arten nahezu 100% des Artenbestandes: *Carex gracilis* und *Filipendula ulmaria*. An zwei Stellen des Bestandes mit fast ausschliesslichem Bewuchs von *Carex gracilis* und an zwei anderen mit etwa 50% Massenanteil von *Filipendula* wurde der Schnitt über je $\frac{1}{2}$ m² Bodenfläche entnommen. Daraus wurden je vier gewichtsgleiche Teilproben von $\frac{1}{50}$ des Frischgewichtes abgezweigt. Da die Einzelindividuen von *Filipendula ulmaria* erheblich mehr wogen, wurden jeweils kleinere Zweige mit einem Teil des Hauptstengels vereinigt. Die prozentuale Gewichtsverteilung von Blatt- und Stengelanteilen der Proben sind in Tab.4 aufgeführt.

Tab. 4. Gewichtsverhältnis von Stengel- und Blattanteilen von Proben aus einem Schlankseggenried, je $1/100$ des Bewuchses über 1 m^2 Bodenfläche.

1. Kleinfazies	<i>Carex gracilis</i>				<i>Filipendula ulmaria</i>				
	A	A	a	a	B	B	b	b	
2. Schnittprobe		Stengel- anteil in %	Blatt- anteil in %	Stengel- anteil in %	Blatt- anteil in %	Stengel- anteil in %	Blatt- anteil in %	Stengel- anteil in %	Blatt- anteil in %
3. Einzelproben von je $1/100$ des Bewuchses über 1 m^2 Bodenfläche	32,7	67,3	31,0	69,0	47,8	52,2	50,5	49,5	44,8
	22,2	77,8	34,2	65,8	41,3	58,7	55,2	44,8	48,6
	34,0	66,0	24,7	75,3	31,5	68,5	51,4	48,6	81,5
	27,5	72,5	34,2	65,8	37,4	62,6	18,5	81,5	56,1
4. Durchschnitt der 4 Proben	29,1	70,9	31,0	69,0	39,5	60,5	43,9	56,1	45,2
5. Maximalabweichung vom Durchschnitt in %	24,1	9,7	20,3	9,1	21,0	13,7	58,0	45,2	
	Stengelanteil in %		Blattanteil in %		Stengelanteil in %		Blattanteil in %		
6. Mittelwerte für jede Fazies	30,1		69,9		41,7		58,3		
7. Mittlere Abweichung in %	3,0		1,3		5,5		3,8		

Wie zu erwarten war, sind die Abweichungen von den Mittelwerten bei der *Filipendula*-Fazies grösser, vor allem bei den Einzelproben des Schnittes b. Aber auch nach Zusammenfassung von vier Proben streuen die Werte noch um etwa 5%. Das Verhältnis von Stengel- und Blattanteil ist (zumindest bei *Filipendula*) bei Proben von $\frac{1}{25}$ des Bewuchses über 1 m² Bodenfläche noch nicht repräsentativ, vermutlich auch dann nicht, wenn die Proben von vornherein in dieser Grösse entnommen würden.

Ob die gleichen Proben auch bezüglich ihrer Oberflächen in ähnlicher Weise streuen, ist aus Tab.5 zu ersehen.

Die grösste Abweichung findet sich wiederum im Schnitt b der *Filipendula*-Fazies. Es handelt sich um die Probe, deren Gewichtsanteil an Blattsubstanz (vgl. Tab.4) abweichend hoch war, sie zeigt in Tab.5 naturgemäss die grösste

Tab.5. Oberflächen von 16 gewichtsgleichen Proben von je $\frac{1}{100}$ des Bewuchses über 1 m² Bodenfläche. Schlankseggenried, Bille-Niederung.

1	2	3	4	5	6	7
Einzelproben, je $\frac{1}{100}$ des Bewuchses über 1 m ² Bodenfläche						
Kleinfazies	Schnitt- probe	Stengel- flächen in cm ²	Blatt- flächen in cm ²	Flächen- summe in cm ²	Durch- schnitt der Flächen- summen	Maximal- ab- weichung in %
<i>Carex gracilis</i>	A	288	574	862	946	8,9
		164	755	919		
		104	895	999		
		216	788	1004		
	a	216	615	831	915	9,2
		198	702	900		
		130	826	956		
		126	847	973		
<i>Filipendula ulmaria</i>	B	152	731	883	971	9,1
		116	862	978		
		100	893	993		
		94	926	1020		
	b	88	867	955	1054	20,7
		88	872	960		
		56	975	1031		
		62	1210	1272		
Zusammengefasste Proben, je $\frac{1}{25}$ des Bewuchses über 1 m ² Bodenfläche						
<i>Carex gracilis</i>	A	772	3012	3784	3722	1,7
	a	670	2990	3660		
<i>Filipendula ulmaria</i>	B	462	3412	3874	4046	4,3
	b	294	3924	4218		

Oberfläche. Bei *Filipendula* ist auch für die Oberflächenbestimmung die benutzte Probengrösse zu gering im Verhältnis zur Grösse der Einzelpflanzen.

Solche floristisch bedingten Schwierigkeiten treten in verstärktem Masse bei gemischten Beständen mit grösserem Artenreichtum auf, besonders dann, wenn die Grösse der Pflanzenindividuen sehr unterschiedlich ist, wenn z. B. *Cirsium oleraceum* oder *Angelica silvestris* neben *Festuca rubra* oder *Poa trivialis* vorkommen. Bei den hier notwendigen Probenmengen wäre das Ausmessen der Oberflächen von gewichtsgleichen Grasanteilen viel zu zeitraubend. So wurden z. B. in einer Probe über $\frac{1}{8}$ m² Bodenfläche neben einzelnen Exemplaren von *Cirsium oleraceum* und 135 Trieben breitblättriger Gräserarten 471 Triebe von *Festuca rubra* gezählt. Für solche Fälle ist eine andere Methode der Probenahme vorzuziehen.

2. Proben von jeder vorkommenden Pflanzenart

Um die Genauigkeitsgrenzen dieser Methode zu prüfen, wurden bei den vorliegenden Untersuchungen zu allen ausgemessenen Blatt- und Stengelanteilen die zugehörigen Trockengewichte ermittelt. Die Proben wurden nach der Messung zunächst luftgetrocknet, anschliessend 48 Std. lang bei 105 °C im Trockenschrank nachgetrocknet und unmittelbar nach Herausnahme gewogen. Aus Oberflächen und Trockengewichten wurde für jede Probe die Relation errechnet, sie wird ausgedrückt in cm² Oberfläche je g Trockengewicht. Für Blätter wurde das einseitige Flächenmass genommen, für alle gewölbten Organe die gesamte äussere Oberfläche. So wurden bei den Gräserartigen die den Stengel umhüllenden Blattscheiden voll bewertet, ihr Gewicht wurde allerdings bei den Stengelgewichten mit erfasst. Alle Werte für jede Art in den verschiedenen Untersuchungsbeständen sind in Tab. 6 zusammengestellt.

Die Flächen-Gewichts-Relationen für die verschiedenen Arten sind sehr unterschiedlich, vor allem bei den Blättern. Die Werteskala beginnt sowohl bei den Gräsern als auch bei den Kräutern in etwa gleicher Höhe, sie reicht aber bei den Kräuterblättern erheblich höher. Die höchsten Werte werden von den hygromorphen Schattenpflanzen im Unterwuchs erreicht. Bei Gräsern wurden in mehreren Fällen (sie sind in Tab. 6 nicht gesondert aufgeführt) abweichend niedrige Werte bei den Blättern der Blüten sprosse gefunden; diese sind stärker dem Licht ausgesetzt und dürften daher mehr xeromorphen Charakter haben.

Aus methodischen Gründen wichtig ist die Beobachtung, dass die Werte bei derselben Art in verschiedenen Beständen teilweise recht unterschiedlich sind. Dies ergibt sich möglicherweise aus den verschiedenen Erntezeitpunkten der Probeflächen (andere Monate, verschiedene Jahre). Aber auch die Stand-

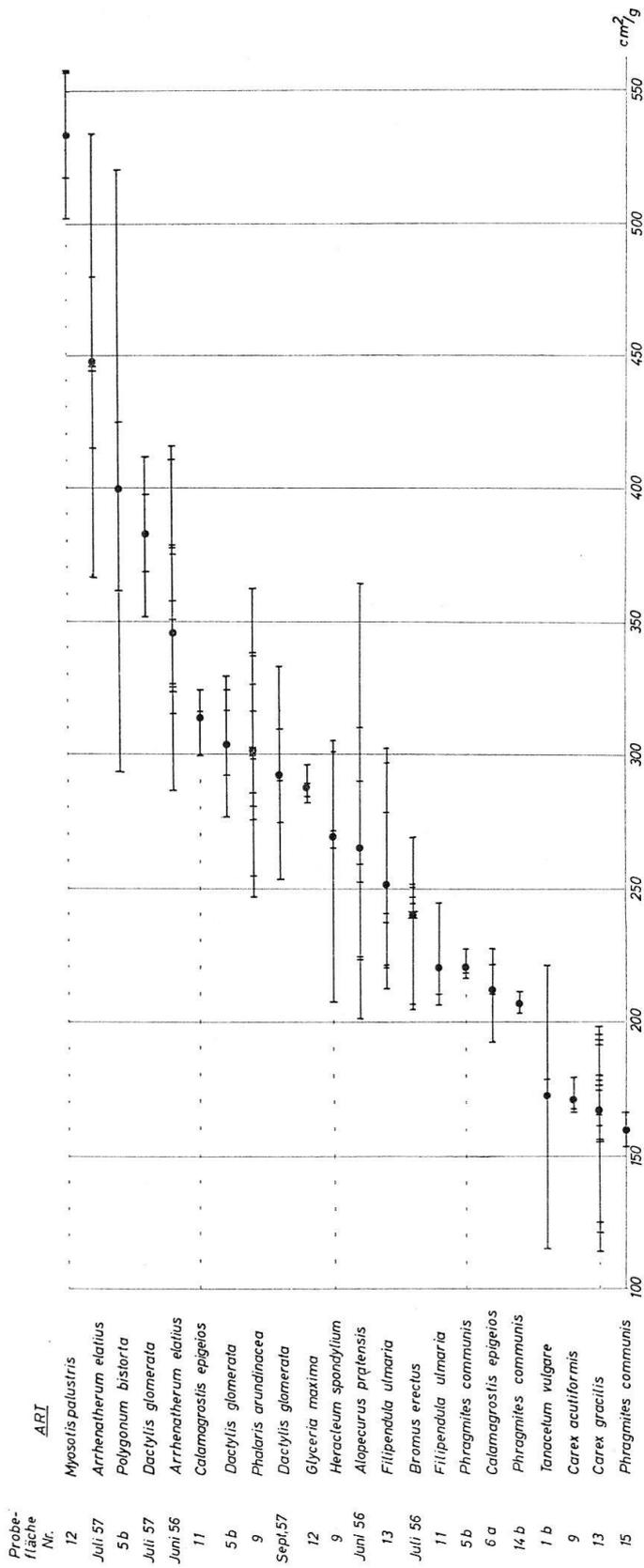


Abb. 6. Flächen-Gewichts-Relationen von Blättern einiger Wiesepflanzen.

Tab. 6. Flächen-Gewichts-Relationen der untersuchten Arten in cm² je g Trockengewicht

Art	Probe- fläche Nr.	Ernte- datum	Blätter cm ² /g	Stengel cm ² /g
Riedgräser				
<i>Carex fusca</i>	10	2.9.56	152	
<i>Carex gracilis</i>	13	3.8.56	166	
<i>Carex acutiformis</i>	9	16.8.63	171	
Gräser				
<i>Phragmites communis</i>	15	13.8.63	160	45
	14/2	3.9.63	207	38
	5b	17.7.63	220	37
<i>Calamagrostis epigeios</i>	6b	9.8.63	166	65
	6a	30.7.60	212	61
	5b	17.7.63	224	54
	3	3.9.63	231	54
	2	24.6.60	271	80
<i>Bromus erectus</i>	Monokultur	12.7.56	231	68
<i>Alopecurus pratensis</i>	Monokultur	5.7.56	239	100
<i>Phalaris arundinacea</i>	15	13.8.63	257	55
	9	16.8.63	301	65
	6b	9.8.63	272	51
<i>Glyceria maxima</i>	12	16.8.56	288	72
<i>Arrhenatherum elatius</i>	4I	23.6.59	226	104
	8/2	25.8.59	228	102
	8/1	12.6.59	235	118
	3	3.9.63	244	137
	2	24.6.60	309	135
	Monokultur	15.6.56	345	108
	5b	17.7.63	354	192
<i>Calamagrostis canescens</i>	11/1	20.7.63	313	196
<i>Dactylis glomerata</i>	Monokultur	30.6.56	256	121
		30.7.57	382	197
		5.9.57	292	141
	5b	17.7.63	303	139
	3	3.9.63	335	251
<i>Agrostis alba</i>	12	16.8.56	350	180
<i>Poa trivialis</i>	Monokultur	20.7.56	388	129
	3	3.9.63	390	155
<i>Festuca rubra var. fallax</i>	8/1	12.6.59	383	
	8/2	25.8.59	440	

Art	Probe- fläche Nr.	Ernte- datum	Blätter cm /g	Stengel cm /g
Kräuter				
<i>Tanacetum vulgare</i>	1b	9.8.63	172	41
	1a	27.8.60	220	100
<i>Veronica longifolia</i>	6b	9.8.63	192	29
	5b	17.7.63	249	99
<i>Filipendula ulmaria</i>	11/2	16.8.63	220	37
	13	3.8.56	251	43
	9	16.8.63	265	51
<i>Heracleum sphondylium</i>	5b	17.7.63	247	105
	9	16.8.63	268	81
<i>Trifolium repens</i>	3	3.9.63	367	
<i>Vicia cracca</i>	3	3.9.63	300	239
<i>Cirsium oleraceum</i>	9	16.8.63	317	144
	17	3.8.63	327	150
	5b	17.7.63	336	
<i>Plantago lanceolata</i>	3	3.9.63	337	
<i>Achillea millefolium</i>	3	3.9.63	378	
<i>Polygonum bistorta</i>	5b	17.7.63	399	
<i>Taraxacum officinale</i>	3	3.9.63	402	
<i>Anthriscus silvestris</i>	3	3.9.63	435	
<i>Ranunculus repens</i>	3	3.9.63	420	
	12	16.8.56	501	
<i>Angelica silvestris</i>	9	16.8.63	498	
<i>Myosotis palustris</i>	12	16.8.56	550	
<i>Equisetum arvense</i>	9	16.8.63	533	
	5b	17.7.63	546	
	3	3.9.63	564	
	8/2	25.8.59	640	
<i>Glechoma hederacea</i>	3	3.9.63	624	
<i>Galium palustre</i>	12	16.8.56	660	
<i>Rumex acetosa</i>	3	3.9.63	662	

ortsgüte und der Lichtgenuss beeinflussen offenbar die Flächen-Gewichts-Relation. Bei der Art *Arrhenatherum elatius* z.B. haben die besseren Standorte im Heuckenlock (Probeflächen Nr.2, 3 und 5) gegenüber den anderen Wiesen die höheren Werte. Keinesfalls dürfen also die bei einem Bestand ermittelten Zahlenwerte zur Berechnung der Oberflächen anderer Bestände benutzt werden.

Aber auch verschiedene Teilproben derselben Art im gleichen Bestand ergeben nicht immer die gleiche Relation. Dies sei für die Blätter einiger Arten an Hand einer graphischen Darstellung gezeigt (Abb. 6).

Die Grösse der Streuung – sichtbar am Abstand der Einzelpunkte voneinander und vom Mittelwert – ist bei den gezeigten Arten sehr verschieden. Dabei hängt sie nicht etwa von der Grösse der benutzten Proben ab, deren Trockengewichte meist einige g betragen. Die besonders grosse Streuung bei *Polygonum bistorta* z. B. ist an Proben von je 7–8 g Trockengewicht ermittelt worden. Dagegen wurden bei *Phragmites communis* in der Probefläche 5b nur Proben von 1–2 g benutzt; trotzdem ist die Streuung ebenso gering wie bei den Proben der beiden anderen Probeflächen, die etwa 20 g Blattmaterial von *Phragmites* enthielten.

Es muss also vermutet werden, dass die Blätter mancher Arten einen relativ gleichmässigen Bau haben, der konstante Flächen-Gewichts-Relationen ermöglicht, während für andere Arten eine solche Relation kaum aufgestellt werden darf. Dies muss bei der Verwendung solcher Relationen stets zuvor an mehreren Teilproben geprüft werden.

Bei dieser Methode ist der Zeitaufwand, besonders in artenreichen Pflanzengemeinschaften, schon durch die Trennung des gesamten Schnittmaterials in einzelne Arten erheblich. Ausserdem ist die Trennung von Blatt- und Stengelanteil für manche Arten sehr mühsam. Deshalb wurde versucht, zusätzlich auch die Relation zu ermitteln, die sich ergibt, wenn man Blattflächen und Stengeloberflächen zusammen zu dem gesamten Trockengewicht der Probe in Beziehung setzt. Die auf diese Weise ermittelten Flächen-Gewichts-Relationen für einige Gräserarten sind in Tab. 7 gezeigt.

Hier ist ebenfalls die Streuung bei den einzelnen Arten recht unterschiedlich. Es fragt sich, inwieweit daran die Streuung der Einzelanteile oder das wechselnde Verhältnis von Stengel- und Blattanteil beteiligt sind. Dies konnte an einem Beispiel mit zwölf Proben von *Arrhenatherum elatius* geprüft werden; es wurden die Relationen der Blätter und der Stengel jeder Probe einzeln und ausserdem die Relationen der gesamten Proben errechnet. Zusätzlich wurden je drei bzw. sechs Proben zusammengefasst und die Relationen dieser grösseren Proben errechnet. Die Werte sind in Tab. 8 aufgeführt.

Die Tabelle bringt in der letzten Zeile die Mittelwerte mit Maximalabweichungen. Die Streuung der Werte von Spalte 3c (Relationen der Gesamtproben) ist nicht grösser als die der Spalten 1c und 2c. Die Gesamtrelation wird also von den wechselnden Gewichtsanteilen von Blättern und Stengeln in jeder Probe (vgl. Tab. 3) nicht beeinflusst. In den Spalten 4 und 5 zeigt sich wiederum der Vorteil grösserer Probenmengen. Bei Zusammen-

fassung von sechs Proben, d.h. bei Anteilen von etwa $\frac{1}{30}$ des Bewuchses über 1 m² Bodenfläche, ist die Abweichung vom Mittelwert in diesem Beispiel nur noch 0,7%. Messproben in dieser Grössenordnung dürften also bei *Arrhenatherum elatius* genügen, um eine Flächen-Gewichts-Relation aufzustellen, bei der Blatt- und Stengelanteil zusammen erfasst werden können.

Ob für andere Arten eine ähnliche Grössenordnung in Betracht kommt oder ob kleinere Proben genügen, kann an den Maximalabweichungen der Tab.7 für vier andere Gräserarten abgeschätzt werden. Auch dort zeigt sich, dass die Streuung der Gesamtproben eher niedriger liegt als die der Blätter und der Stengel für sich. Die Zusammenfassung wirkt in gewisser Weise ausgleichend.

3. Proben über kleinen Bodenflächen

Diese Art der Entnahmetechnik geht von der Überlegung aus, dass die über einer bestimmten Bodenfläche entnommenen und völlig ausgewerteten Proben als der reale Bewuchs an dieser Stelle anzusprechen sind. Allerdings ist bei kleinen Flächen die durch die Wuchsform der Einzelpflanzen bedingte Variabilität der Bewuchsdichte besonders gross. So bilden Horst- und Rosettenpflanzen an den Stellen, wo sie wurzeln, besonders grosse Proben je Flächeneinheit Boden, während die Schnittproben in der Nachbarschaft kleiner sind. Ähnliches gilt für besonders grosse Einzelpflanzen wie *Cirsium oleraceum* oder *Angelica*; in solchen Fällen muss die Bodenfläche so gross gewählt werden, dass die Pflanzen nicht über sie hinausragen; die Proben werden dann besonders gross.

Der Vorteil dieser Entnahmetechnik liegt nun darin, dass nicht alle Proben die gleiche Grösse haben müssen. An grasreichen Stellen genügen meist sehr viel kleinere Bodenflächen zur Erzielung von Repräsentativproben. Die floristischen Unterschiede innerhalb der Wiesenbestände können also bei der Auswahl der Probenstellen und der Probengrössen weitgehend berücksichtigt werden. Die Umrechnung auf den Gesamtbestand erfolgt stets durch den Gewichtsvergleich der gemessenen Proben mit grossen Schnittproben, die zusammenhängend über 1 m² Bodenfläche entnommen werden. Auch von letzteren sind mehrere Parallelen an verschiedenen Stellen des Bestandes zweckmässig.

Zur Feststellung der notwendigen Mindestgrösse der Proben mag zunächst ein Vergleich der Trockengewichte von Proben über einer Bodenfläche von je 100 cm² dienen. In Tab.9 sind die Trockengewichte der gemessenen Proben von fünf untersuchten Wiesen zusammengestellt. In jedem Bestand wurden Stellen mit Dominanz verschiedener Kräuter oder Grasartiger als sog. «Kleinfazies» gesondert entnommen. Dabei wurden besonders die

Tab.7. Flächen-Gewichts-Relationen von 5 Gräserarten.

		1			
		a	b	c	d
		Fläche der Stengel	Trocken- gewicht	Fläche pro g Trocken- gewicht	Durchschnitt der Relationen (Spalte c) (u. Maximal- abweich. in %)
		in cm ²	in g	in cm ²	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	A	164	2,18	75	86 (16%)
		194	2,13	91	
		206	2,68	77	
		224	2,24	100	
	B	300	3,21	94	111 (19%)
		328	3,03	108	
		358	3,26	110	
		407	3,07	132	
<i>Dactylis glomerata</i>	A	100	1,08	93	121 (38%)
		99	1,01	98	
		112	0,67	167	
		130	1,03	126	
	B	129	1,57	82	83 (43%)
		129	2,19	59	
		150	2,07	73	
		167	1,40	119	
<i>Alopecurus pratensis</i>	A	184	1,45	127	137 (12%)
		218	1,81	120	
		200	1,30	154	
		172	1,16	148	
	B	141	1,34	105	100 (30%)
		166	2,38	70	
		160	1,30	123	
		208	2,03	102	
<i>Bromus erectus</i>	A	274	3,84	71	89 (21%)
		273	3,18	86	
		259	2,85	91	
		238	2,25	106	
	B	218	3,04	72	68 (13%)
		207	3,51	59	
		223	3,49	64	
		230	2,98	77	
<i>Poa trivialis</i>	A	356	3,12	114	129 (12%)
		441	3,48	127	
		498	3,76	132	
		453	3,11	146	

2				3			
a	b	c	d	a	b	c	d
Fläche der Blätter	Trocken- gewicht	Fläche pro g Trocken- gewicht	Durchschnitt der Relationen (Spalte c) (u. Maximal- abweichung in %)	Flächen- summe	Trocken- gewicht	Fläche pro g Trocken- gewicht	Durchschnitt der Relationen (Spalte c) (u. Maximal- abweichung in %)
in cm ²	in g	in cm ²	in %)	in cm ²	in g	in cm ²	in %)
164	0,39	420		328	2,57	128	
170	0,51	333	359	364	2,64	138	132
170	0,54	315	(17%)	376	3,22	117	(11%)
159	0,43	370		383	2,67	143	
150	0,42	357		450	3,63	124	
139	0,43	323	372	467	3,46	135	142
164	0,38	432	(16%)	522	3,64	143	(16%)
204	0,54	378		611	3,61	169	
145	0,48	302		245	1,56	157	
176	0,74	238	256	275	1,75	157	174
176	0,87	202	(21%)	288	1,54	187	(10%)
201	0,71	283		331	1,74	190	
214	0,72	297		343	2,29	150	
220	0,94	234	254	349	3,13	111	134
208	0,65	321	(36%)	358	2,72	132	(16%)
281	1,72	163		448	3,12	144	
181	0,72	252		365	2,17	168	
164	0,45	364	299	382	2,26	168	191
277	0,95	291	(22%)	477	2,25	212	(14%)
327	1,13	289		499	2,29	218	
120	0,54	222		261	1,88	139	
121	0,39	310	241	287	2,77	104	132
144	0,62	232	(29%)	304	1,92	158	(21%)
153	0,76	201		361	2,79	129	
140	0,57	246		414	4,41	94	
319	1,27	251	246	592	4,45	133	138
467	1,94	241	(2%)	726	4,79	151	(32%)
502	2,04	247		740	4,29	173	
264	0,98	269		482	4,02	120	
288	1,41	204	231	495	4,92	101	114
318	1,30	245	(16%)	541	4,79	113	(9%)
334	1,62	206		564	4,60	123	
153	0,43	355		509	3,55	143	
278	1,21	230	391	719	4,69	153	168
244	0,49	500	(41%)	742	4,25	175	(20%)
307	0,64	479		760	3,75	202	

Tab.8. Flächen-Gewichts-Relation von *Arrhenatherum elatius* bei 12 Proben von je $1/200$ des Bewuchses über 1 m^2 Bodenfläche.

1 Stengel			2 Blätter			3 Flächensumme		
a	b	c	a	b	c	a	b	c
Fläche der Stengel in cm^2	Trocken- gewicht in g	Fläche pro g Trocken- gewicht in cm^2	Fläche der Blätter in cm^2	Trocken- gewicht in g	Fläche pro g Trocken- gewicht in cm^2	Flächen- summe in cm^2	Trocken- gewicht in g	Fläche pro g Trocken- gewicht in cm^2
407	3,07	132	204	0,54	378	611	3,61	169
328	3,03	108	139	0,43	323	467	3,46	135
300	3,21	94	150	0,42	357	450	3,63	124
358	3,26	110	164	0,38	432	522	3,64	143
305	3,48	87	90	0,32	286	395	3,80	104
345	3,03	114	145	0,46	315	490	3,49	140
294	3,09	95	195	0,70	279	489	3,69	133
385	3,30	116	103	0,37	279	488	3,37	145
306	3,07	100	94	0,27	349	400	3,34	120
360	3,08	117	108	0,31	349	468	3,39	138
342	3,14	108	120	0,32	375	462	3,46	133
376	2,86	131	164	0,40	410	540	3,26	166
Durchschnitt der Relationen (Spalte c) (und Maximal- abweichung in %)		109 (23%)			344 (16%)			137 (24%)

gestaltlichen Unterschiede der dominierenden Arten berücksichtigt, so dass jeweils grossblättrige und kleinblättrige Kräuter sowie breit- und schmalblättrige Grasartige getrennt untersucht wurden, soweit sie im Artenmosaik hervortraten. Von jeder Kleinfazies wurden vier Proben vermessen. Die einzelnen Trockengewichte der Kleinproben und die Mittelwerte jeder Fazies sind in den Spalten 1–4 der Tab.9 aufgeführt. Spalte 5 enthält die Trockengewichtsdurchschnitte von Schnittproben über 1 m^2 Bodenfläche.

Dem kritischen Leser wird auffallen, dass diese Werte gegenüber den bekannten Heuerträgen ähnlicher Wiesengesellschaften (KLAPP und STÄHLIN 1936, KLAPP 1956, ELLENBERG 1963) zu hoch liegen. Für Glatthafer- und Kohldistelwiesen werden Erträge zwischen 30 und 80 dz/ha angegeben (das entspricht $300\text{--}800 \text{ g/m}^2$); dabei sind im allgemeinen zwei Schnitte erfasst. Bei den vorliegenden Untersuchungen konnten leider nur die Trockengewichte kleinflächiger Schnittproben ermittelt werden. Es ist eine bekannte Tatsache, dass solche kleinen Flächen sorgfältiger und tiefer am Boden ab-

4 Zusammenfassung von je 3 Proben			5 Zusammenfassung von je 6 Proben		
a	b	c	a	b	c
Flächen- summe	Trocken- gewicht	Fläche pro g Trocken- gewicht in cm ²	Flächen- summe	Trocken- gewicht	Fläche pro g Trocken- gewicht in cm ²
in cm ²	in g	in cm ²	in cm ²	in g	in cm ²
1528	10,70	143			
			2935	21,63	136
1407	10,93	129			
1377	10,40	132			
			2847	20,51	138
1470	10,11	145			
		137			137
		(5,9%)			(0,7%)

geschnitten werden, zumal mit der Schere von Hand. Dagegen bleibt beim Mähen oft in Bodendellen mehr Pflanzensubstanz stehen. So ergaben sich trotz des völligen Wasserentzuges beim Trocknen mit 105 °C gegenüber den Heuerträgen zu hohe Erntegewichte.

Noch grösser im Verhältnis zur Bodenfläche sind die über 10 × 10 cm entnommenen Einzelproben. Dies zeigt sich beim Vergleich der Mittelwerte jeder Kleinfazies mit dem Gewichtschnitt der 1-m²-Proben, der dazu durch 100 zu dividieren ist. Besonders gross ist die Abweichung im ersten Beispiel. Die Glatthaferwiese liegt im Aussendeichsland der Süderelbe; dort sind die Verhältnisse besonders ungünstig für kleinflächige Proben, weil dort durch die häufigen Überflutungen angeschwemmtes altes Laub von *Calamagrostis epigeios* zwischen den diesjährigen Trieben abgelagert wird. So wird ein gleichmässiger Bewuchs verhindert, und bei der Probenahme werden unwillkürlich die Stellen konzentrierten Bewuchses bevorzugt. In den übrigen

Tab.9. Vergleich der Trockengewichte von 80 Schnittproben über je 100 cm² Bodenfläche untereinander und mit 1-m²-Proben.

Bestand	Nr.	Trockengewichte der Einzelproben in g je 100 cm ² Bodenfläche aus verschiedenen Kleinfazies				Trocken- gewichte in g von Schnitt- proben über 1 m ² Bodenfläche
		1	2	3	4	
Frische Glatthafer- wiese mit Flut- rasenpflanzen Heuckenlock 24.6.1960	2 ∅	<i>Heracleum sphondylium</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Calamagrostis epigeios</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>	672
		10,70	7,08	12,30	8,85	
		12,25	7,61	12,47	9,56	
		17,91	9,02	13,11	12,80	
		18,02	10,71	14,13	13,49	
14,72	8,61	13,00	11,18			
Glatthafer- Kohldistelwiese 1. Schnitt Ufer Gose-Elbe 23.6.1959	4 I ∅	<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Festuca rubra genuina</i>	<i>Glyceria maxima</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>	473
		3,70	3,72	5,44	7,84	
		4,22	3,80	6,56	8,27	
		4,67	3,98	6,95	8,56	
		5,12	4,01	9,38	8,62	
4,43	3,88	7,01	8,32			
Glatthafer- Kohldistelwiese 2. Schnitt Ufer Gose-Elbe 1.9.1959	4 II ∅	<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Festuca rubra genuina</i>	<i>Glyceria maxima</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>	330
		4,04	3,05	5,15	2,36	
		4,33	3,50	5,87	4,60	
		4,66	3,89	6,08	4,83	
		6,16	3,91	9,01	4,89	
4,80	3,59	6,53	4,17			
Mässig nasse Kohldistelwiese Billetal Aumühle 12.6.1959	8/1 ∅	<i>Polygonum bistorta</i>	<i>Lotus uliginosus</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>	296
		1,63	1,45	2,06	2,94	
		2,04	1,85	2,34	3,41	
		2,41	2,18	3,37	4,91	
		3,85	2,26	3,56	6,54	
2,48	1,93	2,83	4,45			
Mässig nasse Kohldistelwiese Billetal Aumühle 25.8.1959	8/2 ∅	<i>Cirsium oleraceum</i>	<i>Ranunculus repens</i>	<i>Scirpus silvaticus</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i>	405
		3,17	3,87	7,34	4,21	
		3,61	5,18	8,54	7,44	
		5,08	5,90	8,59	7,84	
		5,11	6,13	10,12	8,79	
4,24	5,27	8,65	7,07			

Wiesen sind es vor allem breitblättrige Arten wie *Scirpus silvaticus* und *Glyceria maxima*, die durch stärkere Abweichungen der Kleinproben vom Gewichtschnitt grösserer Proben auffallen. In solchen Fällen dürfte die Ursache vor allem im Grössenverhältnis zwischen Probe und Einzelpflanze liegen; hier ist eine Bodenfläche von 10×10 cm zu klein für die Entnahme repräsentativer Proben.

Da jedoch auch bei grösseren Schnittproben oft Pflanzenteile über die vorgesehene Bodenfläche hinausragen oder Blätter von ausserhalb wurzelnden Pflanzenindividuen in den Wuchsraum über dieser Fläche hineinragen, verwenden LIETH (mündliche Mitteilung an Prof. Ellenberg) und in Einzelfällen auch MÖLLER (1945) eine etwas andere Entnahmetechnik. Sie schneiden mit Hilfe eines Drahtrahmens bestimmten Flächeninhaltes senkrecht von oben nach unten ein «Prisma» aus dem Bestand aus. Die in die Fläche hineinragenden Pflanzenteile von ausserhalb wurzelnden Pflanzen werden mit erfasst; die über den Rahmen hinausragenden Teile der innerhalb wurzelnden Pflanzen werden ausgesondert. Dadurch erhält man nur die pflanzlichen Oberflächen, die senkrecht über einer durch die Rahmengrösse bestimmten Bodenfläche vorhanden sind. LIETH benutzte diese Technik bisher vorwiegend an Macchien und wählte als Flächeneinheit 1 m^2 . Die gleiche Grösse benutzte MÖLLER, um Prismen aus der Krone gefällter junger Laubbäume auszuschneiden und die darin vorhandenen Blattflächen zu messen.

Für Wiesen wäre das Ausmessen des gesamten Bewuchses über 1 m^2 zu zeitraubend bei vergleichenden Untersuchungen. Je kleiner jedoch die Flächen gewählt werden, desto schwieriger erscheint diese Art der Probenahme, besonders, wenn Wind die schwankenden Grashalme in Bewegung hält. Bei einer Wuchshöhe der Bestände von 150–180 cm ist es kaum vorstellbar, dass Prismen mit der Grundfläche von 10×10 cm noch exakt entnommen werden können. Grössere Proben können aber auch mit genügender Genauigkeit unmittelbar über einer bestimmten Bodenfläche abgeschnitten werden, weil sich dann die Wuchsunterschiede der vorkommenden Arten durch ihre Verflechtung miteinander weitgehend ausgeglichen haben und an den Rändern der Fläche vermutlich ebenso viele Pflanzenteile hinaus- wie hineinragen.

Unabhängig von der Bodenfläche ist jedoch für jede – wie auch immer entnommene – Probe das Verhältnis von Oberfläche und Trockengewicht. Dieses wird also als wichtiger Zwischenwert für die Ermittlung der Gesamtoberflächen benutzt. Aus den Flächen-Gewichts-Relationen der Einzelproben lässt sich zunächst die durchschnittliche grüne Oberfläche je g Trockengewicht für jede Kleinfazies errechnen. Hieraus ergibt sich unter Berücksichtigung des geschätzten Anteils der verschiedenen Kleinfazies im Gesamtbestand eine Gesamtrelation Oberfläche : Trockengewicht, die nun für den ganzen Bestand gültig ist. In der vorliegenden Arbeit wurde hieraus durch Multiplikation mit dem durchschnittlichen Trockengewicht der Schnittproben über 1 m^2 Bodenfläche die grüne Gesamtoberfläche errechnet. Tab. 10 bringt ein Beispiel mit allen Zwischenergebnissen.

Tab.10. Oberflächenermittlung aus Proben über kleinen Bodenflächen. (Beispiel: Frische Glatthaferwiese Nr.2).

1. Kleinfazies	<i>Heracleum sphondylium</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Calama- grostis epigeios</i>	<i>Arrhena- therum elatius</i>
2. Oberflächen in cm ²	1911	1740	2022	2003
über Bodenflächen	2438	1949	2083	2195
von 10 × 10 cm	3408	2121	2211	2227
	3519	2317	2220	2504
Durchschnitt	2819	2032	2134	2232
3. Trockengewichte in g	10,70	7,61	12,47	8,85
	12,25	9,02	12,30	9,56
	17,91	7,08	13,11	12,80
	18,02	10,71	14,13	13,49
Durchschnitt	14,72	8,61	13,00	11,18
4. Flächen-Gewichts- Relation in cm ² /g	192	236	164	199
5. Anteile der Fazies im Gesamtbestand	15%	15%	30%	40%
6. Gewogenes Mittel aus Zeile 4		192 cm ² /g		
7. Trockengewicht einer Schnittprobe über 1 m ² Bodenfläche		672 g/m ²		
8. Gesamtoberfläche in m ² je m ² Bodenfläche errechnet aus 6 und 7		12,92 m ² /m ²		

Es handelt sich um das erste Beispiel der Tab.9. Wie schon dort erörtert, sind die Einzelproben zu gross gegenüber dem Gewichtsdurchschnitt (vgl. Zeilen 3 und 7). Dies spielt aber keine Rolle für die Werte der Zeile 4, die von jeder Fazies die Flächen-Gewichts-Relation zeigt. Die Werte sind durch die Dominanz verschiedener Arten unterschiedlich gross: Bei xeromorphen Arten wie *Calamagrostis epigeios* ist die Relation Fläche : Trockengewicht niedrig; bei Dominanz der meso- bis hygromorphen Art *Lathyrus pratensis* um ca. 30% höher. Die Gesamrelation (Zeile 6 der Tab.10) ergab sich als gewogenes Mittel unter Berücksichtigung der verschiedenen Prozentanteile der Kleinfazies im Gesamtbestand (Zeile 5) und kennzeichnet den Gesamtbewuchs als etwa mesomorph. Dieser Wert kann als durchaus repräsentativ angesprochen werden, während der Durchschnitt der oberirdischen Trockensubstanzproduktion (Zeile 7) noch zu hoch ist; deshalb hat die Angabe über

die Gesamtoberfläche (Zeile 8) vorwiegend relativen Wert für den Vergleich solcher Ermittlungen, die ebenfalls auf Proben über 1 m² Bodenfläche basieren.

Jedoch ist die auf die beschriebene Weise ermittelte Flächen-Gewichts-Relation des Gesamtbestandes von besonderem Vorteil, wenn ausserdem der Heuertrag des Bestandes je ha ermittelt wird. Durch Nachtrocknen einiger grösserer Heuproben im Trockenschrank bei 105 °C ist der zu berücksichtigende Gewichtsunterschied leicht zu ermitteln. Dann sind die Fehler vermieden, die durch die Probenahme über kleinen Bodenflächen entstehen. Erst so gewonnene Oberflächenwerte erlauben allgemein gültige Aussagen.

4. Vergleich der drei Methoden der Probenahme

Abschliessend sollen die besprochenen Methoden der Entnahme repräsentativer Proben und ihr Anwendungsbereich zusammenfassend betrachtet und miteinander verglichen werden.

1. *Gewichtsgleiche Proben.* Die Übereinstimmung der Werte nimmt mit wachsender Probengrösse zu. Bei Einzelarten genügen oft Messproben von etwa $\frac{1}{30}$ des Bewuchses über 1 m² Bodenfläche; bei Mischbeständen mit grossen Pflanzenindividuen ist $\frac{1}{20}$ oft noch zu wenig. Auch das Verhältnis von Blattanteil und Stengelanteil wird mit grösseren Probenmengen einheitlicher, ist aber auch sehr von den Arteigentümlichkeiten abhängig. Bei grossen Einzelpflanzen sind erst grosse Gewichtsanteile des Gesamtschnittes repräsentativ. Darin liegt der Nachteil gewichtsgleicher Proben, denn in solchen Fällen müssen auch die grasreichen Proben die gleiche Grösse haben; ihre Vermessung ist besonders zeitraubend.
2. *Proben von jeder Pflanzenart.* Die Streuung der Flächen-Gewichts-Relationen ist für die einzelnen Arten sehr verschieden. Deshalb ist es zweckmässig, die Mindestmengen für die Proben darauf abzustimmen: bei manchen Arten genügt $\frac{1}{30}$ des Bewuchses über 1 m², bei anderen Arten ist die Relation auch bei weit grösseren Proben inkonstant. Demzufolge ist die Genauigkeit der umgerechneten Oberflächenangaben unterschiedlich. Zudem ist der Arbeitsaufwand allein durch das Trennen in einzelne Pflanzenarten ziemlich hoch.
3. *Proben über kleinen Bodenflächen.* Ein Vorzug der Methode liegt darin, dass die pflanzlichen Oberflächen für bestimmte – wenn auch begrenzte – Stellen des Bestandes unmittelbar bestimmt werden. Ihr Nachteil liegt in den oftmals zu grossen Proben im Verhältnis zur Bodenfläche. Dieser wird aber durch die Berechnung der davon unabhängigen Gesamtrelation Oberfläche : Trockengewicht wieder aufgehoben. Ausserdem kann die stark

wechselnde Mengenverteilung morphologisch unterschiedlicher Arten oder Artengruppen berücksichtigt werden, selbst wenn sie in grösseren Abständen innerhalb des Bestandes vorkommen.

Die Genauigkeit aller genannten Methoden wächst naturgemäss mit der Grösse der exakt ausgemessenen Proben. Jedoch ist der Zeitaufwand bis zur Erreichung von repräsentativen Werten verschieden. Bei der ersten Methode müssen dem Gesamtschnitt möglichst grosse Gewichtsanteile entnommen und unabhängig davon, ob es sich um einzelne grosse und/oder sehr viele kleine Pflanzenindividuen handelt, insgesamt in gleicher Probengrösse vermessen werden. Bei der zweiten Methode erfordert die Bestimmung von genügend genauen Relationswerten für alle vorkommenden Arten schon erhebliche Zeit. Zusätzlich ist noch die Sortierung in Arten, die für das gesamte Untersuchungsmaterial nötig ist, sehr zeitraubend. Bei der dritten Methode ist zwar zunächst eine sorgfältige Ermittlung der Relation Oberfläche : Trockengewicht notwendig; sie kann aber je nach Grösse der Einzelpflanzen auch an verschiedenen grossen Proben erfolgen. Anschliessend genügt dann die gewichtsmässige Bestimmung der Gesamtproduktion des Bestandes, um mit recht grosser Genauigkeit Aussagen über die Gesamtoberflächen machen zu können.

Die Wahl unter den verschiedenen Methoden sollte sich nach den jeweiligen Objekten richten. Bei artenarmen Beständen mit nicht zu grossen Einzelpflanzen ist die Entnahme von gewichtsgleichen Proben zweckmässig. Liegen Mischbestände von relativ grossen Einzelpflanzen vor, bei denen die Arten-trennung nicht allzu mühsam ist, und kann für die vorkommenden Arten eine konstante Flächen-Gewichts-Relation angenommen werden, so führt die zweite Methode zu recht genauen Ergebnissen. Bei unterschiedlicher Grösse und Gestalt der vorkommenden Pflanzen, grossem Artenreichtum der Bestände und kleinräumigem Wechsel der Artenkombinationen ist die dritte Methode vorzuziehen.

C. Untersuchungsergebnisse

Da die assimilierenden Gesamtoberflächen ganzer Wiesenbestände bisher noch kaum durch Zahlenangaben belegt sind, sollen durch die vorgelegte Arbeit erste Anhaltspunkte über die Grössenordnung dieses Wertes gewonnen werden. Die Probeflächen wurden so ausgewählt, dass ausserdem die Abhängigkeit der Oberflächenerzeugung vom Standort vergleichend betrachtet werden konnte. Hierzu war die Kenntnis der wichtigsten Standortsbedin-