

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: D.: Diskussion der Ergebnisse

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-377641>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

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

D. Diskussion der Ergebnisse

I. Abhängigkeit der Gesamtoberflächen vom Standort

Bei Betrachtung der Tab.12, die nach der Grösse der Oberflächen geordnet ist, fällt sofort das Naturschutzgebiet Heuckenlock ins Auge; alle hier befindlichen Feuchtwiesen (mit einer Ausnahme, bei der es sich um einen zweiten Schnitt handelt) haben grössere Gesamtoberflächen als die Wiesen aller anderen Standorte. Sogar die vollentwickelte Schilfherde (14/2) reiht sich hier ein, während die anderen Herdenbestände dieses Gebietes kleinere Gesamtoberflächen haben. In diesem Aussendeichsgebiet der Süderelbe liegen besonders günstige Standortbedingungen vor (MEYER 1957, vgl. Abschn.C I der vorliegenden Arbeit). Dementsprechend sind die assimilierenden Gesamtoberflächen allgemein ziemlich gross.

Die Standorte der übrigen untersuchten Bestände sind nicht so einheitlich, auch bei eng zusammen liegenden Wuchsorten. Von den drei Beständen im unmittelbaren Uferbereich der Bille bei Wohltorf ist das Schlankseggenried (Nr.13) am wüchsigsten; es hat gegenüber den anderen auch den günstigsten Standort (vgl. Abschn.C I). Die Wasserschwadenherde ist zwar ebenfalls gut mit Nährstoffen versorgt, leidet aber unter Staunässe. Die Gesamtoberfläche ist um ca. $\frac{1}{6}$ geringer als die des Schlankseggenriedes. Erheblich geringer (fast um 50%) ist die Oberfläche der nassen Kohldistelwiese (Nr.10). Hier ist offensichtlich der Nährstoffmangel die Hauptursache für die geringere Produktivität.

Bei den Untersuchungsflächen in der Billeniederung bei Aumühle nimmt die Oberfläche im grossen und ganzen mit der zunehmenden Standortsfeuchte ab. Beim Vergleich muss jedoch der Erntezeitpunkt berücksichtigt werden. Die feuchte Kohldistelwiese (Nr.7) hatte schon Ende Mai eine Gesamtoberfläche, die von der mässig nassen Kohldistelwiese (Nr.8) am 12.Juni noch nicht erreicht war. Ein Schnitt der letzteren am 25.August ergab eine nur um $\frac{1}{5}$ höhere Gesamtoberfläche. Vier Jahre später, als die Standortbedingungen sich verschlechtert hatten (vgl. Abschn.C III 2), bildete die jetzt «nasse Kohldistelwiese» (Nr.9) weit geringere Oberflächen aus. Sehr gering, vermutlich infolge stärkerer Beschattung, waren die Oberflächen der benachbarten Lanzettreitgraserherde (Nr.11) auf ähnlichem Standort.

Die Probefläche an der Gose-Elbe (Nr.4) ist mit keiner der untersuchten Wiesen unmittelbar vergleichbar. Ihr Standort erscheint trockener als der der Kohldistelwiesen an der Bille, jedoch ärmer als alle Standorte im Naturschutzgebiet Heuckenlock. Der Nährstoffhaushalt scheint auch hier die Hauptursache für die geringere Oberflächengrösse zu sein, denn pflanzen-

soziologisch schliesst sich dieser Bestand enger an die frischen Glatthaferwiesen an als die übrigen Kohldistelwiesen.

An der Süderelbe herrschen durch Ebbe und Flut sowie Wasserströmung die härtesten Lebensbedingungen (MEYER 1957). Die dort wachsende Schilfherde (Nr.15) hat von allen untersuchten Beständen die geringste Gesamtoberfläche.

II. Abhängigkeit der Gesamtoberflächen vom Erntezeitpunkt

Es ist zu erwarten, dass die Bestände bei längerer Wuchsdauer eine grössere Gesamtoberfläche erzeugen. Wie gross die Unterschiede sind, konnte an drei Beispielen festgestellt werden. Es wurden im gleichen Jahr zweimal Proben genommen, ohne dass der gesamte Bestand inzwischen gemäht worden war. Die Beispiele sind in Tab.15 zusammengestellt. Die mässig nasse Kohldistelwiese steigerte in gut elf Wochen die Gesamtoberfläche um 25%. Bei der Schilfherde war die Oberfläche nach 9 Wochen längerer Wuchsdauer um 30% höher. Bei der Lanzettreitgrasherde hingegen war in vier Wochen von Mitte Juli bis Mitte August keine Steigerung der Oberfläche mehr zu beobachten.

Tab.15. Oberflächen bei verschieden langer Wuchsdauer.

Nr.	Gesellschaft	Erntezeitpunkt	Gesamtoberfläche in m ² /m ² Boden
1. 8/1	Mässig nasse	12.6.1959	8,20
8/2	Kohldistelwiese	25.8.1959	10,13
2. 14/1	Schilfherde	30.6.1963	8,03
14/2		3.9.1963	10,72
3. 11/1	Lanzettreitgrasherde	20.7.1963	5,34
11/2		16.8.1963	4,92

Abgesehen von der Wuchsdauer kann die Oberfläche auch davon abhängen, zu welcher Zeit des Jahres die untersuchten Bestände sich entwickelt haben. Für den Vergleich von zwei Schnitten derselben Wiese im gleichen Jahr liegt wegen der unregelmässigen Nutzung der Probeflächen nur ein Beispiel vor (Tab.16).

Tab.16. Oberflächen des 1. und 2.Schnittes derselben Wiese.

Nr.	Gesellschaft	Erntezeitpunkt	Gesamtoberfläche in m ² /m ² Boden
4 I	Glatthafer-	23.6.1959	6,92
4 II	Kohldistelwiese	1.9.1959	5,08

Die Oberfläche des zweiten Schnittes ist um mehr als 25% geringer als die des ersten Schnittes. Dies Ergebnis entspricht der aus der Praxis bekannten Tatsache, dass der Heuertrag der zweiten Mahd meist geringer ist als der der ersten.

Indirekt kann die gleiche Beobachtung an den Messergebnissen von zwei Glatthaferwiesen gemacht werden, die standörtlich und pflanzensoziologisch eng zusammengehören, von denen aber nur je ein Schnitt in der ersten oder der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode untersucht werden konnte (Tab. 17).

Tab.17. Oberflächenerzeugung im Frühling und im Sommer.

Nr.	Gesellschaft	Ernte-zeitpunkt	Gesamtoberfläche in m ² /m ² Boden
	Frische Glatthaferwiese	24.6.1960	12,92
	mit Flutrasenpflanzen	3.9.1963	5,92

Der Bestand Nr.2 wurde bei Beginn des Sommers geschnitten; die Entwicklungszeit des Bestandes Nr.3 war von Ende Mai bis Anfang September. Die Oberfläche des letzteren war nur ungefähr halb so gross. Allerdings muss bei der Beurteilung der beiden Werte berücksichtigt werden, dass sie aus verschiedenen Jahren stammen, und zwar aus den Jahren 1960 und 1963. An drei später gezeigten Beispielen aus dem gleichen Gelände wurde festgestellt, dass im Jahr 1963 ganz allgemein kleinere Oberflächen erzeugt worden sind. Der Abstand der beiden Werte in Tab.17 ist also relativ zu gross.

Aber auch aus einem weiteren Beispiel kann geschlossen werden, dass im Frühling grössere Oberflächen erzeugt werden als nach dem Schnitt in den späteren Monaten. Die feuchte Kohldistelwiese (Nr.7) hatte schon Ende Mai eine Gesamtoberfläche von 8,39 m²/m² Bodenfläche entwickelt. Es ist unwahrscheinlich, dass sie im gleichen Jahr noch einmal eine Oberfläche ähnlicher Grössenordnung erzeugen würde, es sei denn, durch den mehrmaligen Schnitt dieses Bestandes (vgl. Abschn.CIII2) wäre die Produktivität besonders gross.

III. Schwankungen der Oberflächen von Jahr zu Jahr

Für den Vergleich der Oberflächen des gleichen Bestandes in verschiedenen Jahren stehen ebenfalls drei Beispiele zur Verfügung (Tab.18).

Alle drei Bestände haben im Jahre 1960 erheblich grössere Gesamtoberflächen entwickelt. Wie sich aus Tab.12 ergibt, sind es die höchsten Ober-

Tab.18. Oberflächenerzeugung in verschiedenen Jahren.

Nr.	Gesellschaft	Ernte-zeitpunkt	Gesamtoberfläche in m ² /m ² Boden
1. 1 a	FrISChe Glatthaferwiese	27.8.1960	16,20
1 b	mit Flutrasenpflanzen	9.8.1963	13,62
2. 5 a	Kohldistelwiese	17.7.1960	15,45
5 b		17.7.1963	11,66
3. 6 a	Ehrenpreisreiche	30.7.1960	14,68
6 b	Kohldistelwiese	9.8.1963	10,53

flächen überhaupt, die bei den bisherigen Untersuchungen an Wiesen ermittelt worden sind. Die vierte im gleichen Jahre untersuchte Wiese, die Glatthaferwiese Nr.2, steht an fünfter Stelle der Tab.12. Das Jahr 1960 scheint ein Jahr mit besonders hoher Produktivität der Wiesen an diesem Standort gewesen zu sein. Es würde zu weit führen, hier die Ursachen zu erörtern; die Hauptursache dürfte in der Witterung zu suchen sein. Möglicherweise wurde aber auch im Jahre 1960 das Aussendeichsland häufiger überschwemmt als sonst und war demzufolge noch besser mit Nährstoffen versorgt. Die in diesem Jahre ermittelten Oberflächenwerte müssen daher vielleicht als Extreme angesehen werden, die sich nur selten wiederholen.

IV. Vergleich der Oberflächen- und Trockensubstanzproduktion

Schwankungen in der Grösse der Gesamtoberflächen von Jahr zu Jahr waren zu erwarten, weil aus der Praxis bekannt ist, dass auch die Trockensubstanzproduktion der Wiesen von Jahr zu Jahr wechselt. Ob jedoch beide Werte immer parallel laufen, soll in Tab.19 an den gleichen Beispielen wie in Tab.18 gezeigt werden.

Tab.19. Trockensubstanzproduktion in verschiedenen Jahren.

Nr.	Gesellschaft	Ernte-zeitpunkt	Trockengewicht in g/m ² Boden
1. 1 a	FrISChe Glatthaferwiese	27.8.1960	889
1 b	mit Flutrasenpflanzen	9.8.1963	808
2. 5 a	Kohldistelwiese	17.7.1960	740
5 b		17.7.1963	864
3. 6 a	Ehrenpreisreiche	30.7.1960	790
6 b	Kohldistelwiese	9.8.1963	750

Im ersten und dritten Beispiel sind die Trockengewichte 1963 geringer als 1960, jedoch sind die Unterschiede weniger ausgeprägt als bei den Oberflächen. Beim zweiten Beispiel zeigt sich dagegen 1963 ein um ungefähr $\frac{1}{6}$ höheres Trockengewicht, während die Gesamtoberfläche um etwa $\frac{1}{4}$ kleiner ist. In der betrachteten Kohldistelwiese hat von 1960 bis 1963 der Anteil an Gräsern gegenüber den grossblättrigen Kräutern stark zugenommen (vgl. Abschn. CIII2). Hierin mag die Ursache für das höhere Trockengewicht des Schnittes zum gleichen Zeitpunkt in der zweiten Julihälfte liegen.

Gleichzeitig wird deutlich, dass Oberfläche und Trockengewicht nicht immer im gleichen Verhältnis zueinander stehen. Es ergeben sich Unterschiede sowohl bei den verschiedenen Wiesen als auch in den beiden Jahren. Dies mag Tab. 20 verdeutlichen.

Tab. 20. Flächen-Gewichts-Relation in verschiedenen Jahren.

Nr.	Gesellschaft	Ernte- zeitpunkt	Flächen- Gewichts- Relation in cm ² /g
1. 1 a	Frische Glatthaferwiese	27.8.1960	182
1 b	mit Flutrasenpflanzen	9.8.1963	169
2. 5 a	Kohldistelwiese	17.7.1960	209
5 b		17.7.1963	135
3. 6 a	Ehrenpreisreiche	30.7.1960	186
6 b	Kohldistelwiese	9.8.1963	140

Besonders auffällig ist der Unterschied zwischen 1960 und 1963 bei der Kohldistelwiese; hier wird der erste Wert durch die hygromorphen Kräuter, der zweite durch die mehr xeromorphen Gräser bestimmt. Die zu einem bestimmten Zeitpunkt ermittelte Flächen-Gewichts-Relation darf also keinesfalls für die Berechnung von Oberflächen aus blossen Gewichtsbestimmungen zu einem anderen Zeitpunkt verwendet werden.

Die Beziehungen zwischen den ermittelten Gesamtoberflächen und den zugehörigen Trockengewichten seien noch durch eine graphische Darstellung deutlich gemacht, die alle untersuchten Bestände enthält (Abb. 7). Dabei sind nur die Schilfherden ausgelassen worden, deren ermittelte Trockengewichte wegen der stark verkieselten Stengel keinen guten Vergleichswert darstellen. Ausserdem fehlt die Pestwurzherde, für die kein Trockengewicht vorliegt.

In Abb. 7 sind die Bestände, ebenso wie in Tab. 12, die alle Zahlenwerte enthält, nach der Grösse der Oberflächen geordnet; diese bilden die oberste Wertefolge. Die zweite Wertefolge zeigt die Trockengewichte, hier wurde

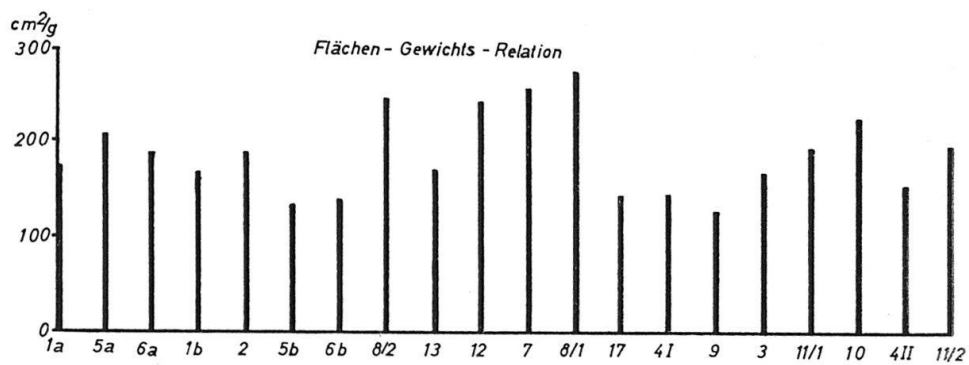
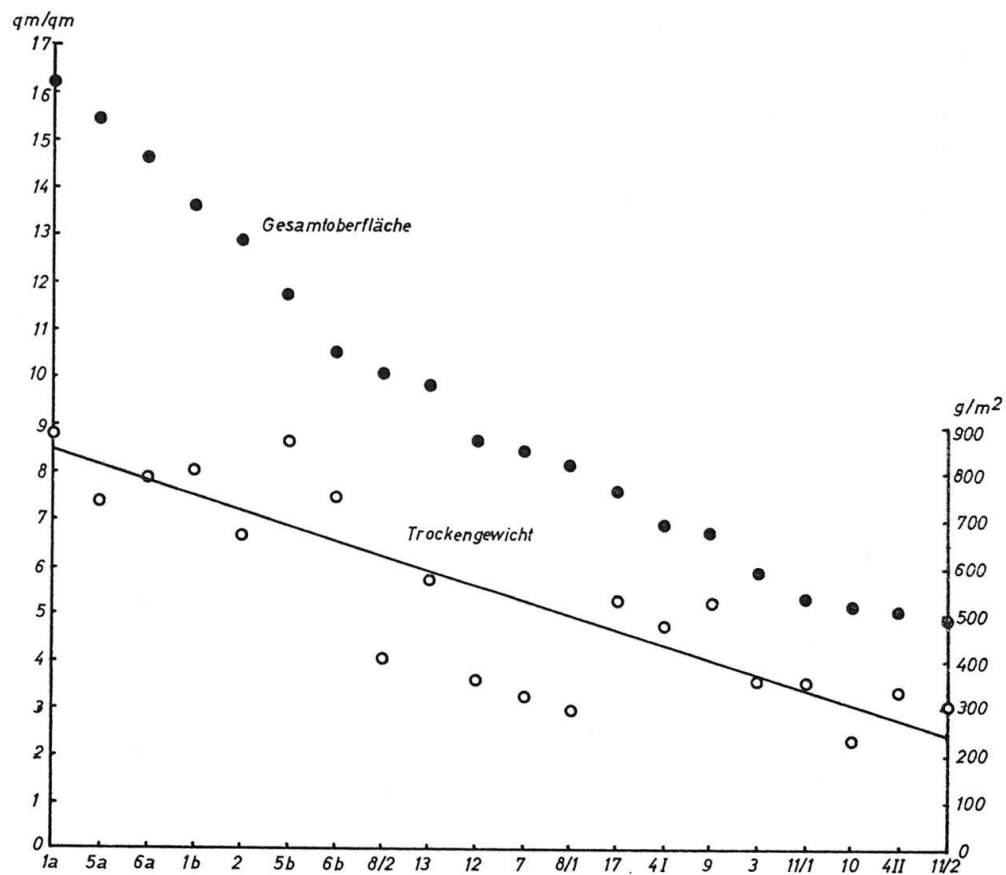


Abb. 7. Gesamtoberflächen, Trockensubstanz und Flächen-Gewichts-Relation der untersuchten Wiesenbestände (nach der Grösse der Gesamtoberflächen geordnet).

zusätzlich die Regressionsgerade eingezeichnet. So lässt sich erkennen, dass die Trockensubstanzproduktion im grossen und ganzen mit den assimilierenden Oberflächen parallel geht. Im einzelnen sind bei den verschiedenen Beständen jedoch zum Teil erhebliche Abweichungen vorhanden. Es soll nun versucht werden, die Gründe hierfür in den betreffenden Pflanzengemeinschaften aufzufinden.

Zunächst fällt die Kohldistelwiese 5b durch relativ hohes Trockengewicht auf; hier liegt die Ursache, wie schon bei der Betrachtung der Tab.19 und 20 erörtert, in dem Vorkommen von überwiegend xeromorphen Gräsern. Bei der Probefläche 6b ist es vor allem *Calamagrostis epigeios*, das den hohen Wert hervorruft, bei der nassen Kohldistelwiese Nr.9 *Carex acutiformis*. Der leicht erhöhte Wert bei Nr.17 hat andere Gründe; hier dürften die Stengel von *Cirsium oleraceum* für das hohe Gewicht verantwortlich sein.

Einige andere Werte fallen durch Abweichung der Trockengewichte nach der negativen Seite auf. Dies gilt vor allem für beide Proben der mässig nassen Kohldistelwiese Nr.8 (1 und 2). Der hohe Anteil an hygromorphen grossblättrigen Kräutern wie *Angelica silvestris*, *Polygonum bistorta* etc. (vgl. Tab.6) steht einem gegenüber den meisten anderen Probeflächen niedrigen Grasanteil (unter 50%) gegenüber. Einen etwas höheren Grasanteil hat die Probefläche 12, aber dieser besteht aus Gräsern mit ziemlich hohen Flächen-Gewichts-Relationen wie *Glyceria maxima* und *Agrostis alba* (vgl. Tab.6); daher ist das Trockengewicht im Verhältnis zur Oberfläche niedrig. Bei der Probefläche 7 kommen der Kräuterreichtum und der frühe Schnitt (Ende Mai) als Gründe für das relativ geringe Trockengewicht in Betracht.

Die gleichen Unterschiede werden auch bei der Betrachtung der Flächen-Gewichts-Relationen der Gesamtbestände deutlich, die in Abb.7 für alle Probeflächen als Säulendiagramme unter den beiden Wertefolgen aufgetragen sind. Die genannten vier Probeflächen mit abweichend hohen Trockengewichten haben übereinstimmend niedrige Flächen-Gewicht-Relationen unter 150 cm²/g. Hohe Werte über 240 cm²/g liegen dagegen bei den vier Probeflächen mit abweichend geringen Trockengewichten vor.

Ganz allgemein wird durch diesen Vergleich deutlich, dass bei Wiesen weder von der Grösse der assimilierenden Oberflächen unmittelbar auf die oberirdische Trockensubstanzproduktion geschlossen werden kann noch umgekehrt. Es würde zu weit führen, alle Gründe hierfür zu erörtern; es sei auf die gründlichen Untersuchungen und Diskussionen des ganzen Komplexes bei WALTER (1962), Abschn. III: «Das Licht und die Stoffproduktion» verwiesen. Sicherlich spielen die Unterschiede in der Ausbildung der Wurzelsysteme eine wichtige Rolle: Bei vielen Kräutern z.B. wandert die produzierte organische Substanz zu einem erheblichen Teil in Pfahlwurzeln,

Rhizome etc. ab. Ein Vergleich der Oberflächen- und Stoffproduktion müsste also, um genau sein zu können, den unterirdischen Substanzzuwachs mit berücksichtigen.

V. Vergleich der Oberflächenproduktion bei Wiesen und Wäldern

Die ermittelten Oberflächen der verschiedenen Wiesengesellschaften sollen nun mit den «Blattflächenindizes» von Wäldern verglichen werden; hierzu liegen Angaben verschiedener Autoren vor, sie sind in Tab.21 zusammengestellt.

Tab.21. Assimilierende Oberflächen («Blattflächenindizes») von Wäldern

<i>Laubwälder</i>	Blattfläche (einseitig) in m ² /m ² Bodenfläche	Autor	Bemerkungen
Eichenwälder	2,5– 3,14	MÖLLER 1945	Lebende Bodendecke üppig, vorwiegend Anemone und Wald- meister
Eichen-Birkenwälder .	3,8– 6,0	ELLENBERG 1939	Bodenflora grösstenteils gering, max. 1–2 m ² /m ² Bodenfläche
Eiche	6,5	EBERMAYER 1882	
Eschen-Versuchsfläche	4,0– 4,9	BOYSEN-JENSEN u. MÜLLER 1927/30	Bäume 12jährig, verschieden stark durchforstet
Eschenwald	5,0	MÖLLER 1945	
Buchen-Versuchsfläche	4,7– 5,4	BOYSEN-JENSEN u. MÜLLER 1927/30	Bäume 22jährig, verschieden stark durchforstet
Buchenwälder	7,8	KNUCHEL 1914	Messung an Einzel- bäumen, auf m ² Wuchs- raum bezogen; Angabe mit doppelter Blatt- fläche = 15,8 m ² /m ²
Buchenwälder	7,95	BURGER 1940	Doppelte Blattfläche ist gewertet = 15,9 m ² /m ² Bodenfläche
Eichen-Hainbuchen- Wälder	7,0– 9,0	ELLENBERG 1939	Bodenflora sehr gering, max. 1 m ² /m ² Boden- fläche
Grauerlenbuschwald ..	8,81	VARESCHI 1951	Bodenflora hat (zusätzlich) 2,26 m ² Oberfläche je m ² Boden- fläche
Buche	7,0–10,0	EBERMAYER 1882	

<i>Nadelwälder</i>	Nadelfläche (allseitig)		
Kiefernwald	6,6– 7,3	BURGER 1941	
Kiefernwald	7,1–10,2	TIRÉN 1927	35jährig = 7,1 m ² 55jährig = 10,2 m ² 105jährig = 6,6 m ²
Heidelbeerfichtenwald	7,82	VARESCHI 1951	Dazu 2 m ² Fläche der Heidelbeere und 13 m ² Fläche der Moose
Fichtenforsten	8,1	BURGER 1939	sehr heller Bestand
	8,5–15,3	MÖLLER 1945	verschieden stark durchforstet
	16,5	BURGER 1939	dicht geschlossener Bestand
	17,0	BURGER 1941	1600 m über NN.
	19,2	BURGER 1939	
	24 –28	BURGER 1941	470 m über NN.
Fichten-Plenterwald .	21	BURGER 1939	
Fichten-Tannen- Mischwald	22	BURGER 1939	
Weymouthskiefer	11,7–15,9	BURGER 1929	8 Standorte 400–900 m über NN., je 3 Probe- bäume
Douglasie	18,4–27	BURGER 1935	22 Probebäume aus 4 Standorten

Bei Laubwäldern liegen die Werte für Blattflächen je m² Bodenfläche in der Grössenordnung von 2,5 m² bis 10 m², bei Nadelwäldern zwischen 6,5 m² und 28 m². Dieser generelle Unterschied erklärt sich m. E. zunächst einmal messtechnisch: Bei Laubblättern wird in der Regel das einseitige Flächenmass verwendet; die Nadeloberflächen werden allseitig gemessen. Jedoch scheint die Nadel gegenüber dem Laubblatt physiologisch benachteiligt zu sein: Nach einer Angabe von STÅLFELT (1924), der sich auf WILLSTÄTTER und STOLL (1918) stützt, besitzen Laubblätter je Frischgewichtseinheit etwa doppelt so viel Chlorophyll wie Nadeln. Schliesslich ist auf dem Boden unter dem dichten Kronendach der Nadelbäume noch seltener als bei den lichterem Laubhölzern eine Krautschicht vorhanden, die ihrerseits noch assimilierende pflanzliche Oberfläche über der betreffenden Bodenfläche erzeugen könnte. Hingegen scheinen die besonders niedrigen Oberflächenwerte bei den von MÖLLER (1945) untersuchten Eichenwäldern von entsprechend höheren Anteilen der Bodenflora begleitet zu sein, deren Oberflächen von ihm nicht erfasst wurden. Doch kann die Ursache auch in der geringeren Fruchtbarkeit der Standorte liegen, auf denen solche Wälder meistens stocken. Denn auf

ungünstigen Standorten wird das Licht von den Bäumen schlechter ausgenutzt als auf besseren (ELLENBERG 1939).

Da im übrigen die in Tab. 21 aufgeführten Werte auch aus verschiedenen Gebieten und Höhenlagen stammen, können die Unterschiede durch mannigfache Ursachen bedingt sein. In der Spalte «Bemerkungen» waren nur wenige Hinweise möglich.

Zum Vergleich mit den Oberflächen von Wiesen sei die Grössenordnung der vorgelegten Ergebnisse kurz wiederholt: Die ermittelten Oberflächen je m² Bodenfläche betragen zwischen 5 m² und 16 m². Dabei hatten die wüchsigen Feuchtwiesen im Überschwemmungsbereich der Süderelbe einschliesslich einer vollentwickelten Schilfherde Oberflächen, die mehr als das 10fache der Bodenfläche ausmachten.

Ein vergleichbarer Wert für eine Wiese wurde von VARESCHI (1951) mit 11,55 m² ermittelt; dort handelte es sich um ein artenarmes montanes *Arrhenatheretum*. Auf ähnlichen Standorten in gleicher Höhenstufe befinden sich der Grauerlenbuschwald und der Heidelbeerfichtenwald, die in Tab. 21 mit aufgeführt sind. Sie haben zusammen mit den Oberflächen der Bodenflora, jedoch ohne Berücksichtigung der Moose, Oberflächen gleicher Grössenordnung. Im übrigen liegen noch keine Untersuchungen der beiden Formationen auf gleichen Standorten vor; deshalb ist ein Vergleich nur in grossen Zügen möglich. Die Grössenordnung ist aus Tab. 22 zu ersehen.

Tab. 22. Vergleich der Oberflächen bei verschiedenen Formationen.

Formation	Oberfläche in m ² /m ² Bodenfläche	Einbezogene Pflanzenoberfläche
Laubwälder	2,5–10	einseitige Blattflächen
Wiesen	5 –16	einseitige Blattflächen und allseitige Stengeloberflächen
Nadelwälder	6,6–28 (3,3–14)	allseitige Nadeloberflächen (halbe Werte zum besseren Vergleich)

In der Tabelle ist der Hauptgrund für die Unterschiede der drei Gruppen angeführt: Bei Wiesen werden nicht nur Blattflächen, sondern auch assimilierende Stengelflächen erfasst, die nicht allseitig vom Licht getroffen werden. Die noch höheren Werte bei Nadelwäldern ergeben sich folgerichtig daraus, dass hier überhaupt keine flächig ausgebreiteten und einseitig gemessenen Pflanzenteile vorkommen.

Hier zeigen sich die Grenzen der Vergleichbarkeit pflanzlicher Oberflächen.

KNUCHEL (1914) und BURGER (1940) versuchten die Werte dadurch einander zu nähern, dass sie die Flächen der Laubblätter doppelt in Rechnung setzten. MÖLLER (1945) benutzte zum Vergleich von Buche und Fichte die «halbe Nadelfläche» und fand dann gute Übereinstimmung auf vergleichbaren Standorten.

Bei den vorliegenden Untersuchungen an Wiesenpflanzen wäre ein Ausweg gewesen, die Stengeloberflächen nicht voll in Rechnung zu setzen, sondern etwa nur die Hälfte oder $\frac{3}{4}$. Davon müssten allerdings die von Blattscheiden umkleideten Stengelabschnitte von Gräsern wegen der Blattnatur dieser Organe wieder ausgenommen werden. Auch bei den Kräutern dürfte die Stengeloberfläche von verschiedenen Arten unterschiedliche Assimilationsleistungen (WALTER 1962) aufweisen. Es ist also schwierig, ein einheitliches Mass zu finden, um bei artenreichen Beständen die assimilatorisch wirksame Oberfläche richtig einzusetzen, ohne die tatsächliche CO_2 -Assimilation der gesamten Bestände ausserdem zu kennen.

Abgesehen von den genannten Unterschieden zeigen aber alle Werte deutlich, dass die vorhandene Bodenfläche von einer um vieles grösseren Oberfläche der Pflanzen vielschichtig überdeckt wird. Dadurch kann das Licht so vollständig ausgenutzt werden, dass der von Vegetation bedeckte Boden im allgemeinen nur noch von wenigen Prozent der vollen Tageshelligkeit erreicht wird. Lichtmessungen an der Bodenoberfläche ergaben bei den wüchsigsten der von mir untersuchten Wiesenbestände eine relative Helligkeit von nur 1–2%. Hier beginnt das Licht zum begrenzenden Faktor für die Ausbildung weiterer grüner Pflanzenteile zu werden. In einigen Fällen waren die untersten Blätter bereits aus Lichtmangel vergilbt.

Ähnliche Werte der minimalen Helligkeit wurden von ELLENBERG (1939) am Boden unter Laubmischwäldern gemessen; sie lagen unter 0,75% des Tageslichtes. MÖLLER (1945) ermittelte am Boden unter einem dichten Fichtenbestand 0,9% Tageshelligkeit. WALTER (1962) fand als Tagesdurchschnitt am Waldboden unter Buche mit dichtem Kronenschluss an wolkenlosen Tagen 0,75% (ohne Lichtflecken), an trüben Tagen 1,5%. Der niedrigste Wert lag mit 0,165% unter Fichte. Für die dunkelsten Wälder auf Sumatra gab WALTER (nach BÜNNING zit.) einen Wert von 0,1% relativer Helligkeit auf dem völlig vegetationslosen Waldboden an.

Die genannten Werte für Wälder zeigen im Vergleich zu den unter Wiesen ermittelten, dass der Helligkeitsabfall, der durch die vielen einander überlappenden Blatt- und Stengelflächen bewirkt wird (bei Wäldern kommen die Zweige und Äste als Schattenspender hinzu), ebenfalls – wie die Gesamtoberflächen – grössenordnungsmässig bei den verschiedenen Formationen übereinstimmt.

VI. Unabhängigkeit der Oberflächengrösse von floristischen und strukturellen Unterschieden

Wie in den Abschn. DI–III gezeigt wurde, wird die Oberflächenerzeugung von Wiesen ausser durch die allgemeinen Klimabedingungen in der Hauptsache durch die Güte der Standorte beeinflusst. Weitgehend unabhängig scheint die Oberflächengrösse jedoch von floristischen und morphologischen Unterschieden innerhalb der Bestände zu sein, sogar von der Wuchshöhe vollentwickelter Pflanzengemeinschaften, wie VARESCI (1951) an der Übereinstimmung der Gesamtoberflächen von zwei Wäldern und einer Wiese auf ähnlichen Standorten zeigte. Auch die Artenzusammensetzung der Baumschicht z. B. bei Laubmischwäldern und die Verteilung der Baumkronen auf verschiedene Schichten des Kronenraumes haben offenbar keinen Einfluss (vgl. das wörtliche Zitat von ELLENBERG in der Einleitung der vorliegenden Arbeit).

Ob auch bei Wiesen die Oberflächenerzeugung der Pflanzengemeinschaft von der Dominanz gestaltlich unterschiedlicher Arten unabhängig ist, sollte in der vorliegenden Arbeit an den verschiedenen Kleinfazies der Bestände nachgeprüft werden. Leider mussten die Proben aus arbeitstechnischen Gründen sehr klein gehalten werden (10×10 cm Bodenfläche). Infolgedessen ragten Teile der in dieser Fläche wurzelnden Pflanzenindividuen manchmal über die Fläche hinaus. Der dadurch entstehende Fehler war bei grösseren Kräutern vielleicht beträchtlich, konnte aber nicht exakt bestimmt werden. Das Ausmessen entsprechend grösserer Schnitte hätte wiederum die Zahl der Vergleichswerte zu stark eingeschränkt. Die unter diesem Gesichtspunkt mit gewissen Vorbehalten zu betrachtenden Messergebnisse der Kleinfazies von zehn Probeflächen seien trotzdem in Tab. 23 aufgeführt.

Zunächst seien die Oberflächen der Einzelproben jeder Fazies verglichen. Ihre Streuung ist unterschiedlich; am grössten ist sie bei hohen Kräutern wie *Heracleum sphondylium* (Beispiel 4) und *Cirsium oleraceum* (Beispiel 1). Von den grasreichen Fazies zeigt neben *Holcus lanatus* (Beispiel 9), dessen Horstwuchs die Probenahme über kleinen Flächen beeinträchtigt, das grosse breitblättrige Gras *Calamagrostis epigeios* die grösste Streuung (Beispiele 1, 2, 3). Relativ gering ist dagegen die Streuung bei *Festuca rubra genuina* (Beispiel 10) und bei dem kleinblättrigen Kraut *Myosotis palustris* (Beispiel 6). Diese Gegenüberstellung lässt vermuten, dass die Ursache in dem unterschiedlichen Verhältnis zwischen Probengrösse und Grösse der Einzelpflanzen liegt.

Die Streuung der Durchschnittswerte der verschiedenen Kleinfazies in jedem Bestand ist in den meisten Fällen nicht grösser, sondern eher kleiner

als die Streuung der Einzelproben. Wieder tritt jedoch *Heracleum sphondylium* durch einen abweichend hohen Wert hervor. Dagegen fallen im Beispiel 3 die relativ geringen Werte der kleinblättrigen Kräuter *Galium aparine* und *Vicia cracca* auf. Jedoch ergibt sich für keine der dominierenden Arten eine einheitliche Tendenz in allen Gesellschaften, in denen sie vertreten sind. Selbst *Arrhenatherum elatius*, das in mehreren Beispielen (3, 4, 8 und 9) die grössten Oberflächen der vorkommenden Kleinfazies hat, wird im Beispiel 5 von *Scirpus silvaticus* übertroffen; im Beispiel 10 liegt der Wert der *Arrhenatherum*-Fazies an zweitniedrigster Stelle. Die unterschiedlichen Werte der Kleinfazies desselben Bestandes zeigen also weder eine deutliche Artabhängigkeit, noch weichen sie stärker voneinander ab als die Einzelproben.

Dagegen zeigt die Spalte der Gesamtdurchschnitte für jeden Bestand (letzte Spalte der Tab. 23) viel grössere Unterschiede. Hier spielt der Standort offenbar die entscheidende Rolle, daneben unter Umständen die Wuchsdauer und/oder der Erntezeitpunkt; nicht jedoch die auftretenden Arten. Z.B. hat die *Filipendula*-Fazies im Beispiel 2 eine vier- bis fünfmal grössere Oberfläche als im Beispiel 10. Ähnliches gilt für die *Arrhenatherum*-Fazies in den Beispielen 3 und 10.

Es ergibt sich also schon aus dem in Tab. 23 vereinigten Zahlenmaterial eine gewisse Wahrscheinlichkeit für die von ELLENBERG (1939) und VARESCHI (1951) geäusserte Ansicht, dass die Grösse der grünen Gesamtoberflächen von Pflanzengemeinschaften entscheidend vom Standort abhängt, während die Artenzusammensetzung und die morphologische Struktur kaum eine Rolle spielen. Für eine endgültige Stellungnahme genügen aber diese an den Kleinfazies gewonnenen Ergebnisse noch nicht.

In dieselbe Richtung weisen allerdings auch andere Beispiele aus dem vorliegenden Untersuchungsmaterial, bei denen Übereinstimmung oder Unterschiede der Oberflächenerzeugung sogar von der soziologischen Zuordnung ganzer Bestände in gewissem Masse unabhängig sind. Sie sind in Tab. 24 zusammengestellt.

Die Tabelle zeigt zunächst drei Bestände auf ähnlichen Standorten; darunter folgen zwei Bestände, die soziologisch dem ersten bzw. dem zweiten und dritten Bestand vergleichbar sind, aber abweichende Standorte besiedeln. Trotz beträchtlicher soziologischer Unterschiede sind alle Werte vom Standort Heuckenlock sehr hoch, weil dort überall die Nährstoffversorgung günstig ist. Im Bereich der Gose-Elbe und der Bille ist die Nährstoffversorgung schlechter, dementsprechend haben dort die Wiesengesellschaften kleinere Gesamtoberflächen. Der Standortsfaktor Nährstoffversorgung wirkt sich also auf die Oberflächenentwicklung stärker aus als auf die Artenzusammensetzung, die in erster Linie vom Wasserhaushalt abhängt.

Tab. 23. Oberflächen verschiedener Kleinfazies aus zehn Wiesen-Probefflächen.

Bei- spiel Nr.	Bestand	Probe- fläche Nr.	Kleinfazies
1	Kohldistelwiese Heuckenlock 17.7.1960	5 a	<i>Angelica silvestris</i> <i>Cirsium oleraceum</i> <i>Calamagrostis epigeios</i>
2	Ehrenpreisreiche Kohldistelwiese Heuckenlock 30.7.1960	6 a	<i>Galium aparine</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Veronica longifolia</i> <i>Calamagrostis epigeios</i>
3	Frische Glatthaferwiese mit Flutrasenpflanzen Heuckenlock 27.8.1960	1 a	<i>Galium aparine</i> <i>Vicia cracca</i> <i>Tanacetum vulgare</i> <i>Calamagrostis epigeios</i> <i>Arrhenatherum elatius</i>
4	Frische Glatthaferwiese mit Flutrasenpflanzen Heuckenlock 24.6.1960	2	<i>Lathyrus pratensis</i> <i>Heracleum sphondylium</i> <i>Calamagrostis epigeios</i> <i>Arrhenatherum elatius</i>
5	Mässig nasse Kohldistelwiese Billetal b. Aumühle 25.8.1959	8/2	<i>Ranunculus repens</i> <i>Cirsium oleraceum</i> <i>Scirpus silvaticus</i> <i>Arrhenatherum elatius</i>
6	Wasserschwadenherde Billetal b. Wohltorf 16.8.1956	12	<i>Agrostis alba</i> / <i>Galium palustre</i> . <i>Myosotis palustris</i> <i>Glyceria maxima</i>
7	Schlankseggenried Billetal b. Wohltorf 3.8.1956	13	<i>Carex gracilis</i> A a <i>Filipendula ulmaria</i> B b
8	Glatthafer-Kohldistelwiese Ufer d. Gose-Elbe 23.6.1959 I. Schnitt	4 I	<i>Festuca rubra genuina</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Glyceria maxima</i> <i>Arrhenatherum elatius</i>
9	Mässig nasse Kohldistelwiese Billetal b. Aumühle 12.6.1959	8/1	<i>Lotus uliginosus</i> <i>Polygonum bistorta</i> <i>Holcus lanatus</i> <i>Arrhenatherum elatius</i>
10	Glatthafer-Kohldistelwiese Ufer d. Gose-Elbe 1.9.1959 II. Schnitt	4 II	<i>Festuca rubra genuina</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Glyceria maxima</i> <i>Arrhenatherum elatius</i>

Oberflächen in cm ² über gleichen Bodenflächen					Probefläche Ø
1	2	Einzelproben		Ø	
3	4				
2915	3056	3222	3574	3192	3107
2608	2752	3419	3829	3152	
2660	2815	3006	3425	2976	
2690	2884	3077	3139	2948	3003
2818	3105	3408	3526	3214	
2322	2619	3023	3339	2826	
2586	2753	3336	3427	3025	
1391	1522	1768	2000	1670	2366
1645	1693	1864	2209	1853	
2638	2677	2711	2976	2750	
2250	2567	2888	3345	2763	
2714	2736	2884	2913	2812	
1740	1949	2121	2317	2032	
1911	2438	3408	3519	2819	2304
2022	2083	2211	2220	2134	
2003	2195	2227	2504	2232	
1200	1343	1469	1590	1401	1628
1296	1387	1548	1549	1445	
1880	1949	1995	2041	1966	
1312	1732	1788	1997	1707	
921	1074	1088	1147	1057	1024
882	888	1005	1032	952	
893	1016	1062	1277	1062	
862	919	1001	1004	946	969
831	900	955	973	915	
883	978	993	1020	968	
945	950	1031	1272	1049	
522	546	551	710	582	849
644	736	754	765	725	
775	1043	1084	1164	1017	
988	1010	1075	1219	1073	
625	708	724	815	718	726
688	727	766	817	749	
449	568	764	800	645	
704	720	850	892	792	
490	524	571	640	556	657
476	548	732	964	655	
685	845	878	908	829	
504	596	624	630	588	

Tab. 24. Gesamtoberflächen von fünf Wiesen; standortsabhängig, jedoch gesellschafts-unabhängig.

Ort der Probefläche	Gesellschaft	Oberfläche in m ² /m ² Bodenfläche	
Heuckenlock	FrISChe Glatthaferwiese mit Flutrasenpflanzen	16,20	
	Kohldistelwiese	15,45	
	Ehrenpreisreiche Kohldistelwiese	14,68	
Ufer der Gose-Elbe	Glatthafer-Kohldistelwiese	I	6,92
		II	5,08
Billetal bei Aumühle	Mässig nasse Kohldistelwiese	1	8,20
		2	10,13

Auch diese Beispiele deuten darauf hin, dass bei Wiesen ebenfalls die Tendenz zu übereinstimmenden Gesamtoberflächen vorhanden ist, wenn die Standorte sich gleichen, und dass die floristische Zusammensetzung keine Rolle spielt.

Eine solche einheitliche Tendenz wurde durch die genannten Untersuchungen (ELLENBERG 1939, VARESCI 1951, GEYGER 1960 und die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit) bei den Gesamtoberflächen verschiedenartiger Landpflanzengemeinschaften festgestellt. GESSNER (1943) geht noch weiter, indem er die Chlorophyllmenge von Land- und Wasserpflanzen in ähnlicher Weise vergleicht. Er weist nach, dass «die Chlorophyllmenge unterhalb eines Quadratmeters Wasserfläche mehrerer Seen (in Süddeutschland) grössenordnungsmässig gleich der ist, welche das Laub über 1 m² Wiesenland oder Laubwald enthält; nämlich ± 1 g» (zit. aus VARESCI 1951). Ganz ähnlich ist die Feststellung von SEYBOLD und EGLE (1938): «Die relative Chlorophyllmenge pro Flächeneinheit ist bei den Meeresalgen ähnlich wie bei den Blättern der Landpflanzen.»

In dem im gesamten Pflanzenreich ähnlich funktionierenden Assimilationsmechanismus mit Hilfe des Chlorophylls scheint also die Ursache für die festgestellten Übereinstimmungen zu liegen. Die Aufgabe, das Chlorophyll in der bestmöglichen Weise dem Licht zu exponieren, wird von den Pflanzen unterschiedlich gelöst; immer aber ist die vorhandene pflanzliche Gesamtoberfläche die entscheidende Voraussetzung. Deshalb wird die Nettoassimilation von vielen Forschern nicht auf die Chlorophyllmenge, sondern auf die Blattfläche bezogen und führt zum Begriff der Assimilationsleistung (vgl. WALTER 1962). Nach VARESCI (1951) ist die «assimilatorische Leistung – ausgedrückt in der «mittleren Nettoassimilationsmenge» für 1 m² grüner Oberfläche und Woche – für Angehörige von sieben Familien aus fünf ver-

schiedenen Klimagebieten trotz der damit gegebenen weit voneinander abweichenden inneren und äusseren Bedingungen nahezu gleich». (Er stützt sich dabei auf Angaben von BORNEMANN (1923), BOYSEN-JENSEN (1932), HEATH und GREGORY (1938), LUNDEGÅRDH (1924) und MÜLLER (1932) und zitiert bei verschiedenen Arten Werte von 41 bis 68 g/m² je Woche.) WALTER (1962) betont mehrfach, dass die von Art zu Art verschiedene Assimilationsintensität bzw. Assimilationsleistung oft durch stärkere Entwicklung der Blattflächengrösse ausgeglichen oder sogar überkompensiert wird, so dass z. B. feucht gezogene Pflanzen trotz geringerer Assimilationsintensität höhere Erträge aufweisen können. LUNDEGÅRDH (1957) stellt zwar unterschiedliche Assimilationsleistung bei Schatten- und Sonnenblättern fest, findet aber: «Die mesophilen phanerogamen Sonnenpflanzen assimilieren pro Einheit Blattfläche ziemlich gleichartig.»

Andere Forscher beziehen die Assimilationsintensität auf das Chlorophyllgewicht und kommen zur «Assimilationszahl» (als erste WILLSTÄTTER und STOLL 1918). Die Beziehungen zwischen Chlorophyllgehalt und Blattoberfläche sind im übrigen so komplex, dass darauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

VII. Empfehlenswerte Methodik für künftige Oberflächenbestimmungen an Wiesen

Abschliessend seien die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen im Hinblick auf die Untersuchungsmethodik zusammengestellt.

Die Auswahl der Probestellen richtet sich nach der Fragestellung; jedoch ist es stets wünschenswert, Vergleichswerte an denselben Beständen in verschiedenen Jahren zu gewinnen. Der Zeitpunkt der Probenahme ist nicht einheitlich festzulegen. Die Proben sollen möglichst im optimalen Entwicklungszustand der Bestände entnommen werden. Dieser wird bei unterschiedlichen Standortverhältnissen und entsprechend verschiedenen Pflanzengesellschaften oft zu anderen Zeitpunkten erreicht. So waren z. B. im Naturschutzgebiet Heuckenlock die Glatthaferwiesen schon Mitte Juli ausgewachsen; die Schilfherden erreichten erst Ende August ihre volle Wuchshöhe und Blattentfaltung. In solchen Fällen ist es möglich, in der gleichen Vegetationsperiode, d. h. unter gleichen allgemeinen Klimabedingungen, eine grössere Zahl von vergleichbaren Ergebnissen zu erhalten. Soll dagegen die Oberflächenproduktion in floristisch verschiedenen Fazies auf ähnlichen Standorten verglichen werden, so ist die gleichzeitige Entnahme der Proben notwendig; auch dann sollte der optimale Entwicklungszustand abgewartet werden, wenn dies nicht durch die Bewirtschaftung verhindert wird.

Um eine ausreichende Zahl von Vergleichswerten zu erhalten, muss man

die jeweilige Mindestgrösse der Proben ausnutzen. Es kommt also weniger darauf an, bei allen Messungen die gleiche Probengrösse zu benutzen; vielmehr soll die unterschiedliche Grösse der Einzelpflanzen die Probengrösse bestimmen. Abgesehen von der sehr mühsamen Vermessung von Proben jeder Pflanzenart eignet sich hierzu besonders die Entnahmetechnik 3 (Abschn. B II 3), bei der die Faziesunterschiede weitgehend berücksichtigt werden können: An Stellen mit grossen Kräutern beispielsweise wird die Schnittprobe allein von dieser Fazies über einer grösseren Bodenfläche entnommen. Grasreiche Partien, bei denen der Bewuchs relativ einheitlich ist, können dagegen oft hinreichend genau durch Proben über kleineren Bodenflächen erfasst werden. Zum Vergleich muss nur jeweils auf die gleiche Bodenfläche umgerechnet werden.

Zur Oberflächenermittlung der einzelnen Pflanzenorgane wurde eine rationelle Messmethodik im Abschn. B I 2 ausführlich beschrieben. Alle Blattflächen lassen sich am schnellsten mit Hilfe der hergestellten Schätzskaleten ermitteln (vgl. die verkleinerte Wiedergabe in Abb. 4). Bei einiger Übung beträgt die Abweichung der geschätzten Deckungsgrade von den genau vermessenen nur 1–3%. Es dürfte sogar möglich sein, die Schätzungen nicht – wie beschrieben – an Lichtpausen, d.h. abgebildeten Pflanzenblättern vorzunehmen, sondern unmittelbar an frischen Blättern, die auf weissem Grunde in ähnlicher Weise angeordnet werden wie auf den Schätzvorlagen. Der Vorteil der Lichtpausen liegt allerdings darin, dass die Flächenermittlung in die vegetationsfreie Zeit verlegt werden kann.

Wer sehr genaue Ergebnisse erzielen will, kann mit grösserem Zeit- und Apparatenaufwand auch eine exakte Flächenmessung an den Lichtpausen vornehmen, und zwar durch die im Abschn. B I 2 b beschriebene photometrische Flächenerfassung.

Die Ausmessung der Stengeloberflächen wurde durch eine Tabelle rationell gemacht, in der die gesuchte Fläche durch Anlegen des Stengelabschnittes unmittelbar abgelesen werden kann, wenn zuvor der Durchmesser mit einer Schublehre gemessen worden ist (vgl. Abschn. B I 2 d). Die Tabelle ist für runde sowie für drei- und vierkantige Stengel eingerichtet.

Neben den Oberflächen müssen die Trockengewichte aller Proben getrennt bestimmt werden. Aus beiden Werten lässt sich zunächst für jede Probe, dann für jede Fazies und schliesslich unter Berücksichtigung der Prozentanteile der Kleinfazies (vgl. Abschn. B II 3) für den gesamten Bestand eine Relation Oberfläche : Trockengewicht errechnen, die angibt, wieviel cm² pflanzliche Oberfläche je g Trockengewicht zum Zeitpunkt der Untersuchung durchschnittlich im gesamten Bestand vorhanden sind. Dieser Wert ist bei sorgfältiger Auswahl und Vermessung der Kleinfazies-Flächen und richtiger

Schätzung ihres jeweiligen Anteils am Gesamtbewuchs repräsentativ für den ganzen Bestand.

Nun kommt es nur noch darauf an, die oberirdische Trockensubstanzproduktion ebenfalls so gut wie möglich zu erfassen, entweder durch mehrere Schnittproben an verschiedenen Stellen über je 1 m² Bodenfläche oder durch Umrechnung des Heuertrages des Gesamtbestandes auf Trockengewichtseinheiten. Durch Multiplikation dieses Wertes mit der Flächen-Gewichts-Relation ergibt sich die Gesamtoberfläche des Bestandes.

E. Literatur

- BEILER, A., 1938: Untersuchungen über die Kohlensäureassimilation der Strand- und Dünenpflanzen. *Jb.wiss.Bot.* 87, 356–407.
- BISTRUP, C., 1943: Bladarealer. *Dansk Skovforen.Tidskr.* 28, 1–10.
- BOONSTRA, A. E. H. R., 1937: Der Einfluss der verschiedenen assimilierenden Teile auf den Samenertrag von Weizen. *Z.f.Zücht.A.* 21, 115–147.
- BORNEMANN, H., 1923: Kohlensäure und Pflanzenwachstum. Berlin, 318 S.
- BOYSEN JENSEN, P., 1930: Undersøgelser over Stofproduktionen i yngre Bevogdninger af Ask og Bøg. II. *Forstl.Forsøgsv.Danm.* 10, 365–391.
- 1932: Die Stoffproduktion der Pflanzen. Jena, 108 S.
- og D.MÜLLER, 1927: Undersøgelser over Stofproduktionen i yngre Bevogdninger af Ask og Bøg. I. *Forstl.Forsøgsv.Danm.* 9, 221–268.
- BURGER, H., 1925: Holz-, Laub- und Nadeluntersuchungen. *Schweiz.Z.Forstwes.* 76, 266–274.
- 1929: Holz, Blattmenge und Zuwachs. I. Die Weymouthsföhre. *Mitt.schweiz.Centralanst.forstl.Versuchsw.* 15, 243–292.
- 1935: II. Die Douglasie. *Ebenda* 19, 21–72.
- 1937: III. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. *Ebenda* 20, 101–114.
- 1938: Blattmenge und Zuwachs an Fichten im Plenterwald. *Schweiz.Z.Forstwes.* 89, 275–278.
- 1939a: Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände. *Mitt.schweiz.Centralanst.forstl.Versuchsw.* 21, 5–57.
- 1939b: Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. *Ebenda* 21, 147–176.
- 1940: Holz, Blattmenge und Zuwachs. IV. Ein 80jähriger Buchenbestand. *Ebenda* 21, 307–348.
- 1941: V. Fichten und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. *Ebenda* 22, 10–62.
- 1942: VI. Ein Plenterwald mittlerer Standortsgüte. *Ebenda* 22, 377–445.
- DIETRICH, M., 1925: Die Transpiration der Schatten- und Sonnenpflanzen in ihren Beziehungen zum Standort. *Jb.wiss.Bot.* 65, 98–194.
- EBERMAYER, E., 1882: Untersuchungen über die Zahl und Grösse der Blätter in Eichen- und Buchenbeständen. *Forstwiss.Cbl.* 4, 160–170.
- ELLENBERG, H., 1939: Über Zusammensetzung, Standort und Stoffproduktion bodenfeuchter Eichen- und Buchen-Mischwaldgesellschaften Nordwestdeutschlands. *Mitt.florist.-soziol.Arb.gem.Niedersachsen* 5, 3–135.
- 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Einführung in die Phytologie v. H. Walter, Bd.IV, Teil 2. Stuttgart, 943 S.