

Energiegehalte pflanzlicher Substanz: II. Ergebnisse der Datenverarbeitung

VON EVELINE PIPP und WALTER LARCHER

Mit 6 Abbildungen und 22 Tabellen

(Vorgelegt in der Sitzung der mathem.-naturw. Klasse am 3. März 1988)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung 249
<i>Terminologie und Abkürzungen</i> 250
2. Amplitude und Häufigkeitsverteilung von Energiewerten und Aschengehalten 251
3. Energiegehalt verschiedener Pflanzenarten und Pflanzenteile	. 253
<i>Unterschiede im Energiegehalt verschiedener Pflanzenteile</i>	. 253
<i>Unterschiede im Energiegehalt in Abhängigkeit von</i> <i>Organisationsstufe und systematischer Stellung der Pflanze</i>	. 256
<i>Unterschiede im Energiegehalt zwischen funktionellen Gruppen</i>	. 261
4. Energiegehalte verschiedener Wuchs- und Lebensformen .	. 270
<i>Vergleich zwischen Holzpflanzen und krautigen Pflanzen</i>	. 270
<i>Wuchs- und Lebensformen mit großem Speichervolumen</i>	. 272
<i>Sumpf- und Süßwasserpflanzen</i> 274
5. Regionale Unterschiede im Energiegehalt der Pflanzen	. 278
<i>Klimatypus</i> 278
<i>Geographische Breite</i>	. 283
<i>Meereshöhe</i> 287
<i>Regionalität und chemische Eigenart der Pflanzen</i>	. 287
6. Wissenslücken und lohnende Forschungsziele	. 290
7. Zusammenfassung	. 291
8. Literatur	. 292
Anhang	
A Gattungsverzeichnis .	. 295
B Quellenverzeichnis.	. 302

1. Einleitung

In einer mehrjährigen, mit Ende 1984 abgeschlossenen Studie wurden alle uns zugänglichen Angaben in der Literatur über den Energiegehalt von Pflanzen und Pflanzenteilen gesammelt, überprüft, kritisch bewertet, mit Zusatzinformationen verknüpft und über Computer verarbeitet. Aus 273 Publikationen konnten 7583 Rohenergiegehalte und 2792 Aschengehalte von 1521 Pflanzenarten erfaßt werden. Die Vorgangsweise bei der Datenverarbeitung wurde in einem ersten Teil dieses Berichtes (PIPP & LARCHER, 1987) ausführlich beschrieben. Hier wird über die wichtigsten Ergebnisse der Auswertung des Datenmaterials

berichtet. Dabei soll Bilanz über den derzeitigen Kenntnisstand gelegt, aber auch auf Lücken und künftige Entwicklungsmöglichkeiten hingewiesen werden.

Wir sind uns bewusst, daß in unserer Datenrecherche möglicherweise wichtige Informationen übersehen worden sind und daß die Bearbeitung bei weitem nicht alle Aspekte berücksichtigt hat, die in mancherlei Hinsicht lohnend wären. Trotzdem hoffen wir, für verschiedenste Interessenten eine nützliche Dienstleistung erbracht zu haben, zumindest im Hinblick auf eine Quellenerschließung. Wir danken allen Kollegen, die uns Zugang zu ihren Meßdaten und Hilfe bei der Beschaffung von Veröffentlichungen geboten haben. Gleichzeitig bitten wir jene Autoren, die ihre Arbeiten in dieser Zusammenstellung vermissen, um Nachsicht und Nachreichung ihrer Daten.

Die Aufarbeitung des recht umfangreichen Datenmaterials hat ergeben, daß nun ein Kenntnisstand erreicht ist, der es zuläßt, von der quantitativ deskriptiven Energiewertbestimmung zu einer stärker kausal orientierten Forschung fortzuschreiten. Man weiß jetzt eine Menge darüber, wieviel Energie bestimmte Pflanzen speichern und wie der Energiegehalt pflanzlicher Substanz auf deren chemische Zusammensetzung zurückzuführen ist. Was aber im einzelnen die chemische Konstitution der Pflanze und damit ihren Energiegehalt modulativ und modifikativ beeinflusst, ist weniger bekannt. Hier wird künftige Forschung auf dem Gebiet der biologischen Energiebindung fortfahren müssen, indem zusätzlich zum Vergleich das Experiment zu setzen sein wird.

Terminologie und Abkürzungen

Begriffsbestimmungen und Abkürzungen werden in folgender Weise verwendet:

<i>Energiegehalt</i>	= Energieäquivalent = Brennwert: In der pflanzlichen Substanz gespeicherte chemische Bindungsenergie, ermittelt durch Verbrennung des getrockneten Pflanzmaterials in einem Verbrennungskalorimeter
<i>EGT</i>	= Energiegehalt der gesamten Trockensubstanz = Rohenergiegehalt = Rohbrennwert, angegeben in Kilojoule pro Gramm Gesamttrockensubstanz
<i>EAF</i>	= Energiegehalt der aschefreien Trockensubstanz, angegeben in Kilojoule pro Gramm aschefreier (organischer) Trockensubstanz
<i>AG</i>	= Aschengehalt = Mineralstoffgehalt der Pflanzenprobe, bestimmt durch Verglühen der Probe in einem Muffelofen bei Temperaturen zwischen 400 und 650° C oder aus den bei der Verbrennung im Kalorimeter zurückbleibenden Glührückständen, angegeben in Prozent des Trockengewichtes
<i>TG</i>	= Gesamttrockengewicht
<i>AF</i>	= aschefreie Trockensubstanz

Weiters enthalten die Tabellen folgende Abkürzungen für statistische Kenngrößen:

<i>n</i>	= Anzahl der gültigen Einzelwerte
\bar{x}	= Mittelwert
<i>S. D.</i>	= Standardabweichung
<i>Min.</i>	= kleinster gültiger Einzelwert
<i>Max.</i>	= größter gültiger Einzelwert
<i>u. Gr.</i>	= untere Grenze des 95 %-Vertrauensbereiches
<i>o. Gr.</i>	= obere Grenze des 95 %-Vertrauensbereiches

Unterschiede zwischen den mittleren Energie- bzw. Aschengehalten mehrerer Kategorien wurden folgendermaßen gekennzeichnet:

- der höhere (höchste) Energiegehalt bzw. der niedrigere (niedrigste) Aschengehalt und die dazugehörigen statistischen Kenngrößen werden fett gedruckt, wenn der Unterschied zum nächstniedrigen Energiegehalt zumindest $100 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ bzw. der Unterschied zum nächsthöheren Aschengehalt mindestens $0,1\%$ TG beträgt

- signifikante Unterschiede (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%) zwischen Mittelwerten werden in folgender Weise markiert:

(1) bei Vergleichen zwischen zwei Kategorien (vgl. Tab. 10):

signifikanter Unterschied

.. hochsignifikanter Unterschied

(2) bei Vergleichen zwischen mehreren Kategorien (vgl. Tab. 3):

a, b, c die jeweilige Kategorie (erster Buchstabe) ist von der durch den zweiten, dritten, etc. Buchstaben bezeichneten auf dem 95% -Niveau signifikant verschieden
 a, b, c die jeweilige Kategorie ist von der durch den unterstrichenen Buchstaben gekennzeichneten auf dem 95% -Niveau hochsignifikant verschieden

Unterschiede zwischen Mittelwerten wurden mittels t-Test auf statistische Signifikanz geprüft, Unterschiede zwischen einem Einzelwert und dem mittleren Energie- oder Aschengehalt einer anderen Kategorie werden dann als *signifikant* eingestuft, wenn der Einzelwert niedriger oder höher ist als die Vertrauensgrenzen des Mittelwertes, als *hochsignifikant*, wenn der Einzelwert niedriger als das Minimum oder höher als das Maximum der aus mehreren Werten bestehenden Kategorie ist.

2. Amplitude und Häufigkeitsverteilung von Energiewerten und Aschengehalten

Die Energiegehalte pflanzlicher Trockensubstanz variieren innerhalb des erfaßten Datenmaterials zwischen rund 10 und $34 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. In der Tabelle 1 erscheint als niedrigster Wert $14,65 \text{ kJ}$ pro Gramm aschefreies

Tabelle 1: Statistische Kenngrößen aller Werte.

	n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.	
Rohenergiegehalt	7583	18,97	2,18	14,65	33,94	18,92	19,02	$\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$
Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz	3872	19,79	1,92	14,65	34,02	19,73	19,85	$\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$
Aschengehalt	2792	7,61	5,26	1,00	37,71	7,41	7,80	% TS

n = Anzahl der gültigen Einzelwerte

\bar{x} = Mittelwert

S. D. = Standardabweichung

Min. = kleinster gültiger Einzelwert

Max. = größter gültiger Einzelwert

u. Gr. = untere Grenze des 95% -

Vertrauensbereiches

o. Gr. = obere Grenze des 95% -

Vertrauensbereiches

Trockengewicht (= Energieäquivalent für Glukose), weil bei niedrigeren Meßwerten die Beeinträchtigung durch Fehlerquellen groß ist (siehe PIPP & LARCHER, 1987, S. 52). Als *Mittelwert des Rohenergiegehaltes* aller untersuchten Pflanzenarten und Pflanzenteile ergibt sich $18,97 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, der *mittlere Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz* beträgt $19,79 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$. Die *Aschengehalte* der Proben, deren Energiegehalt $14,65 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ überschreitet, liegen zwischen $0,10$ und $37,7\%$ des Trockengewichtes bei einem mittleren Aschengehalt von $7,61\%$.

Der Abbildung 1 ist zu entnehmen, daß sowohl die Rohenergiegehalte als auch die auf aschefreies Trockengewicht bezogenen Energie-

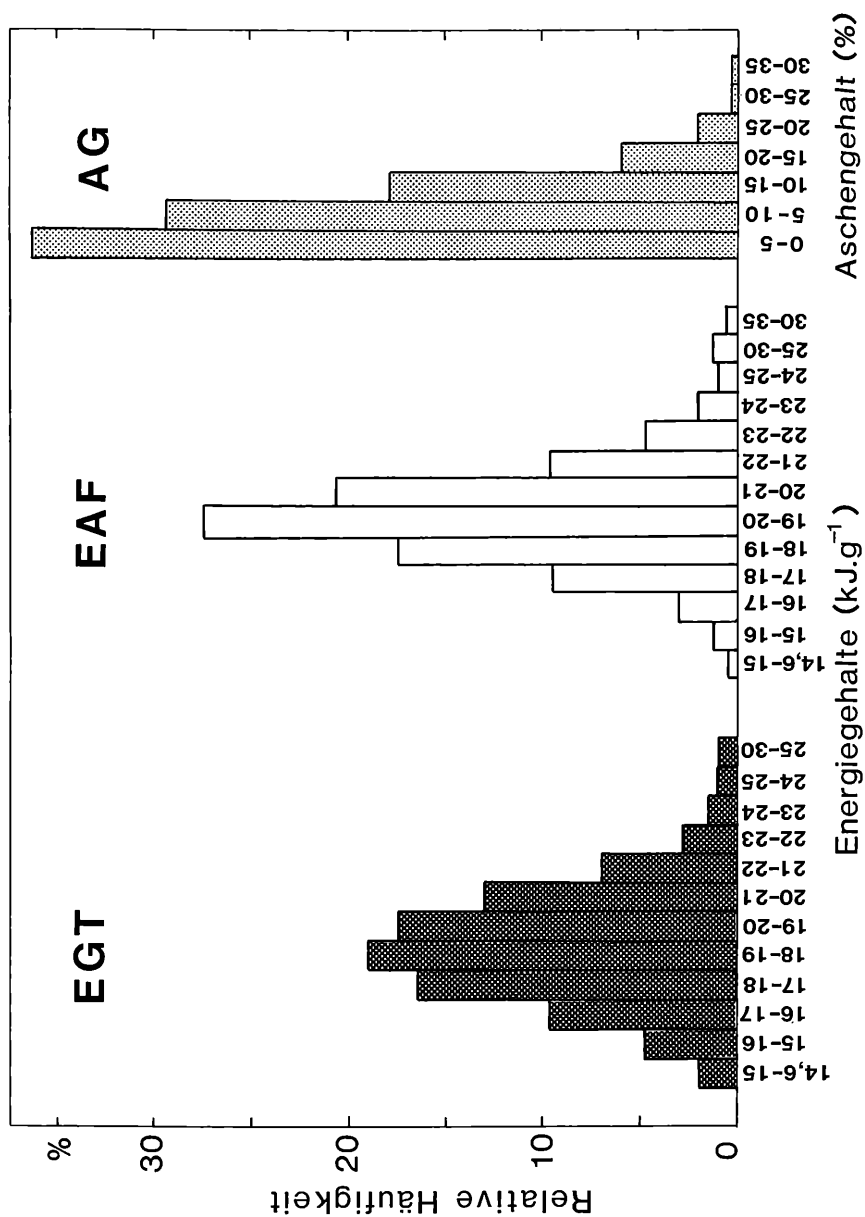


Abb. 1: Relative Häufigkeitsverteilung der Rohenergiegehalte (EGT), der auf aschefreie Trockensubstanz bezogenen Energiegehalte (EAF) und der Aschengehalte (AG) pflanzlicher Substanz

gehalte normalverteilt sind: 66,1% der Rohenergiegehalte liegen zwischen 17 und 21 kJ.g⁻¹, bei den auf aschefreie Trockensubstanz bezogenen Brennwerten liegen 66,6% aller Meßdaten zwischen 18 und 21 kJ.g⁻¹. Die Verteilung der Aschengehalte ist sehr steil und rechtsschief (Abb. 1): 72,3% aller Proben enthalten weniger als 10% anorganische Substanz, 91,6% weniger als 15%.

3. Energiegehalt verschiedener Pflanzenarten und Pflanzenteile

Die Konzentration an Kohlenstoff und die stoffliche Zusammensetzung der organischen Substanz bestimmen die Variabilität des Energiegehalts pflanzlichen Materials. Daher spiegelt der Energiegehalt primär die chemische Eigenart der Pflanze und strukturell-funktionelle Besonderheiten bestimmter Pflanzenteile wider.

3.1 Unterschiede im Energiegehalt verschiedener Pflanzenteile

Wie sich aus der Abbildung 2 ergibt, sind Früchte und Samen im Durchschnitt die energiereichsten Pflanzenteile, was auf die dichte Speicherung von Reservestoffen, insbesondere von Lipiden, zurückzuführen ist. Erkennbar erhöht ist der Energiegehalt verholzter Organe und von Geweben, in denen bevorzugt sekundäre Pflanzenstoffe gespeichert werden (z. B. auf aschefreie Trockensubstanz bezogene Energiegehalte von Rinden).

In der Literatur finden sich auch Bestimmungen einzelner Organeile und spezialisierter Gewebe wie z. B. von Blattstielen, Blattscheiden, Blatthaaren, Knospenschuppen, Blüten- und Samenteilern. Von diesen soll in der Tabelle 2 ein besonders vollständiges Beispiel vorgestellt werden.

Das erfaßte Datenmaterial läßt weitergehende Unterscheidungen zu, etwa zwischen verschiedenen Ausprägungsformen der Blätter und verschiedenen Differenzierungsgraden und Altersklassen von Sproßabschnitten und Wurzeln. Als Beispiel zeigt die Tabelle 3 einen Vergleich zwischen Blattparten hinsichtlich Funktionsdauer und Baueigentümlichkeiten. Der Unterschied im Energiegehalt zwischen den Mittelwerten für saisongrüne und immergrüne Blätter ist minimal, jener zwischen weichen bis ledrigen (malakophyllen) und derblaubig starren (sklerophyllen) immergrünen Blättern hingegen hochsignifikant. Diese Feststellung macht deutlich, daß die weitverbreitete Gleichsetzung von „immergrün“ mit „derblaubig“ zu irrtümlichen Vorstellungen führt. Produktionsphysiologisch sind malakophylle immergrüne Blätter besonders ökonomisch und daher in Gebieten mit ganzjährig günstigem Klima (wie z. B. in den humiden Tropen; VARESCHI, 1980) vorherrschend. Sklerophylle Holzpflanzen sind vor allem in semiariden und winterkalten Gebieten verbreitet und erreichen durch Ausbildung derber immergrüner Blätter einen Kompromiß zwischen Streßbewältigung und flexibler Ausnutzung günstiger Witterungsbedingungen während des ganzen Jahres; dadurch lohnt sich der höhere Energieaufwand für die Ausbildung langlebiger Blätter (LARCHER, 1984).

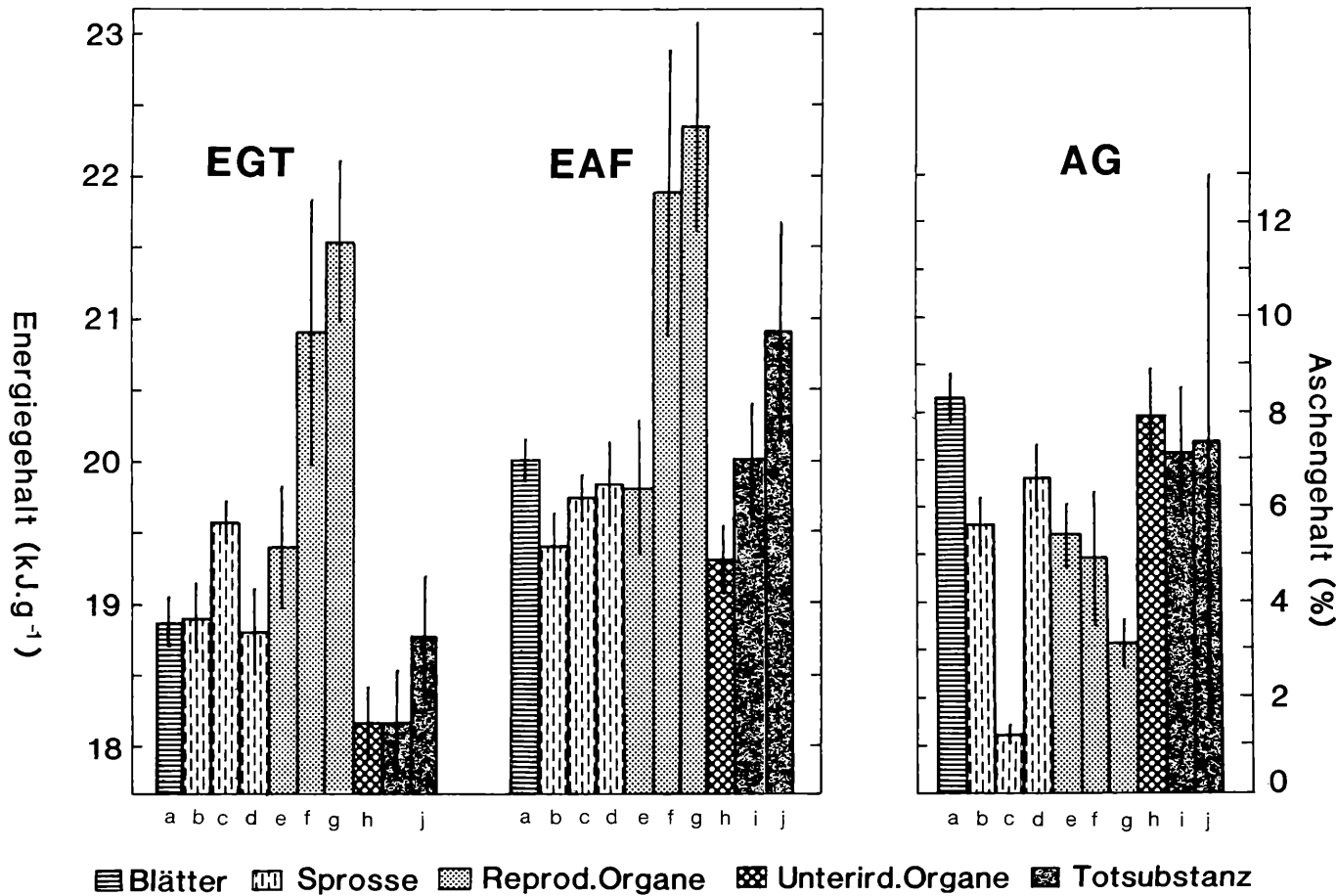


Tabelle 2: Rohbrennwerte reproduktiver Organe und Organteile von *Amaryllis belladonna* × *vittata* (SMITH & EVENSON, 1978).

	n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Antherenwand	5	18,92	—	18,80	19,22	—	—
Pollen	5	24,41	0,33	—	—	24,00	24,82
Samenanlagen und Placenta	3	18,55	—	18,34	18,97	—	—
Ovarwände mit Septen	3	17,75	0,25	—	—	17,12	18,37
Perianth, Staubfäden, Narbe und Griffel	8	17,29	—	16,58	18,59	—	—
Samen	4	22,19	—	21,60	23,32	—	—
Samenkapseln	2	18,42	—	18,17	18,84	—	—

Tabelle 3: Vergleich zwischen immer- und saisongrünen bzw. zwischen sklero- und malakophyllen immergrünen Blättern.

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.'
Immergrüne Blätter	EGT	166	19,80	1,57	15,34	24,07	19,56	20,04
	EAF	122	20,71	1,36	17,55	25,45	20,47	20,95
	AG	117	6,09	3,67	1,20	20,55	5,42	6,76
Saisongrüne Blätter	EGT	97	19,56	1,38	15,92	25,75	19,28	19,84
	EAF	75	20,81	1,48	17,32	27,00	20,47	21,15
	AG	71	7,38	3,36	1,67	18,60	6,58	8,18
Sklerophylle Blätter	EGT	32	20,56	1,03	18,00	21,88	20,19	20,93
	EAF	13	21,40	1,07	18,79	22,97	20,75	22,05
	AG	13	4,68	2,21	2,00	10,20	3,34	6,02
Malakophylle Blätter	EGT	5	17,78	1,16	15,73	18,55	16,34	19,22
	EAF	7	20,43	1,72	17,65	23,25	18,84	22,02
	AG	5	12,96	4,67	8,95	20,55	7,16	18,76

i = immergrün, s = saisongrün, h = sklerophyll (hartlaubig), w = malakophyll (weichlaubig).

s, h, w = Die jeweilige Kategorie (erster Buchstabe) ist von der durch den zweiten, dritten usw. Buchstaben bezeichneten auf dem 95%-Niveau signifikant (wenn der Buchstabe unterstrichen ist, hochsignifikant) verschieden.

Die Abbildung 2 enthält zusätzlich Werte für abgestorbene Pflanzenteile und Streu, die für die Berechnung des Energieumsatzes in Ökosystemen wichtig sind. Die signifikant höheren Brennwerte der Streu im Vergleich zu den anhaftend toten Teilen zeigen, daß es sich hier meist um teilweise abgebautes Material handelte. In der ersten Phase der Zersetzung werden nämlich die leichter abbaubaren, aber energieärmeren Substanzen angegriffen und die dabei freiwerdenden Mineralstoffe ausgewaschen. Der Energiegehalt der Probe nimmt daher zu. Erst nach einigen Wochen bis Monaten werden auch die energiereicheren Substanzen (z. B. Lignin) zersetzt, worauf sich der Brennwert schließlich dem Energieäquivalent der Cellulose nähert. Der je nach Zersetzungsgrad sehr unterschiedliche Gehalt an Mineralstoffen und möglicherweise auch eine Verunreinigung der Proben mit Erde erklären die große Streuung der Aschengehalte bei Streu.

3.2 Unterschiede im Energiegehalt in Abhängigkeit von Organisationsstufe und systematischer Stellung der Pflanzenart

Einzeller und Thallophyten: Der Zusammenhang zwischen Energiegehalt und chemischer Konstitution kommt besonders gut innerhalb der Algenklassen zum Vorschein (Tab. 4).

Tabelle 4: Aschefreie Energiegehalte einzelliger bzw. thallöser Vertreter verschiedener Algenklassen.

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Einzeller								
Cyanophyta	EAF	3	20,06	2,26	18,44	22,65	–	–
Chrysophyta	EAF	2	22,23	0,95	21,56	22,90	–	–
Chlorophyta	EAF	13	24,52	2,16	18,72	26,65	23,21	25,83
	AG	12	9,25	3,98	2,90	15,38	6,72	11,78
Thallöse Algen								
Chlorophyta	EAF	12	19,94	1,78	16,67	22,78	18,81	21,07
	AG	5	16,51	4,69	10,93	21,05	10,69	22,33
Charophyta	EAF	4	18,13	1,49	16,83	20,09	–	–
Phaeophyta	EAF	47	18,31	1,52	14,65	21,60	17,86	18,76
	AG	8	20,57	3,89	16,63	26,20	17,32	23,82
Rhodophyta	EAF	50	19,04	1,54	16,29	22,19	18,60	19,48
	AG	22	18,92	7,30	9,05	30,94	15,68	22,16

Der mittlere Brennwert der aschefreien Trockensubstanz thallöser Grünalgen ist höher als der für Rotalgen und für Braunalgen, von letzterem auch signifikant verschieden, liegt aber immer noch $4,5 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ unter dem der einzelligen Grünalgen. Von *Chlorella*- und *Scenedesmus*-Arten ist bekannt, daß sie im Vergleich zu anderen GrünalgenGattungen einen besonders hohen Gehalt an ungesättigten C_{16} -Fettsäuren aufweisen (HEGNAUER, 1962; Bd. 1, S. 46).

Bei manchen Algenklassen müssen aufgrund ihres hohen Gehaltes an anorganischen Inhaltsstoffen und ihrer Wandskelette hohe Aschengehalte erwartet werden. Aschenanteile von bis zu 26% des Trockengewichtes für Braunalgen und von bis zu 31% für Rotalgen können auch infolge von Oberflächenverunreinigungen überhöht sein. Solche Verunreinigungen beeinflussen auch die auf die Gesamttrockensubstanz bezogenen Brennwerte (siehe auch PIPP & LARCHER, 1987), weshalb hier nur die auf aschefreie Trockensubstanz bezogenen Energieäquivalente diskutiert werden.

Kormophyten: Unter den Kormophyten sind die Coniferen in allen ihren Teilen am energiereichsten; unter den Angiospermen enthalten monocotyle Pflanzen im Durchschnitt weniger Energie als dicotyle Arten (Abb. 3). *Offensichtlich verläuft die evolutive Entwicklung im allgemeinen in Richtung auf sparsamere Energieinvestition, sodaß abgeleitete Organisationsstufen und spezialisierte Lebensformen eine geringere Energiedichte ihrer Trockensubstanz aufweisen als Träger ursprünglicher Merkmale (siehe auch Punkte 1 bis 6 in der Zusammenfassung).*

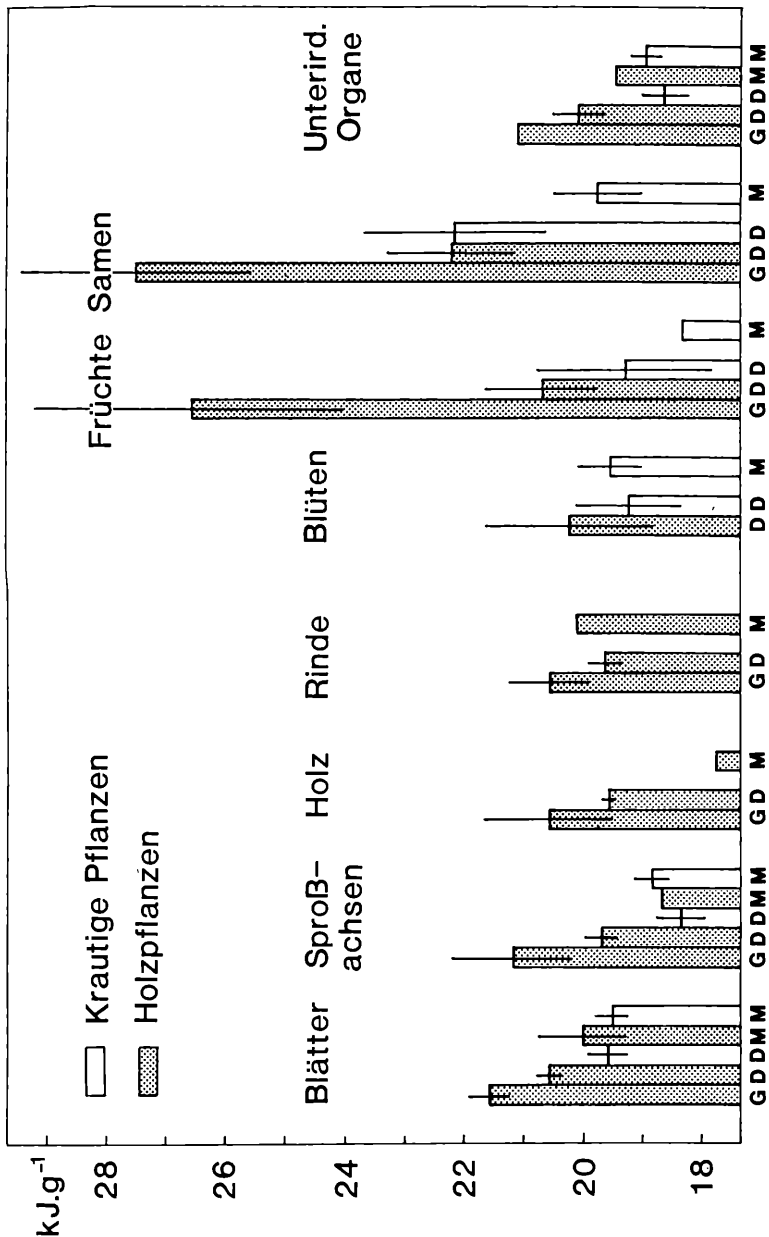


Abb. 3: Energiegehalte aschefreier Trockensubstanz verschiedener Pflanzenteile von Gymnospermen (G; es handelt sich fast nur um Coniferen), dicotylen (D) und monocotylen (M) Angiospermen. Strichmarken geben den 95%-Vertrauensbereich des Mittelwertes an.

Innerhalb der Coniferen unterscheiden sich die Blätter und das Xylem der *Pinaceen* nicht von den entsprechenden Organen der *Cupressaceen*, die Rinde der *Cupressaceen* ist dagegen, bezogen auf das Gesamtrockengewicht, deutlich energieärmer, vermutlich also auch aschenreicher als die der *Pinaceen* (Tab. 5).

Tabelle 5: Energie- und Aschengehalte von Organen bzw. Organteilen von *Pinaceen* und *Cupressaceen*.

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Nadeln								
Pinaceae	EGT	33	20,95	0,64	19,41	22,37	20,72	21,18
	EAF	15	21,67	0,79	20,65	23,27	21,23	22,11
	AG	14	3,51	2,16	1,20	8,47	2,26	4,76
Cupressaceae	EGT	9	20,58	0,73	18,95	21,41	20,02	21,14
	EAF	5	21,88	0,56	21,11	22,67	21,18	22,58
Sproßachsen								
Pinaceae	EGT	29	20,91	1,13	19,58	24,84	20,48	21,34**
	EAF	6	21,87	0,53	20,93	22,49	21,31	22,43
	AG	6	2,33	0,89	1,49	3,50	1,40	3,26
Cupressaceae	EGT	6	19,53	0,30	18,93	19,71	19,22	19,84
Xylem								
Pinaceae	EGT	22	20,40	1,57	18,12	26,33	19,70	21,10
	EAF	9	21,22	2,30	18,33	26,63	19,45	22,99
	AG	9	0,76	0,65	0,12	2,20	0,26	1,26
Cupressaceae	EGT	9	20,22	1,78	17,59	22,96	18,85	21,59
	EAF	6	19,86	1,82	17,97	23,05	17,95	21,77
	AG	6	1,13	0,97	0,37	2,61	0,11	2,15
Rinde								
Pinaceae	EGT	24	20,39	1,28	17,88	23,70	19,85	20,93**
	EAF	14	21,03	1,16	19,02	24,18	20,36	21,70
	AG	14	2,76	1,23	0,60	6,00	2,05	3,47
Cupressaceae	EGT	6	17,92	1,23	15,70	19,29	16,63	19,21

Fettddruck = höherer mittlerer Energiegehalt bzw. niedrigerer mittlerer Aschengehalt.
= Mittelwerte hochsignifikant verschieden.

Für eine Erschließung des Datenmaterials über Angiospermen nach chemotaxonomischen Gesichtspunkten reicht der derzeitige Wissensstand in mehrfacher Hinsicht nicht aus: Einerseits war die Forschungsintention der meisten Autoren, die über Energiewerte berichten, auf andere Fragestellungen gerichtet, so daß anhand der Angaben eine konsequent systematische Auswertung nicht möglich ist. Andererseits stützt sich die chemotaxonomische Gliederung des Pflanzenreiches vor allem auf Stoffklassen, die energetisch nicht auffallen.

Trotzdem soll als Informationsangebot und zugleich als Evidenz für den derzeitigen Wissensstand ein repräsentativer Teil des verarbeiteten Datenmaterials ausgewiesen werden. Wir beschränken uns in der Tabelle 6 exemplarisch auf dicotyle Holzpflanzen, um Zufälligkeiten bei der Mittelwertbildung zu vermeiden, die bei Berücksichtigung verholzter und krautiger Proben entstünden.

Tabelle 6: Energie- und Aschengehalte von Blättern, Xylem und Rinde der holzigen Vertreter aller erfaßten Überordnungen der Dicotyledones.

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Blätter								
Magnolianaes	EGT	8	20,10	1,43	17,45	21,60	18,90	21,30
	EAF	5	20,66	1,23	18,69	21,81	19,13	22,19
	AG	5	6,15	1,74	3,31	7,60	3,99	8,31
Rutanaes	EGT	18	19,01	1,07	17,07	20,86	18,48	19,54
	EAF	17	20,35	1,27	17,55	22,44	19,70	21,00
	AG	17	6,92	3,03	2,74	13,33	5,36	8,48
Asteranaes	EGT	19	19,18	1,61	15,92	22,04	18,40	19,96
	EAF	21	21,50	1,39	19,56	24,02	20,87	22,13
	AG	19	10,10	5,00	4,60	21,95	7,69	12,51
Dilleniaes	EGT	23	17,97	0,96	15,58	19,50	17,55	18,39
	EAF	22	19,60	0,72	18,14	20,63	19,28	19,92
	AG	21	8,97	4,54	3,96	20,55	6,90	11,04
Violanaes	EGT	9	19,51	0,82	18,46	20,79	18,88	20,14
	EAF	9	20,89	0,73	19,38	21,66	20,33	21,45
	AG	7	6,28	3,55	1,67	11,32	3,00	9,56
Celastranaes	EGT	13	19,68	1,44	17,51	21,61	18,81	20,55
	EAF	12	21,27	1,05	19,75	22,57	20,60	21,94
	AG	12	7,04	3,42	1,53	11,63	4,87	9,21
Hamamelidanaes	EGT	38	20,00	0,75	18,20	21,41	19,75	20,25
	EAF	22	20,59	1,05	18,03	22,26	20,12	21,06
	AG	20	4,34	1,15	2,40	6,82	3,80	4,88
Rosanaes	EGT	39	19,19	1,24	16,99	21,46	18,79	19,59
	EAF	37	20,52	1,14	18,65	23,20	20,14	20,90
	AG	36	6,64	3,42	1,79	16,33	5,48	7,80
Myrtanaes	EGT	10	19,24	1,57	18,00	22,49	18,12	20,36
	EAF	5	19,79	0,81	18,79	20,66	18,78	20,80
	AG	5	5,73	2,15	3,35	8,89	3,06	8,40
Theanaes	EGT	6	20,58	1,00	19,33	21,99	19,53	21,63
	EAF	6	21,31	0,82	20,20	22,63	20,45	22,17
	AG	6	3,48	1,44	2,19	6,01	1,97	4,99
Cornanaes	EGT	18	20,38	1,67	17,25	24,07	19,55	21,21
	EAF	13	21,48	1,40	19,21	24,66	20,63	22,33
	AG	13	5,06	3,34	2,26	14,10	3,04	7,08
Gentianaes	EGT	17	20,60	1,80	17,35	25,75	19,67	21,53
	EAF	11	21,24	2,46	17,81	27,00	19,59	22,89
	AG	10	5,70	2,05	2,61	9,38	4,23	7,17
Lamianaes	EGT	12	18,46	2,03	15,34	23,12	17,17	19,75
	EAF	12	20,67	1,98	18,44	25,45	19,41	21,93
	AG	12	10,69	3,31	5,40	16,80	8,59	12,79
Xylem								
Magnolianaes	EGT	10	19,69	1,05	17,22	21,14	18,94	20,44
	EAF	8	19,90	1,11	17,59	21,18	18,97	20,83
	AG	8	0,93	0,54	0,20	2,10	0,48	1,38
Rutanaes	EGT	24	19,79	0,77	17,36	21,00	19,46	20,12
	EAF	18	20,01	0,69	17,92	21,42	19,67	20,35
	AG	18	1,22	0,69	0,51	3,10	0,88	1,56
Dilleniaes	EGT	38	19,62	1,25	15,44	21,35	19,21	20,03
	EAF	38	19,87	1,14	16,71	21,70	19,50	20,24
	AG	38	1,29	1,31	0,10	7,60	0,86	1,72
Violanaes	EGT	9	19,97	0,64	19,04	20,75	19,48	20,46
	EAF	5	20,04	0,81	18,89	20,89	19,03	21,05

Tabelle 6 (Fortsetzung).

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Xylem								
Hamamelidanae	EGT	35	19,62	0,68	18,05	21,11	19,39	19,85
	EAF	19	19,75	0,57	18,50	20,54	19,48	20,02
	AG	19	0,76	0,59	0,15	2,40	0,48	1,04
Rosanae	EGT	43	19,40	1,07	17,31	21,62	19,07	19,73
	EAF	43	19,63	1,01	17,63	21,75	19,32	19,94
	AG	43	1,07	0,80	0,20	4,00	0,82	1,32
Myrtanae	EGT	15	19,43	0,79	17,46	20,33	18,99	19,87
	EAF	11	19,55	0,82	17,73	20,47	19,00	20,10
	AG	11	1,18	0,70	0,25	2,20	0,71	1,65
Primulanae	EGT	9	19,82	0,43	19,38	20,81	19,49	20,15
	EAF	9	20,04	0,42	19,65	21,07	19,72	20,36
	AG	9	1,14	0,41	0,70	2,00	0,82	1,46
Cornanae	EGT	7	19,27	0,89	17,33	20,14	18,45	20,09
	EAF	5	19,38	1,10	17,56	20,52	18,01	20,75
	AG	5	0,97	0,59	0,41	1,85	0,24	1,70
Gentiananae	EGT	17	19,47	1,00	17,57	20,87	18,96	19,98
	EAF	13	19,59	1,09	17,75	20,91	18,93	20,25
	AG	13	0,93	0,69	0,20	2,70	0,51	1,35
Lamianae	EGT	11	18,74	1,06	17,30	20,31	18,03	19,45
	EAF	11	19,00	1,01	17,65	20,55	18,32	19,68
	AG	11	1,37	0,70	0,55	3,10	0,90	1,84
Rinde								
Rutanae	EGT	8	18,24	0,94	16,67	19,14	17,45	19,03
	EAF	8	19,49	0,83	18,12	20,41	18,80	20,18
	AG	8	6,97	2,50	3,00	9,70	4,88	9,06
Dilleniae	EGT	10	17,58	1,14	16,10	19,97	16,76	18,40
	EAF	10	18,99	1,04	17,79	21,40	18,25	19,73
	AG	10	7,44	2,23	3,20	11,60	5,84	9,04
Violanae	EGT	7	19,13	1,61	16,67	20,71	17,64	20,62
	EAF	6	19,71	1,34	17,73	21,21	18,30	21,12
	AG	5	4,27	2,53	1,46	7,70	1,13	7,41
Hamamelidanae	EGT	29	19,39	2,02	16,27	26,14	18,62	20,16
	EAF	21	20,62	1,80	18,22	26,54	19,80	21,44
	AG	21	5,84	2,95	1,33	10,70	4,50	7,18
Rosanae	EGT	15	18,64	1,56	15,70	21,08	17,78	19,50
	EAF	16	19,74	1,46	16,81	22,48	18,96	20,52
	AG	15	6,56	3,37	2,60	16,93	4,69	8,43
Myrtanae	EGT	6	16,80	1,19	15,77	18,90	15,55	18,05
Cornanae	EGT	7	18,00	1,26	16,04	19,83	16,83	19,17
	EAF	5	20,08	1,26	18,01	21,18	18,52	21,64
	AG	5	9,13	2,25	6,30	11,26	6,34	11,92
Gentiananae	EGT	8	18,14	1,21	16,52	19,56	17,13	19,15
	EAF	6	19,33	1,39	17,47	20,79	17,87	20,79
	AG	6	6,52	1,48	4,90	9,00	4,97	8,07
Lamianae	EGT	8	18,28	1,49	16,14	20,23	17,03	19,53
	EAF	8	20,08	1,55	17,66	21,87	18,78	21,38
	AG	8	8,96	1,88	6,40	12,20	7,39	10,53

Aus dem heterogenen und sehr lückenhaften Datenmaterial ist immerhin herauszulesen, daß ein kausaler Zusammenhang zwischen Energiegehalt und systematischer Zugehörigkeit einer Art am ehesten im Bereich der reproduktiven Organe und hier wiederum besonders bei Früchten und Samen zu finden ist. So fallen die *Juglandaceen* durch überaus energiereiche, die *Poaceen* durch besonders energiearme Früchte auf (Tab. 7). Es ist damit zu rechnen, daß innerhalb einzelner Gattungen erhebliche Abweichungen von den erfaßten Werten bestehen könnten: Alle Rohbrennwerte für *Juglandaceen*früchte (Minimum 25,23 kJ.g⁻¹, Maximum 33,94) stammen von *Carya*-Arten, alle erfaßten *Fagaceen*früchte sind Eicheln (Minimum 16,36, Maximum 22,61 kJ.g⁻¹). Nur wenige Arbeiten enthalten Angaben über den Reifegrad der Früchte und Samen. Wenn man weiters bedenkt, daß in unserer Liste viele wichtige taxonomische Gruppen fehlen, daß z. B. keine Daten für fettreiche Palmenfrüchte vorhanden sind, wird klar, daß umfassende Aussagen derzeit nicht möglich sind, selbst wenn gelegentlich glaubwürdige Tendenzen aufscheinen.

3.3 Unterschiede im Energiegehalt zwischen funktionellen Gruppen

Aus dem erfaßten Untersuchungsmaterial wurden solche Stoffwechseltypen herausortiert, die möglicherweise einen Einfluß auf die Höhe der Energiespeicherung haben könnten. Ein direkter Einfluß könnte sich bei den Photosynthesetypen der C₃-, C₄- und CAM-Pflanzen manifestieren, weil sich diese nicht nur durch unterschiedliche Biosynthesewege bei der photosynthetischen Fixierung des Kohlenstoffs, sondern auch hinsichtlich der Assimilatverteilung und -verwertung unterscheiden (OSMOND et al., 1982). Ferner ist eine indirekte Beeinflussung des Energiegehaltes der Trockensubstanz auch bei Halophyten zu erwarten, die wegen ihrer starken Salzaufnahme überdurchschnittlich hohe Aschenanteile erreichen und außerdem einem permanenten chemischen Streß unterliegen.

CO₂-Fixierungstypen: Die Zuordnung zur Gruppe der C₄-Pflanzen erfolgte anhand der Artenliste von DOWNTON (1975); CAM-Pflanzen wurden aufgrund der Angaben bei SZAREK & TING (1977) eingestuft. Von den Arten, die in diesen Listen nicht angeführt sind, wurde angenommen, daß sie C₃-Pflanzen sind.

Nur etwa 1 % aller erfaßten Energiewerte stammt von C₄-Pflanzen. Die meisten davon betreffen Gräser, daher beschränkt sich der Vergleich nur auf diese (Tab. 8). Der Energiegehalt von Blättern, Sproßachsen und anhaftenden toten Teilen mehrjähriger C₄-Gräser ist bei Bezug auf das Gesamttrockengewicht signifikant niedriger als jener vergleichbarer C₃-Gräser. Dasselbe gilt für die auf aschefreie Trockensubstanz bezogenen Energiegehalte der oberirdischen Mischproben. Bei Annuellen und Helophyten liegen ebenfalls bei den C₃-Gräsern die mittleren Brennwerte höher und die mittleren Aschengehalte niedriger, jedoch unterscheiden sich die Mittelwerte nicht so stark voneinander wie bei mehrjährigen Gräsern.

Tabelle 7: Früchte und Samen ausgewählter Angiospermenfamilien.

			n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Dicotyledones									
Annonaceae	Sa	EGT	2	19,90	0,12	19,89	20,06	—	—
		EAF	2	20,24	0,13	20,14	20,33	—	—
		AG	2	1,30	0,06	1,25	1,34	—	—
Anacardiaceae	Sa	EGT	2	22,00	0,30	21,79	22,21	—	—
Aceraceae	Sa	EGT	4	22,97	1,30	21,26	24,41	20,90	25,04
		EAF	2	24,39	2,18	22,84	25,93	—	—
		AG	2	6,38	0,75	5,85	6,91	—	—
Juglandaceae	Fr	EGT	12	31,38	3,00	25,23	33,94	29,47	33,29
Asteraceae	Fr	EGT	3	21,61	1,72	19,66	22,92	—	—
		Sa	EGT	8	22,54	1,29	20,83	24,70	21,46
Malvaceae	Sa	EGT	2	20,89	0,25	20,71	21,06	—	—
Ulmaceae	Sa	EGT	2	21,75	2,67	19,86	23,64	—	—
Euphorbiaceae	Sa	EGT	4	23,96	4,21	18,99	28,62	17,26	30,66
		EAF	3	25,34	4,76	20,06	29,29	—	—
		AG	3	3,47	1,62	2,30	5,32	—	—
Brassicaceae	Sa	EGT	3	23,22	3,41	19,29	25,33	—	—
		EAF	2	26,22	0,09	26,15	26,28	—	—
Olacaceae	Sa	EGT	2	21,92	2,98	19,81	24,02	—	—
		EAF	2	22,26	3,17	20,02	24,50	—	—
		AG	2	1,52	0,63	1,07	1,96	—	—
Solanaceae	Sa	EGT	2	24,90	0,42	24,60	25,20	—	—
Fagaceae	Fr	EGT	19	19,26	1,90	16,36	22,61	18,34	20,18
		EAF	4	19,32	0,50	18,81	20,01	18,52	20,12
		AG	4	2,01	0,45	1,55	2,60	1,29	2,73
	Sa	EGT	4	20,22	4,41	17,04	26,75	13,20	27,24
		EAF	3	21,60	4,74	18,70	27,07	—	—
		AG	3	2,34	1,09	1,61	3,59	—	—
Corylaceae	Sa	EGT	2	26,87	2,67	24,98	28,75	—	—
Betulaceae	Sa	EGT	4	22,00	2,61	18,79	25,19	17,85	26,15
		EAF	5	24,27	2,39	22,59	28,37	21,30	27,24
		AG	4	3,57	1,02	2,50	4,95	1,95	5,19
Rosaceae	Fr	EGT	3	20,40	1,55	18,66	21,62	—	—
		Sa	EGT	2	21,22	1,94	19,84	22,59	—
		EAF	2	21,20	1,99	19,79	22,61	—	—
Fabaceae	Fr	EGT	4	19,36	1,03	18,51	20,85	17,72	21,00
		EAF	4	19,84	1,33	18,80	21,79	17,72	21,96
		AG	4	2,80	1,30	1,54	4,33	0,73	4,87
	Sa	EGT	13	18,88	1,95	17,14	22,90	17,70	20,06
EAF		5	21,59	1,50	20,11	24,05	19,73	23,45	
Clusiaceae	Sa	EGT	3	20,00	1,90	18,82	22,19	—	—
		EAF	3	20,33	2,02	19,11	22,66	—	—
		AG	3	1,62	0,42	1,26	2,08	—	—
Primulaceae	Fr	EGT	2	20,01	0,74	19,49	20,53	—	—
Ericaceae	Fr	EGT	7	19,34	1,45	17,50	22,01	18,00	20,68
		EAF	3	18,37	0,77	17,78	19,24	—	—
	Sa	AG	2	2,90	0,57	2,50	3,30	—	—
		EAF	2	22,57	0,66	22,10	23,03	—	—
Empetraceae	Sa	EAF	2	21,25	0,29	21,04	21,46	—	—
Oleaceae	Sa	EGT	2	22,70	1,20	21,85	23,55	—	—
Lamiaceae	Sa	EGT	2	22,35	2,63	20,49	24,21	—	—
Chenopodiaceae	Sa	EGT	2	19,98	0,84	19,38	20,57	—	—
Caryophyllaceae	Sa	EAF	3	20,44	2,10	19,12	22,87	—	—

Tabelle 7 (Fortsetzung).

			n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Monocotyledones									
Amaryllidaceae	Sa	EGT	1	22,19	—	—	—	—	—
Liliaceae	Sa	EGT	1	24,70	—	—	—	—	—
Cyperaceae	Sa	EGT	2	20,90	1,20	20,05	21,75	—	—
		EAF	11	21,62	0,76	20,03	22,90	21,11	22,13
Poaceae	Fr	EGT	19	18,48	0,87	16,82	19,68	18,06	18,90
		EAF	13	18,72	1,05	17,03	20,80	18,09	19,35
		AG	5	1,70	0,92	0,80	2,87	1,72	2,84

Sa = Samen, Fr = Früchte.

CAM-Pflanzen wurden noch seltener auf Energiegehalte untersucht als *C₄-Pflanzen*. Der Anteil dieser Pflanzengruppe an den hier vorliegenden Daten ist so gering (0,10 % der Rohbrennwerte, 0,23 % der auf organische Trockensubstanz bezogenen Brennwerte und 0,25 % der Aschenwerte), daß pro Organ und Wuchsform immer nur Einzelwerte mit den Gruppenmittelwerten der *C₃-Pflanzen* verglichen werden können. Es handelt sich hier allerdings häufig um spezielle Wuchsformen (viele sind Sukkulenten), von denen insgesamt wenig Daten vorliegen; auch für *C₃-Pflanzen* derselben Wuchsform waren nur in einem Fall mehr als vier Werte vorhanden. Die Tabelle 9 zeigt vor allem das Ausmaß der Informationslücken und die teilweise stark voneinander abweichenden Einzelwerte der *C₃-* und *CAM-Pflanzen*. Unterschiede treten eher zwischen sukkulenten und nichtsukkulenten Organen bzw. Organteilen auf und nicht zwischen Arten, die verschiedenen *CO₂-Fixierungstypen* angehören.

Halophyten: Innerhalb der Halophyten empfiehlt sich eine Auftrennung in Meerespflanzen und in Wüsten- und Küstenpflanzen. Erstere sind einem gleichbleibenden Salzgehalt von etwa 3,5 % ausgesetzt, während der Salzgehalt des Wüstenbodens 10 % und mehr betragen kann und zudem stark schwankt. Küsten- und Wüstenpflanzen sind zusätzlich einem Wassermangelstreß ausgesetzt. Eine Kombination aus Salzstreß und Sauerstoffmangel im Boden müssen die hierfür spezialisierten Mangrovpflanzen bewältigen.

Meerespflanzen und *Halophyten von Naßstandorten* sind in 10 von 13 Fällen aschenreicher als Süßwasserpflanzen und die Ufervegetation von Seen, dementsprechend verhalten sich die Rohenergiegehalte (Tab. 10). Bezieht man auf aschefreie Trockensubstanz, so sind im Vergleich unter einzelligen Algen, anhaftenden toten Teilen emerser Gräser, submerser und emerser dicotyler Kräuter die halophytischen Arten immer noch energieärmer. Gräser aus Salzmarschfluren, Tange und das im Meer lebende Wassermoos *Erythrophyllum delesserioides* (PAINE & VADAS, 1969) wiesen hingegen, auf aschefreie Trockensubstanz bezogen, höhere Brennwerte auf als die im Süßwasser vorkommenden Vertreter dieser Wuchsformen.

Tabelle 8: Vergleich zwischen C₃- und C₄-Gräsern.

Pflanzenteil		Terrestrische Gräser						Helophytische Gräser					
		Mehrjährige Arten			Einjährige Arten			Mehrjährige Arten			S. D.		
		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.
Blätter	EGT	C ₃	(38)	18,26	1,05**	C ₃	(1)	19,12	—	C ₃	(10)	17,32	1,06
		C ₄	(12)	16,79	0,80	C ₄	(1)	17,35	—	C ₄	(3)	17,26	1,03
Sprosse	EGT	C ₃	(94)	18,15	0,81	C ₃	(7)	17,54	1,10	C ₃	(42)	17,42	1,16
		C ₄	(14)	17,52	1,23	C ₄	(9)	17,52	1,22	C ₄	(7)	17,30	0,74
	EAF	C ₃	(69)	19,53	0,71**	C ₃	(6)	18,80	1,17	C ₃	(37)	18,66	1,09
		C ₄	(11)	18,93	0,32	C ₄	(8)	19,61	1,02	C ₄	(6)	18,70	1,14
	AG	C ₃	(56)	6,80	3,84	C ₃	(5)	10,96	3,62	C ₃	(34)	8,53	2,75
		C ₄	(11)	9,47	5,23	C ₄	(8)	8,96	2,39	C ₄	(5)	10,88	3,36
Sproßachsen	EGT	C ₃	(21)	17,68	1,00**	C ₃	(2)	17,63	0,07	C ₃	(6)	16,70	0,95
		C ₄	(9)	15,75	1,23	C ₄	(1)	17,40	—	C ₄	(2)	17,54	0,00
Samen	EGT	C ₃	(6)	19,83	1,25	C ₃	(5)	18,06	0,75	—	—	—	—
		C ₄	(4)	18,81	0,47	C ₄	(7)	18,37	0,97	—	—	—	—
Wurzeln und Rhizome	EGT	C ₃	(39)	17,97	0,92	C ₃	(3)	16,62	0,75*	C ₃	(20)	17,30	1,28*
		C ₄	(4)	17,82	1,70	C ₄	(1)	15,30	—	C ₄	(4)	16,04	0,88
	EAF	C ₃	(29)	19,51	0,71	C ₃	(2)	18,70	0,25	C ₃	(18)	18,60	1,40
		C ₄	(4)	19,57	1,33	C ₄	(1)	18,82	—	C ₄	(4)	18,57	0,70
	AG	C ₃	(24)	7,53	5,08	C ₃	(2)	13,34	0,54	C ₃	(16)	11,03	4,87*
		C ₄	(4)	9,00	5,03	C ₄	(1)	18,71	—	C ₄	(4)	13,60	4,72
Anhaftende tote Teile	EGT	C ₃	(27)	18,23	0,82**	—	—	—	—	C ₃	(3)	17,06	1,73
		C ₄	(7)	15,64	0,94	—	—	—	—	C ₄	(3)	17,29	1,29

Fettddruck = höherer mittlerer Energiegehalt bzw. niedrigerer mittlerer Aschengehalt.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau signifikant verschieden.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau hochsignifikant verschieden.

Literaturquellen für C₄-Gräser: 6, 15, 21, 23, 37, 48, 50, 54, 60, 61, 67, 81, 83, 91, 109, 118, 128, 132, 145, 148, 149, 151, 159, 165, 174, 177, 183, 192, 206, 222, 223, 229, 234, 253 (Zitatnummern siehe Quellenverzeichnis im Anhang).

Tabelle 9: Energie- und Aschengehalte von CAM-Pflanzen.

Wuchsform		Pflanzenart	EGT	EAF	AG	Quelle ¹⁾
Epiphytische Kräuter						
Sprosse	CAM	<i>Tillandsia usneoides</i>	19,19	19,83	3,15	107
Krautige Blattsukkulenten						
Sprosse	C ₃	<i>Lewisia pygmaea</i>	17,26	17,39	0,74	2
		<i>Sedum lanceolatum</i>	—	17,07	—	120
		<i>Umbilicus rupestris</i>	14,84	17,16	13,50	1
	CAM	<i>Portulaca oleracea</i>	18,51	—	—	159
Holzige Blattsukkulenten						
Blätter	C ₃	<i>Fouquieria splendens</i>	18,37	20,46	10,22	55
		<i>Sarcobatus vermiculatus</i>	—	18,53	(22,34) ²⁾	55
	CAM	<i>Yucca baccata</i>	17,63	19,12	7,79	55
		<i>Yucca brevifolia</i>	19,05	20,63	7,66	55
		<i>Yucca elata</i>	19,79	20,78	4,76	55
Sproßachsen	C ₃	<i>Sarcobatus vermiculatus</i>	19,32	20,46	5,60	55
	CAM	<i>Yucca baccata</i>	17,89	19,73	9,33	55
		<i>Yucca elata</i>	15,91	17,99	11,56	55
Xylem	C ₃	<i>Fouquieria splendens</i>	17,91	18,41	2,72	55
	CAM	<i>Yucca brevifolia</i>	17,92	18,60	3,66	55
Rinde	C ₃	<i>Fouquieria splendens</i>	19,61	20,51	4,39	55
	CAM	<i>Yucca brevifolia</i>	17,64	19,73	10,59	55
Wurzelholz	C ₃	<i>Sarcobatus vermiculatus</i>	19,72	20,23	2,53	55
	CAM	<i>Yucca baccata</i>	18,19	19,65	7,43	55
Holzige Stammsukkulenten						
Sproßachsen	C ₃	<i>Escobaria vivipara</i>	—	16,77	(13,36)	55
		<i>Salicornia fruticosa</i>	—	15,34 ³⁾	—	11
	CAM	<i>Ferocactus acanthodes</i>	14,89	16,76	11,16	55
		<i>Opuntia acanthocarpa</i>	—	15,49	(13,75)	55
		<i>Opuntia chlorotica</i>	—	16,41	(15,48)	55
		<i>Opuntia phaeacantha</i>	—	16,69	(13,78)	55
		<i>Opuntia</i> sp.	—	16,11	(16,70)	55
Xylem	CAM	<i>Opuntia acanthocarpa</i>	17,81	19,79	10,01	55
Rinde	CAM	<i>Opuntia acanthocarpa</i>	16,92	20,56	17,70	55

¹⁾ Zitatnummern siehe Quellenverzeichnis im Anhang.²⁾ Rohenergiegehalte von Proben, deren Aschengehalt in Klammern steht, liegen unter 14,65 kJ g⁻¹.³⁾ Vgl. dazu verholzte Zweige von *Salicornia fruticosa*: EGT: 19,43 kJ g⁻¹, EAF: 19,57 kJ g⁻¹, AG: 0,71 %.

Allerdings muß hier daran erinnert werden, daß Aschengehalte über 25% sowie Energiegehalte unter 14,65 kJ.g⁻¹ nicht in die Mittelwerte der Tabelle 10 einbezogen wurden. Am meisten waren davon thallöse Algen betroffen, Süßwasserformen (*Chara* spp.) ebenso wie Meeresalgen. Solche Proben weisen überdurchschnittlich oft Aschenanteile von mehr als 50% des Trockengewichtes auf, die überdies zu einem hohen Prozentsatz aus Substanzen bestehen, deren Verbrennung endotherm verläuft, so daß Rohbrennwerte unter 10 kJ.g⁻¹ vorkommen (PIPP & LARCHER, 1987). In zwei Fällen, *Calliarthron* sp. und *Corallina*

Tabelle 10: Vergleiche zwischen Süßwasserpflanzen und Meerespflanzen.

Wuchsform	Pflanzenteil	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt						
		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.				
Submerse Wasserpflanzen														
Einzellige Algen	–	–	–	–	H	(11)	18,35	1,84	–	–	–	–		
		–	–	–	nH	(6)	20,43	1,88*	–	–	–	–		
Thallose Algen	Thallus	H	(38)	16,62	1,81	H	(108)	18,85	1,62	H	(35)	18,95	6,33	
		–	–	–	–	nH	(5)	17,84	1,45	–	–	–	–	
Wassermoose	Thallus	–	–	–	–	H	(1)	19,43	–	–	–	–	–	
		nH	(2)	19,07	3,44	nH	(1)	18,90	–	nH	(1)	12,00	–	
Submerse Kräuter	Sprosse	H	(1)	15,87	–	H	(2)	18,17	0,41	H	(1)	14,06	–	
		nH	(13)	17,55	1,81**	nH	(15)	18,32	0,74	nH	(7)	15,23	3,54	
Emerse Wasserpflanzen														
Graminoide	Blätter	H	(6)	17,21	0,93	H	(4)	19,21	0,67	H	(4)	8,82	1,77	
		nH	(7)	17,40	1,07	nH	(8)	18,82	1,21	nH	(6)	9,30	3,53	
	Sprosse	H	(10)	17,39	0,92	H	(8)	19,08	0,48	H	(8)	9,07	2,96	
		nH	(39)	17,41	1,12	nH	(35)	18,56	1,17	nH	(31)	8,77	2,87	
	Sproßachsen	H	(3)	16,96	1,00	H	(2)	18,82	0,62	H	(2)	6,75	3,05	
		nH	(5)	16,88	0,83	nH	(5)	18,51	0,31	nH	(5)	8,82	4,44	
	Unterirdische Teile	H	(8)	16,73	1,37	H	(8)	19,10	1,11	H	(8)	12,59	3,49	
		nH	(16)	17,27	1,25	nH	(14)	18,31	1,37	nH	(12)	10,84	5,52	
	Anhaftende tote Teile	H	(4)	16,44	0,97	H	(4)	18,22	1,34	H	(3)	12,87	5,80	
		nH	(2)	18,63	0,54*	nH	(2)	19,90	0,17*	nH	(2)	6,32	1,81*	
	Kräuter	Blätter	H	(8)	18,39	1,28	H	(8)	20,52	1,00	H	(8)	10,41	3,89
			nH	(1)	19,11	–	nH	(1)	20,52	–	nH	(1)	6,72	–
Sprosse		H	(3)	16,15	0,86	H	(4)	18,63	0,58	H	(3)	12,41	3,75	
		nH	(28)	17,26	1,30	nH	(33)	18,01	1,49	nH	(21)	10,33	2,85	
Sproßachsen		H	(7)	17,17	1,30	H	(8)	18,45	1,10	H	(7)	7,74	3,29	
		nH	(2)	17,85	1,55	nH	(1)	18,81	–	nH	(1)	2,80	–	
Blüten		H	(1)	17,33	–	H	(1)	18,49	–	H	(1)	6,27	–	
		nH	(1)	19,42	–	nH	(1)	20,50	–	nH	(1)	5,25	–	

Tabelle 10 (Fortsetzung).

Wuchsform	Pflanzenteil	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt					
		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.			
Emerse Wasserpflanzen													
Kräuter	Unterirdische Teile	H	(2)	17,25	2,14	H	(10)	18,29	1,12	H	(2)	8,79	2,69
		nH	(5)	18,03	0,85	nH	(2)	18,83	0,61	nH	(1)	2,60	–
Bäume	Xylem	M	(2)	19,08	0,15	M	(2)	19,39	0,00	M	(2)	1,63	0,74
		nM	(132)	19,73	0,81*	nM	(120)	19,98	0,80*	nM	(120)	1,13	0,75*
	Anhaftende tote Teile	M	(1)	16,98	–	M	(1)	19,33	–	M	(1)	12,21	–
		nM	(5)	20,45	0,66**	nM	(3)	22,25	0,21**	nM	(1)	5,12	–

H = halophytische Wasserpflanzen.

M = Mangrovenbäume.

nH = nichthalophytische Wasserpflanzen.

nM = nichthalophytische immergrüne Laubbäume.

Fettdruck = höherer mittlerer Energiegehalt bzw. niedrigerer mittlerer Aschengehalt.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau signifikant verschieden.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau hochsignifikant verschieden.

Tabelle 11: Vergleiche zwischen terrestrischen Halophyten und den übrigen Landpflanzen.

Wuchsform	Pflanzenteil	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt					
		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.			
Annuelle Gräser	<i>Sprosse</i>	H	(1)	17,10	—	H	(1)	18,96	—	H	(1)	9,85	—
		nH	(15)	17,56	1,13	nH	(13)	19,28	1,12	nH	(12)	9,72	2,95
Mehrjährige Gräser	<i>Sprosse</i>	H	(3)	17,77	1,07	H	(1)	19,32	—	H	(1)	13,73	—
		nH	(105)	18,08	0,90	nH	(79)	19,44	0,70	nH	(66)	7,03	4,17**
Annuelle Kräuter	<i>Sprosse</i>	H	(3)	18,98	2,77	H	(1)	18,59	—	H	(1)	12,52	—
		nH	(43)	17,10	1,55	nH	(31)	18,73	1,11	nH	(29)	12,03	4,29
Mehrjährige Kräuter	<i>Sprosse</i>	H	(3)	16,67	1,46	H	(1)	18,50	—	H	(1)	11,40	—
		nH	(98)	17,83	1,35*	nH	(55)	19,35	1,13*	nH	(46)	9,57	4,44*
	<i>Unterirdische Teile</i>	H	(1)	15,49	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		nH	(51)	17,88	1,37**	—	—	—	—	—	—	—	—
Halbsträucher	<i>Sprosse</i>	H	(3)	17,70	0,64	H	(2)	20,18	1,42	H	(2)	10,68	3,63
		nH	(1)	20,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>Blätter</i>	H	(1)	16,80	—	H	(1)	20,49	—	H	(1)	18,01	—
		nH	(10)	18,44	1,83*	nH	(10)	20,11	1,28	nH	(9)	11,99	3,30**
	<i>Zweige</i>	H	(2)	18,56	0,00	H	(1)	19,68	—	H	(1)	3,91	—
		nH	(3)	19,64	1,90	nH	(2)	19,28	0,97	nH	(2)	5,20	0,74
	<i>Unterirdische Teile</i>	H	(1)	18,02	—	H	(1)	19,01	—	H	(1)	5,20	—
		nH	(1)	22,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Immergrüne	<i>Blätter</i>	H	(1)	16,98	—	H	(1)	18,77	—	H	(1)	9,50	—
		nH	(13)	19,17	1,57**	nH	(13)	20,67	1,70**	nH	(11)	8,13	3,37
Kleinsträucher	<i>Xylem</i>	H	(1)	17,51	—	H	(1)	17,76	—	H	(1)	1,40	—
		nH	(7)	18,50	1,35*	nH	(7)	18,69	1,32*	nH	(7)	0,97	0,51
	<i>Rinde</i>	H	(1)	18,54	—	H	(1)	19,81	—	H	(1)	6,40	—
		nH	(8)	17,85	1,04	nH	(7)	19,15	1,12	nH	(7)	6,73	1,52
Saisongrüne	<i>Blätter</i>	H	(1)	19,64	—	H	(1)	22,55	—	H	(1)	12,90	—
		nH	(4)	18,47	0,66	nH	(4)	19,95	1,20	nH	(3)	6,62	3,34*
Kleinsträucher	<i>Xylem</i>	H	(1)	19,19	—	H	(1)	19,51	—	H	(1)	1,60	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	<i>Rinde</i>	H	(1)	18,47	—	H	(1)	21,04	—	H	(1)	12,20	—

Tabelle 11 (Fortsetzung).

Wuchsform	Pflanzenteil	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt					
		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.			
Immergrüne Sträucher	Sprosse	H	(1)	18,40	—	H	(1)	20,67	—	H	(1)	11,00	—
		nH	(11)	20,07	2,06*	nH	(3)	19,51	1,51	nH	(3)	6,41	3,70*
Saisongrüne	Blätter	H	(1)	20,70	—	H	(1)	22,63	—	H	(1)	8,44	—
		nH	(75)	19,76	1,26	nH	(56)	20,93	1,54	nH	(54)	6,31	2,46
Sträucher	Sprosse	H	(1)	17,66	—	H	(1)	19,28	—	H	(1)	8,41	—
		nH	(19)	19,83	1,17**	nH	(1)	18,02	—	nH	(1)	4,89	—
	Zweige	H	(1)	17,94	—	H	(1)	19,35	—	H	(1)	7,29	—
		nH	(91)	19,83	1,07**	nH	(48)	20,06	1,03*	nH	(48)	2,50	1,63**
Sukkulente	Blätter	—	—	—	—	H	(1)	18,53	—	—	—	—	—
		nH	(1)	18,37	—	nH	(1)	20,46	—	nH	(1)	10,22	—
	Sprossachsen	H	(2)	19,34	0,03	H	(2)	20,02	0,63	H	(2)	3,16	3,46
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Sprosse	H	(2)	15,09	0,27	H	(1)	15,39	—	H	(1)	2,83	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Wurzelxylem	H	(1)	19,72	—	H	(1)	20,23	—	H	(1)	2,53	—
Wurzelrinde	H	(1)	22,50	—	H	(1)	23,83	—	H	(1)	5,58	—	
Verholzte Wurzeln	nH	(2)	16,89	1,84	nH	(2)	18,73	1,31	nH	(2)	9,93	3,53	

Fettdruck = höherer mittlerer Energiegehalt bzw. niedrigerer mittlerer Aschengehalt.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau signifikant verschieden.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau hochsignifikant verschieden.

Literaturquellen für terrestrische Halophyten: 1, 11, 23, 50, 55, 65, 88, 98, 222, 238 (Zitatnummern: siehe Quellenverzeichnis im Anhang).

officinalis (PAINE & VADAS, 1969) lagen diese sogar unter $3 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$. Bei den kormophytischen Wasserpflanzen mußten bei Süßwasserformen mehr Werte ausgeschlossen werden, sie verblieben jedoch auch bei Einbeziehung dieser sehr niedrigen Energiegehalte in die Mittelwertbildung die energiereichere Gruppe.

In der Tabelle 11 werden Energiewerte und Aschengehalte *terrestrischer Halophyten* jenen von nichthalophytischen Landpflanzen vergleichbarer Wuchsform gegenübergestellt. Die Zuordnung als Halophyt erfolgte anhand von Artenlisten bei WASEL (1972). Es ergibt sich dasselbe Bild wie bei den Wasser- und Sumpfpflanzen: Die Rohenergiegehalte halophytischer Pflanzen sind deutlich niedriger, die Aschengehalte deutlich höher als die vergleichbaren Gehalte in Pflanzen von nicht versalzten Böden. Auf aschefreie Trockensubstanz bezogene Energiegehalte halophytischer Gräser, Kräuter, Kleinsträucher (Blätter, Xylem) und AF-Brennwerte von Blättern von Halosukkulenten waren niedriger, die Brennwerte der organischen Trockensubstanz von Halbsträuchern, Sträuchern, der Rinde von Kleinsträuchern und der Wurzeln von Halosukkulenten hingegen waren höher.

Besonders aufschlußreich wäre eine vergleichende Untersuchung der Energiegehalte terrestrischer Halophyten, die unterschiedliche Mechanismen der Salzresistenz (salzakkumulierende, salzverdünnende und salzausscheidende Arten) aufweisen. Das vorhandene Datenmaterial läßt eine derartige Aufgliederung leider nicht zu.

4. Energiegehalte verschiedener Wuchs- und Lebensformen

4.1 Vergleich zwischen Holzpflanzen und krautigen Pflanzen

Holzpflanzen sind durchgehend energiereicher als krautige Pflanzen. Mit Ausnahme der EAF-Werte von Blüten sind alle Mittelwerte der Energiegehalte holziger Pflanzen hochsignifikant größer.

Dicotyle Holzpflanzen verschiedener Größe lassen auffällige Unterschiede im Energiegehalt vegetativer Organe erkennen. Bezogen auf das Gesamttrockengewicht sind Blätter, Xylem und Rinde von Bäumen und Sträuchern im Durchschnitt signifikant energiereicher als dieselben Organe von Zwerg- und Kleinsträuchern, die Energiegehalte von Zweigen mit Blättern, Sproßachsen und Wurzeln verhalten sich umgekehrt (Tab. 12). Eine solche Abfolge zeigt sich auch bei Bezug auf aschefreie Trockensubstanz, hier sind aber nur bei Zweigen mit Blättern, Xylemproben und Wurzeln die Mittelwerte signifikant verschieden. Die wenigen Brennwerte für oberirdische vegetative Organe von Halbsträuchern und Lianen sind durchwegs niedrig. Unter den Rutensträuchern, die sonst deutlich niedrigere Werte aufweisen als Bäume und Sträucher, sind die jungen Triebe des kapländischen *Elytropappus rhinocerotis* mit $21,81 \text{ kJ}$ pro Gramm Gesamttrockensubstanz eine Ausnahme; laut Auskunft der Autoren (PROKSCH et al., 1982) weist die Art einen außerordentlich hohen Harzgehalt auf.

Tabelle 12: Vergleiche zwischen dicotylen Holzpflanzen verschiedener Wuchsform.

Organ Wuchsform	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt		
	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.
Blätter									
B+Str	188	19,64	1,46	149	20,76	1,41	145	6,26	3,46
ZStr	22	18,75	1,36	23	20,62	1,48	19	9,70	4,76
HStr	12	18,26	1,75	12	20,10	1,23	11	12,26	3,32
RStr	2	18,19	1,70	2	20,03	0,32	2	9,27	7,03
Lianen	6	18,99	0,48	4	20,37	0,72	4	7,81	1,15
Zweige mit Blättern									
B+Str	32	19,80	1,53	6	19,41	1,37	6	7,26	3,11
ZStr	30	21,13	1,60	24	21,32	1,33	16	3,07	1,64
HStr	3	18,57	2,12	1	19,17	—	1	8,11	—
RStr	1	21,81	—	—	—	—	—	—	—
Lianen	5	18,86	1,08	—	—	—	—	—	—
Sproßachsen									
B+Str	137	19,60	1,11	67	20,03	1,00	67	3,05	2,24
ZStr	29	20,17	2,07	15	20,45	1,87	14	5,54	3,09
HStr	6	19,53	1,88	4	20,20	1,76	4	5,13	0,94
RStr	2	17,75	0,20	2	19,21	0,09	2	7,57	1,47
Lianen	3	17,75	2,36	—	—	—	—	—	—
Xylem									
B+Str	206	19,66	0,86	168	19,85	0,86	167	1,07	0,72
ZStr	9	18,47	1,29	9	18,68	1,28	9	1,09	0,51
HStr	9	17,66	1,07	9	18,21	0,75	9	3,09	2,14
RStr	4	18,46	0,39	4	18,62	0,44	4	0,86	0,34
Lianen	1	17,67	—	1	17,81	—	1	0,80	—
Rinde									
B+Str	86	18,68	1,69	68	19,92	1,52	66	6,46	2,59
ZStr	9	18,00	0,99	9	19,43	1,21	9	7,30	2,32
HStr	8	17,76	1,68	9	19,14	1,75	8	8,54	1,70
RStr	4	18,77	2,12	4	20,14	0,99	4	7,01	6,66
Lianen	1	16,52	—	1	17,47	—	1	5,40	—
Wurzeln									
B+Str	28	18,75	1,31	18	19,74	1,24	17	7,07	6,32
ZStr	16	19,51	1,10	9	20,61	0,96	9	5,47	3,57
HStr	2	20,07	2,89	1	19,01	—	1	5,20	—

B+Str = Bäume und Sträucher.

HStr = Halbsträucher.

ZStr = Zwerg- und Kleinsträucher.

RStr = Rutensträucher.

Fettdruck = Kategorie mit dem höchsten mittleren Energiegehalt bzw. niedrigsten mittleren Aschengehalt.

Bemerkenswert ist auch noch, daß sich sklerophylle, saisongrüne und malakophylle Holzpflanzen nicht nur bezüglich der Blattenergiegehalte unterscheiden (Tab. 13): Auch die Sproßachsen, der Holzkörper, die Rinde und die Wurzeln malakophyller Pflanzen weisen niedrigere Brennwerte auf als die entsprechenden Pflanzenteile sklerophyller Holzpflanzen. Die Sproßachsen saisongrüner Hölzer zeigen hochsignifikant höhere Energiegehalte, bei den Wurzeln ist es umgekehrt.

Tabelle 13: Vergleich zwischen den vegetativen Organen sklerophyller (*skl*), saisongrüner (*sgr*) und malakophyller (*mal*) immergrüner Holzpflanzen.

	EGT	EAF	AG
Blätter	skl>>>sgr>>>mal 20,38 19,53 18,31	skl>>sgr>>mal 21,28 20,80 20,16	skl<<<sgr<<mal 4,79 7,36 9,48
Sprosse	skl>>sgr \bar{x} 20,55 19,70	skl>>>sgr>>>mal 21,48 20,17 19,04	skl<<sgr 2,79 4,77
Sproßachsen	sgr>>skl>>>mal \bar{x} 19,82 19,56 18,40	skl>sgr>>mal 20,83 20,02 19,38	sgr<skl<mal 2,74 3,79 6,60
Xylem	sgr>>skl>mal \bar{x} 19,33 18,82 18,33	sgr>>mal, skl 19,34 18,56 18,52	mal<sgr<skl 1,23 1,28 1,69
Rinde	sgr>>>skl>mal \bar{x} 18,95 17,73 17,64	sgr>skl>mal 20,01 19,23 19,04	sgr<mal<skl 6,54 7,36 7,61
Wurzeln und Rhizome	skl>sgr>mal \bar{x} 19,30 19,18 17,93	skl>mal>sgr 20,89 20,19 19,73	skl<<sgr<mal 3,31 6,02 11,01

\bar{x} = mittlerer Energiegehalt bzw. mittlerer Aschengehalt.

Krautige Pflanzen: Für mesophytische krautige Pflanzen bietet sich ein Vergleich zwischen annuellen und mehrjährigen Arten an. Der Tabelle 14 ist zu entnehmen, daß 64 % der Organmittelwerte signifikant voneinander verschieden sind, wobei in $\frac{1}{4}$ der Fälle mehrjährige Arten die energiereicheren bzw. aschenärmeren Organe aufwiesen. Besonders deutlich ist dies bei den unterirdischen Organen der Gräser und der Kräuter sowie den vegetativen oberirdischen Organen der Kräuter zu erkennen. Blüten und Karyopsen annueller Gräser sind signifikant energieärmer als die reproduktiven Organe der mehrjährigen Arten. Die Unterschiede zwischen den reproduktiven Organen von Kräutern sind weniger deutlich; nur die Früchte mehrjähriger Arten hatten, auf aschefreie Trockensubstanz bezogene Brennwerte, signifikant höhere Energiegehalte, die Blüten mehrjähriger und die Samen einjähriger Kräuter waren signifikant aschenärmer.

Weiters kann aus Tabelle 14 abgelesen werden, daß die vegetativen Organe annueller Pflanzen von denen mehrjähriger Arten um einen größeren Betrag verschieden sind als die Organe graminoider von nicht-graminoiden (zum Großteil dicotylen) Pflanzen. Annuelle Graminoide sind zwar deutlich von Nichtgraminoiden verschieden, mehrjährige Gräser differieren von mehrjährigen Kräutern nur noch um 200 bis 400 J.g⁻¹; solche Unterschiede sind – außer bei den auf aschefreies Trockengewicht bezogenen Brennwerten der Sproßachsen und der Wurzeln und bei den Aschgehalten der Sprosse – nicht signifikant.

4.2 Wuchs- und Lebensformen mit großem Speichervolumen

Sukkulenten: Krautige Blattsukkulenten gehören, zusammen mit annuellen Kräutern und helophytischen Gräsern, zu den Pflanzen mit den niedrigsten Energiegehalten von Blättern (EAF: 18,18 kJ.g⁻¹), Sproßach-

Tabelle 14: Vergleiche zwischen annuellen und mehrjährigen krautigen Landpflanzen.

		Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt		
		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.
Blätter	<i>aGr</i>	(2)	18,24	1,25	(1)	19,46	—	(1)	8,72	—
	<i>mGr</i>	(58)	17,91	1,18	(33)	19,85	0,96*	(32)	8,63	3,73
	<i>aKr</i>	(7)	17,24	0,79	(4)	18,31	0,73	(2)	11,92	2,55
	<i>mKr</i>	(40)	18,19	1,14*	(37)	19,76	1,41*	(29)	9,38	4,77**
Sproßachsen	<i>aGr</i>	(3)	17,55	0,14	(1)	19,74	—	(1)	10,90	—
	<i>mGr</i>	(30)	17,10	1,38	(17)	19,15	0,71	(17)	8,21	4,14
	<i>aKr</i>	(4)	16,72	0,82	(5)	17,90	1,12	(3)	8,94	1,82
	<i>mKr</i>	(19)	17,53	0,88*	(14)	18,70	0,73	(14)	7,06	2,95**
Oberirdische Sprosse	<i>aGr</i>	(16)	17,53	1,13	(14)	19,26	1,12	(13)	9,73	2,95
	<i>mGr</i>	(108)	18,07	0,90	(80)	19,44	0,70	(67)	7,24	4,17**
	<i>aKr</i>	(46)	17,22	1,55	(32)	18,73	1,11	(30)	12,05	4,29
	<i>mKr</i>	(101)	17,80	1,35*	(56)	19,33	1,13*	(47)	9,61	4,44**
Blüten	<i>aGr</i>	(1)	17,57	—	—	—	—	—	—	—
	<i>mGr</i>	(9)	18,88	0,65**	—	—	—	—	—	—
	<i>aKr</i>	(3)	18,41	1,45	(4)	19,87	1,37	(2)	5,48	0,40
	<i>mKr</i>	(6)	18,93	1,16	(2)	19,06	1,53	(1)	3,51	—
Früchte	<i>aKr</i>	(4)	19,91	3,26	(2)	18,72	0,11	(2)	8,79	0,11
	<i>mKr</i>	(7)	19,36	0,52	(2)	20,47	1,39*	(2)	3,62	2,94
Samen	<i>aGr</i>	(12)	18,24	0,86	(6)	18,21	0,71	(5)	1,75	0,89
	<i>mGr</i>	(10)	19,42	1,11*	(18)	20,68	1,50**	—	—	—
	<i>aKr</i>	(23)	22,08	3,13	(7)	23,30	3,88	(3)	2,82	0,45**
	<i>mKr</i>	(19)	22,14	1,83	(9)	22,38	2,59	(2)	4,55	1,34
Unterirdische Organe	<i>aGr</i>	(4)	16,29	0,90	(3)	18,74	0,19	(3)	15,13	3,13
	<i>mGr</i>	(43)	17,95	0,98*	(33)	19,52	0,78**	(28)	7,74	5,01**
	<i>aKr</i>	(6)	16,63	0,94	(6)	18,25	0,40	(5)	10,64	4,40
	<i>mKr</i>	(52)	17,83	1,37*	(25)	18,94	1,01*	(21)	7,48	6,18

aGr = annuelle Graminoide.*aKr* = annuelle Kräuter.*mGr* = mehrjährige Graminoide.*mKr* = mehrjährige Kräuter.

Fettdruck = höherer mittlerer Energiegehalt bzw. niedrigerer mittlerer Aschengehalt.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau signifikant verschieden.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau hochsignifikant verschieden.

sen (EAF: 16,57 kJ.g⁻¹) und unterirdischen Organen (EAF: 17,63 kJ.g⁻¹); die dazugehörigen Aschengehalte liegen im Mittelfeld aller krautigen Gruppen (2,60 %–10,81 % TG). Auch der einzige Brennwert für Blüten (*Sedum lanceolatum* EAF: 18,59 kJ.g⁻¹; JOLLS 1984) ist niedriger als die Mittelwerte für andere Wuchsformgruppen. Die Sproßachsen des blattsukkulenten Strauches *Sarcobatus vermiculatus* (EAF: 20,46 kJ.g⁻¹; DARLING, 1976) liegen hingegen im oberen Mittelfeld der Sproßachsen holziger Wuchsformen. Eine Xylemprobe (*Fouquieria splendens*, EAF: 18,41 kJ.g⁻¹; DARLING, 1976) fällt in den Energiebereich für Halb- und Rutensträucher, die dazugehörige Rindenprobe (EAF: 20,51 kJ.g⁻¹) ist sogar energiereicher. Charakteristische Energiewerte für Sproßsukkulenten sind der Tabelle 9 zu entnehmen: Die sukkulenten Sproßabschnitte holziger Stammsukkulenter sind gleich energiearm wie Sprosse krautiger sukkulenter Pflanzen und ihr mittlerer Energiegehalt ist somit hochsigni-

fikant niedriger als jener der Sproßachsen aller übrigen Wuchsformen. Hingegen liegen Xylem und Rinde verholzter Sproßabschnitte von *Opuntia acanthocarpa* sogar im oberen Vertrauensbereich der Laubbäume, während verholzte Wurzeln von *Opuntia chlorotica* niedrige Brennwerte aufweisen (DARLING, 1976). Sukkulente Pflanzen unterscheiden sich also nicht bezüglich aller Organe, wie z. B. die Coniferen oder die malakophyllen dicotyledonen Holzpflanzen, sondern erwartungsgemäß nur bezüglich der sukkulenten Organe von den anderen Kräutern bzw. Holzpflanzen.

Geophyten speichern Wasser und energiereiche Stoffe in ihren unterirdischen Teilen. In der Tabelle 15 überrascht der niedrige Rohenergiegehalt für unterirdische Organe, wenn auch berücksichtigt werden muß, daß ein solcher nur dann hoch sein kann, wenn diese Speicherorgane zum Zeitpunkt der Untersuchung gefüllt und die akkumulierten Reservesubstanzen energiereich sind.

Zwiebeln enthalten viel Wasser und speichern hauptsächlich Zucker, dasselbe gilt auch für die Zuckerrübe: Rüben von *Beta vulgaris* (PRÉCSÉNYI, 1974) erreichen nur einen Rohbrennwert von 15,49 kJ.g⁻¹, Zwiebeln von *Allium porrum* (BOSCHER, 1981) enthalten 17,81 kJ.g⁻¹ (EGT). Die Brennwerte der Speicherwurzeln von *Delphinium virescens* (BASKIN & BASKIN, 1974) schwankten im Verlauf eines Jahres bei einem Fettgehalt von 6 bis 10% zwischen 16,42 und 19,51 kJ.g⁻¹ (EGT) bzw. zwischen 18,76 und 20,47 kJ.g⁻¹ (EAF). Die mittleren Energiegehalte (EGT: 17,90, EAF: 19,60 kJ.g⁻¹) lagen unter dem Mittelwert für Wurzeln mehrjähriger dicotyler Kräuter (EGT: 18,08 kJ.g⁻¹, EAF: 20,06 kJ.g⁻¹).

Die höchsten Energiewerte für unterirdische Organe sind übrigens nicht bei Geophyten zu finden, sondern in fettspeichernden Vertikalrhizomen und Pfahlwurzeln von Polsterpflanzen (z. B. *Saxifraga oppositifolia*, EGT: 30,06 kJ.g⁻¹, ZACHUBER & LARCHER, 1978; *Saxifraga paniculata*, EGT: 23,11, EAF: 25,06 kJ.g⁻¹, SVOBODA, 1972) und von holzigen Rosettenmegaphyten (*Espeletia weddellii*, EAF: 22,09 kJ.g⁻¹; *E. schultzii*, EAF: 21,60 kJ.g⁻¹; beide BARUCH, 1982).

4.3 Sumpf- und Süßwasserpflanzen

Submerse und emerse Wasserpflanzen sind in der Regel energieärmer als vergleichbare Landpflanzen (Tab. 16). Unter Graminoiden treten deutlichere Unterschiede zutage als zwischen anderen krautigen Arten. In 16 von 20 Fällen waren die Organe terrestrischer Gräser energiereicher bzw. aschenärmer als jene der helophytischen Arten; die anhaftend toten Teile verhielten sich umgekehrt. Nichtgraminoide Sumpf- und Wasserpflanzen wurden seltener untersucht. Die Unterschiede zwischen den Organmittelwerten sind bei Graminoiden in der Hälfte der Fälle, bei den übrigen Arten nur in weniger als 1/3 der Fälle statistisch signifikant. Bei 13 von 21 Vergleichen waren emerse Wasserpflanzen energiereicher bzw. aschenärmer als die Landpflanzen. Submerse Wasserpflanzen erreichen durchschnittlich denselben Rohbrennwert und einen etwas geringeren Energiegehalt der aschefreien Trockensubstanz als Sprosse von terrestrischen Kräutern. Alle Organe der Schwimmblattpflanzen, deren Rohener-

Tabelle 15: Energie- und Aschengehalte von Geophyten.

a) Vergleich mit den entsprechenden Organen sonstiger krautiger Pflanzen

Pflanzenteil	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt					
		n	\bar{x}	S. D.		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	
Blätter	Geo	(3)	18,23	0,11	Geo	(3)	20,31	0,79	Geo	(3)	8,61	5,22
	Kr	(65)	18,07	1,17	Kr	(62)	19,72	1,40	Kr	(49)	9,85	4,48
Oberirdische Sprosse	Geo	(14)	17,07	1,45	Geo	(8)	19,06	0,78	Geo	(6)	11,47	2,75
	Kr	(202)	17,50	1,46	Kr	(142)	18,71	1,34	Kr	(116)	10,02	4,43
Unterirdische Organe	Geo	(6)	17,34	1,37	Geo	(3)	19,37	0,74	Geo	(2)	6,55	3,02
	Kr	(76)	18,03	2,16	Kr	(47)	18,81	1,39	Kr	(39)	7,53	5,81

b) Vergleich zwischen Pflanzenteilen von Geophyten

		Sproß- organe	Blüten	Früchte	Samen	Unterirdische Organe	Autor
<i>Allium porrum</i>	EGT	18,23	20,49	—	24,70	17,81	BOSCHER, 1981
<i>Beta vulgaris</i>	EGT	14,65	—	—	—	15,49	PRÉCSÉNYI, 1974
<i>Orthosanthus chimboracensis</i>	EGT	18,97	—	19,93	—	19,08	BARUCH, 1982
	EAF	19,60	—	20,67	—	19,96	
<i>Solanum tuberosum</i>	EGT	14,65	—	—	—	15,91	PRÉCSÉNYI, 1974

Geo = Geophyten.

Kr = sonstige krautige Pflanzen.

Fettdruck = höherer mittlerer Energiegehalt bzw. niedrigerer mittlerer Aschengehalt.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau signifikant verschieden.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau hochsignifikant verschieden.

Tabelle 16: Energie- und Aschengehalte von Sumpf- und Süßwasserpflanzen im Vergleich zu Landpflanzen.

Pflanzenteil	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt					
		n	\bar{x}	S. D.		n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	
Gräser												
Blätter	H	(7)	17,40	1,07	H	(8)	18,82	1,21*	H	(6)	9,30	3,53
	T	(52)	17,92	1,18	T	(34)	19,84	0,96	T	(33)	8,63	3,73
Sprosse	H	(39)	17,41	1,12	H	(35)	18,56	1,17	H	(31)	8,77	2,87
	T	(126)	18,00	0,93**	T	(95)	19,41	0,77**	T	(80)	7,64	4,00*
Sproßachsen	H	(5)	16,88	0,83	H	(5)	18,51	0,31	H	(5)	8,82	4,44
	T	(33)	17,05	1,33	T	(18)	19,18	0,71*	T	(18)	8,36	4,14
Blüten	H	(5)	18,36	1,02	H	(5)	19,65	1,24	H	(4)	7,06	0,62
	T	(10)	18,75	0,65	T	(8)	19,69	0,70	T	(7)	5,52	1,33*
Samen	H	(2)	17,32	3,33	H	(1)	16,24	—	H	(1)	7,82	—
	T	(22)	18,78	0,98	T	(24)	20,06	1,36**	T	(5)	1,75	0,89**
Unterirdische Organe	H	(16)	17,27	1,25	H	(14)	18,31	1,37	H	(12)	10,84	5,52
	T	(47)	17,81	0,97	T	(37)	19,45	0,76*	T	(31)	8,46	4,90
Anhaftende tote Teile	H	(2)	18,63	0,54*	H	(2)	19,90	0,17*	H	(2)	6,32	1,81*
	T	(35)	17,64	1,35	T	(18)	19,32	0,78	T	(16)	7,27	4,71
Kräuter												
Blätter	H	(1)	19,11	—	H	(1)	20,52	—	H	(1)	6,72	—
	S	(1)	18,12	—	S	(1)	18,84	—	S	(1)	5,00	—
	T	(58)	18,10	1,06	T	(53)	19,70	1,36	T	(41)	9,57	4,75
Sprosse	H	(28)	17,26	1,30	H	(33)	18,01	1,49	H	(21)	10,33	2,85
	W	(13)	17,55	1,81	W	(15)	18,32	0,74	W	(7)	15,23	3,50
	S	(16)	16,83	1,32	S	(17)	17,46	1,16	S	(11)	8,88	3,80
	T	(117)	17,56	1,39	T	(112)	19,08	1,21**	T	(98)	9,98	4,17
Sproßachsen	H	(2)	17,85	1,55	H	(1)	18,81	—	H	(1)	2,80	—
	T	(26)	17,48	0,83	T	(22)	18,66	0,85	T	(20)	7,45	2,78
Blüten	H	(1)	19,42	—	H	(1)	20,50	—	H	(1)	5,25	—
	S	(1)	18,24	—	S	(1)	18,48	—	S	(1)	3,90	—
	T	(10)	18,74	1,25	T	(6)	19,60	1,41	T	(3)	4,82	0,40

Tabelle 16 (Fortsetzung).

Pflanzenteil	Rohenergiegehalt			Energiegehalt aschefreier Trockensubstanz			Aschengehalt					
	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.			
Kräuter												
Früchte	H	(1)	19,74	—	H	(1)	20,62	—	H	(1)	4,30	—
	S	(1)	17,52	—	S	(1)	18,64	—	S	(1)	3,80	—
	T	(11)	19,56	1,93	T	(4)	19,60	0,99	T	(4)	6,21	5,79
Samen	H	(1)	18,90	—	H	—	—	—	H	—	—	—
	S	(1)	17,14	—	S	(1)	17,24	—	S	(1)	2,30	—
	T	(45)	21,97	2,59**	T	(18)	22,58	3,21**	T	(5)	3,51	0,86
Unterirdische Organe	H	(5)	18,03	0,85*	H	(2)	18,83	0,61	H	(1)	2,60	—
	S	(1)	16,11	—	S	(1)	16,65	—	S	(1)	4,20	—
	T	(73)	18,08	1,91*	T	(37)	20,06	1,30**	T	(34)	7,85	6,01
Anhaftende tote Teile	H	(2)	17,44	0,40	H	(1)	18,91	—	H	(1)	6,22	—
	T	(14)	17,73	1,00	T	(4)	20,22	0,62**	T	(4)	6,53	3,94

H = Helophyten.

S = Schwimmblattpflanzen.

T = terrestrische Pflanzen.

W = submerse Wasserpflanzen.

Fettdruck = höchster mittlerer Energiegehalt bzw. niedrigster mittlerer Aschengehalt.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau signifikant verschieden.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau hochsignifikant verschieden.

giegehalte $14,65 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ überschritten, wiesen, bezogen auf aschefreie Trockensubstanz, sehr niedrige Brennwerte auf und waren zugleich sehr aschenarm. Dies gilt z. B. für *Nuphar polysepala* (Blätter EAF: $16,90 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, AG: $5,47 \%$, Samen EAF: $17,24 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, AG: $0,58 \%$, Rhizome EAF: $16,65 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, AG: $3,24 \%$; HERRMANN, 1976), *Nymphaea alba* (Sprosse EAF: $16,63 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, AG: $6,36 \%$; STEUBING et al., 1980), *Cabomba caroliniana* (Sprosse EAF: $17,51 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, AG: $9,60 \%$; BOYD, 1968) und *Utricularia vulgaris* (Sproßknospen EAF: $20,31 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$, AG: $2,45 \%$, MAIER, 1973). Bei *Lemna*-Arten und bei *Eichhornia crassipes* liegen die Energiegehalte ebenfalls niedrig, allerdings betragen die Aschengehalte 20% und mehr (BOYD, 1969).

5. Regionale Unterschiede im Energiegehalt der Pflanzen

Berechnungen des Energievorrats der Pflanzendecke durch GOLLEY (1961) haben einen kontinuierlichen Anstieg der in der Phytomasse gebundenen Energie vom Äquator zu den Polen ergeben. JORDAN (1971) findet eine Abnahme der Energiekonzentration in der pflanzlichen Substanz mit dem Strahlungsangebot während der Vegetationszeit und ebenso könnte man eine Abnahme des Energiegehalts der Pflanzendecke mit zunehmender Dauer der Vegetationszeit finden. Die eminente Wichtigkeit solcher Zusammenhänge für ein vertieftes Verständnis der ökologischen Bedeutung gespeicherter Energie hat uns veranlaßt, die vorliegende reichhaltige Datensammlung diesbezüglich zu befragen. Regionale und altitudinale Unterschiede im Energiegehalt der Vegetation könnten sowohl durch direkte Klimaeinflüsse verursacht sein als auch indirekt auf einem florensgeschichtlich oder klimabedingt unterschiedlichen Arten- bzw. Wuchsformspektrum des Pflanzenbestandes beruhen. Für den Systemökologen, der in der Energiespeicherung der Phytomasse vor allem einen Parameter für die Beurteilung des Energiezustandes und der Energieflüsse im Ökosystem sieht, genügt die Feststellung, daß es solche regionalen Unterschiede gibt, gleichgültig, auf welche Weise sie zustandekommen. Vom kausalanalytisch-ökophysiologischen Standpunkt aus muß differenzierend vorgegangen werden. Wir haben daher bei der Untersuchung von Veränderungen des Energiegehaltes entlang von Breitengradienten, Höhenstufen und Klimazonen die Pflanzendecke nicht pauschal erfaßt, sondern *immer dieselben Wuchsformen* miteinander verglichen.

5.1 Klimatypus

Die Abhängigkeit des Energie- und Aschengehaltes vom Klima wurde für Standorte am Festland und im Wasser getrennt ermittelt.

Schon der Vergleich zwischen **Wasserpflanzen** aus verschiedenen Klimazonen, der hauptsächlich Unterschiede im Strahlungs- und Temperaturklima widerspiegelt, ist aufschlußreich (Tab. 17). Sowohl Algen als auch hydrophytische und helophytische Gefäßpflanzen sind

Tabelle 17: Energie- und Aschengehalte von Wasserpflanzen aus verschiedenen Klimazonen.

Wuchsform	Organ	Klimazone	EGT			EAF			AG		
			n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.	n	\bar{x}	S. D.
Thallöse Algen	Thalli	subtropisch arid	(7)	15,61	0,51	(32)	18,12	1,62	(7)	18,63	6,75
		warm temperat	—	—	—	(6)	17,05	0,65	—	—	—
		kühl temperat	(27)	16,43	1,29	(75)	19,26	1,43	(27)	19,02	6,47
Emerse Gräser	Sprosse	warm temperat	(25)	17,36	0,92	(24)	18,94	0,79	(24)	8,86	3,27
		kühl temperat	(7)	18,61	0,83	(5)	18,84	0,61	—	—	—
		kontinental	(10)	17,89	0,35	(10)	19,51	0,45	(9)	8,82	1,64
	Unterirdische Organe	warm temperat	(13)	16,54	1,28	(14)	19,09	1,06	(13)	13,95	4,82
		kühl temperat	(4)	18,17	1,19	(3)	18,60	0,61	—	—	—
		kontinental	(6)	17,34	1,14	(8)	17,78	2,00	(6)	8,72	2,71
Emerse Kräuter	Sprosse	warm temperat	(23)	16,80	0,85	(25)	18,60	0,85	(21)	10,57	3,12
		kühl temperat	(5)	19,14	1,25	(3)	19,16	1,61	—	—	—
Submerse Kräuter	Sprosse	warm temperat	(6)	15,80	0,51	(9)	18,15	0,64	—	—	—
		kühl temperat	(9)	18,28	0,80	(6)	18,91	0,61	(6)	15,10	4,14
Schwimblattpflanze	Sprosse	warm temperat	(8)	16,50	0,80	(7)	17,97	0,70	—	—	—
		kühl temperat	(4)	18,74	0,48	(2)	19,72	1,35	—	—	—

Fettdruck = Kategorie mit dem höchsten mittleren Energiegehalt bzw. dem niedrigsten mittleren Aschengehalt.

umso energieärmer in je wärmeren Gewässern sie vorkommen. Bezogen auf aschefreies Trockengewicht besitzen helophytische Gräser (die gelegentlich trockenfallen) auf kontinentalen Standorten signifikant energiereichere oberirdische Organe als Gräser warm oder kühl temperater Gebiete. Die Rohenergiegehalte von Gräsern und den übrigen aquatischen Wuchsformen aus warm temperaten Klimagebieten waren im Vergleich zu denen aus kühlen Klimagebieten stets niedriger. Außer von gemäßigten Klimatypen sind weitere Daten nur von zwei Seen im Monsunklima (4 Arten), einer mediterranen Salzmarschflur (1 Art) und einer Mangrove (1 Art) verfügbar. Die dort vorkommenden Arten gehören jedoch verschiedenen Wuchsformen an, so daß eine Auswertung nicht möglich ist.

Bei den **Landpflanzen** unterstützt nur der Vergleich zwischen Rohbrennwerten terrestrischer Moose (Tab. 18) und krautiger Landpflanzen (Tab. 19) aus verschiedenen Klimazonen die eingangs erwähnte Hypothese, wonach der Energiegehalt von den Tropen über die

Tabelle 18: Energie- und Aschengehalte von Moosen aus verschiedenen Klimazonen.

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Kühl temperat	EGT	8	16,85	0,94	15,70	18,02	16,06	17,64
Polar	EGT	18	18,61	0,59	17,59	19,85	18,32	18,90**
	EAF	18	19,38	0,56	18,25	20,54	19,10	19,66
	AG	18	3,95	2,36	1,20	9,20	2,78	5,12

Fettdruck = höherer mittlerer Energiegehalt.

= Mittelwerte auf dem 95%-Niveau hochsignifikant verschieden.

gemäßigte Zone zu den kalten Klimaten zunehmen sollte. Ein solcher Trend zeigt sich am deutlichsten bei Blättern und Sprossen. Auch unterirdische Organe von Kräutern aus den Tropen und der kontinentalen Klimazone sind energieärmer als solche aus dem kühl temperaten und dem polaren Bereich. Bei Samen haben die Mittelwerte sehr breite Vertrauensbereiche, sodaß keine Aussage möglich ist.

Bei den auf aschefreie Trockensubstanz bezogenen Energiegehalten der *krautigen* Pflanzen fallen neben Arten aus den polaren Gebieten auch noch solche aus der warm temperaten Zone durch überdurchschnittlich hohe Brennwerte auf. Aschenarm sind besonders arktische Pflanzen, die aschenreichsten Organe besitzen Pflanzen aus der warm temperaten und der kontinentalen Zone.

Dicotyle *Holzpflanzen* entwickeln unter warm temperaten Bedingungen die vergleichsweise energiereichsten und aschenärmsten Blätter und Sproßachsen, Bäume aus tropischen Regenwäldern das energiereichste Holz (Tab. 20). Bei Arten aus dem kühl temperaten Klimabereich sind die Samen und, bezogen auf aschefreie Trockensubstanz, auch die Rinde besonders energiereich. Dies könnte auf charakteristische Assimilatverteilungsmuster in Pflanzen bestimmter Klimaregionen hindeuten.

Tabelle 19: Energie- und Aschengehalte krautiger Landpflanzen aus verschiedenen Klimazonen.

		n	\bar{x}	S. D.	Min:	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Blätter								
Tropisch	EGT	10	16,60	0,72	15,66	17,56	16,08	17,12
Mediterran	EGT	5	18,17	1,92	16,12	21,31	15,79	20,55
	EAF	6	19,12	1,57	17,71	22,14	17,47	20,77
Warm temperat	EGT	15	18,20	0,48	17,45	18,81	17,93	18,47
	EAF	14	20,36	0,54	19,48	21,18	20,05	20,67
	AG	14	10,44	1,42	8,20	13,70	9,62	11,26
Kühl temperat	EGT	27	18,15	1,73	14,77	21,06	17,47	18,83
	EAF	24	19,54	1,79	15,93	23,61	18,78	20,30
	AG	20	7,17	4,39	0,10	18,00	5,12	9,22
Polar	EGT	13	18,75	0,69	17,27	20,18	18,33	19,17
	EAF	11	19,78	0,82	18,11	21,06	19,23	20,33
	AG	7	5,52	1,58	3,60	8,10	4,06	6,98
Sprosse								
Tropisch	EGT	25	17,07	0,76	15,40	19,02	16,76	17,38
	EAF	24	18,83	0,95	16,30	20,71	18,43	19,23
	AG	24	9,45	3,40	3,01	16,45	8,01	10,89
Mediterran	EGT	51	16,58	1,00	14,71	19,00	16,30	16,86
	EAF	43	18,33	0,67	16,89	19,66	18,12	18,54
	AG	41	11,05	3,11	5,65	19,33	10,07	12,03
Warm temperat	EGT	31	17,39	1,06	15,59	19,51	17,00	17,78
	EAF	19	19,83	0,52	18,44	20,62	19,58	20,08
	AG	19	11,80	5,21	2,80	19,93	9,29	14,31
Kühl temperat	EGT	86	18,12	1,46	14,65	21,95	17,81	18,43
	EAF	36	19,68	0,90	17,04	21,55	19,38	19,98
	AG	30	9,37	3,56	4,09	22,14	8,04	10,70
Kontinental	EGT	34	17,56	0,96	15,13	19,75	17,22	17,90
	EAF	11	19,77	1,35	17,27	22,29	18,86	20,68
	AG	9	14,51	3,17	9,85	20,95	12,07	16,95
Polar	EGT	41	18,33	1,02	15,12	19,94	18,01	18,65
	EAF	46	19,08	1,16	15,65	21,31	18,74	19,42
	AG	38	4,37	2,67	0,26	11,97	3,49	5,25
Samen								
Mediterran	EGT	10	21,70	4,62	16,82	28,62	18,40	25,00
	EAF	9	21,74	4,30	17,03	29,29	18,43	25,05
	AG	6	2,25	1,08	0,80	3,60	1,12	3,38
Kühl temperat	EGT	49	20,80	2,12	16,94	25,49	20,19	21,41
Kontinental	EGT	12	19,72	3,14	17,00	26,38	17,72	21,72
Boreal	EAF	17	20,37	1,45	18,40	22,87	19,62	21,12
Polar	EAF	8	22,44	1,62	21,04	26,15	21,09	23,79
Unterirdische Organe								
Tropisch	EGT	8	17,37	1,46	15,72	19,27	16,15	18,59
	EAF	8	19,29	1,13	17,93	20,87	18,35	20,23
	AG	8	9,97	5,64	5,59	21,46	5,25	14,69
Kühl temperat	EGT	28	18,12	1,55	15,30	21,79	17,52	18,72
	EAF	19	19,36	0,84	17,49	20,99	18,96	19,76
	AG	15	8,41	5,30	2,73	20,20	5,47	11,35
Kontinental	EGT	9	17,26	0,69	15,85	17,96	16,73	17,79
Polar	EGT	16	18,47	1,77	16,43	23,11	17,53	19,41
	EAF	17	19,66	1,57	17,94	25,06	18,85	20,47
	AG	16	4,85	5,12	0,02	13,48	2,12	7,58

Fettdruck = Kategorie mit dem höchsten mittleren Energiegehalt bzw. dem niedrigsten mittleren Aschengehalt.

Tabelle 20: Energie- und Aschengehalte dicotyler Holzpflanzen aus verschiedenen Klimazonen.

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Blätter								
Tropisch	EGT	49	18,88	1,49	15,58	21,99	18,45	19,31
	EAF	49	20,11	1,28	15,90	22,63	19,74	20,48
	AG	47	6,58	4,20	1,53	20,55	5,35	7,81
Subtropisch arid	EGT	8	19,24	1,26	16,99	20,70	18,19	20,29
	EAF	7	21,33	1,17	19,81	22,63	20,25	22,41
	AG	7	9,28	2,89	4,76	14,24	6,61	11,95
Mediterran	EGT	61	19,13	1,64	15,34	24,07	18,71	19,55
	EAF	54	20,38	1,47	17,32	25,45	19,98	20,78
	AG	53	7,84	3,43	2,39	18,60	6,89	8,79
Warm temperat	EGT	17	20,78	0,75	19,38	21,91	20,39	21,17
	EAF	15	21,85	0,76	20,29	23,20	21,43	22,27
	AG	15	4,09	1,30	2,00	6,20	3,37	4,81
Kühl temperat	EGT	64	19,66	1,16	17,25	22,57	19,37	19,95
	EAF	34	20,24	1,03	17,91	22,26	19,88	20,60
	AG	31	6,55	2,87	1,67	14,10	5,50	7,60
Kontinental	EGT	6	20,21	0,95	18,87	21,32	19,21	21,21
	EAF	5	21,35	0,88	20,59	22,35	20,26	22,44
	AG	5	4,90	2,25	2,40	8,50	2,11	7,69
Boreal	EGT	5	20,50	0,39	19,93	20,98	20,02	20,98
Polar	EGT	6	19,16	1,13	17,96	20,58	17,97	20,35
	EAF	5	20,00	0,33	19,55	20,37	19,59	20,41
Sproßachsen								
Tropisch	EGT	7	18,16	1,27	16,11	19,79	16,99	19,33
	EAF	7	19,21	1,42	16,63	20,97	17,90	20,52
	AG	7	5,42	1,40	3,11	6,79	4,13	6,71
Subtropisch arid	EGT	8	18,20	2,06	14,89	21,16	16,48	19,92
	EAF	10	18,46	2,19	15,49	22,56	16,89	20,03
	AG	7	7,38	3,39	2,20	11,56	4,24	10,52
Mediterran	EGT	19	19,04	0,87	17,35	20,54	18,62	19,46
	EAF	10	19,01	1,65	16,11	21,10	17,83	20,19
	AG	8	4,14	2,58	0,71	9,33	1,98	6,30
Warm temperat	EGT	29	19,85	0,42	19,10	20,44	19,69	20,01
	EAF	18	20,49	0,25	20,01	20,86	20,37	20,61
	AG	18	1,92	0,61	0,80	3,30	1,62	2,22
Kühl temperat	EGT	67	19,79	1,01	15,04	22,66	19,54	20,04
	EAF	15	19,92	0,49	19,24	21,01	19,65	20,19
	AG	15	2,07	1,79	0,60	5,65	1,08	3,06
Polar	EGT	14	20,93	1,77	18,63	23,91	19,91	21,95
	EAF	8	21,10	1,81	19,09	24,35	19,59	22,61
	AG	7	3,30	1,15	1,99	5,34	2,24	4,36
Xylem								
Tropisch	EGT	108	19,96	0,56	18,05	21,62	19,85	20,07
	EAF	108	20,16	0,54	18,51	21,75	20,06	20,26
	AG	108	1,03	0,64	0,10	3,35	0,91	1,15
Mediterran	EGT	51	18,13	1,04	15,44	20,96	17,84	18,42
	EAF	49	18,40	0,91	16,71	21,06	18,14	18,66
	AG	49	1,86	1,34	0,40	7,60	1,48	2,24
Warm temperat	EGT	12	19,83	0,54	18,79	20,49	19,49	20,17
	EAF	12	19,95	0,57	18,87	20,65	19,59	20,31
	AG	12	0,61	0,17	0,39	0,96	0,50	0,72

Tabelle 20 (Fortsetzung).

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
Xylem								
Kühl temperat	EGT	47	19,66	0,62	18,12	21,11	19,48	19,84
	EAF	12	19,66	0,33	18,89	20,05	19,45	19,87
	AG	11	0,80	0,30	0,41	1,30	0,60	1,00
Rinde								
Mediterran	EGT	49	18,06	1,37	15,81	21,08	17,67	18,45
	EAF	49	19,35	1,38	16,81	22,48	18,95	19,75
	AG	47	7,16	2,27	2,60	12,20	6,49	7,83
Warm temperat	EGT	11	19,36	0,74	18,09	20,72	18,86	19,86
	EAF	11	20,45	0,57	19,47	21,62	20,07	20,83
	AG	11	5,36	2,01	2,46	9,50	4,01	6,71
Kühl temperat	EGT	32	19,24	2,81	15,77	32,50	18,23	20,25
	EAF	17	21,47	3,12	19,55	32,92	19,87	23,07
	AG	16	6,48	3,37	0,68	11,26	4,68	8,28
Boreal	EGT	9	20,26	2,19	17,68	23,98	18,58	21,94
	EAF	7	20,78	1,91	19,24	24,42	19,01	22,55
	AG	7	4,37	2,59	1,80	8,10	1,97	6,77
Samen								
Tropisch	EGT	19	21,49	3,78	16,72	30,17	19,67	23,31
	EAF	18	21,81	3,85	17,00	30,53	19,90	23,72
	AG	18	2,32	1,38	1,07	5,32	1,63	3,01
Kühl temperat	EGT	24	21,99	2,81	17,70	26,87	20,80	23,18
	EAF	14	23,78	2,78	18,70	28,37	22,18	25,38
	AG	14	3,75	1,55	1,61	6,91	2,86	4,64
Polar	EAF	5	21,49	1,47	19,79	23,03	19,67	23,31

Fettddruck = Kategorie mit dem höchsten mittleren Energiegehalt bzw. dem niedrigsten mittleren Aschengehalt.

5.2 Geographische Breite

Die Rohenergiegehalte der *oberirdischen Organe krautiger Pflanzen* aus Meereshöhen unter 1000 m nehmen mit der geographischen Breite diskontinuierlich zu. Die Pflanzen mit dem höchsten Rohenergiegehalt treten um 40° N auf, von 50 bis 75° N nimmt der Energiegehalt im Durchschnitt nur um 2 kJ.g⁻¹ zu, in hohen Breiten ist jedoch die Varianz besonders breit (Abb. 4). Der Anstieg des Rohbrennwertes zwischen 55 und 75° N erklärt sich außerdem aus den sehr niedrigen Aschengehalten polarer Arten, denn auf organische Trockensubstanz bezogene Brennwerte von Pflanzen aus Breiten über 70° N zeigen ähnliche Werte wie Mittelmeerpflanzen (34° N) und weisen niedrigere Energieäquivalente auf als aus 50° N stammende Arten.

Trägt man Mittelwerte des Energiegehalts (EGT und EAF) für *Blätter angiospermer Holzpflanzen* gegen die geographische Breite ihrer Herkunft auf, so fallen besonders die hohen Werte im Bereich zwischen 30 und 32° N und zwischen 43 und 45° N auf, die auf einen erhöhten Anteil sklerophyller Pflanzenarten zurückzuführen sind (Abb. 5). Die

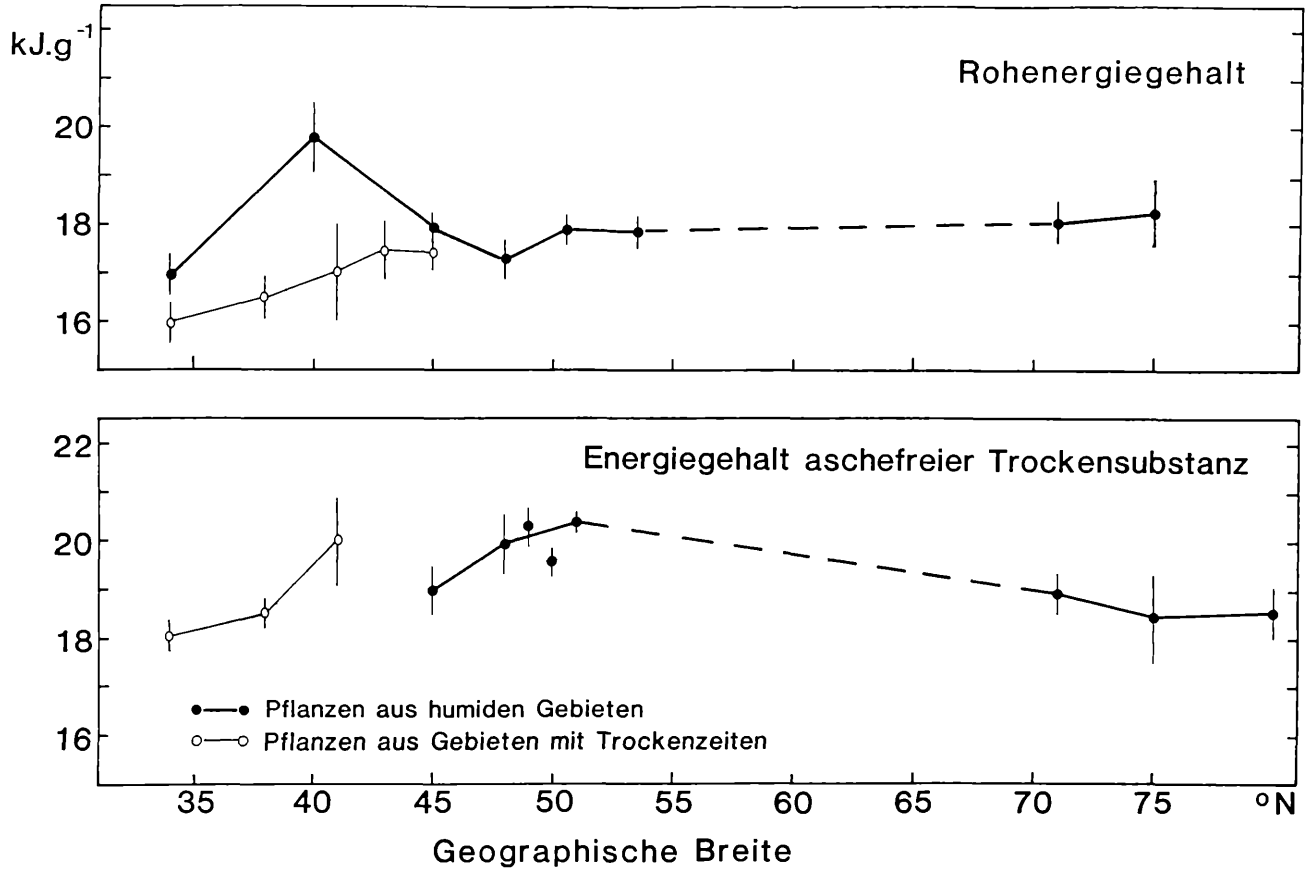


Abb. 4: Energiegehalte oberirdischer Sprosse krautiger Pflanzen in Abhängigkeit von der geographischen Breite ihres Fundortes. Es wurden nur Probenentnahmestellen unter 1000 m Meereshöhe berücksichtigt. Strichmarken geben den 95%-Vertrauensbereich des Mittelwertes an.

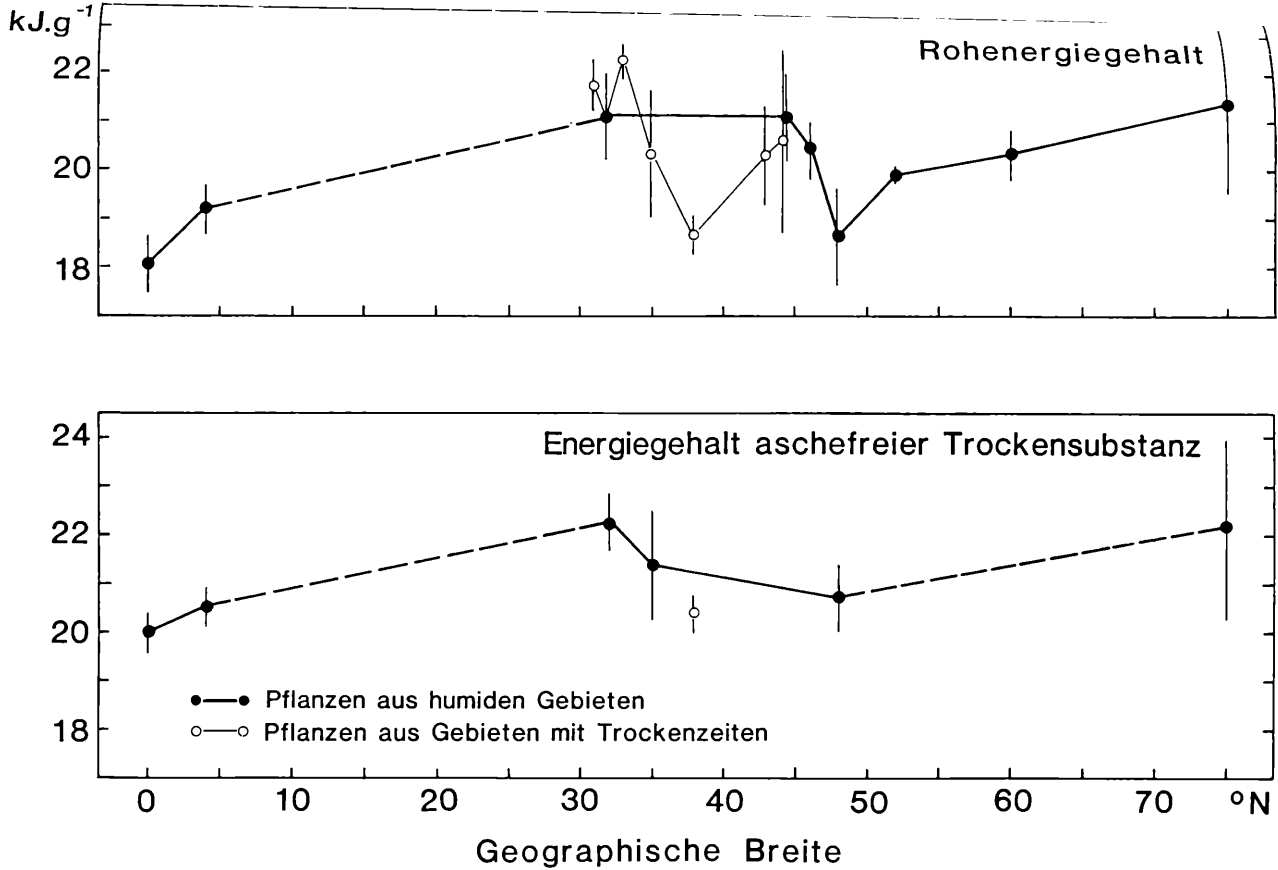


Abb. 5: Energiegehalte von Blättern dicotyler Holzpflanzen in Abhängigkeit von der geographischen Breite ihres Fundortes. Es wurden nur Probenentnahmestellen unter 1000 m Meereshöhe berücksichtigt. Strichmarken geben den 95%-Vertrauensbereich des Mittelwertes an.

wenigen, für eine breitenabhängige Verteilung verwendbaren Daten über den Energiegehalt von Sprossachsen und verholzten Wurzeln lassen keinen eindeutigen Verlauf erkennen.

Im gesammelten Datenmaterial fanden sich auch ein immergrüner Baum (*Eucalyptus camaldulensis*, KARSCHON et al., 1981), zwei Grasarten (*Andropogon scoparius*, DALGARN & WILSON, 1975, OHR & BRAGG, 1985; *Arctagrostis latifolia*, MUC, 1972, TIESZEN, 1974), eine Cyperacee (*Eriophorum angustifolium*, MUC, 1972, TIESZEN, 1974) und die annuelle Dicotyle *Helianthus annuus* (LONG, 1934, ECKHARDT et al., 1971), die unter vergleichbaren Umweltbedingungen auf Fundorten gesammelt wurden, die um 2 bis 9 Breitengrade auseinander lagen. Die Unterschiede sind minimal und zeigen keinen Trend: Achtmal nahmen die Organmittelwerte mit steigender geographischer Breite zu, viermal nahmen sie ab, zweimal blieben sie gleich (Tab. 21).

Tabelle 21: Vergleich zwischen Exemplaren einer Art, die aus verschiedenen geographischen Breiten stammen.

		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	u. Gr.	o. Gr.
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>								
Blätter	31 °N	6	21,72	0,64	20,43	22,09	21,05	22,39
	32 °N	12	21,06	1,32	17,93	22,29	20,22	21,90
	33 °N	10	22,31	0,53	21,57	22,81	21,93	22,69
Zweige	31 °N	6	19,20	0,54	18,89	20,29	18,63	19,77
	32 °N	10	19,30	0,50	18,21	19,92	18,95	19,66
	33 °N	11	19,56	0,43	19,28	20,12	19,27	19,85
Xylem	31 °N	6	19,75	0,33	19,28	20,26	19,40	20,09
	32 °N	11	19,91	0,28	19,59	20,42	19,72	20,09
	33 °N	10	20,03	0,32	19,48	20,59	19,80	20,25
Rinde	31 °N	6	17,28	0,78	15,99	18,19	16,46	18,10
	32 °N	10	17,23	0,52	16,31	17,95	16,85	17,60
	33 °N	10	17,22	0,53	16,48	17,81	16,84	17,60
<i>Andropogon scoparius</i>								
Sprosse	40 °N	25	17,94	0,33	17,41	18,74	17,80	18,07
	41 °N	5	16,80	0,33	16,28	17,06	16,40	17,20
<i>Arctagrostis latifolia</i>								
Sprosse	71 °N	5	18,33	0,22	18,10	18,60	18,06	18,60
	75 °N	5	19,38	0,66	18,82	20,42	18,55	20,20
<i>Eriophorum angustifolium</i>								
Sprosse	71 °N	13	18,86	0,26	18,46	19,33	18,70	19,02
	75 °N	5	18,98	0,27	18,59	19,18	18,65	19,32
<i>Helianthus annuus</i>								
Blätter	34 °N	26	16,08	0,69	14,65	16,96	15,80	16,36
	43 °N	5	16,34	0,82	15,11	17,05	15,32	17,36
Sprosse	34 °N	15	16,12	0,55	15,07	17,04	15,81	16,42
	43 °N	6	17,63	1,47	16,52	20,34	16,09	19,18

5.3 Meereshöhe

Höhengradienten des Energiegehaltes sollten nur anhand von Daten berechnet werden, die von der *gleichen Wuchsform* und aus *derselben Klimazone* stammen.

Im Bereich der äquatorialen Tropen haben WATERMAN et al. (1980) in 13 m und in 1250 m Meereshöhe Blätter und Früchte von Regenwaldbäumen untersucht und gefunden, daß die vom höher gelegenen Standort stammenden Proben energieärmer und aschenreicher waren. BARUCH (1982) bestimmte den Energiegehalt einer großen Anzahl von Arten verschiedener Wuchsformen aus 3000 m, 3550 m und 4200 m Meereshöhe in den venezolanischen Anden, also im Höhenbereich des Auftretens der Nachtfrostgrenze. Anhand der Tabelle 22 ergibt sich, daß Blätter mehrjähriger Kräuter und immergrüner Zwergsträucher und Wurzeln aller Wuchsformen von der höchstgelegenen Probenentnahmestelle den höchsten Energiegehalt aufwiesen. Im Sinne der Hypothese von VERDUIN (1972) wäre diese Tendenz als Ausdruck zunehmend ungünstiger Wachstumsbedingungen (Kälte und Wassermangel) aufzufassen. Die Abnahme des Energiegehalts der oberirdischen Organe der Espeletien von 3500 m (EAF-Maximum) auf 4200 m könnte als Hinweis auf drastisch verminderte Energiereserven unter limitierenden Umwelteinflüssen angesehen werden.

Aus Gebirgen der temperaten Klimazone ist eine Zunahme des Energiegehalts mit der Meereshöhe bei Zwergsträuchern eindeutig nachgewiesen und bei manchen Polsterpflanzen und mehrjährigen Kräutern in den oberirdischen Teilen zumindest tendenziell feststellbar (Abb. 6). Mit zunehmender Meereshöhe nimmt aber auch die Varianz der Energiegehalte zu (PANTIS et al., 1987), und es gibt weitere Untersuchungsergebnisse, die keinen kontinuierlichen Anstieg mit der Höhe zeigen, vor allem bei unterirdischen Organen von Gramineen und dicotylen Kräutern und bei jungen Trieben bzw. Sproßachsen saisongrüner Zwergsträucher. Eine kausale Interpretation altitudinaler Gradienten im Energiegehalt ist ohnehin nur zulässig, wenn *Pflanzen desselben Chemotypus* verglichen werden und der Höhentranssekt weit genug über die Waldgrenze hinausreicht.

5.4 Regionalität und chemische Eigenart der Pflanzen

Überblickt man die im Abschnitt 5 besprochenen Ergebnisse, so gelangt man zu dem Schluß, daß eine Abhängigkeit des Energiegehalts der Pflanzen von regional und altitudinal veränderten Umweltbedingungen schwächer ausgeprägt ist als ein Zusammenhang mit der genetisch bestimmten chemischen Konstitution der einzelnen Pflanzenarten. Regionale und altitudinale Gradienten im Energiegehalt sind als Hinweis zu werten, daß eine Änderung der chemischen Zusammensetzung der pflanzlichen Substanz, insbesondere im Bereich der Speicherstoffe, vor allem als Ausdruck der durch die spezifische Reaktionsnorm bedingten

Tabelle 22: Abhängigkeit des auf aschefreie Trockensubstanz bezogenen Energiegehaltes tropischer Gebirgspflanzen von der Seehöhe (BARUCH, 1982).

Wuchsform	Organ	3000 m						3550 m						4200 m					
		n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.	n	\bar{x}	S. D.	Min.	Max.			
mjKr	Blätter	(4)	19,43	1,00	18,25	20,70	(3)	19,30	0,58	18,89	19,96	(11)	20,34	1,42	17,83	21,60			
	Wurzeln	(4)	18,68	0,90	17,43	19,58	(3)	18,91	1,35	17,78	20,40	(9)	19,16	1,09	17,11	20,12			
mjGr	Blätter	(3)	19,44	0,68	18,79	20,14	—	—	—	—	—	(3)	19,17	0,22	18,97	19,40			
	Wurzeln	(3)	18,63	0,49	18,12	19,10	—	—	—	—	—	(3)	19,15	0,48	18,77	19,69			
Polsterpfl.	Blätter	(1)	20,47	—	—	—	(1)	20,31	—	—	—	(1)	20,37	—	—	—			
	Wurzeln	(1)	20,04	—	—	—	(1)	19,59	—	—	—	(1)	20,23	—	—	—			
igr.Str	Blätter	(4)	21,96	1,43	20,76	23,93	(6)	21,38	0,82	19,98	22,55	(1)	21,53	—	—	—			
igr.ZStr	Blätter	(1)	21,10	—	—	—	—	—	—	—	—	(2)	22,77	1,77	21,52	24,02			
	Stämmchen	(1)	19,63	—	—	—	—	—	—	—	—	(2)	20,92	1,24	20,05	21,80			
Meg	Blätter	(1)	19,79	—	—	—	(6)	21,65	1,27	19,71	23,21	(5)	20,44	1,31	19,64	22,76			
	Sproßachsen	(1)	20,03	—	—	—	(4)	20,14	0,42	19,67	20,47	(4)	19,20	0,68	18,76	20,21			
	Wurzeln	(1)	21,60	—	—	—	(5)	20,74	0,33	20,36	21,17	(5)	21,76	0,54	21,09	22,47			

- mjKr = mehrjährige Kräuter.
 mjGr = mehrjährige Gräser.
 igr.Str = immergrüne Sträucher.
 igr.ZStr = immergrüne Zwergsträucher.
 Meg = verholzte Rosettenmegaphyten.

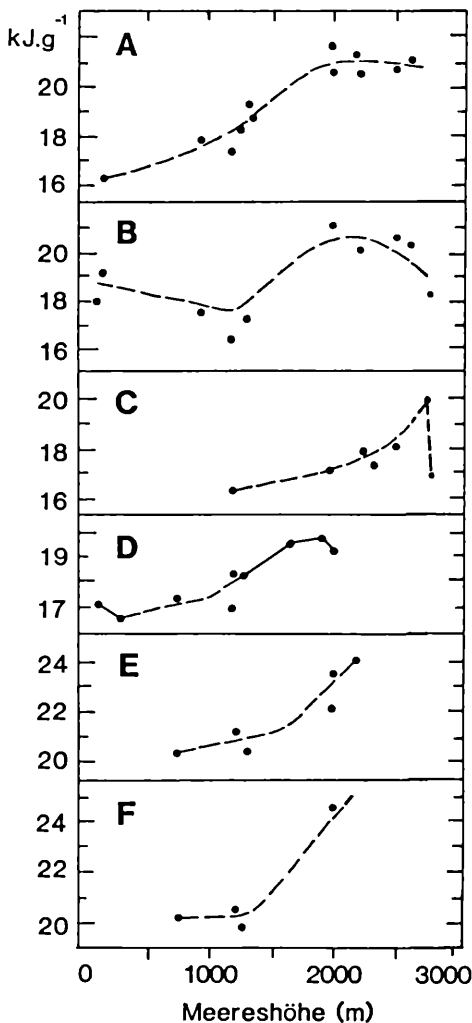


Abb. 6: Rohenergiegehalte von Pflanzen der kühl temperaten Klimazone in Abhängigkeit von der Meereshöhe ihres Fundorts. *A* oberirdische Sprosse mehrjähriger Kräuter (nach 203, 265, 269, 270), *B* unterirdische Organe mehrjähriger Kräuter (nach 30, 31, 32, 203, 269, 270), *C* oberirdische Teile von Polsterpflanzen (nach 265, 269, 270), *D* oberirdische Sprosse von Gräsern (nach 203, 265), *E* Blätter und junge Zweige immergrüner Zwergsträucher (nach 91, 139, 206, 265), *F* verholzte Sproßachsen immergrüner Zwergsträucher (nach 139, 206, 265). Zitatnummern: siehe Quellenverzeichnis im Anhang. Strichmarken geben den 95%-Vertrauensbereich des Mittelwertes an.

Reaktionsweise auf Umweltfaktoren und weniger als Anpassungsmechanismus aufzufassen ist (VERDUIN, 1972, LARCHER, 1983). Das schließt nicht aus, daß auch das Assimilatverwertungs- und Speicherungsverhalten der Selektion unterliegt (HARPER, 1981, SCHULZE, 1982). Es fällt jedenfalls auf, daß unter den Pflanzen, die in Gebieten mit ganzjährig günstigem Klima leben, unterdurchschnittliche, bei Pflanzen aus Gebieten mit kurzer und kühler Vegetationsperiode hingegen überdurchschnittliche Energiegehalte gefunden werden.

6. Wissenslücken und lohnende Forschungsziele

Die Erschließung des Datenmaterials hat mehrfach Wissenslücken zutage gefördert, aber auch erfolgversprechende Arbeitsziele sichtbar gemacht. Die folgenden Hinweise mögen zu künftiger Forschung anregen.

Taxonomische Gruppierungen und Chemotypen: Obwohl im erfaßten Datenmaterial 65 % der bei DAHLGREN (1977) genannten Ordnungen der Angiospermen und die Hälfte der Familien des gesamten Pflanzenreiches durch zumindest ein Beispiel vertreten sind, ist der erreichte Kenntnisstand noch überaus dürftig. Unter den Angiospermen sind die *Rafflesianae*, *Proteanae* und, abgesehen von Gräsern und Seggen, ein Großteil der Monocotylen noch nicht untersucht worden, unter den Gymnospermen finden sich Angaben nur für Coniferen und *Ephedra*. Deshalb läßt sich noch nicht beurteilen, ob ein Konnex zwischen dem Energiegehalt und chemotaxonomischen Gruppierungen von wissenschaftlicher oder praktischer Bedeutung sein könnte. Hier müßte vor allem stärkeres Augenmerk auf Samen und Früchte und wahrscheinlich auch auf Rinden gelegt werden. Bei der Auswahl zu untersuchender Taxa müßte vom Vorkommen energiereicher Inhaltsstoffe ausgegangen werden.

Eine ökophysiologisch wichtige Fragestellung ist jene nach dem Zusammenhang zwischen Physiotypen* des primären und sekundären Stoffwechsels und der Energiespeicherung in der Pflanze. Hier würde sich wohl am ehesten Einblick in kausale Zusammenhänge finden lassen (vgl. WILLIAMS et al., 1987). Die Auswertung gesammelter Daten ist unergiebig, weil zusammengehörige Datensätze weitgehend fehlen. Aufschluß müßte also durch Untersuchungen gewonnen werden, die von vorneherein dieser Zielsetzung gewidmet sind (z. B. MERINO, 1987).

Wuchsformen und ökomorphe Ausprägungen: Für die wichtigsten Wuchs- und Lebensformen sind Energiedaten bereits vorhanden; über einzelne Gruppen gibt es jedoch nur unzureichende oder gar keine Angaben, nämlich für Baumfarne, Palmen, Großgräser, Großstauden, und krautige Lianen. Auch über annuelle Pflanzen und insbesondere Therophyten, Sukkulenten und Epiphyten liegen zu wenige Daten vor, über Parasiten und Saprophyten überhaupt keine. Desgleichen besteht

Physiotyp: „Die Gesamtheit der physiologischen Eigenschaften, die einer taxonomischen Einheit gemeinsam sind“ (KINZEL, 1980).

Informationsmangel über Pflanzen in Fließgewässern sowie Plankton-, Luft- und Bodenalgen. Untersuchungen über Wuchsformen, ökomorphe Ausprägungen und verschiedene Entwicklungsstadien wären vor allem im Zusammenhang mit der Feststellung und Analyse spezifischer, standortgerechter Assimilatverteilungsmuster innerhalb dieser Pflanzentypen aufschlußreich. Für das Gedeihen und die Persistenz einer Art in ihrem Lebensraum ist eine langfristig optimale Nutzung der Assimilate für Wachstum, Strukturaufbau, Propagation und Überlebenssicherung entscheidend. Jede Assimilatverarbeitung innerhalb der Pflanze stellt eine Energieinvestition dar, Lebensformen müssen daher immer auch als Energieverwertungstypen gesehen werden (KULL, 1987).

Umweltbedingungen: Über die Auswirkung von Umweltbedingungen gibt es nur wenige experimentelle Studien (PIPP & LARCHER, 1987). Rückschlüsse auf den Einfluß klimatischer, edaphischer, biotischer und anthropogener Faktoren beruhen daher zumeist auf einer Auswertung von Standortvergleichen und jahreszeitlichen Schwankungen des Energiegehalts. Besonders die Interpretation von Gradienten des Energiegehalts der Pflanzen entlang von Ökotonen bedarf sorgfältiger, planvoller Miterfassung aller notwendigen Umweltvariablen im unmittelbaren Lebensbereich. Nur einem Dutzend unter den erfaßten Publikationen waren solche Informationen zu entnehmen. Auch die quantitative Phänologie könnte aus der Einbeziehung der zeitlichen Variabilität standardisierter Energiewertbestimmungen großen Gewinn ziehen.

Globale Betrachtungen: Für eine Zusammenschau aus ökosystemarer Sicht, die Abschätzung regionaler Energieressourcen und die Berechnung von Energieausnutzungskoeffizienten dürfte das schon vorhandene Datenmaterial ausreichen (LIETH & WHITTAKER, 1975, UCHIJIMA & SEINO, 1987). Was terrestrische Ökosysteme betrifft, wären allenfalls Messungen an Pflanzen aus der subtropisch ariden Klimazone nachzutragen. Desgleichen ist über Dünenvegetation, über Süßwasser- und Meerespflanzen außerhalb der gemäßigten Breiten und über Pflanzen südhemisphärischer Ökosysteme noch wenig bekannt. Selbst wenn künftig andere Forschungsziele in die Blickrichtung energieökologischer Forschung rücken müssen und Vorrang erlangen werden, darf die Gewinnung und Erfassung weiterer Kenndaten ihre Berechtigung nicht verlieren: *Erst die Kenntnis der Vielfalt sprengt einseitig enge und vereinfachende Ansichten.*

7. Zusammenfassung

Die Verarbeitung des Datenmaterials über den Energiegehalt von insgesamt 1521 Pflanzenarten aus 814 Gattungen, das in einer Literaturrecherche (im wesentlichen über die Jahre 1960 bis 1984) gesammelt, gesichtet und gruppierend ausgewertet wurde, ergab folgende Zusammenhänge und Tendenzen:

1. Einzeller sind energiereicher als Thallophyten.
2. Holzige Kormophyten sind energiereicher als krautige.

3. Coniferen sind hochsignifikant energiereicher als dicotyle Holzpflanzen.
4. Monocotyle Holzpflanzen sind energieärmer als dicotyle.
5. Wasserpflanzen sind in der Regel energieärmer als krautige Landpflanzen.
6. Halophyten sind stets aschenreich und meist auch energiearm.
7. Generative Organe weisen hochsignifikant höhere Energiegehalte auf als vegetative.
8. Ein Zusammenhang zwischen taxonomischer Zugehörigkeit und Energiegehalt scheint am ehesten bei Früchten und Samen auf.
9. Der Energiegehalt wird stärker durch die genetisch bedingte chemische und strukturelle Eigenart einer Pflanze und ihrer Organe bestimmt als durch Umwelteinflüsse.
10. Eine generelle Zunahme des Energiegehaltes der Pflanzen vom Äquator zu den Polen konnte nicht festgestellt werden: Die Pflanzen mit den höchsten Rohenergiegehalten stammten von Standorten in 30 bis 40 Grad nördlicher Breite.
11. Eine Zunahme des Energiegehaltes mit der Seehöhe ließ sich für Zwergsträucher, für Polsterpflanzen und für oberirdische Organe mehrjähriger Kräuter nachweisen.

Abschließend wird auf Wissenslücken und aktuelle Forschungsthemen im Bereich pflanzlicher Energiespeicherung hingewiesen.

8. Literatur

- BARUCH, Z.: Patterns of energy content in plants from the Venezuelan Paramos. *Oecologia* 55, 47–52, 1982.
- BASKIN, J. M., BASKIN, C. C.: Phenology of *Delphinium virescens* in relation to caloric, lipid and ash contents of the roots. *Bull. Torr. Bot. Club* 101, 350–354, 1974.
- BOSCHER, J.: Reproductive effort in *Allium porrum*: Relation to the length of the juvenile phase. *Oikos* 37, 328–334, 1981.
- BOYD, C. E.: Fresh-water plants: a potential source of protein. *Econ. Bot.* 22, 359–368, 1968.
- BOYD, C. E.: The nutritive value of three species of water weeds. *Econ Bot.* 22, 359–368, 1969.
- DAHLGREN, R.: Ett angiospermsystem och dess användning vid kartering av egenskaper. *Svensk Bot. Tidskr.* 71, 33–64, 1977.
- DALGARN, M. C., WILSON, R. E.: Net productivity and ecological efficiency of *Andropogon scoparius* growing in an Ohio relict prairie. *Ohio J. Sci.* 75, 194–197, 1975.
- DARLING, M. S.: Interpretation of global differences in plant calorific values – The significance of desert and arid woodland vegetation. *Oecologia* 23, 127–139, 1976.

- DOWNTON, W. J. S.: The occurrence of C₄-photosynthesis among plants. *Photosynthetica* 9, 96–105, 1975.
- ECKARDT, F. E., HEIM, G., MÉTHY, M., SAUGIER, B., SAUVEZON, R.: Fonctionnement d'un écosystème au niveau de la production primaire – Mesures effectuées dans une culture d'*Helianthus annuus*. *Oecol. Plant.* 6, 51–100, 1971.
- GOLLEY, F. B.: Energy values of ecological materials. *Ecology* 42, 581–584, 1961.
- HARPER, J. L.: Population biology of plants, 2. Aufl., Academic Press, London 1981.
- HEGNAUER, R.: Chemotaxonomie der Pflanzen, Bd. I. Birkhäuser, Basel – Stuttgart 1962.
- HERRMANN, S. J.: Caloric and micronutrient content of *Nuphar polysepalum*. *The Southwestern Naturalist* 21, 373–382, 1976.
- JOLLS, C. L.: Contrasting resource allocation patterns in *Sedum lanceolatum* Torr.: Biomass versus energy estimates. *Oecologia* 63: 57–62, 1984.
- JORDAN, C. F.: A world pattern in plant energetics. *Amer. Scientist* 59, 425–433, 1971.
- KARSCHON, R., ZOHAR, Y., TISCHLER, K.: Eucalypts as an energy source. Report German-Israeli Fund for International Research and Development, 31 S., Ha Qiryah, Tel Aviv, 1981.
- KINZEL, H.: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. Ulmer, Stuttgart 1980.
- KULL, U.: Neuere Aspekte der Pflanzenmorphologie. *Jh. Ges. Naturkde. Württ.* 142, 5–45, 1987.
- LARCHER, W.: Ökophysiologische Konstitutionseigenschaften von Gebirgspflanzen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 96, 73–85, 1983.
- LARCHER, W.: Ökologie der Pflanzen. 4. Aufl., Ulmer, Stuttgart 1984.
- LIETH, H., WHITTAKER, R. (eds.): Primary production of the biosphere. Springer, Berlin, 1975.
- LONG, F. L.: Application of calorimetric methods to ecological research. *Plant Physiol.* 9, 323–337, 1934.
- MAIER, R.: Das Austreiben der Turionen von *Utricularia vulgaris* L. nach verschieden langen Perioden der Austrocknung. *Flora* 162, 269–283, 1973.
- MERINO, J.: The costs of growing and maintaining leaves of mediterranean plants. In: TENHUNEN, J. D. et al. (eds.): Plant response to stress, 553–564, Springer, Heidelberg 1987.
- MUC, M.: Vascular plant production in the sedge meadows of the Truelove Lowland. In: BLISS, L. C. (ed.): Devon Island IBP Project, High Arctic Ecosystem, Proj. Rep. 1970/71, 113–145, 1972.
- OHR, K. M., BRAGG, Th. B.: Effects of fire on nutrient and energy concentration of five prairie grass species. *Prairie Nat.* 17, 113–126, 1985.
- OSMOND, C. B., WINTER, K., ZIEGLER, H.: Functional significance of different pathways of CO₂-fixation in photosynthesis. In: LANGE, O. L., NOBEL, P. S., OSMOND, C. B., ZIEGLER, H. (eds.): Encyclopedia of plant physiology 12B, 479–549, Springer, Heidelberg 1982.
- PAINE, R. T., VADAS, R. L.: Calorific values of benthic marine algae and their postulated relation to invertebrate food preference. *Mar. Biol.* 4, 79–86, 1969.

- PANTIS, J., PAPAGIANNIS, A., MARGARIS, N. S.: Altitudinal gradients of energy contents of herbaceous plants on Mt. Olympus (Greece). *Acta Oecol. (Oecol. Plant.)* 8 (22), 199–209, 1987.
- PIPP, E.: Energiegehalte pflanzlicher Substanz. Diss. Univ. Innsbruck, 1986.
- PIPP, E., LARCHER, W.: Energiegehalte pflanzlicher Substanz. I. Erfassung und Verarbeitung des Datenmaterials. *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., Abt. I*, 196, 37–66, 1987.
- PRÉCSÉNYI, I.: Estimation of the efficiency (light energy conversion) of some cultivated plants. *Növényterméles* 23, 23–29, 1974.
- PROKSCH, P., PROKSCH, M., RUNDEL, Ph. W., RODRIGUEZ, E.: Ecological significance of the chemistry of the leaf resin of *Elytropappus rhinocerotis*. *Biochem. Syst. Ecol.* 10, 49–53, 1982.
- SCHULZE, E.-D.: Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations. In: LANGE, O. L., NOBEL, P. S., OSMOND, C. B., ZIEGLER, H. (eds.): *Encyclopedia of plant physiology* 12B, 615–676, Springer, Heidelberg 1982.
- SMITH, C. A., EVENSON, W. E.: Energy distribution in reproductive structures of *Amaryllis*. *Amer. J. Bot.* 65, 714–716, 1978.
- STEUBING, L., RAMIREZ, C., ALBERDI, M.: Energy content of water- and bog-plant associations in the region of Valdivia (Chile). *Vegetatio* 43, 153–161, 1980.
- SVOBODA, J.: Vascular plant productivity studies of raised beach ridges (semi-polar desert) in the Truelove Lowland. In: BLISS, L. C.: *Devon Island IBP project, High Arctic Ecosystem*, Proj. Rep. 1970/71, 146–184, 1972.
- SZAREK, S. R., TING, I. P.: The occurrence of Crassulacean Acid Metabolism among plants. *Photosynthetica* 11, 330–342, 1977.
- TIESZEN, L. L.: Synoptic caloric determinations of plant material in the U. S. Tundra Biome. *U. S. Tundra Biome Data Rep.* 74–3, 44 S., 1974.
- UCHIJIMA, Z., SEINO, H.: Distribution maps of net primary productivity of natural vegetation and related climatic elements on continents. *BCP-87-1-2-1*, Natl. Inst. Agro-Environm. Sci. Yatabe, 1987.
- VARESCHI, V. *Vegetationsökologie der Tropen*. Ulmer, Stuttgart, 1980.
- VERDUIN, J.: Caloric content and available energy in plant matter. *Ecology* 53, 580, 1972.
- WASEL, Y.: *Biology of Halophytes*. Academic Press, New York – London 1972.
- WATERMAN, P. G., MBI, C. N., MCKEY, D. B., GARTLAN, St. J.: African rainforest vegetation and rumen microbes: Phenolic compounds and nutrients as correlates of digestibility. *Oecologia* 47, 22–33, 1980.
- WILLIAMS, K., PERCIVAL, F., MERINO, M., MOONEY, H. A.: Estimation of tissue construction cost from heat of combustion and organic nitrogen content. *Plant, Cell and Environm.* 10, 725–734, 1987.
- ZACHHUBER, K., LARCHER, W.: Energy contents of different alpine species of *Saxifraga* and *Primula* depending on their altitudinal distribution. *Photosynthetica* 12, 436–439, 1978.

Anhang

A Gattungsverzeichnis

Die Ziffern hinter dem Gattungsnamen verweisen auf Publikationen im Quellenverzeichnis, in denen Energiewerte für die betreffende Gattung angegeben sind.

- | | |
|--|--|
| 1 Abies: 42, 51, 63, 89, 90, 107, 182, 216, 225 | 44 Anthemis: 44, 53, 159 |
| 2 Abrotanella: 18 | 45 Anthocephalus: 65 |
| 3 Abutilon: 53, 128, 222 | 46 Anthonotha: 257 |
| 4 Acacia: 65 | 47 Anthoxanthum: 152, 265 |
| 5 Acaena: 6, 230 | 48 Anthyllis: 1 |
| 6 Acer: 42, 45, 49, 53, 75, 90, 98, 99, 126, 128, 136, 163, 172, 173, 178, 187, 198, 204, 208, 213, 228, 249 | 49 Antithamnion: 53, 184 |
| 7 Achyranthes: 222 | 50 Antonia: 65 |
| 8 Aciachne: 6 | 51 Apeibia: 65 |
| 9 Acinos: 1 | 52 Apludia: 222 |
| 10 Aciphylla: 18 | 53 Apocynum: 53, 267 |
| 11 Acorus: 68, 70, 86, 193, 215, 237 | 54 Arabis: 2 |
| 12 Aeluropus: 98 | 55 Araucaria: 65 |
| 13 Aeschynomene: 60 | 56 Arbutus: 66, 217, 243 |
| 14 Aextoxicon: 233 | 57 Arctagrostis: 64, 170, 244 |
| 15 Agarum: 53, 160, 184 | 58 Arctium: 53, 128 |
| 16 Agathis: 154 | 59 Arctophila: 64, 244 |
| 17 Agoseris: 226 | 60 Arctostaphylos: 17, 53, 152, 261, 265 |
| 18 Agropyron: 17, 53, 88, 218, 261 | 61 Arenaria: 6, 17, 53, 88, 239, 261 |
| 19 Agrostis: 6, 17, 44, 110, 204, 261 | 62 Arisarum: 1 |
| 20 Alaria: 53, 184 | 63 Aristida: 50, 107 |
| 21 Alchemilla: 152, 265 | 64 Armillariella: 71 |
| 22 Alchorneopsis: 65 | 65 Arrhenatherum: 112, 204 |
| 23 Alectoria: 18, 140, 207 | 66 Artemisia: 44, 55, 64, 88, 244 |
| 24 Alhagi: 222 | 67 Artocarpus: 65 |
| 25 Alisma: 39 | 68 Asclepias: 43, 211, 212 |
| 26 Alkanna: 1 | 69 Ascophyllum: 29 |
| 27 Allium: 22, 53, 151 | 70 Asparagus: 1 |
| 28 Alnus: 6, 19, 35, 36, 42, 53, 90, 110, 111, 126, 127, 158, 182, 198, 205, 251, 260, 261, 273 | 71 Asphodelus: 1 |
| 29 Alopecurus: 34, 39, 64, 115, 204, 244 | 72 Aspidosperma: 65 |
| 30 Alsophila: 175 | 73 Aster: 6, 53, 128, 145 |
| 31 Alternanthera: 25, 26 | 74 Astraeus: 53, 74 |
| 32 Amaranthus: 44, 53, 128, 159 | 75 Astragalus: 152, 265 |
| 33 Amaryllis: 227 | 76 Atrichum: 78 |
| 34 Ambrosia: 23, 34, 44, 53, 118, 128, 159, 201 | 77 Atriplex: 44, 50, 55 |
| 35 Anabaena: 53, 84 | 78 Aulacomnium: 17, 53, 185 |
| 36 Andira: 65 | 79 Avena: 9, 44, 53, 151 |
| 37 Andromeda: 259 | 80 Avenella: 17, 140, 152, 204, 207 |
| 38 Andropogon: 34, 53, 54, 81, 83, 93, 137, 177 | 81 Avenochloa: 85 |
| 39 Androsace: 30, 33 | 82 Azolla: 232 |
| 40 Anemone: 75 | 83 Azorella: 6 |
| 41 Anisotome: 18 | 84 Baccharis: 6, 55, 60 |
| 42 Antelaea: 65 | 85 Bagassa: 65 |
| 43 Antennaria: 140, 207 | 86 Ballota: 1 |
| | 87 Bangia: 53, 184 |
| | 88 Barbarea: 53, 159 |
| | 89 Barringtonia: 65 |
| | 90 Barteria: 257 |
| | 91 Bellis: 41 |
| | 92 Berberis: 158 |
| | 93 Berlinia: 257 |

- 94 Beta: 109, 192
 95 Betula: 17, 42, 45, 53, 63, 75, 89, 90, 107, 110, 111, 152, 158, 163, 172, 182, 198, 204, 205, 228, 249, 251, 260, 261, 262, 265
 96 Bidens: 6
 97 Bisquia: 257
 98 Blechnum: 233
 99 Bolboschoenus: 68, 193
 100 Boltonia: 60
 101 Bombax: 65
 102 Boquila: 233
 103 Bossiella: 53, 184
 104 Bothriochloa: 222
 105 Bouteloua: 50
 106 Brachiaria: 222
 107 Brachypodium: 136
 108 Brachystegia: 65
 109 Brasenia: 25, 28
 110 Brassica: 53, 128, 151, 206
 111 Briza: 1
 112 Bromus: 44, 53, 88, 104, 118, 128, 136, 218, 261
 113 Bryum: 185
 114 Cabomba: 25
 115 Calamagrostis: 6, 17, 53, 64, 88, 167, 244, 261
 116 Calendula: 98, 151
 117 Calycotome: 1
 118 Calliarthron: 53, 184
 119 Callicarpa: 38
 120 Calliargon: 17, 53, 185
 121 Callitriche: 230, 234
 122 Callophyllis: 53, 184
 123 Calluna: 140, 207, 258
 124 Calocedrus: 44
 125 Calotropis: 64, 186
 126 Caltha: 2, 76, 202, 244
 127 Campanula: 17, 151
 128 Campyllum: 185, 195
 129 Cannabis: 44, 53, 151
 130 Capparis: 1
 131 Capsella: 41, 48, 53, 81
 132 Carduus: 1
 133 Carex: 17, 53, 56, 64, 81, 85, 86, 88, 98, 128, 152, 170, 171, 187, 227, 237, 239, 244, 259, 261, 265
 134 Caropa: 65
 135 Carpinus: 71, 75, 90, 136, 178, 204, 249
 136 Carya: 38, 45, 47, 254, 266
 137 Casearia: 121
 138 Cassia: 65, 222
 139 Cassiope: 17, 34, 53, 239
 140 Cassipourea: 257
 141 Castanea: 182
 142 Castilleja: 6, 64, 244
 143 Catascopium: 185
 144 Cecropia: 65, 121
 145 Celastrus: 6
 146 Celmisia: 18
 147 Celtis: 257
 148 Cenchrus: 48, 81, 222
 149 Cerastium: 30, 31
 150 Ceratonia: 217
 151 Ceratophyllum: 25, 53
 152 Cercidium: 28, 56, 84, 237
 153 Cercis: 55, 98, 173, 217
 154 Cetraria: 17, 18, 140, 152, 207, 239
 155 Chaetacme: 257
 156 Chaetocarpus: 65
 157 Chaetolepis: 6
 158 Chamaebataria: 55
 159 Chamaecyparis: 182
 160 Chara: 25, 53, 86, 133, 215
 161 Chenopodium: 23, 53, 128, 159, 206, 222, 261
 162 Chlamydomonas: 53, 200
 163 Chlorella: 53, 106, 129, 200
 164 Chlorophora: 65
 165 Chorisodontium: 230
 166 Chrysanthemum: 30, 31, 85, 155
 167 Chrysothamnus: 50
 168 Chusquea: 233
 169 Cichorium: 1
 170 Cinclidium: 185
 171 Cirsium: 2, 9, 53, 81, 82
 172 Cissus: 233, 257
 173 Cistus: 1, 98
 174 Cladium: 60
 175 Cladonia: 17, 53, 107, 140, 152, 207
 176 Cladophora: 53, 184
 177 Clarkia: 151
 178 Claytonia: 130
 179 Clematis: 98
 180 Clusia: 6
 181 Cocculus: 222
 182 Codium: 53, 150, 184
 183 Coespeletia: 6
 184 Collybia: 71
 185 Colobanthus: 18
 186 Colpomenia: 53, 150, 184
 187 Constantinea: 53, 184
 188 Convolvulus: 1
 189 Copaifera: 65
 190 Corallina: 53, 150, 184
 191 Cordia: 65
 192 Coriaria: 6
 193 Cornus: 38, 49, 53, 118, 136, 157, 187, 242, 255
 194 Corydalis: 261
 195 Corylus: 4, 19, 90, 107, 157, 249
 196 Costaria: 53, 184
 197 Cotula: 18
 198 Couepia: 65
 199 Coula: 257
 200 Cowania: 55
 201 Craspedia: 18
 202 Crataegus: 98, 157, 217, 255

- 203 Crinum: 60
204 Crotalaria: 222
205 Croton: 222
206 Cryptopleura: 53, 184
207 Cucurbita: 12
208 Cupressus: 45, 217, 243
209 Cyathodes: 18
210 Cyathocalyx: 65
211 Cymodocea: 16
212 Cynodon: 53, 81, 222
213 Cynosurus: 112
214 Cyperus: 53, 128, 222, 234
215 Cystoseira: 143, 150
216 Dacryodes: 121, 175
217 Dactylis: 3, 44, 136, 187, 204, 218, 241
218 Dalea: 55
219 Datura: 44, 128
220 Daucus: 9, 53, 81, 82, 122
221 Decodon: 53, 84
222 Deidamia: 257
223 Delesseria: 53, 184
224 Delphinium: 8
225 Deschampsia: 53, 64, 105, 110, 152, 227, 230, 244, 265
226 Descurainia: 88
227 Desmarestia: 53, 184
228 Desmostachya: 222
229 Dianthus: 155
230 Diapensia: 17, 53, 92
231 Dicentra: 130
232 Dichanthium: 222
233 Dichostema: 257
234 Dicorynia: 65
235 Dicranella: 78
236 Dicranum: 17, 53, 78
237 Dictyopteris: 143, 150
238 Dictyota: 143, 150
239 Didymopanax: 121
240 Digitaria: 23, 53, 128, 159, 222
241 Dilsea: 53, 184
242 Diospyros: 65, 257
243 Diplotropis: 65
244 Diptercarpus: 65
245 Dipteryx: 65
246 Discoglyprena: 257
247 Distichlis: 58, 59, 60, 61, 79
248 Ditrichum: 185
249 Dombeya: 257
250 Draba: 2, 6, 239, 259
251 Dracophyllum: 18
252 Drapetes: 18
253 Drepanocladus: 237
254 Dryas: 34, 152, 239, 240, 244, 260, 265
255 Dryobalanops: 65
256 Dryopteris: 110
257 Drypetes: 65
258 Dupontia: 34, 64, 244
259 Duroia: 65
260 Ecballium: 1
261 Echeveria: 6
262 Echinochloa: 53, 60, 128
263 Echium: 1
264 Ectocarpus: 53, 184
265 Egeria: 25, 234
266 Egregia: 53, 150, 184
267 Eichhornia: 28
268 Eisenia: 150
269 Elachista: 53, 184
270 Elateriospermum: 65
271 Eleocharis: 25, 28, 56, 60, 199
272 Elodea: 53, 56, 84, 86, 106, 114, 122, 237, 271
273 Elymus: 53, 88, 128
274 Elytropappus: 194
275 Empetrum: 17, 53, 152, 205, 259, 261, 265
276 Encelia: 44
277 Endocladia: 53, 184
278 Enhalus: 16
279 Enteromorpha: 53, 184
280 Ephedra: 55
281 Epilobium: 18, 110
282 Equisetum: 39, 86, 152, 170, 215, 260, 265
283 Erica: 66, 73
284 Erigeron: 53, 64, 159, 222, 244
285 Eriophorum: 34, 64, 170, 244
286 Eryngium: 88
287 Erysimum: 2
288 Erythrina: 257
289 Erythronium: 2
290 Erythrophyllum: 53, 184
291 Eschscholzia: 44
292 Escobaria: 55
293 Espeletia: 6, 7
294 Eucalyptus: 47, 65, 77, 124, 245, 246, 247
295 Euchlaena: 148
296 Eucryphia: 233
297 Euonymus: 187
298 Euphorbia: 1, 41, 50, 53, 98, 128, 131, 204
299 Euterpe: 175
300 Fagus: 45, 65, 90, 126, 163, 179, 182, 203, 204, 249
301 Fallopia: 128, 206
302 Ferocactus: 55
303 Festuca: 48, 53, 81, 85, 88, 98, 112, 115, 152, 204, 218, 230, 241, 261, 265
304 Ficus: 168, 217
305 Filipendula: 167
306 Fontinalis: 56, 86
307 Fouquieria: 55
308 Fragaria: 226
309 Fraxinus: 19, 45, 53, 90, 128, 172, 173, 198, 204, 249
310 Fucus: 29, 53, 184
311 Funtumia: 257

- 312 Galium: 1, 53, 75, 128, 136, 230
 313 Garcinia: 257
 314 Garrya: 44
 315 Gaultheria: 6, 18
 316 Gaylussacia: 38
 317 Gelidium: 53, 150, 184
 318 Genista: 1
 319 Gentiana: 18, 263
 320 Geranium: 6, 152, 265
 321 Geum: 17, 18, 53, 64, 92, 128, 136, 152, 244, 265
 322 Gigartina: 53, 150, 184
 323 Gilia: 53, 151
 324 Glechoma: 136
 325 Gleditsia: 53, 128
 326 Globularia: 1, 98
 327 Glyceria: 39, 56, 68, 70, 98, 193, 237
 328 Glycine: 53, 128, 192
 329 Gmelina: 65
 330 Gnaphalium: 18
 331 Grateloupia: 53, 184
 332 Greigia: 233
 333 Halidrys: 150
 334 Halimeda: 143
 335 Halimolobos: 150
 336 Halodule: 16
 337 Halophila: 16
 338 Halosaccion: 53, 184
 339 Haplopappus: 48, 53, 81
 340 Hebe: 18
 341 Hectorella: 18
 342 Hedera: 136
 343 Hedophyllum: 53, 102, 184
 344 Helianthemum: 1
 345 Helianthus: 21, 53, 72, 118, 149, 151, 201
 346 Helichrysum: 1
 347 Hepatica: 75
 348 Hesperomeles: 6
 349 Heteranthera: 237
 350 Heterotheca: 48, 53, 81
 351 Hibiscus: 60
 352 Hieronyma: 65
 353 Hilaria: 50
 354 Hinterhubera: 6
 355 Hippocratea: 257
 356 Hippuris: 86
 357 Holcus: 110, 204
 358 Homogyne: 85
 359 Hordeum: 10, 13, 80, 109, 261
 360 Hormidium: 103
 361 Houstonia: 17, 53
 362 Huperzia: 17
 363 Hydrilla: 28
 364 Hydrocharis: 86
 365 Hydrochloa: 25
 366 Hydrocotyle: 234
 367 Hydrodictyon: 25
 368 Hydrolea: 25
 369 Hydrolithon: 150
 370 Hydrophyllum: 130
 371 Hydrotrida: 25, 28
 372 Hylocomium: 185
 373 Hymenoclea: 44
 374 Hymenoglossum: 233
 375 Hymenolobium: 65
 376 Hymenophyllum: 233
 377 Hymenoxys: 64, 244
 378 Hypericum: 6
 379 Hypochaeris: 6
 380 Ilex: 38, 107
 381 Impatiens: 40
 382 Inga: 65
 383 Inula: 88
 384 Ipomoea: 23, 53
 385 Iresine: 222
 386 Iridaea: 53, 102, 184
 387 Iris: 56, 60
 388 Iryanthera: 65
 389 Iva: 44, 60
 390 Jacaranda: 65
 391 Juglans: 44
 392 Juncus: 17, 18, 39, 53, 57, 58, 60, 61, 62, 79, 91, 96, 98, 105, 145, 230, 234, 237
 393 Juniperus: 44, 49, 55, 98, 152, 190, 205, 217
 394 Justicia: 25, 26
 395 Khaya: 65
 396 Knema: 65
 397 Kobresia: 64, 244
 398 Kochia: 88, 222
 399 Koopassia: 65
 400 Kuhnia: 9, 53
 401 Lachemilla: 6
 402 Lactarius: 71
 403 Lactuca: 53, 196
 404 Laetia: 65
 405 Lagoseris: 98
 406 Lagurus: 1
 407 Lamiastrum: 71, 136
 408 Laminaria: 53, 160, 162, 184
 409 Lamium: 1, 41, 98
 410 Lapageria: 233
 411 Larix: 42, 53, 84, 90, 107, 163, 182, 204
 412 Larrea: 55
 413 Lathyrus: 204
 414 Launea: 222
 415 Laurelia: 233
 416 Laurencia: 53, 150, 184
 417 Laurus: 217, 243
 418 Lavandula: 1, 98
 419 Lavatera: 1
 420 Lecythis: 65
 421 Ledum: 17, 53, 92
 422 Legousia: 48, 81
 423 Lemna: 86, 215, 232, 234
 424 Leontodon: 85, 152
 425 Leonurus: 53, 128

- 426 *Lepidium*: 53, 159
427 *Leptaulus*: 257
428 *Lespedeza*: 48, 53, 81, 128
429 *Lessoniopsis*: 102
430 *Lewisia*: 2
431 *Libanothamnus*: 6
432 *Ligusticum*: 257
433 *Ligustrum*: 2, 187, 255
434 *Lilaeopsis*: 60
435 *Linaria*: 81, 82
436 *Linum*: 53, 206
437 *Liquidambar*: 42, 47, 107, 173
438 *Liriodendron*: 53, 173, 197, 252
439 *Lithothamnion*: 53, 184
440 *Lithothrix*: 150
441 *Lloydia*: 64, 244
442 *Lobelia*: 48, 81
443 *Loiseleuria*: 17, 53, 140, 141, 207
444 *Lolium*: 3, 44, 53, 112, 159, 203, 204, 241
445 *Lonicera*: 17, 38, 49, 98, 217
446 *Lophira*: 257
447 *Lotus*: 204, 218
448 *Lucilia*: 6
449 *Ludwigia*: 25, 234
450 *Lueheopsis*: 65
451 *Lupinus*: 6, 101, 189
452 *Luzula*: 6, 17, 18, 34, 53, 64, 204, 244
453 *Luzuriaga*: 233
454 *Lycopodium*: 17, 18, 53, 230
455 *Lycopus*: 39
456 *Lyonia*: 107
457 *Lysimachia*: 39, 56
458 *Lythrum*: 60
459 *Macrocystis*: 53, 150, 184
460 *Madia*: 151
461 *Magnolia*: 47
462 *Maianthemum*: 71
463 *Malva*: 1
464 *Malvastrum*: 6
465 *Mammea*: 257
466 *Manilkara*: 65, 121
467 *Markhamia*: 257
468 *Martiodendron*: 65
469 *Medicago*: 1, 53, 151, 218, 241, 253
470 *Meesea*: 185
471 *Melampyrum*: 140, 205, 207
472 *Melanorrhoea*: 65
473 *Melica*: 136, 187
474 *Melilotus*: 53, 128
475 *Melosira*: 53, 88
476 *Membranoptera*: 53, 184
477 *Mentha*: 39, 56
478 *Mentzelia*: 53, 151
479 *Menyanthes*: 56
480 *Mertensia*: 2
481 *Microcladia*: 53, 184
482 *Micromeria*: 1
483 *Millettia*: 257
484 *Mnium*: 78
485 *Mollugo*: 53, 128, 159
486 *Monochaetum*: 6
487 *Monopetalanthus*: 65
488 *Monostroma*: 53, 184
489 *Morus*: 98
490 *Mouriri*: 65
491 *Muhlenbergia*: 53, 128
492 *Muscari*: 1
493 *Myosotis*: 39
494 *Myrica*: 259
495 *Myriophyllum*: 25, 28, 53, 56, 86, 106, 122, 234
496 *Myrtus*: 217, 243
497 *Najas*: 25, 28, 237
498 *Nardus*: 152
499 *Nauclea*: 65
500 *Navicula*: 53, 81, 138, 248
501 *Nelumbo*: 25, 28
502 *Nephelium*: 65
503 *Nereocystis*: 53, 184
504 *Nerium*: 217
505 *Nertera*: 233
506 *Nitella*: 25, 237
507 *Nitzschia*: 53, 184
508 *Nothofagus*: 182, 233
509 *Nuphar*: 25, 28, 53, 56, 84, 86, 100
510 *Nymphaea*: 25, 28, 56, 86, 234
511 *Nymphoides*: 25
512 *Nyssa*: 42, 47
513 *Obione*: 98
514 *Ocotea*: 65
515 *Odonthallia*: 53, 184
516 *Oenothera*: 6, 48, 81
517 *Olea*: 217, 243
518 *Onobrychis*: 1
519 *Onosma*: 1
520 *Opuntia*: 55
521 *Opuntiella*: 53, 184
522 *Ormosia*: 65
523 *Orontium*: 25
524 *Orthosanthus*: 6
525 *Oryza*: 123, 192
526 *Oryzopsis*: 50
527 *Oscillatoria*: 53, 236
528 *Osmorhiza*: 130, 233
529 *Ourisia*: 18
530 *Oxalis*: 71, 204
531 *Oxyria*: 34, 239
532 *Oxytropis*: 261
533 *Pachycladon*: 18
534 *Pachydictyon*: 150
535 *Pachypodanthium*: 257
536 *Padina*: 143
537 *Palaquium*: 65
538 *Pancovia*: 257
539 *Pandorina*: 46, 53
540 *Panicum*: 53, 60, 128, 206, 222
541 *Papaver*: 34, 239

- 542 Paraleucobryum: 78
 543 Parashorea: 65
 544 Parinari: 257
 545 Parkia: 65
 546 Parmelia: 244
 547 Paspalum: 6
 548 Pastinaca: 53, 128
 549 Paypayrola: 65
 550 Pedicularis: 64, 170, 239, 244
 551 Peltogyne: 65
 552 Pelvetia: 150
 553 Pelvetiopsis: 53, 184
 554 Penstemon: 2
 555 Pentachondra: 18
 556 Pentacme: 65
 557 Perebea: 65
 558 Peridermium: 224
 559 Peristrophe: 222
 560 Pernettya: 6
 561 Persea: 107
 562 Petasites: 64, 244
 563 Petunia: 151
 564 Peyssonelia: 143
 565 Phacelia: 53, 151
 566 Phagnalon: 1
 567 Phalaris: 44, 112
 568 Pharbitis: 128
 569 Phaseolus: 21, 53, 97, 151, 206
 570 Phillyrea: 98, 217
 571 Phleum: 3, 166, 230, 241, 244
 572 Phlomis: 1
 573 Phragmites: 56, 58, 60, 61, 68, 69, 70, 86, 113, 139, 193, 215, 219, 220, 234, 237
 574 Phyllachne: 18
 575 Phyllodoce: 17, 53
 576 Phyllospadix: 53, 150, 184
 577 Phytolacca: 53, 128
 578 Picea: 42, 63, 65, 90, 105, 107, 157, 158, 163, 179, 182, 203, 204, 224, 249, 261
 579 Pimelea: 18
 580 Pinus: 6, 42, 44, 45, 51, 53, 55, 63, 65, 66, 71, 84, 90, 98, 105, 107, 108, 135, 144, 151, 153, 158, 163, 164, 172, 179, 180, 181, 182, 204, 217, 225, 249, 264, 265, 272
 581 Piptadenia: 65
 582 Piratinera: 65
 583 Pistacia: 98, 217
 584 Pistia: 28
 585 Pismus: 13, 244
 586 Pithophora: 25
 587 Plagiostyles: 65
 588 Plantago: 44, 53, 81, 82, 128, 151, 204
 589 Platanus: 42, 44, 173, 217, 250
 590 Pleurophycus: 53, 184
 591 Pleurozium: 78, 140, 152, 207, 265
 592 Plocamium: 150
 593 Poa: 9, 17, 18, 34, 41, 44, 53, 64, 81, 82, 112, 152, 187, 204, 218, 227, 230, 241, 244
 594 Podocoma: 6
 595 Pogonatum: 78
 596 Polygonum: 17, 25, 34, 39, 53, 60, 64, 101, 128, 152, 159, 170, 215, 234, 237, 239, 244, 265
 597 Polylepis: 6
 598 Polyneura: 53, 184
 599 Polypogon: 222
 600 Polysiphonia: 53, 143, 184
 601 Polystichum: 230
 602 Polytrichum: 17, 53, 78, 195, 205, 230
 603 Pontederia: 60
 604 Populus: 24, 42, 44, 45, 63, 99, 107, 116, 117, 163, 172, 181, 188, 198, 204, 205, 210, 213, 251, 260, 266, 272
 605 Poraqueiba: 65
 606 Porphyra: 53, 184
 607 Portulaca: 53, 159
 608 Postelsia: 53, 184
 609 Potamogeton: 25, 53, 56, 84, 86, 234, 271
 610 Potentilla: 17, 53, 64, 92, 244, 261
 611 Pourouma: 65
 612 Pouteria: 65
 613 Prasium: 1
 614 Primula: 30, 31, 32, 33, 140, 169, 207, 269, 270
 615 Prionitis: 53, 184
 616 Prosopis: 55, 222, 266
 617 Protomegalaria: 257
 618 Prunus: 98, 173, 204, 213, 214, 228, 266
 619 Pseudocymopterus: 2
 620 Pseudocypbellaria: 233
 621 Pseudolithoderma: 150
 622 Pseudotsuga: 45, 51, 53, 151, 182, 225
 623 Psoralea: 1
 624 Psychotria: 121
 625 Pteridium: 73, 107, 157
 626 Pterocarpus: 65
 627 Pterocladia: 150
 628 Pterosiphonia: 53, 184
 629 Pterygophora: 53, 184
 630 Pterygota: 257
 631 Ptilota: 53, 184
 632 Pulmonaria: 136
 633 Punctaria: 53, 184
 634 Punica: 217
 635 Pygmea: 18
 636 Pyracantha: 38
 637 Pyrus: 217
 638 Qualea: 65
 639 Quercus: 19, 38, 42, 44, 45, 47, 53, 55, 65, 66, 71, 75, 84, 90, 98, 107, 126, 127, 136, 146, 147, 172, 173, 178, 182, 187, 198, 217, 220, 243, 249
 640 Ralfsia: 53, 150, 184

- 641 Ranunculus: 2, 6, 18, 30, 31, 32, 33, 56,
75, 86, 152, 230, 261, 265
- 642 Raoulia: 18
- 643 Raphanus: 20, 23
- 644 Rauvolfia: 257
- 645 Rhacomitrium: 18, 185
- 646 Rhamnus: 233
- 647 Rhizocephalum: 6
- 648 Rhizophora: 65, 238
- 649 Rhizopogon: 225
- 650 Rhodiola: 244
- 651 Rhododendron: 17, 53
- 652 Rhodoglossum: 150
- 653 Rhodomela: 53, 184
- 654 Rhodymenia: 53, 150, 184
- 655 Rhus: 118
- 656 Rhynchosia: 222
- 657 Ricinus: 53, 151
- 658 Rigodium: 233
- 659 Robinia: 90, 249
- 660 Rosa: 44, 217
- 661 Rosmarinus: 1, 98
- 662 Rostkovia: 230
- 663 Rubia: 98
- 664 Rubus: 6, 110, 205, 217, 259
- 665 Ruizlopezia: 6
- 666 Rumex: 6, 44, 48, 53, 81, 88, 128, 151
- 667 Ruscus: 98
- 668 Russula: 225
- 669 Saccharum: 67, 253
- 670 Sacoglottis: 65
- 671 Sagittaria: 25, 60, 61, 86, 234, 237
- 672 Salicornia: 11, 44, 53, 145
- 673 Salix: 6, 17, 34, 42, 44, 53, 64, 105, 152,
170, 204, 205, 239, 244, 260, 265
- 674 Salsola: 44
- 675 Salvinia: 125
- 676 Sanicula: 53, 128
- 677 Sapium: 65
- 678 Sarcobatus: 55
- 679 Sarcopoterium: 1
- 680 Sargassum: 143, 150
- 681 Sarmienta: 233
- 682 Saururus: 25
- 683 Saxifraga: 30, 31, 34, 64, 169, 239, 244,
269, 270
- 684 Scandix: 98
- 685 Scenedesmus: 5, 53, 103, 129, 134, 200
- 686 Schizothrix: 53, 236
- 687 Schizymenia: 53, 184
- 688 Schoenoplectus: 68, 193
- 689 Scirpus: 17, 44, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61,
68, 70, 79, 86, 215, 234, 237
- 690 Sclerobium: 65
- 691 Scytosiphon: 53, 150, 184
- 692 Secale: 14, 244
- 693 Sedum: 119, 120, 155
- 694 Senecio: 1, 6, 41, 94, 233, 234
- 695 Sequoia: 44, 45
- 696 Serenoa: 107
- 697 Serraticardia: 53, 184
- 698 Setaria: 23, 53, 118, 128, 206
- 699 Shorea: 65
- 700 Sibbaldia: 2
- 701 Sida: 53, 128, 222
- 702 Silene: 17, 30, 31, 34, 53, 239, 244
- 703 Silybum: 98
- 704 Simarouba: 65
- 705 Simmondsia: 256
- 706 Sloanea: 121
- 707 Smilax: 53, 98, 107, 128, 217
- 708 Solanum: 53, 109, 118, 151, 192
- 709 Solidago: 17, 53, 95, 235
- 710 Sonchus: 41
- 711 Sorghastrum: 93, 177
- 712 Sorghum: 48, 53, 81, 151, 222
- 713 Sparganium: 25, 39, 56, 68, 70, 86
- 714 Spartina: 37, 48, 53, 57, 58, 59, 60, 61,
79, 81, 91, 132, 138, 145, 174, 223, 229,
231
- 715 Spartium: 1
- 716 Sphagnum: 17, 53, 84, 230
- 717 Spirodela: 232
- 718 Spongomorpha: 53, 184
- 719 Sporobolus: 50, 222
- 720 Staudtia: 257
- 721 Stellaria: 41, 64, 75, 244, 261
- 722 Sterculia: 65
- 723 Stereocaulon: 17, 53
- 724 Stevia: 6
- 725 Stichococcus: 53, 129, 200
- 726 Stigeoclonium: 103
- 727 Stipa: 50, 88
- 728 Stratiotes: 84, 215, 237
- 729 Strephonema: 257
- 730 Strombosia: 257
- 731 Strombosiopsis: 257
- 732 Strychnos: 257
- 733 Suillus: 225
- 734 Swartzia: 65
- 735 Symphonia: 65
- 736 Symphoricarpos: 118
- 737 Syringa: 209, 213
- 738 Syringodium: 16
- 739 Tabebuia: 65, 121
- 740 Tapirira: 65
- 741 Taraxacum: 53, 128, 204
- 742 Tarrictia: 65
- 743 Teclea: 257
- 744 Terminalia: 65
- 745 Tetragastris: 65
- 746 Teucrium: 1, 53, 128
- 747 Thalassia: 37
- 748 Thalictum: 152
- 749 Thamnia: 18, 30, 31, 140, 207, 239
- 750 Thapsia: 1
- 751 Thlaspi: 2
- 752 Thuidium: 78

- | | |
|--|--|
| 753 Thuja: 45, 51, 53, 84, 182, 198 | 783 Urginea: 1 |
| 754 Thymelaea: 1 | 784 Uronema: 103 |
| 755 Thymus: 1 | 785 Urtica: 268 |
| 756 Tilia: 47, 75, 90, 204 | 786 Usnea: 233 |
| 757 Tillandsia: 107 | 787 Utricularia: 28, 86, 113, 156, 234 |
| 758 Tomenthypnum: 185 | 788 Uvariopsis: 257 |
| 759 Tordylium: 1 | 789 Vaccinium: 6, 17, 53, 92, 140, 152, 205,
207, 225, 260, 265 |
| 760 Tortula: 230 | 790 Valeriana: 6 |
| 761 Toxicodendron: 49 | 791 Vallea: 6 |
| 762 Tragopogon: 1, 98 | 792 Vallisneria: 237 |
| 763 Trichoscypha: 257 | 793 Vatairea: 65 |
| 764 Tridens: 81 | 794 Vatica: 65 |
| 765 Trifolium: 1, 2, 53, 64, 81, 82, 128, 204,
227, 241, 244 | 795 Verbascum: 1, 53, 81, 82 |
| 766 Trillium: 130 | 796 Verbena: 53, 128 |
| 767 Triodia: 9, 53 | 797 Verbesina: 53, 151 |
| 768 Trisetum: 17, 18, 53, 203, 204 | 798 Vernonia: 9, 53 |
| 769 Triticum: 13, 21, 42, 52, 53, 109, 128,
151, 163, 191, 192, 206 | 799 Veronica: 2, 85, 88 |
| 770 Tsuga: 45, 51, 182, 225 | 800 Viburnum: 98, 157 |
| 771 Tussilago: 176 | 801 Vicia: 1, 13 |
| 772 Typha: 25, 28, 44, 56, 68, 70, 86, 125,
139, 193, 215, 234 | 802 Viola: 136 |
| 773 Uapaca: 257 | 803 Virola: 65 |
| 774 Udotea: 143 | 804 Vochysia: 65 |
| 775 Ulex: 66, 73 | 805 Vouacapoua: 65 |
| 776 Ulmus: 42, 44, 45, 53, 90, 107, 126, 127,
163, 198, 249 | 806 Weinmannia: 233 |
| 777 Ulothrix: 103 | 807 Weymoutzia: 233 |
| 778 Ulva: 53, 150, 184 | 808 Xylopa: 257 |
| 779 Umbilicaria: 30, 31, 239 | 809 Yucca: 65 |
| 780 Umbilicus: 1 | 810 Zea: 15, 21, 53, 109, 149, 151, 165, 166,
182, 183, 192, 206, 253 |
| 781 Uncinia: 18, 233 | 811 Zigadenus: 2 |
| 782 Undaria: 161 | 812 Zinnia: 53, 151 |
| | 813 Ziziphus: 55, 186, 221 |
| | 814 Zonaria: 150 |

B Quellenverzeichnis

Die Ziffern im Anschluß an das Kurzzitat verweisen auf Nummern des Gattungsverzeichnisses

- ADAMANDIADOU, S., SIAFACA, L., MARGARIS, N. S.: *Flora* 167, 574–584, 1978: 9, 26, 48, 62, 70, 71, 86, 111, 117, 130, 132, 169, 173, 188, 260, 263, 298, 312, 318, 326, 344, 346, 406, 409, 418, 419, 463, 469, 482, 492, 518, 519, 566, 572, 613, 623, 661, 679, 694, 715, 746, 750, 754, 755, 759, 762, 765, 780, 783, 795, 801.
- ANDERSEN, D. C., ARMITAGE, K. B.: *J. Range Manage.* 29, 344–345, 1976: 54, 126, 171, 250, 287, 289, 430, 433, 480, 554, 619, 641, 700, 751, 765, 799, 811.
- ARMSTRONG, D. G.: *J. Agric. Sci.* 62, 399–416, 1964: 217, 444, 571.
- AXELSSON, B., BOSATTA, E., LOHM, U., PERSSON, T., TENOW, O.: *Zoon* 2, 49–55, 1974: 195.
- BARTOŠOVÁ, E., KONÍČEK, J.: *Photosynthetica* 1, 13–17, 1967: 685.
- BARUCH, Z.: *Oecologia* 47–52, 1982: 5, 8, 19, 28, 61, 73, 83, 84, 96, 115, 142, 145, 157, 180, 183, 192, 250, 261, 293, 315, 320, 348, 354, 378, 379, 401, 431, 448, 451, 452, 464, 486, 516, 524, 547, 560, 580, 594, 597, 641, 647, 664, 665, 666, 673, 694, 724, 789, 790, 791.
- BARUCH, Z., SMITH, A. P.: *Oecologia* 38, 71–82, 1979: 293.
- BASKIN, J. M., BASKIN, C. C.: *Bull. Torr. Bot. Club* 101, 350–354, 1974: 224.
- BELICHICK, R. L.: Ex: CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn.* 18, 1–158, 1971: 79, 171, 220, 400, 593, 767, 798.

- 10 BERDAHL, J. D., HARVEY, B. L., BHATTY, R. S.: *Can. J. Plant Sci.* 56, 393–394, 1976: 359.
- 11 BERGER, A., CORRE, J. J., HEIM, G.: *La Terre et la Vie* 32, 241–278, 1978: 672.
- 12 BERRY, J. W., WEBER, C. W., DREHER, M. L., BEMIS, W. P.: *J. Food Sci.* 41, 465–466, 1976: 207.
- 13 BHATTY, R. S., WU, K. K.: *Can. J. Plant Sci.* 54, 439–441, 1974: 359, 585, 769, 801.
- 14 BIENKOWSKI, P.: *Ekol. pol.* 29, 451–462, 1981: 692.
- 15 BILGRAMI, K. J., MISRA, R. S., SINHA, K. K.: *Current Science* 48, 642–643, 1979: 810.
- 16 BIRCH, W. R.: *J. Appl. Ecol.* 12, 201–213, 1975: 211, 278, 336, 337, 738.
- 17 BLISS, L. C.: *Ecology* 43, 753–757, 1962: 18, 19, 60, 61, 78, 80, 95, 115, 120, 127, 133, 139, 154, 175, 230, 236, 275, 321, 361, 362, 392, 421, 443, 445, 452, 454, 575, 593, 596, 602, 610, 651, 673, 689, 702, 709, 716, 723, 768, 789.
- 18 BLISS, L. C., MARK, A. F.: *N. Z. J. Bot.* 12, 445–483, 1974: 2, 10, 23, 41, 146, 154, 185, 197, 201, 209, 251, 252, 281, 315, 319, 321, 330, 340, 341, 392, 452, 454, 529, 533, 555, 574, 579, 593, 635, 641, 642, 645, 749, 768, 781.
- 19 BOCOCK, K. L.: *J. Ecol.* 52, 273–285, 1964: 28, 195, 309, 639.
- 20 BOLHÄR-NORDENKAMPF, H. R.: Unveröff. Daten. Inst. f. Pflanzenphysiol., Wien, 1982: 643.
- 21 BOLHÄR-NORDENKAMPF, H. R., ZAHRL, J.: *Z. Pfl. physiol.* 115, 361–370, 1984: 345, 569, 769, 810.
- 22 BOSCHER, J.: *Oikos* 37, 328–334, 1981: 27.
- 23 BOTKIN, D. B., MALONE, CH. R.: *Ecology* 49, 438–445, 1968: 34, 161, 240, 384, 643, 698.
- 24 BOWERSOX, T. W., BLANKENHORN, P. R., MURPHEY, W. K.: *Wood Sci.* 11, 257–262, 1979: 604.
- 25 BOYD, C. E.: *Econ. Bot.* 22, 359–368, 1968: 31, 109, 114, 151, 160, 265, 271, 365, 367, 368, 371, 394, 449, 495, 497, 501, 506, 509, 510, 511, 523, 586, 596, 609, 671, 682, 713, 772.
- 26 BOYD, C. E.: *Arch. Hydrobiol.* 66, 139–160, 1969a: 31, 394.
- 27 BOYD, C. E.: *Econ. Bot.* 23, 123–127, 1969b: 267, 363, 584.
- 28 BOYD, C. E.: *Ecology* 51, 902–906, 1970: 109, 152, 267, 271, 363, 371, 495, 497, 501, 509, 510, 584, 772, 787.
- 29 BRETON-PROVENCHER, M., CARDINAL, A.: *Phycologia* 15, 357–361, 1976: 69, 310.
- 30 BRZOSKA, W.: *Diss. Univ. Innsbruck*, 1969: 39, 149, 166, 614, 641, 683, 702, 749, 779.
- 31 BRZOSKA, W.: *Photosynthetica* 5, 183–189, 1971: 149, 166, 614, 641, 683, 702, 749, 779.
- 32 BRZOSKA, W.: In: ELLENBERG, H. (ed.): *Ökosystemforschung*, 225–233. Springer, Berlin – Heidelberg – New York, 1973a: 614, 641.
- 33 BRZOSKA, W.: *Oecol. Plant.* 8, 63–70, 1973b: 39, 614, 641.
- 34 BRZOSKA, W.: *Oecologia* 22, 387–398, 1976: 29, 34, 38, 139, 254, 258, 285, 452, 531, 541, 593, 596, 673, 683, 702.
- 35 BRZOSKA, W.: *Verh. Ges. Ökol.* 7, 421–429, 1979: 28.
- 36 BRZOSKA, W.: ENGEL, L.: *Verh. Ges. Ökol.* 8, 463–469, 1980: 28.
- 37 BURKHOLDER, P. R., BURKHOLDER, L. M., RIVERO, J. A.: *Bull. Torr. Bot. Club* 86, 88–93, 1959: 714, 747.
- 38 BURNS, TH. A., VIERS, CH. E. JR.: *J. Wildl. Manage.* 37, 585–587, 1973: 119, 136, 193, 316, 380, 445, 636, 639.
- 39 CASPERS, N.: *Oecologia* 19, 171–175, 1975: 25, 29, 282, 327, 392, 455, 457, 477, 493, 596, 713.
- 40 CASPERS, N.: *Verh. Ges. Ökol.* 5, 171–180, 1976: 381.
- 41 CASPERS, N.: *Oecologia* 26, 379–383, 1977: 91, 131, 298, 409, 593, 694, 710, 721.
- 42 CHANG, Y. P., MITCHELL, R. L.: *Tappi* 38, 315–320, 1955: 1, 6, 28, 95, 411, 437, 512, 578, 580, 589, 604, 639, 673, 769, 776.
- 43 CHAPLIN, ST. J., WALKER, J. L.: *Ecology* 63, 1857–1870, 1982: 68.
- 44 COLIN, L. J., JONES, C. E.: *Amer. J. Bot.* 67, 210–215, 1980: 19, 32, 34, 44, 66, 77, 79, 112, 124, 129, 217, 219, 276, 291, 314, 373, 389, 391, 393, 444, 567, 580, 588, 589, 593, 604, 639, 660, 666, 672, 673, 674, 689, 695, 772, 776.
- 45 COMBUSTION ENGINEERING INC.: *Combustion calculations by graphical methods, 37–64, 1000 Prospect Hill Road, Windsor, Connecticut, 1954*: 6, 95, 136, 208, 300, 309, 580, 604, 622, 639, 695, 753, 770, 776.
- 46 COMITA, W. G., SCHINDLER, D. W.: *Science* 140, 1394–1395, 1963: 539.

- 47 CONDE, L. F., HUFFMAN, J. B.: *10th spring symposium for the Florida section, Society of American foresters, May 30–31, Resources Rep. 5, 44–64, 1978: 136, 294, 437, 461, 512, 639, 756.*
- 48 CONNELL, C.: Ex: GOLLEY, F. B.: *Table of caloric equivalents. Dept. Zool., Univ. Georgia, Athens, GA., Mimeogr. 7 S., 1958: 131, 148, 303, 339, 350, 422, 428, 442, 516, 666, 712, 714.*
- 49 CONROY, M. J., ODERWALD, R. G., SHARIK, T. L.: *J. Wildl. Manage. 46, 719–727, 1982: 6, 193, 393, 445, 761.*
- 50 COOK, C. W., GOEBEL, C. J.: *Ecology 43, 543–546, 1962: 63, 77, 105, 167, 298, 353, 526, 719, 727.*
- 51 CORDER, S. E.: Ex.: GRANTHAM, J. B., ESTEP, E. M., PIEROVICH, J. M., TARKOW, H., ADAMS, TH. C.: *USDA For. Serv. Gen. Techn. Rep. PNW-18, 37 S., 1974: 1, 580, 622, 753, 770.*
- 52 COX, T. L., WRIGHT, R. A.: *Texas J. Sci. 26, 119–126, 1975: 769.*
- 53 CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn. 18, 1–158, 1971: 3, 6, 15, 18, 20, 27, 28, 32, 34, 35, 38, 44, 49, 53, 58, 60, 61, 73, 74, 78, 79, 87, 88, 95, 103, 110, 112, 115, 118, 120, 122, 129, 131, 133, 139, 151, 160, 161, 162, 163, 171, 175, 176, 182, 186, 187, 190, 193, 196, 206, 212, 214, 220, 221, 223, 225, 227, 230, 236, 240, 241, 262, 264, 266, 269, 272, 273, 275, 277, 279, 284, 290, 298, 303, 309, 310, 312, 317, 321, 322, 323, 325, 328, 331, 338, 339, 343, 345, 350, 361, 384, 386, 392, 400, 403, 408, 411, 416, 421, 425, 426, 428, 436, 438, 439, 443, 444, 452, 454, 459, 469, 474, 475, 476, 478, 481, 485, 488, 491, 495, 500, 503, 507, 509, 515, 521, 527, 539, 540, 548, 553, 565, 569, 575, 576, 577, 580, 588, 590, 593, 596, 598, 600, 602, 606, 607, 608, 609, 610, 615, 622, 628, 629, 631, 633, 639, 640, 651, 653, 654, 657, 666, 672, 673, 676, 685, 686, 687, 689, 691, 697, 698, 701, 702, 707, 708, 709, 712, 714, 716, 718, 723, 725, 741, 746, 753, 765, 767, 768, 769, 776, 778, 789, 795, 796, 797, 798, 810, 812.*
- 54 DALGARN, M. C., WILSON, R. E.: *Ohio J. Sci. 75, 194–197, 1975: 38.*
- 55 DARLING, M. S.: *Oecologia 23, 127–139, 1976: 66, 77, 84, 153, 158, 200, 218, 280, 292, 302, 307, 393, 412, 520, 580, 616, 639, 678, 813.*
- 56 DE ASSIS ESTEVES, F.: *Arch. Hydrobiol./Suppl. 57, 144–187, 1979: 133, 152, 271, 272, 306, 327, 387, 457, 477, 479, 495, 509, 510, 573, 609, 641, 689, 713, 772.*
- 57 DE LA CRUZ, A. A.: *Ass. SE. Biol. Bull. 20, 147–156, 1973: 392, 689, 714.*
- 58 DE LA CRUZ, A. A.: *Gulf Res. Rep. 4, 351–356, 1974: 247, 392, 573, 689, 714.*
- 59 DE LA CRUZ, A. A.: *Hydrobiol. 47, 475–480, 1975: 247, 689, 714.*
- 60 DE LA CRUZ, A. A.: *Mississippi-Alabama Sea Grant Consortium Publ. No. MASGP-83-006, Ocean Springs, Mississippi, 32 S., 1983: 13, 84, 100, 174, 203, 247, 262, 271, 351, 387, 389, 392, 434, 458, 540, 573, 596, 603, 671, 689, 714.*
- 61 DE LA CRUZ, A. A., GABRIEL, B. C.: *Ecology 55, 882–886, 1974: 247, 392, 573, 671, 689, 714.*
- 62 DE LA CRUZ, A. A., HACKNEY, C. T.: *Ecology 58, 1165–1170, 1977: 392.*
- 63 DEMYANOV, V. A.: *Bot. J. 66, 234–239, 1981: 1, 95, 578, 580, 604.*
- 64 DENNIS, J. G., TIESZEN, L. L., VETTER, M. A.: *Ecol. Stud. 29, 113–141, 1978: 29, 57, 59, 66, 115, 125, 133, 142, 225, 258, 284, 285, 321, 377, 397, 441, 452, 550, 562, 593, 596, 610, 673, 683, 721, 765.*
- 65 DOAT, J.: *Bois et forêts des Tropiques 172, 33–35, 1977: 4, 22, 36, 42, 45, 50, 51, 55, 67, 72, 85, 89, 101, 108, 134, 138, 144, 156, 164, 189, 191, 198, 210, 234, 242, 243, 244, 245, 255, 257, 259, 270, 294, 300, 329, 352, 375, 382, 388, 390, 395, 396, 399, 404, 420, 450, 466, 468, 472, 487, 490, 499, 502, 514, 522, 537, 543, 545, 549, 551, 556, 557, 578, 580, 581, 582, 587, 605, 611, 612, 626, 638, 639, 648, 670, 677, 690, 699, 704, 722, 734, 735, 739, 740, 742, 744, 745, 793, 794, 803, 804, 805, 809.*
- 66 DOAT, J., VALETTE, J. CH.: *Ann. Sci. Forest. 38, 469–486, 1981: 56, 283, 580, 639, 775.*
- 67 DUA, K. L., SHARMA, V. K.: *Trop. Ecol. 17, 45–49, 1976: 669.*
- 68 DYKJOVÁ, D.: *Ecol. Stud. 28, 216–221, 1978: 11, 99, 327, 573, 688, 689, 713, 772.*
- 69 DYKJOVÁ, D., HRADECKÁ, D.: *Fol. Geobot. Phytotax. (Praha) 11, 23–61, 1976: 573.*
- 70 DYKJOVÁ, D., PŘIBIL, S.: *Arch. Hydrobiol. 75, 90–108, 1975: 11, 327, 573, 689, 713, 772.*
- 71 DZIADOWIEC, H., HOLOWNIA, I.: *Acta Mycologica 15, 45–59, 1979: 64, 135, 184, 402, 407, 462, 530, 580, 639.*
- 72 ECKARDT, F. E., HEIM, G., MĚTHY, M., SAUGIER, B., SAUVEZON, R.: *Oecol. Plant. 6, 51–100, 1971: 345.*

- 73 EGUNJOBI, J. K.: *J. Ecol.* 59, 31–38, 1971: 283, 625, 775.
- 74 ENGLEMANN, M. D.: *Ecol. Monogr.* 31, 221–238, 1961: 74.
- 75 FALIŃSKA, K.: *Acta Soc. Bot. Pol.* 38, 425–436, 1969: 6, 40, 95, 135, 312, 347, 639, 641, 721, 756.
- 76 FALIŃSKA, K.: *Ekol. pol.* 27, 527–543, 1979: 126.
- 77 FAO: Ex: CONDE, L. F., HUFFMAN, J. B.: *10th spring symposium for the Florida section, Society of American foresters, May 30–31, Resources Rep.* 5, 44–64, 1978: 294.
- 78 FORMAN, R. T. T.: *The Bryologist* 71, 344–347, 1968: 76, 235, 236, 484, 542, 591, 595, 602, 752.
- 79 GABRIEL, B. C., DE LA CRUZ, A. A.: *Chesapeake Sci.* 15, 72–77, 1974: 247, 392, 689, 714.
- 80 GARRETT, W. N., LOFGREEN, G. P., MEYER, J. H.: *J. Anim. Sci.* 23, 470–476, 1964: 359.
- 81 GOLLEY, F. B.: *Table of caloric equivalents, Dept. Zool., Univ. Georgia, Athens, Ga. Mimeogr.* 7 S., 1958: 38, 131, 133, 148, 171, 212, 220, 303, 339, 350, 422, 428, 435, 442, 500, 516, 588, 593, 666, 712, 714, 764, 765, 795.
- 82 GOLLEY, F. B.: *Ecol. Monogr.* 30, 187–206, 1960: 171, 220, 435, 588, 593, 765, 795.
- 83 GOLLEY, F. B.: *Ecol. Monogr.* 35, 113–137, 1965: 38.
- 84 GORHAM, E., SANGER, J.: *Ecology* 48, 492–494, 1967: 35, 152, 221, 272, 411, 509, 580, 609, 639, 716, 728, 753.
- 85 GRABHERR, G., BRZOSKA, W., HOFER, H., REISIGL, H.: *Acta Oecol.* 1, 307–316, 1980: 81, 133, 166, 303, 358, 424, 799.
- 86 GRABOWSKI, A.: *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20, 269–282, 1973: 11, 133, 160, 272, 282, 306, 356, 364, 423, 495, 509, 510, 573, 609, 641, 671, 689, 713, 772, 787.
- 87 GRANTHAM, J. B., ESTEP, E. M., PIEROVICH, J. M., TARKOV, H., ADAMS, T. C.: *USDA For. Serv. Gen. Techn. Rep. PNW-18, 37 S.*, 1974: 1, 580, 622, 753, 770.
- 88 GRISHCHENKO, O. M.: *Ekologija* 12, 143–146, 1982: 18, 61, 66, 112, 115, 133, 226, 273, 286, 303, 383, 398, 475, 666, 727, 799.
- 89 GRODZIŃSKI, W.: *Acta theriol.* 26, 231–275, 1971: 1, 95.
- 90 GRODZIŃSKI, W., SAWICKA-KAPUSTA, K.: *Oikos* 21, 52–58, 1970: 1, 6, 28, 95, 135, 195, 300, 309, 411, 578, 580, 639, 659, 756, 776.
- 91 HACKNEY, C. T., DE LA CRUZ, A. A.: *Ecology* 61, 226–231, 1980: 392, 714.
- 92 HADLEY, E. B., BLISS, L. C.: *Ecol. Monogr.* 34, 331–357, 1964: 230, 321, 421, 610, 789.
- 93 HADLEY, E. B., KIECKHEFER, B. J.: *Ecology* 44, 389–396, 1963: 38, 711.
- 94 HARPER, J. L., OGDEN, J.: *J. Ecol.* 58, 681–698, 1970: 694.
- 95 HARTNETT, D. C., ABRAHAMSON, W. G.: *Ecology* 60, 910–917, 1979: 709.
- 96 HEALD, E. J.: Ex: DE LA CRUZ, A. A.: *Ass. SE. Biol. Bull.* 20, 147–156, 1973: 392.
- 97 HEHL, M., KRANZ, A. R.: *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 84, 551–558, 1971: 569.
- 98 HEIM, G.: *Oecol. Plant.* 9, 281–286, 1974: 6, 12, 116, 133, 153, 173, 179, 202, 298, 303, 326, 327, 392, 393, 405, 409, 418, 445, 489, 513, 570, 580, 583, 618, 639, 661, 663, 667, 684, 703, 707, 762, 800.
- 99 HERBST, G. N.: *Oikos* 35, 411–424, 1980: 6, 604.
- 100 HERRMANN, S. J.: *The Southwestern Naturalist* 21, 373–382, 1976: 509.
- 101 HICKMAN, J. C., PITELKA, L. F.: *Oecologia* 21, 117–121, 1975: 451, 596.
- 102 HIMMELMANN, J. H., CAREFOOT, TH. H.: *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 18, 139–151, 1975: 343, 386, 429.
- 103 HINDÁK, F., PŘIBIL, S.: *Biol. Plant.* 10, 234–244, 1968: 360, 685, 726, 777, 784.
- 104 HINDS, W. T.: *Ecol. Monogr.* 45, 367–388, 1975: 112.
- 105 HODKINSON, J. D.: *Oecologia* 21, 131–139, 1975: 225, 392, 578, 580, 673.
- 106 HOFFMAN, W. P., WUYCHECK, J. C., CUMMINS, K. W.: Ex: CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn.* 18, 1–158, 1971: 163, 272, 495.
- 107 HOUGH, W. A.: *USDA For. Serv. Res. Note SE-120, 5 S.*, 1970: 1, 63, 95, 175, 195, 380, 411, 437, 456, 561, 578, 580, 604, 625, 639, 696, 707, 757, 776.
- 108 HOWARD, E. T.: *Wood Sci.* 5, 194–197, 1973: 580.
- 109 HRUŠKA, L., BEDNĚŘOVÁ, E.: *IBP-Report CSSR 4, 123–133*, 1974: 94, 359, 708, 769, 810.
- 110 HUGHES, M. K.: *Ecology* 52, 923–927, 1971a: 19, 28, 95, 225, 256, 281, 357, 664.
- 111 HUGHES, M. K.: *Oikos* 22, 62–73, 1971b: 28, 95.
- 112 HUNT, L. A.: *Crop Sci.* 6, 507–509, 1966: 65, 213, 303, 444, 567, 593.

- 113 IMHOV, G., BURIAN, K.: *Österr. Akad. Wiss., IBP-Rep. Wien, 15 S., 1972: 573, 787.*
- 114 IVLEV, V. S.: *Biochem. Z. 275, 49–55, 1935: 272.*
- 115 JAKRLOVÁ, J.: *IBP-Rep. CSSR 2, 29–32, 1972: 29, 303.*
- 116 JAMES, T. D. W., SMITH, D. W.: *Can. J. Bot. 56, 1804–1805, 1978: 604.*
- 117 JOHNSON, D. R., MAXELL, M.: *Ecology 47, 1059–1061, 1966: 604.*
- 118 JOHNSON, ST. R., ROBEL, R. J.: *Ecology 49, 956–962, 1968: 34, 112, 193, 345, 655, 698, 708, 736.*
- 119 JOLLS, C. L.: *New Mexico Acad. Sci. Bull. 18, 9 S., 1978: 693.*
- 120 JOLLS, C. L.: *Oecologia 63, 57–62, 1984: 693.*
- 121 JORDAN, C. F.: *J. Ecol. 59, 127–143, 1971: 137, 144, 216, 239, 466, 624, 706, 739.*
- 122 JOSHI, B. S.: Ex: CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn. 18, 1–158, 1971: 220, 272, 495.*
- 123 KAISHIO, Y., HASHIZUME, T., MORIMOTO, H.: *2nd Symp. on energy metabolism, Wageningen, Med. 10, 165–176, 1961: 525.*
- 124 KARSCHON, R., ZOHAR, Y., TISCHLER, K.: *Report to German-Israel Fund for International Research and Development, 31 S., Ha Qiryia, Tel Aviv, 1981: 294.*
- 125 KAUL, V., VASS, K. K.: *IBP-Rep. Polen, 725–731, 1972: 675, 772.*
- 126 KAUSHIK, N. K.: Ex: CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn. 18, 1–158, 1971: 6, 28, 300, 639, 776.*
- 127 KAUSHIK, N. K., HYNES, H. B.: *Arch. Hydrobiol. 68, 465–515, 1971: 28, 639, 776.*
- 128 KENDEIGH, S. CH., WEST, G. C.: *Ecology 46, 553–555, 1965: 3, 6, 32, 34, 58, 73, 110, 112, 133, 161, 214, 219, 240, 262, 273, 298, 301, 309, 312, 321, 325, 328, 425, 428, 474, 485, 491, 540, 548, 568, 577, 588, 596, 666, 676, 698, 701, 707, 741, 746, 765, 769, 796.*
- 129 KETCHUM, B. H., REDFIELD, A. C.: *J. Cell. Comp. Physiol. 33, 281–300, 1949: 163, 685, 725.*
- 130 KIECKHEFER, B. J.: *Trans. Ill. St. Acad. Sci. 55, 215–223, 1963: 178, 231, 370, 528, 766.*
- 131 KINGSOLVER, B. E.: *Biomass 2, 281–298, 1982: 298.*
- 132 KIRBY, C. J. JR.: Ex: DE LA CRUZ, A. A.: *Ass. SE. Biol. Bull. 20, 147–156, 1973: 714.*
- 133 KITCHELL, J. F., NORRIS, J. S.: Ex: CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn. 18, 1–158, 1971: 160.*
- 134 KOMAREK, J., PŘIBIL, S.: *Nature 219, 635–636, 1968: 685.*
- 135 KOSSUTH, S. V., ROBERTS, D. R., HUFFMAN, J. B., WANG, S.-C.: *Can. J. For. Res. 12, 489–492, 1982: 580.*
- 136 KUBIČEK, F.: *Biol. (Bratisl.) 32, 505–515, 1977: 6, 107, 112, 135, 193, 217, 312, 321, 324, 342, 407, 473, 632, 639, 802.*
- 137 KUCERA, C. L., DAHLMAN, R. C., KOELLING, M. R.: *Ecology 48, 536–542, 1967: 38.*
- 138 KUENZLER, E. J.: Ex: GOLLEY, F. B.: *Table of caloric equivalents. Dept. Zool., Univ. Georgia, Athens, GA. Mimeogr. 7 S., 1958: 500, 714.*
- 139 KVĚT, J.: Ex: DYKYJOVÁ, D., PŘIBIL, S.: *Arch. Hydrobiol. 75, 90–108, 1975: 573, 772.*
- 140 LARCHER, W.: *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-Naturw. Kl., Abt. I, 186, 301–371, 1977: 23, 43, 80, 123, 154, 175, 443, 471, 591, 614, 749, 789.*
- 141 LARCHER, W., SCHMIDT, L., TSCHAGER, A.: *Oecol. Plant. 8, 377–383, 1973: 443.*
- 142 LARCHER, W., THOMASER-THIN, W.: *Acta Oecol./Oecol. Plant., im Druck 1988: 56, 208, 417, 496, 517, 639.*
- 143 LARKUM, A. W. D., DREW, E. A., CROSSETT, R. N.: *J. Ecol. 55, 361–371, 1967: 215, 237, 238, 334, 536, 564, 600, 680, 774.*
- 144 LARSSON, ST., TENOW, O.: *Oecologia 43, 157–172, 1979: 580.*
- 145 LEAR, S. I.: Ex: CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn. 18, 1–158, 1971: 73, 392, 672, 714.*
- 146 LEONARDI, S., MAUGERI, G., LINSER-BOURDELLON, A.: *Oecol. Plant. 12, 301–304, 1977: 639.*
- 147 LEONARDI, S., LINSER-BOURDELLON, A.: *Flora 167, 35–39, 1978: 639.*
- 148 LIAO, S., KONLANDE, J. E.: *Ecol. Food Nutr. 2, 219–223, 1973: 295.*
- 149 LIETH, H.: In: ECKARDT, F. E. (ed.): *Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level, 233–242, UNESCO, Paris, 1968: 345, 810.*
- 150 LITTLE, M. M., MURRAY, ST. N.: *J. Appl. Ecol. 15, 583–595, 1978: 182, 186, 190, 215, 237, 238, 266, 268, 317, 322, 333, 335, 369, 416, 440, 459, 534, 552, 576, 592, 621, 627, 640, 652, 654, 680, 691, 778, 814.*

- 151 LONG, F. L.: *Plant Physiol.* 9, 323–337, 1934: 27, 79, 110, 116, 127, 129, 177, 323, 345, 460, 469, 478, 563, 565, 569, 580, 588, 622, 657, 666, 708, 712, 769, 797, 810, 812.
- 152 LUNDE, E. M., KJELVIK, S., WIELGOLASKI, F. E.: *IBP Norway Ann. Rep. 1974, App. I*, 237–259, 1975: 21, 47, 60, 75, 80, 95, 133, 154, 175, 225, 254, 275, 282, 303, 320, 321, 393, 424, 498, 591, 593, 596, 641, 673, 748, 789.
- 153 MADGWICK, H. A. I.: *Ecology* 51, 1094–1097, 1970: 580.
- 154 MADGWICK, H. A. I., OLIVER, G., HOLTEN-ANDERSON, P.: *N. Z. J. For. Sci.* 12, 3–6, 1982: 16.
- 155 MAIER, R.: *Österr. Bot. Z.* 119, 306–322, 1971: 166, 229, 693.
- 156 MAIER, R.: *Flora* 162, 269–283, 1973: 787.
- 157 MAIER, R., ALTGAYER, M., PUNZ, W., RAMMER, CH., SCHINNIGER, R., SIEGHARDT, H., SLAD, H., WINTER, CH.: *Carinthia II*, 169, 167–193, 1979: 193, 195, 202, 578, 625, 800.
- 158 MAIER, R., SIEGHARDT, H., PUNZ, W., SLAD, H., ENGENHART, M., DOMSCHITZ, E., NAGL, A.: *Carinthia II*, 170, 279–299, 1980: 28, 92, 95, 578, 580.
- 159 MALONE, CH. R.: *Bull. Torr. Bot. Club* 95, 87–91, 1968: 32, 34, 44, 88, 161, 240, 284, 426, 444, 485, 596, 607.
- 160 MANN, K. H.: *Mar. Biol.* 12, 1–10, 1972: 15, 408.
- 161 MATSUYAMA, K.: *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stat.* 25, 187–193, 1983: 782.
- 162 MATSUYAMA, K., ABE, E., KANEKO, T.: *Jap. J. Phycol.* 30, 134–138, 1982: 408.
- 163 MILLIKIN, D. E.: *Pulp and Paper Magazine of Canada* 56, 106–108, 1955: 6, 95, 300, 411, 578, 580, 604, 769, 776.
- 164 MINDERMAN, G.: *Pedobiol.* 7, 11–22, 1967: 580.
- 165 MOE, P. W., TYRELL, H. F.: *J. Dairy Sci.* 60, 752–758, 1977: 810.
- 166 MOE, P. W., TYRELL, H. F., HOOVEN, N. W. JR.: *J. Dairy Sci.* 56, 1298–1304, 1973: 571, 810.
- 167 MOROZOV, V. L.: *Probl. Bot.* 14, 140–144, 1979: 115, 305.
- 168 MORRISON, D. W.: *Oecologia* 45, 270–273, 1980: 304.
- 169 MOSER, W., BRZOSKA, W., ZACHHUBER, K., LARCHER, W.: *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I*, 186, 387–419, 1977: 614, 683.
- 170 MUC, M.: *Devon Island IBP Project, High Arctic Ecosystem, Proj. Rep.* 1970/71, 113–145, 1972: 57, 133, 282, 285, 550, 596, 673.
- 171 MUC, M.: *Proc. Conf. Primary Productivity and Production Processes, Tundra Biome, Dublin*, 3–15, 1973: 133.
- 172 MUSSELMAN, K., HOCKER, H. W. JR.: *Can. J. For. Res.* 11, 409–412, 1981: 6, 95, 309, 580, 604, 639.
- 173 NEENAN, M., STEINBECK, K.: *For. Sci.* 25, 455–461, 1979: 6, 153, 309, 437, 438, 589, 618, 639.
- 174 ODUM, E. P., FANNING, M. E.: Ex: DE LA CRUZ, A. A.: *Ass. SE. Biol. Bull.* 20, 147–156, 1973: 714.
- 175 ODUM, H. T., ABBOTT, W., SELANDER, R. K., GOLLEY, F. B., WILSON, R. F.: In: ODUM, H. T., PIGEON, R. F. A. (eds.): *A tropical rain forest, Book 3, 1–3 – 1–19, Off. Inf. Serv. U. S. Atomic Energy Commission*, 1970: 30, 216, 299.
- 176 OGDEN, J.: *J. Ecol.* 62, 291–325, 1974: 771.
- 177 OHR, K. M., BRAGG, TH. B.: *Prairie Nat.* 17, 113–126, 1985: 38, 711.
- 178 OSZLÁNYI, J.: *Biol. (Bratisl.)* 34, 775–784, 1979: 6, 135, 639.
- 179 OSZLÁNYI, J.: *Ekologia (CSSR)* 1, 289–296, 1982: 300, 578, 580.
- 180 OVINGTON, J. D.: *Ann. Bot. N. S.* 25, 12–20, 1961: 580.
- 181 OVINGTON, J. D.: *Oikos* 14, 148–154, 1963: 580, 604.
- 182 OVINGTON, J. D., HEITKAMP, D.: *J. Ecol.* 48, 639–647, 1960: 1, 28, 95, 141, 159, 300, 411, 508, 578, 580, 622, 639, 753, 770, 810.
- 183 OVINGTON, J. D., LAWRENCE, D. B.: *Ecology* 48, 515–524, 1967: 810.
- 184 PAINE, R. T., VADAS, R. L.: *Mar. Biol.* 4, 79–86, 1969: 15, 20, 49, 87, 103, 118, 122, 176, 182, 186, 187, 190, 196, 206, 223, 227, 241, 264, 266, 269, 277, 279, 290, 310, 317, 322, 331, 338, 343, 386, 408, 416, 439, 459, 476, 481, 488, 503, 507, 515, 521, 553, 576, 590, 598, 600, 606, 608, 615, 628, 629, 631, 633, 640, 653, 654, 687, 691, 697, 718, 778.
- 185 PAKARINEN, P., VIITT, D. H.: *Can. J. Bot.* 52, 1151–1161, 1974: 78, 113, 120, 128, 143, 170, 248, 372, 470, 645, 758.

- 186 PANDEYA, S., JOSHI, R. L.: In: RODIN, L. E. (ed.): *Eco-physiological foundation of ecosystems productivity in arid zone*, 30–39, Nauka, Leningrad, 1972: 125, 813.
- 187 PAPP, L. B.: *Acta Bot. Acad. Sci. Hungariae* 21, 347–352, 1975: 6, 133, 193, 217, 297, 433, 473, 593, 639.
- 188 PETERSON, E. B., CHAN, Y. H., CRAGG, J. B.: *Can. J. Bot.* 48, 1459–1469, 1970: 604.
- 189 PITELKA, L. F.: *Amer. Midl. Nat.* 99, 454–462, 1978: 451.
- 190 PODDAR, S., LEDERER, R. J.: *Amer. Midl. Nat.* 108, 34–40, 1982: 393.
- 191 PRASAD, B. J., RAO, D. N.: *Water, Air and Soil Pollution* 16, 287–291, 1981: 769.
- 192 PRÉCSÉNYI, I.: *Növénytermelés* 23, 23–29, 1974: 94, 328, 525, 708, 769, 810.
- 193 PŘIBIL, S., DYKYJOVÁ, D.: *IBP-Rep. (CSSR)* 3, 97–99, 1973: 11, 99, 327, 573, 688, 772.
- 194 PROKSCH, P., PROKSCH, M., RUNDEL, PH. W., RODRIGUEZ, E.: *Biochem. Syst. Ecol.* 10, 49–53, 1982: 274.
- 195 RASTORFER, J. R.: *The Bryologist* 79, 76–78, 1976: 128, 602.
- 196 REICHLÉ, D. E.: *Ecology* 48, 351–367, 1967: 403.
- 197 REICHLÉ, D. E., CROSSLEY, D. A. JR.: In: PETRUSEWICZ, K. (ed.): *Secondary productivity of terrestrial ecosystems*, 563–587, Pastwowe wydawnictwo naukowe, Warsaw-Krakow, 1967: 438.
- 198 REINERS, W. A., REINERS, N. M.: *J. Ecol.* 58, 497–519, 1970: 6, 28, 95, 309, 604, 639, 753, 776.
- 199 REJEWSKI, M.: *Acta Univ. Nicolai Copernici, Prace Limnologiczne* 10, 53–106, 1977: 271.
- 200 RICHMAN, S.: *Ecol. Monogr.* 28, 273–291, 1958: 162, 163, 685, 725.
- 201 ROBEL, R. J., HARPER, W. R.: *Trans. Kansas Acad. Sci.* 68, 401–405, 1965: 34, 345.
- 202 ROCHOW, TH. F.: *Bull. Torr. Bot. Club* 96, 689–698, 1969: 126.
- 203 RUNGE, M.: *Ecol. Stud.* 2, 75–80, 1971: 300, 444, 578, 768.
- 204 RUNGE, M.: *Scripta Geobot.* 4, 77 S., 1973: 6, 19, 29, 65, 80, 95, 135, 217, 298, 300, 303, 309, 357, 411, 413, 444, 447, 452, 530, 578, 580, 588, 593, 604, 618, 673, 741, 756, 765, 768.
- 205 SALO, L. J.: *Ann. Zool. Fennici* 10, 384–387, 1973: 28, 95, 275, 393, 471, 602, 604, 664, 673, 789.
- 206 SCHMID, W. C.: *Science* 150, 1171–1172, 1965: 110, 161, 301, 436, 540, 569, 698, 769, 810.
- 207 SCHMIDT, L.: *Diss. Univ. Innsbruck*, 1974: 23, 43, 80, 123, 154, 175, 443, 471, 591, 614, 749, 789.
- 208 SCHROEDER, L. A.: *Oikos* 22, 256–259, 1971: 6.
- 209 SCHROEDER, L. A.: *Ann. Entomol. Soc. America* 65, 367–372, 1972: 737.
- 210 SCHROEDER, L. A.: *Oikos* 24, 278–281, 1973: 604.
- 211 SCHROEDER, L. A.: *Oikos* 27, 259–265, 1976: 68.
- 212 SCHROEDER, L. A.: *Oikos* 28, 27–32, 1977a: 68.
- 213 SCHROEDER, L. A.: *Oecologia* 28, 261–267, 1977b: 6, 604, 618, 737.
- 214 SCHROEDER, L. A., MALMER, M.: *Oecologia* 45, 63–71, 1980: 618.
- 215 SCZEPANSKI, A.: *Pol. Arch Hydrobiol.* 17, 93–101, 1970: 11, 160, 282, 423, 573, 596, 689, 728, 772.
- 216 SHAW, G. G., LITTLE, C. H. A.: *Can. J. For. Res.* 7, 47–53, 1977: 1.
- 217 SIAFACA, L., ADAMANDIADOU, S., MARGARIS, N. S.: *Oecologia* 44, 276–280, 1980: 56, 150, 153, 202, 208, 304, 393, 417, 445, 496, 504, 517, 570, 580, 583, 589, 634, 637, 639, 660, 664, 707.
- 218 SIDORENKO, V. G., KOSONOSHKIN, V. I.: *Ber. Staatl. Univ. Rostow*, 39–40, 1976: 18, 112, 217, 303, 447, 469, 593.
- 219 SIEGHARDT, H.: *Pol. Arch Hydrobiol.* 20, 151–156, 1973: 573.
- 220 SIEGHARDT, H.: *Biol. Forschungsinst. f. Burgenland, Ber.* 13, 17–26, 1976: 573, 639.
- 221 SINGH, A. K., MISRA, K. N., AMBASHT, R. S.: *Jap. J. Ecol.* 30, 295–305, 1980: 813.
- 222 SINGH, J. S., YADAVA, P. S.: *Oikos* 24, 186–195, 1973: 3, 7, 24, 52, 104, 106, 138, 148, 161, 181, 204, 205, 212, 214, 228, 232, 240, 284, 385, 398, 414, 540, 559, 599, 616, 656, 701, 712, 719.
- 223 SMALLEY, A. E.: *Ecology* 41, 672–678, 1960: 714.

- 224 SMITH, C. A., EVENSON, W. E.: *Amer. J. Bot.* 65, 714–716, 1978: 33.
- 225 SMITH, CH. C.: *Ecol. Monogr.* 38, 31–63, 1968: 1, 558, 578, 580, 622, 649, 668, 733, 770, 789.
- 226 SMITH, CH. C.: *Third Midwest Prairie Conf. Proc. Kansas State Univ., Manhattan, 55–60, 1972*: 308.
- 227 SMITH, D. R.: *J. Range Manage.* 20, 179–180, 1967: 17, 133, 225, 593, 765.
- 228 SMITH, D. W., TUMEY, P. R.: *Can. J. For. Res.* 12, 186–190, 1982: 6, 95, 618.
- 229 SMITH, K. K., GOOD, R. E., GOOD, N. F.: *Estuarine and Coastal Mar. Sci.* 9, 189–201, 1979: 714.
- 230 SMITH, R. I. L., WALTON, D. W. H.: *Antarct. Surv. Bull.* 36, 123–127, 1973: 5, 121, 165, 225, 303, 312, 392, 454, 571, 593, 601, 602, 641, 662, 716, 760.
- 231 SQUIERS, E. R., GOOD, R. E.: *Chesapeake Sci.* 15, 63–71, 1974: 714.
- 232 SRIVASTAVA, V. C.: *Geobios (Jodhpur)* 5, 174–175, 1978: 82, 423, 717.
- 233 STEUBING, L., RAMIREZ, C., ALBERDI, M.: *Vegetatio* 39, 25–33, 1979: 14, 98, 102, 168, 172, 296, 332, 374, 376, 410, 415, 453, 505, 508, 528, 620, 646, 658, 681, 694, 781, 786, 806, 807.
- 234 STEUBING, L., RAMIREZ, C., ALBERDI, M.: *Vegetatio* 43, 153–161, 1980: 121, 214, 265, 366, 392, 423, 449, 495, 510, 573, 596, 609, 671, 689, 694, 772, 787.
- 235 STINNER, B. R., ABRAHAMSON, W. G.: *Ecology* 60, 918–926, 1979: 709.
- 236 STOCKNER, J. G.: Ex: CUMMINS, K. W., WUYCHECK, J. C.: *Mitt. Int. Ver. Limn.* 18, 1–158, 1971: 527, 686.
- 237 STRAŠKRABA, M.: *Mitt. Int. Ver. Limn.* 14, 212–230, 1968: 11, 133, 152, 253, 272, 327, 349, 392, 497, 506, 573, 596, 671, 689, 728, 792.
- 238 SUMITRA-VIJAYARAGHAVAN, R. V., KUMARI, K. L., ROYAN, J. P.: *Ind. J. Mar. Sci.* 9, 120–123, 1980: 648.
- 239 SVOBODA, J.: *Devon Island IBP Proj. Rep. 1970/71, 146–184, 1972*: 61, 133, 139, 154, 250, 254, 531, 541, 550, 596, 673, 683, 702, 749, 779.
- 240 SVOBODA, J., BLISS, L. C.: *Proc. CCIBP/PPP – PS Workshop, Univ. of Guelph, 3–13, 1972*: 254.
- 241 TACU, D., CARDAŞOL, V.: *St. si Cerc. Biol. Seria Biol. Veget.* 31, 69–72, 1979: 217, 303, 444, 469, 571, 593, 765.
- 242 THOMAS, W. A.: *Oikos* 21, 71–76, 1970: 193.
- 243 THOMASER, W.: *Diss. Univ. Padua*, 1975: 56, 208, 417, 496, 517, 639.
- 244 TIESZEN, L. L.: *U. S. Tundra Biome Data Report 74-3, 44 S.*, 1974: 29, 57, 59, 66, 115, 126, 133, 142, 225, 254, 258, 284, 285, 321, 377, 397, 441, 452, 546, 550, 562, 571, 585, 593, 596, 610, 650, 673, 683, 692, 702, 721, 765.
- 245 TISCHLER, K., KARSCHON, R.: *Agric. Res. Org. Bet Dagan, No. 369-E, 9 S.*, 1982: 294.
- 246 TISCHLER, K., KARSCHON, R.: *Commonwealth For. Rev.* 62, 265–269, 1983: 294.
- 247 TISCHLER, K., ZOHAR, Y.: *Scient. Act. Div. For. Volcani Center, Bet Dagan, Israel, S. 12, 1981*: 294.
- 248 TRAMA, F. B.: Ex: GOLLEY, F. B.: *Table of caloric equivalents. Dept. Zool., Univ. Georgia, Athens, Ga. Mimeogr. 7 S.*, 1958: 500.
- 249 TURČEK, F. J.: *Waldhygiene* 3, 140–142, 1960: 6, 95, 135, 195, 300, 309, 578, 580, 639, 659, 776.
- 250 TUSKAN, G. A., DE LA CRUZ, A. A.: *For. Ecol. Manage.* 4, 191–198, 1982: 589.
- 251 VAN CLEVE, K.: *Ecology* 52, 720–723, 1971: 28, 95, 604.
- 252 VAN HOOK, R. I., DODSON, J. R., DODSON, G. J.: *Ecology* 55, 205–208, 1974: 438.
- 253 VARLET-GRANCHER, C., BONHOMME, R., CHARTIER, M., ARTIS, P.: *Acta Oecol.* 3, 3–26, 1982: 469, 669, 810.
- 254 VIERS, CH. E., BURNS, TH. A.: *The Pecan Quarterly* 6, 27, 1972: 136.
- 255 VOOKOVÁ, B.: *Biol. (Bratisl.)* 31, 737–744, 1976: 193, 202, 433.
- 256 WALLACE, C. S., RUNDEL, PH. W.: *Oecologia* 44, 34–39, 1979: 705.
- 257 WATERMAN, P. G., MBI, CH. N., MCKEY, D. B., GARTLAN, ST. J.: *Oecologia* 47, 22–33, 1980: 46, 90, 93, 97, 140, 147, 155, 172, 199, 222, 233, 242, 246, 249, 288, 311, 313, 355, 427, 432, 446, 465, 467, 483, 535, 538, 544, 617, 630, 644, 720, 729, 730, 731, 732, 743, 763, 773, 788, 808.
- 258 WEBB, N. R., ELMES, G. W.: *Oikos* 23, 359–365, 1972: 123.
- 259 WEST, G. C.: *Arctic*, 26, 7–21, 1973: 37, 133, 250, 275, 494, 664.
- 260 WEST, G. C., MENG, M. S.: *The Auk* 83, 603–615, 1966: 28, 95, 254, 282, 604, 673, 789.

- 261 WEST, G. C., PEYTON, L. J.: *Can. Field Nat.* 94, 451–454, 1980: 18, 19, 28, 60, 61, 95, 112, 115, 133, 161, 194, 275, 303, 359, 532, 578, 610, 641, 721.
- 262 WHITE, C. M., WEST, G. C.: *Oecologia* 27, 227–238, 1977: 95.
- 263 WHITE, E. G.: *Oecologia* 33, 17–44, 1978: 319.
- 264 WIEGERT, R. G., MONK, C. D.: *Ecology* 53, 949–954, 1972: 580.
- 265 WIELGOLASKI, F. E., KJELVIK, S.: *Ecol. Stud.* 16, 201–207, 1975: 21, 47, 60, 75, 95, 133, 225, 254, 275, 282, 303, 320, 321, 580, 591, 596, 641, 673, 789.
- 266 WILEY, A. T., MANWILLER, F. G.: *For. Prod. J.* 26, 48–51, 1976: 136, 604, 616, 618.
- 267 WILLIAMS, E. C. JR., REICHLER, D. E.: *Oikos* 19, 10–18, 1968: 53.
- 268 WROBLEWSKI, R. J.: *Pol. Arch. Hydrobiol.* 24, 299–303, 1977: 785.
- 269 ZACHHUBER, K.: *Diss. Univ. Innsbruck*, 1975: 614, 683.
- 270 ZACHHUBER, K., LARCHER, W.: *Photosynthetica* 12, 436–439, 1978: 614, 683.
- 271 ZAKHARENKOVA, G. F.: Ex: SMIRNOV, N. N.: *Hydrobiol.* 19, 252–262, 1962: 272, 609.
- 272 ZAVITKOVSKI, J.: *For. Sci.* 25, 383–392, 1979: 580, 604.
- 273 ZAVITKOVSKI, J., HANSEN, E. A., MCNEEL, H. A.: In: GORDON, J. C., WHEELER, C. T., PERRY, D. A. (eds.): *Symbiotic nitrogen fixation in the management of temperate forests*, 388–401, *For. Res. Lab. Oregon State Univ., Corvallis*, 1979: 28.