Morphologische Untersuchungen

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel**

Band (Jahr): **57 (1991)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

3. MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

3.1. AUSWAHL UND DEFINITION DER UNTERSUCHTEN MERKMALE

Untersuchte morphologische Merkmale sind in Figur 1 am Beispiel von *E. alpinus* eingezeichnet.

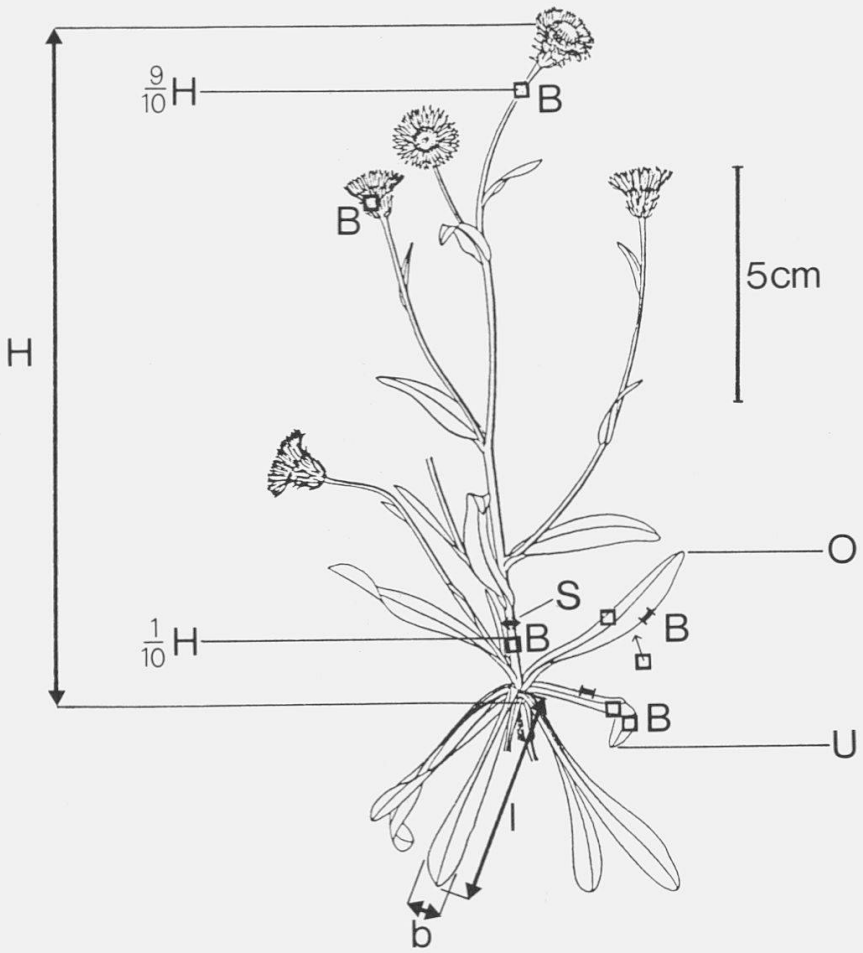


Fig. 1. Bezeichnung von untersuchten morphologischen Merkmalen am Beispiel von *Erigeron alpinus*.
B: Behaarungsdichte, H: Höhe der Pflanze, O: oberes Basisblatt, S: Stengeldurchmesser, U: unteres Basisblatt, b: grösste Blattbreite, l: Blattlänge. Strichzeichnung der Pflanze aus HESS et al. 1980.
Designation of investigated morphological characteristics with Erigeron alpinus serving as an example.
B: density of pubescence, H: height of plant, O: upper basal leaf, S: diameter of stem, U: lower basal leaf, b: largest width of leaf, l: length of leaf. Line drawing of the plant from HESS et al. 1980.

Höhe der Pflanzen

Als Mass wurde die Distanz zwischen Wurzelansatz und Spitze der obersten Hüllblätter verwendet. Die Hüllblätter werden an Herbarmaterial noch von den Zungenblüten überragt, in der Natur sind die Zungenblüten aber bei den meisten Arten auf der Höhe der Hüllblätter flach ausgebreitet. Die Messungen wurden auf 1/2 cm gerundet.

Stengeldicke

Bei *E. atticus* und *E. gaudinii* liefert ein Vergleich der Stengelbasis-Durchmesser eine gute Möglichkeit zur Artunterscheidung. Gemessen wurde auf etwa 1/10 der Höhe der Pflanze mit einer Genauigkeit von 1/10 mm.

Behaarung der Stengelbasis

An der Stengelbasis (auf etwa 1/10 der Pflanzenhöhe) wurde die Behaarungsdichte untersucht. Dabei wurde mit Hilfe eines kleinen Fensters von 1 mm^2 Fläche die Anzahl Haare/mm^2 ausgezählt. Falls relativ viele Haare homogen am Stengel verteilt waren, wurde nur ein Wert pro Pflanze erhoben; falls wenige Haare vorhanden waren ($\leq$2 Haare/mm^2), mussten an mehreren benachbarten Stellen Flächen von 1 mm^2 ausgezählt werden. Haare, deren Basis unmittelbar auf der Grenze des 1 mm^2-Fensters waren, wurden zur Bestimmung des Mittelwertes der Behaarungsdichte mit 0.5 berechnet. Der Extremwert an der unteren Grenze der Variationsbreite wurde auf ganze Zahlen abgerundet, an der oberen Grenze aufgerundet. Die bei *E. atticus* und *E. gaudinii* vorkommenden Drüsenhaare wurden nicht mitgezählt.

Blattindex

Der Blattindex stellt den Quotienten zwischen Blattlänge l (gemessen vom Blattansatz am Stengel bis zur Blattspitze) und Blattbreite b (breiteste Stelle) dar (Fig. 1). Der Blattindex wurde nur für die beiden Arten *E. acer* und *E. angulosus* errechnet. Bei den anderen Taxa liefert dieses Mass kaum Informationen zur Artunterscheidung. Da zur Blütezeit bei *E. acer* und *E. angulosus* die Basisblätter meist abgedorrt sind, wurde der Blattindex stets an einem der untersten Stengelblätter errechnet.

Unterscheidung zwischen unteren und oberen Basisblättern

Die Behaarungsdichte der Basisblätter ist für die Arten der *E. alpinus*-Verwandtschaft (*E. alpinus*, *E. neglectus*, *E. polymorphus*, *E. candidus*, *E. uniflorus*) ein wichtiges taxonomisches Merkmal. Da diese aber an einer

Pflanze nicht bei allen Basisblättern gleich ist, sondern von den unteren zu den oberen zunimmt, wurden die Basisblätter in zwei Typen klassiert (Fig. 1). Auch wenn bei dieser Einteilung Zweifelsfälle auftauchen können, so sind an einer Pflanze doch stets Basisblätter vorhanden, die eindeutig einer der beiden Gruppen zugeordnet werden können. Die separate Betrachtung der zwei Basisblatt-Typen ermöglicht einen besseren Vergleich der artspezifischen Behaarungsdichten.

Behaarung von Basisblättern und untersten Stengelblättern

Bei den Arten der *E. alpinus*-Verwandtschaft wurden die unteren und die oberen Basisblätter auf die Behaarungsdichte untersucht. Bei *E. acer* und *E. angulosus* sind die Basisblätter zur Blütezeit meist schon abgestorben, so dass die Untersuchungen an den untersten Stengelblättern ausgeführt werden mussten. Bei *E. atticus* und *E. gaudinii* werden die durchgeführten Erhebungen nicht wiedergegeben, da hier die Behaarungsdichte keine Informationen zur Artunterscheidung liefert.

Pro Pflanze wurde je ein unteres und ein oberes Basisblatt untersucht. Auf den Blattflächen (Blattunterseite und -oberseite) wurde die Anzahl Haare/ mm^2 bestimmt, am Blattrand die Haare/mm ausgezählt. Wenn nur vereinzelte Haare vorhanden waren ($\leq$2 Haare/mm^2) oder die Haare inhomogen verteilt waren, wurden mehrere mm^2 untersucht; andernfalls wurde nur ein Wert pro Blattfläche (etwa in der Mitte des Blattes, neben dem Hauptnerv) erhoben. Haare, die sich unmittelbar auf der Grenze des 1 mm^2-Fensters befanden, wurden bei der Bestimmung des Mittelwertes mit 0.5 berechnet. Die untere Grenze der Variationsbreite wurde auf ganze Zahlen abgerundet, die obere aufgerundet.

Behaarung unter den Blütenköpfen

Auf gleiche Weise wie an der Stengelbasis wurde die Behaarungsdichte unter den Blütenköpfen (auf etwa 9/10 der Höhe der Pflanze) untersucht. Bei *E. acer* und *E. angulosus* kommmt es vor, dass der Stiel des Blütenkopfes weniger als 1 mm dick ist, so dass das 1 mm^2-Fenster für die Auszählung zu gross war. In solchen Fällen wurde die Fläche von 1 mm^2 abgeschätzt. Die bei *E. atticus* und *E. gaudinii* vorkommenden Drüsenhaare wurden nicht gezählt.

Behaarung der Hüllblätter

Die Behaarungsdichte der äusseren Hüllblätter wurde durch das 1 mm^2-Fen-

ster in der Mitte der Hüllblattaussenseite bestimmt. In einzelnen Fällen waren die Hüllblätter etwas weniger als 1 mm breit; hier sind Fehler in der Auszählung der Haare bis etwa 10% zu erwarten. Da die Behaarungsdichte bei allen äusseren Hüllblättern eines Blütenkopfes praktisch gleich ist, wurden je Pflanze nur bei einem Hüllblatt die Haare/mm^2 ausgezählt. Es wurden wiederum nur die gewöhnlichen Haare berücksichtigt.

Vorkommen von Drüsenhaaren

Bei *E. atticus* und *E. gaudinii* sind neben den gewöhnlichen Haaren an Stengel, Blättern und Hüllblättern auch Drüsenhaare vorhanden. Dadurch lassen sich diese beiden Arten von allen anderen Taxa unterscheiden. Die Dichte der Drüsenhaare ist als Artunterscheidungsmerkmal ungeeignet.

Ausrichtung der Zungenblüten im Blütenkopf

Zur Blütezeit sind die Zungenblüten der meisten *Erigeron*-Arten im Blütenkopf mehr oder weniger waagrecht ausgebreitet. Bei *E. acer* und *E. angulosus* hingegen ragen sie fast senkrecht in die Höhe. Dieser Unterschied ist unmittelbar beim Aufblühen der Köpfe noch nicht zu sehen; dann ragen die (noch eingerollten) Zungenblüten bei allen Arten senkrecht hoch. Auch vor dem Abblühen können sich die Zungenblüten verschiedener Arten nochmals aufrichten.

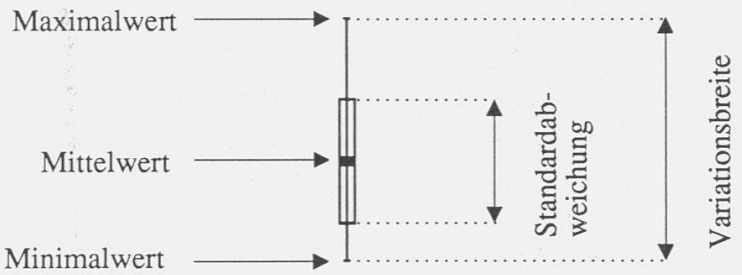
Vorhandensein von Fadenblüten

Mit Ausnahme von *E. polymorphus*, *E. candidus* und *E. uniflorus* besitzen die untersuchten *Erigeron*-Arten zwischen den weiblichen Zungenblüten am äusseren Rand des Blütenkopfes und den inneren, zwitterigen Röhrenblüten noch sogenannte Fadenblüten. Dieser zusätzliche Blütentypus ist wie die Zungenblüten weiblich, hingegen fehlt die Zunge oder ist nur ansatzweise entwickelt. Die Fadenblüten entsprechen somit dem unteren Teil der Zungenblüten und können problemlos von den wesentlich dickeren, regelmässig 5–zähnigen Röhrenblüten unterschieden werden. Das Vorhandensein von Fadenblüten eignet sich als gutes qualitatives Merkmal zur Artabgrenzung. Die Anzahl der Fadenblüten ist jedoch oft sehr variabel. So können bei Pflanzen derselben Art in einem Blütenkopf über 100, als deutlicher Kranz sichtbare Fadenblüten oder nur vereinzelte Fadenblüten auftreten. Die Frage, ob bei einer Art, die normalerweise mit Fadenblüten ausgestattet ist, diese in Einzelfällen ganz wegfallen können, oder ob umgekehrt bei Arten ohne Fadenblüten einzelne Exemplare mit Fadenblüten vorkommen können, kann vorläufig

nicht beantwortet werden. Solche kritische Fälle, bei denen es sich auch um Genintrogressionen handeln könnte, wurden für die vorliegenden Untersuchungen weggelassen (vgl. Kap. 5).

3.2. MATERIALUMFANG UND ANGABEN ZUR DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Die morphologischen Merkmale wurden bei allen Arten an mehreren Populationen aus verschiedenen Regionen der Alpen untersucht, mit Ausnahme des nur in den östlichen Alpen vorkommenden *E. candidus*. Pro Population wurden in der Regel 5, selten 4 Individuen ausgewertet.
Die erhaltenen Daten wurden graphisch dargestellt. Zu jedem Merkmal wurden dabei in den Figuren Mittelwert, Standardabweichung und Variationsbreite mit Hilfe des folgenden Zeichens angegeben:



Bei der Berechnung der Standardabweichung von Behaarungsdichten können unter gewissen Umständen negative Werte entstehen. Da solche Werte keinen morphologischen Sinn ergeben, wurde in diesen seltenen Fällen der Balkenteil im Negativbereich nicht gezeichnet.

3.3. AUFTEILUNG DER ARTEN IN MORPHOLOGISCHE GRUPPEN

Die untersuchten *Erigeron*-Arten können durch die Kombination der folgenden drei qualitativen Merkmale in vier Gruppen aufgeteilt werden: 1. Vorhandensein von Drüsenhaaren an Stengel und Blättern, 2. Ausrichtung der Zungenblüten im Blütenkopf, 3. Vorkommen von Fadenblüten (Tab.1).
Bei der morphologischen Gruppe I (*E. alpinus* und *E. neglectus*) sind die Zungenblüten ausgebreitet und zwischen Zungenblüten und Röhrenblüten sind einzelne bis viele Fadenblüten vorhanden; Drüsenhaare fehlen. Die Taxa

Tab. 1. Aufteilung der *Erigeron*-Arten der Alpen in morphologische Gruppen.
Division of the Erigeron species of the Alps into morphological groups.

Gruppe	Taxon	**Drüsenhaare** vorhanden: + nicht vorhanden: –	**Zungenblüten** ausgebreitet: + aufrecht: –	**Fadenblüten** vorhanden: + nicht vorhanden: –
I	*E. alpinus*	–	+	+
	E. neglectus	–	+	+
II	*E. polymorphus*	–	+	–
	E. candidus	–	+	–
	E. uniflorus	–	+	–
III	*E. atticus*	+	+	+
	E. gaudinii	+	+	+
IV	*E. acer*	–	–	+
	E. angulosus	–	–	+

der Gruppe II (*E. polymorphus*, *E. candidus*, *E. uniflorus*) sind morphologisch sehr ähnlich mit jenen der ersten Gruppe, hingegen fehlen hier die Fadenblüten. Dieses Merkmal scheint aber in solchen Fällen wenig brauchbar und zweifelhaft, wo in einem Blütenkopf nur 1 oder ganz wenige Fadenblüten zu finden sind. Gruppe III (*E. atticus*, *E. gaudinii*) ist durch das Vorhandensein von Drüsenhaaren an Stengel, Blättern und Hüllblättern ohne weiteres zu erkennen. Ausgenommen sind Kümmerformen von *E. gaudinii* mit fast kahlem Integument, bei denen wir aber bei näherer Untersuchung stets auch einige Drüsenhaare fanden. Gruppe IV schliesslich (*E. acer* und *E. angulosus*) ist durch die stets aufgerichteten Zungenblüten gut von den andern untersuchten Arten zu trennen, auch wenn dieses Merkmal bei Herbarbelegen wesentlich schlechter zu erkennen ist als bei lebenden Pflanzen. Sehr auffällig ist auch die Reichköpfigkeit bei den Arten dieser Gruppe, doch gibt es bezüglich dieses Merkmals Überschneidungen mit Taxa anderer Gruppen.

3.4. AUSGEWÄHLTE QUANTITATIVE MERKMALE

3.4.1. Höhe der Pflanzen

Wie Figur 2 zeigt, variieren die Pflanzengrössen innerhalb derselben *Erigeron*-Art und meist auch innerhalb der Populationen beträchtlich. Bei *E. alpinus* beispielsweise sind die Pflanzen von St. Véran (Nr. 66) durchschnittlich

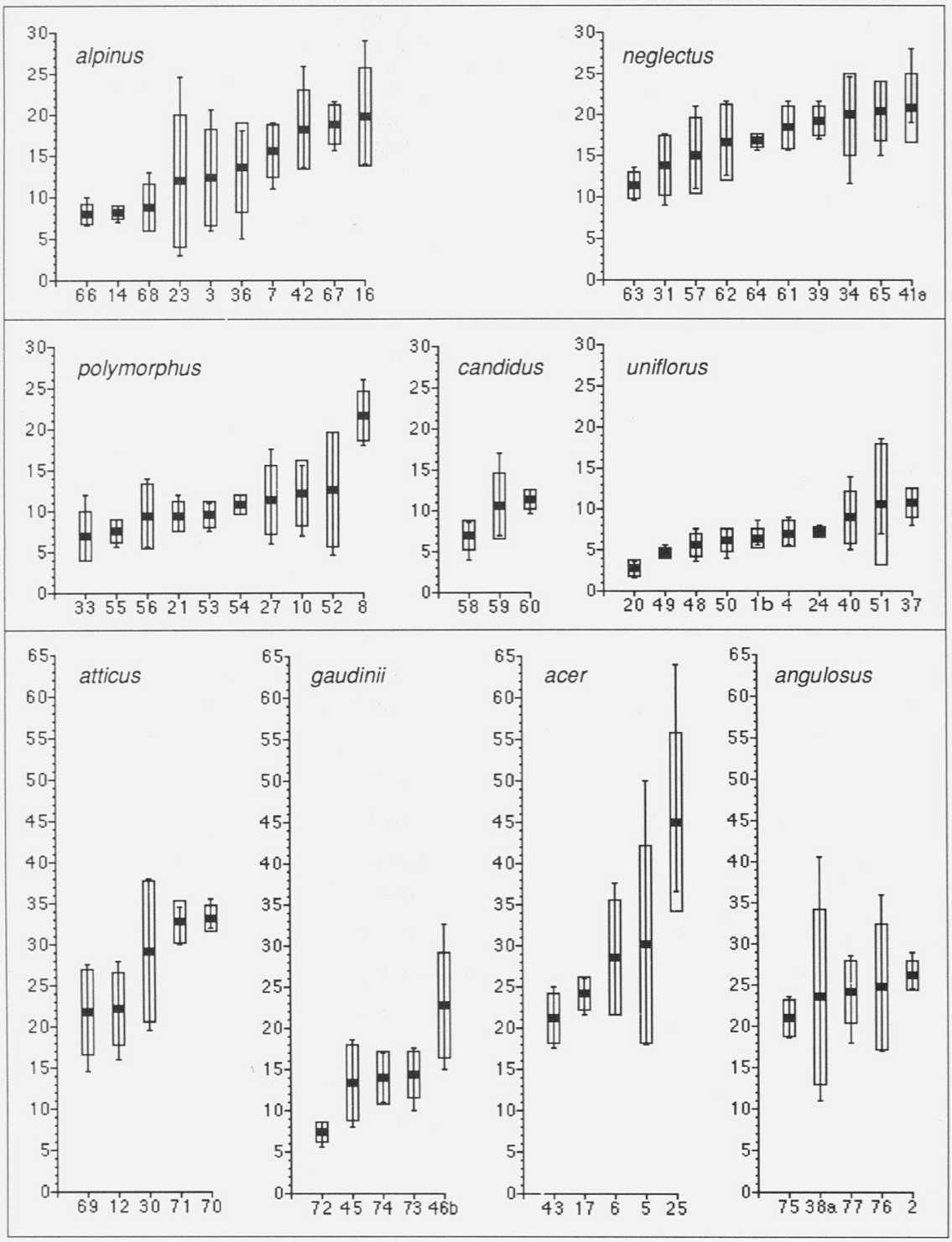


Fig. 2. Höhe der Pflanzen (in cm) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Height of plants (in cm) of the investigated Erigeron species: mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

rund 8 cm hoch, die Pflanzen von Emosson (Nr. 16) messen im Mittel rund 20 cm. Innerhalb der *E. alpinus*-Population vom Pizol (Nr. 23) variieren die Pflanzen zwischen 3 cm und 24.5 cm Höhe. Aufgrund solcher Variationsbreiten eignet sich die Pflanzengrösse nur beschränkt zur Unterscheidung kritischer Arten. *E. uniflorus* ist in der Regel am kleinsten und variiert am wenigsten (Höhe meist zwischen 2 cm und 11 cm). Diese Art kann dadurch ziemlich gut von dem habituell ähnlichen *E. neglectus* unterschieden werden, der meist 11-25 cm hoch ist. Das Grössenmerkmal kann auch zur Trennung der zwei drüsentragenden Taxa *E. atticus* und *E. gaudinii* verwendet werden: Die meisten Exemplare von *E. atticus* sind über 20 cm hoch, die allermeisten *E. gaudinii*-Pflanzen kleiner als 20 cm. Beträchtlich aus dem Rahmen fallen hier die *E. gaudinii*-Pflanzen von Crasta (Nr. 46b); wie sich bei der Durchsicht einiger Dutzend weiterer *E. gaudinii*-Belege in verschiedenen Herbarien herausstellte, ist diese Population aber in Bezug auf die Grösse der Individuen sehr ungewöhnlich.
PAWLOWSKI (1970) gibt in seiner umfangreichen Studie über die *Erigeron*-Arten Polens und der Karpaten folgende Stengelhöhen an (extreme Exemplare ausgenommen): *E. alpinus* (inklusive der bei unseren Untersuchungen nicht getrennt aufgeführten subsp. *intermedius* [Schleich.] Pawl.): 5-35 cm, *E. neglectus*: 10-20 cm, *E. uniflorus* (inklusive var. *tatrae* (Vierh.) Pawl. und var. *neglectiformis* Rikli): 1.5-15 cm, *E. acer*: 5-50 cm, *E. angulosus*: 10-40 cm.

3.4.2. Behaarung der Stengelbasis

Wie Figur 3 zeigt, ist auch die Behaarung am unteren Teil des Stengels bei den meisten Arten recht variabel. Nur bei *E. atticus, E. gaudinii* und *E. angulosus* tragen die Stengelbasen keine oder nur sehr wenige gewöhnliche Haare. Die beiden ähnlichen Arten *E. alpinus* und *E. neglectus* können zwar anhand der Behaarung der Stengelbasis nicht klar getrennt werden, doch sind die meisten *E. neglectus*-Pflanzen deutlich kahler (meist ≤ 8 Haare/mm^2) als *E. alpinus* (meist ≥ 8 Haare/mm^2). Ausgerechnet der Typus-Beleg von *E. neglectus* aus dem Gschnitztal (Nr. 57) enthält Exemplare mit aussergewöhnlich starker Stengelbasisbehaarung (rund 10 Haare/mm^2), wie sie bei *E. alpinus* oft vorkommt. *E. alpinus* kann auch von *E. polymorphus*, *E. candidus* und *E. uniflorus* durch die Behaarung am Stengelgrund nicht eindeutig unterschieden werden, doch sind bei *E. candidus* und *E. uniflorus* immer, bei *E. polymorphus* fast immer ≤ 8 Haare/mm^2 vorhanden. Anhand der Stengelba-

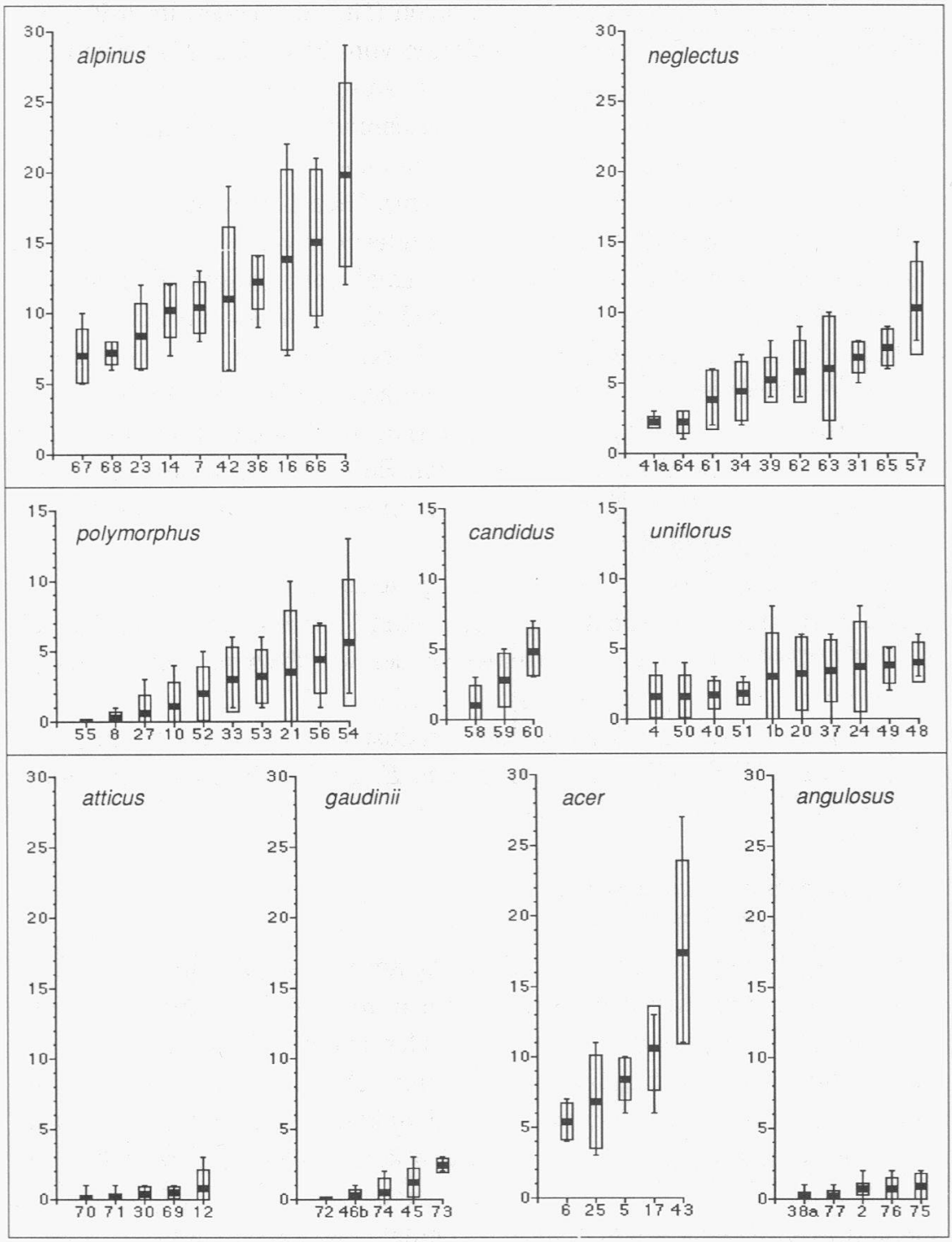


Fig. 3. Behaarung der Stengelbasis (Anzahl Haare/mm^2) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Pubescence on base of stem of the investigated Erigeron species (number of hairs/mm^2): mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

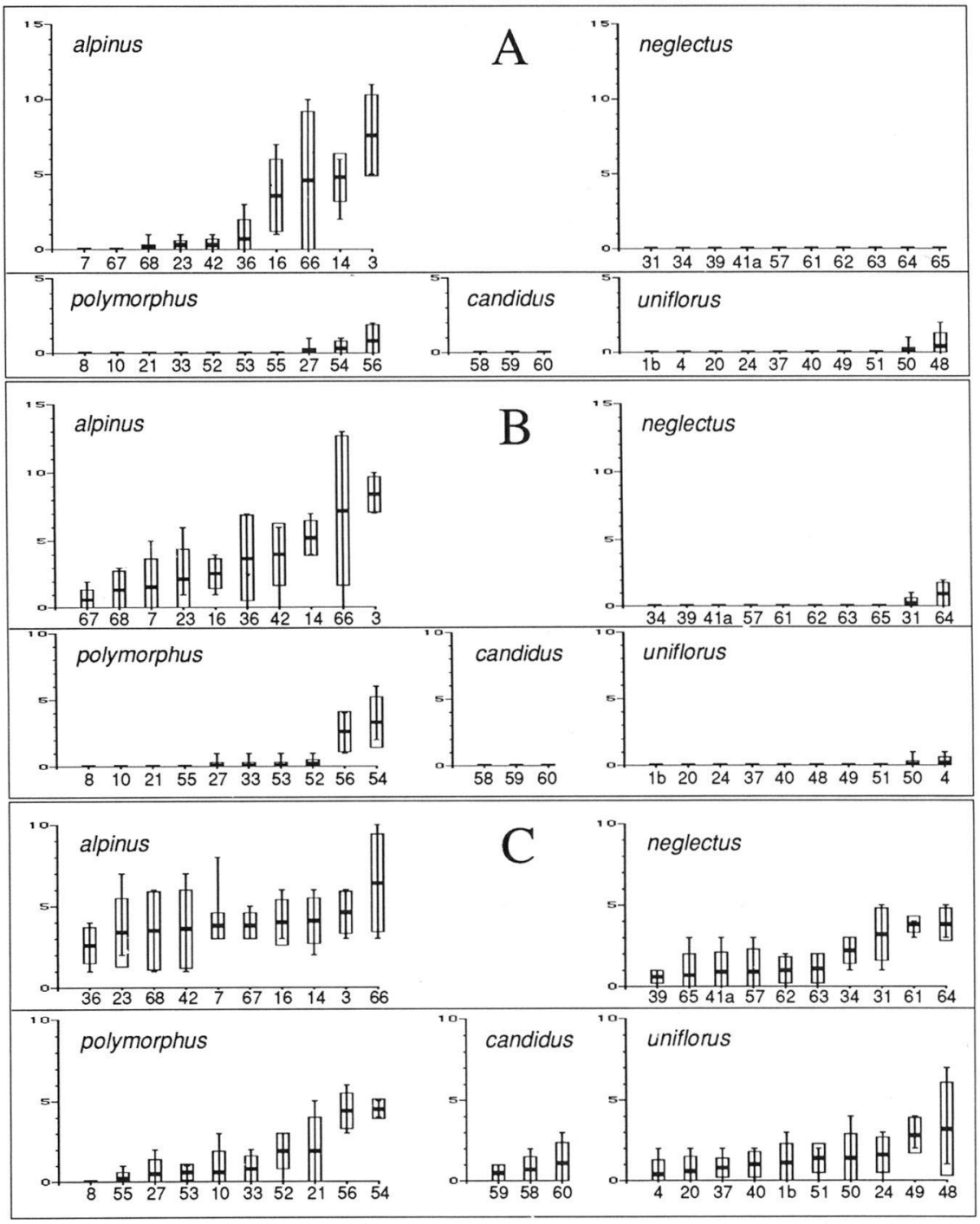


Fig. 4. Behaarung der unteren Basisblätter bei verschiedenen *Erigeron*-Arten.
A: Blattunterseite, B: Blattoberseite (Anzahl Haare/mm^2), C: Blattrand (Anzahl Haare/mm): Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Pubescence on lower basal leaves of different Erigeron species.
A: lower side, B: upper side (number of hairs/mm^2), C: leaf margin (number of hairs/mm): mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

sisbehaarung sehr gut zu trennen sind die beiden kritischen Arten *E. acer* (≥3 Haare/mm^2) und *E. angulosus* (0-2 Haare/mm^2).

3.4.3. Behaarung der unteren Basisblätter

Eine Übersicht über die Behaarungsdichte auf den Flächen und am Rand der unteren Basisblätter von *E. alpinus, E. neglectus, E. polymorphus, E. candidus* und *E. uniflorus* ist in Figur 4 gegeben. Die Behaarung des Blattrandes ist als taxonomisches Merkmal ungeeignet, da sich die Variationsbreiten der verschiedenen Arten weitgehend überlagern. Blattunterseite und Blattoberseite verhalten sich praktisch gleich, auf der Oberseite sind durchschnittlich etwas mehr Haare vorhanden. Einzig die Blattflächen von *E. alpinus* sind meist behaart (bis gegen 15 Haare/mm^2). Da auch Individuen mit kahlen Blattflächen vorkommen, ist die Abgrenzung gegenüber *E. neglectus* mit stets kahlen Blattunterseiten sowie gegenüber *E. polymorphus*, *E. candidus* und *E. uniflorus* nicht vollständig.

3.4.4. Behaarung der oberen Basisblätter

Aus Figur 5 geht hervor, dass die Rand-Behaarung der oberen Basisblätter wie bei den unteren Basisblättern zur Artunterscheidung ungeeignet ist. Blattunterseite und Blattoberseite derselben Art sind wiederum sehr ähnlich behaart. Zwischen *E. alpinus* und *E. neglectus* ist anhand der oberen Basisblätter, welche auch bei *E. neglectus* deutlich behaart sein können, keine Unterscheidung wie bei den unteren Basisblättern möglich. Dafür kann *E. uniflorus* von den ebenfalls nicht mit Fadenblüten ausgestatteten Arten *E. polymorphus* und *E. candidus* sowie von *E. neglectus* unterschieden werden: *E. uniflorus* ist auf der Oberseite der oberen Basisblätter praktisch immer kahl; *E. polymorphus, E. candidus* und *E. neglectus* jedoch meist behaart mit bis zu 7 Haaren/mm^2. Vollständig kann *E. uniflorus* anhand der Behaarung auf der Blattoberseite von *E. alpinus* (2-15 Haare/mm^2) abgetrennt werden.

3.4.5. Behaarung der Basisblätter und untersten Stengelblätter bei *Erigeron acer* und *E. angulosus*

Da bei diesen beiden Arten die Basisblätter zur Blütezeit oft teilweise oder ganz abgestorben sind, wurde aus praktischen Gründen nicht zwischen unteren und oberen Basisblättern unterschieden; wo nötig, wurden die untersten

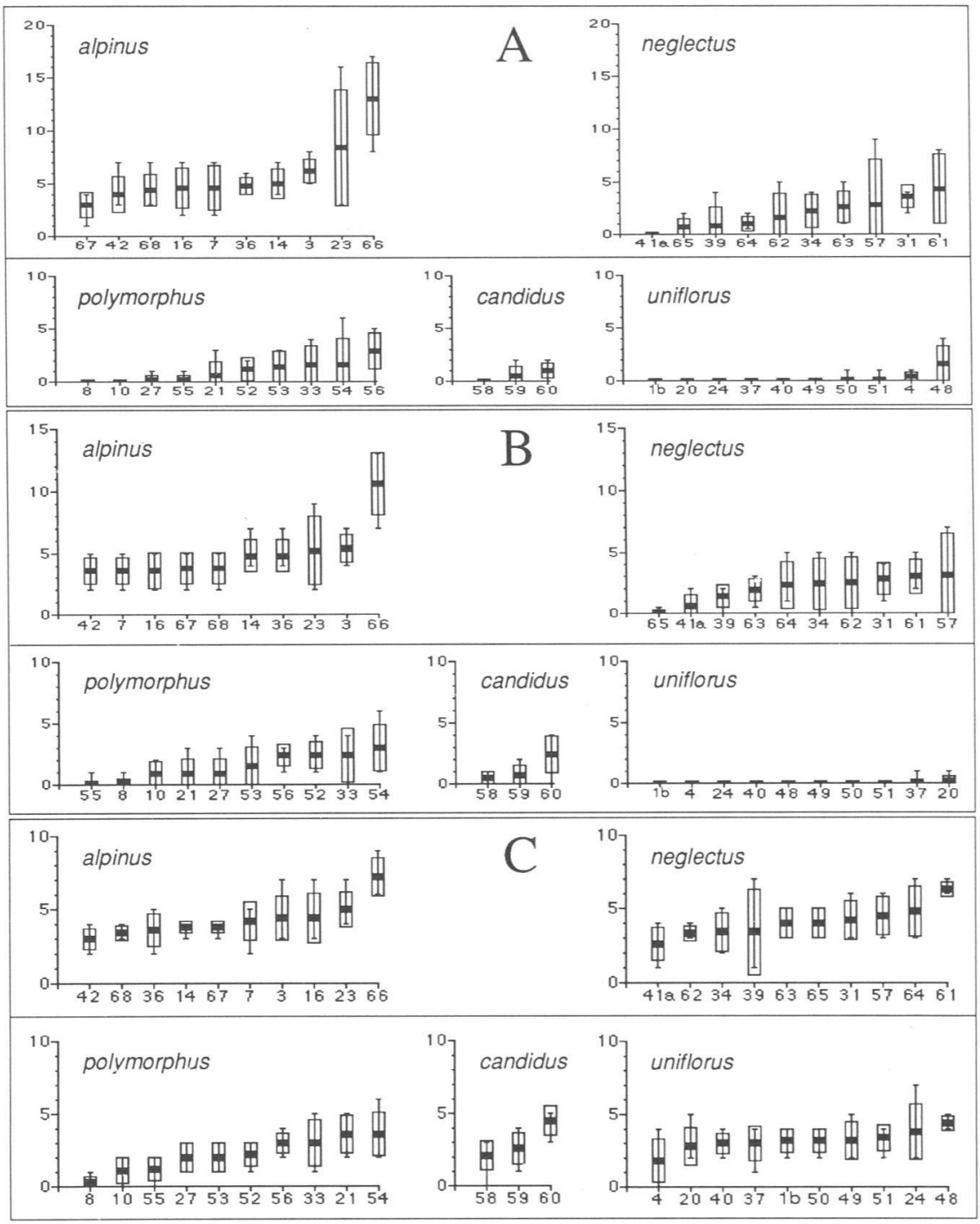


Fig. 5. Behaarung der oberen Basisblätter bei verschiedenen *Erigeron*-Arten.
A: Blattunterseite, B: Blattoberseite (Anzahl Haare/mm^2), C: Blattrand (Anzahl Haare/mm): Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Pubescence on upper basal leaves of different Erigeron species.
A: lower side, B: upper side (number of hairs/mm^2), C: leaf margin (number of hairs/mm): mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

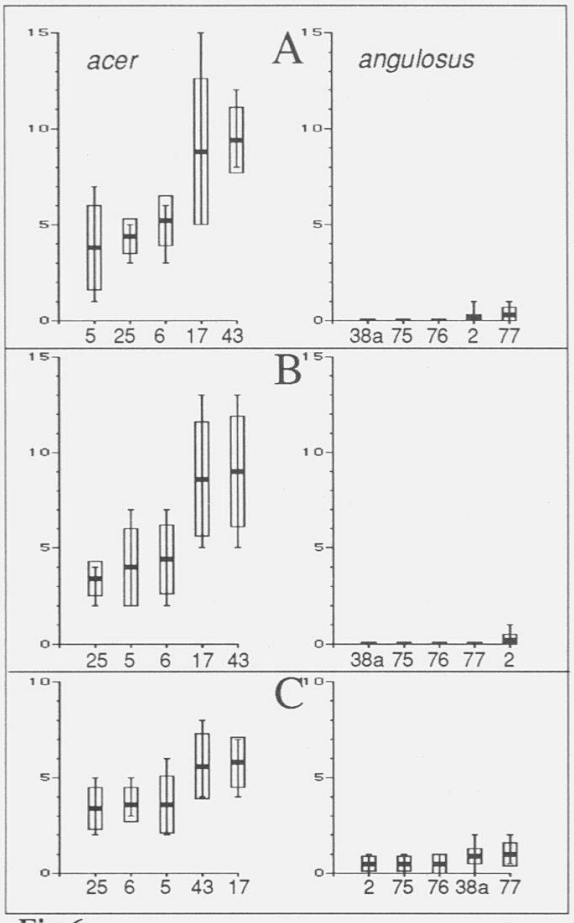


Fig.6

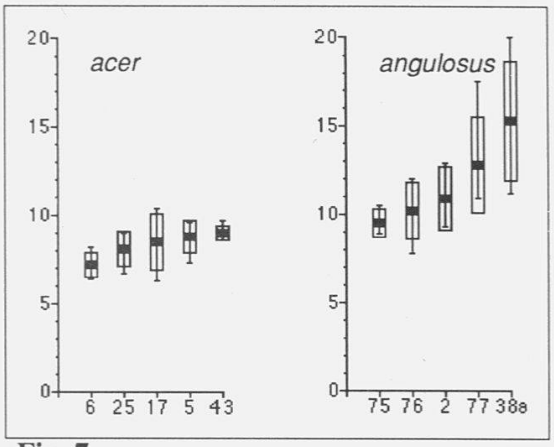


Fig. 7

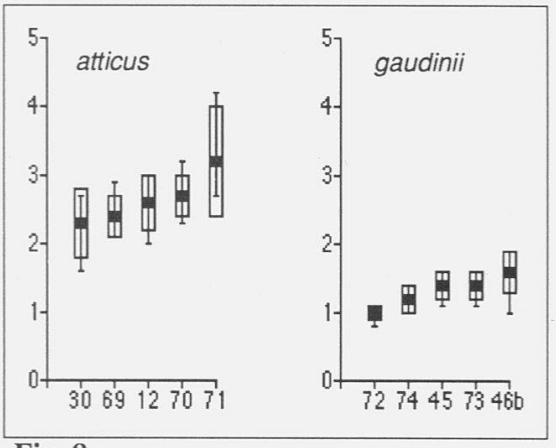


Fig. 8

Fig. 6. Behaarung der Basisblätter und untersten Stengelblätter bei *Erigeron acer* und *E. angulosus*. A: Blattunterseite, B: Blattoberseite (Anzahl Haare/mm^2), C: Blattrand (Anzahl Haare/mm): Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Pubescence on basal or lowest cauline leaves of Erigeron acer and E. angulosus. A: lower side, B: upper side (number of hairs/mm^2), C: leaf margin (number of hairs/mm): mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

Fig. 7. Blattindex (Länge:Breite) der untersten Stengelblätter bei *Erigeron acer* und *E. angulosus*: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Leaf index (length:width) of lowest cauline leaves of Erigeron acer and E. angulosus: mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

Fig. 8. Durchmesser der Stengelbasis (in mm) bei *Erigeron atticus* und *E. gaudinii*: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Diameter of base of stem (in mm) of Erigeron atticus and E. gaudinii: mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

Stengelblätter anstelle der fehlenden Basisblätter untersucht (Fig. 6). Die Behaarung dieser verschiedenen Blattypen ist aber innerhalb desselben Individuums sehr ähnlich. Die Blätter von *E. acer* sind deutlich behaart (Blattfläche: 1-15 Haare/mm^2, Blattrand: 2-8 Haare/mm), die Blätter von *E. angulosus* sind kahl oder mit einzelnen Haaren versehen (0-1 Haar/mm^2 auf der Fläche, 0-2 Haare/mm am Rand).

3.4.6. Blattindex bei *Erigeron acer* und *E. angulosus*

Zusätzlich zur Behaarungsdichte verschiedener Pflanzenteile anerbot sich bei diesen Arten das Längen-Breiten-Verhältnis der untersten Stengelblätter als Unterscheidungsmerkmal. Wie Figur 7 zeigt, ist damit jedoch keine gute Trennung der beiden Arten möglich: Die untersten Stengelblätter sind bei *E. acer* rund 6-10 mal, bei *E. angulosus* rund 8-20 mal so lang wie breit.

3.4.7. Durchmesser der Stengelbasis bei *Erigeron atticus* und *E. gaudinii*

Die beiden drüsentragenden Arten lassen sich praktisch ohne Überschneidung anhand des Stengeldurchmessers unterscheiden (Fig. 8): Bei *E. atticus* ist die Stengelbasis rund 2-4 mm dick, bei *E. gaudinii* nur 1-2 mm.

3.4.8. Behaarung unter den Blütenköpfen

Das Merkmal der Behaarungsdichte am obersten Stengelteil oder (bei mehrköpfigen Pflanzen) an den Stielen der Blütenköpfe kann innerhalb einer Art oder Population stark variieren (Fig. 9). Beispielsweise gibt es bei *E. alpinus* vom Augstenberg (Nr. 7) 4-11 Haare/mm^2, bei *E. alpinus* von St. Véran (Nr. 66) 31-36 Haare/mm^2; innerhalb der *E. uniflorus*-Population vom Chalbersäntis (Nr. 20) sind unter den Blütenköpfen 0-28 Haare/mm^2 vorhanden! Einzig zur Unterscheidung von *E. acer* und *E. angulosus* kann dieses Merkmal mitverwendet werden: Bei *E. acer* wurden unter den Blütenköpfen 5-18 Haare/mm^2, bei *E. angulosus* 0-5 Haare/mm^2 gezählt.

3.4.9. Behaarung der äusseren Hüllblätter

In der Literatur wird die Behaarungsdichte an der Hülle als wichtiges taxonomisches Merkmal betrachtet. Wie Figur 10 zeigt, ist aber auch hier die Varia-

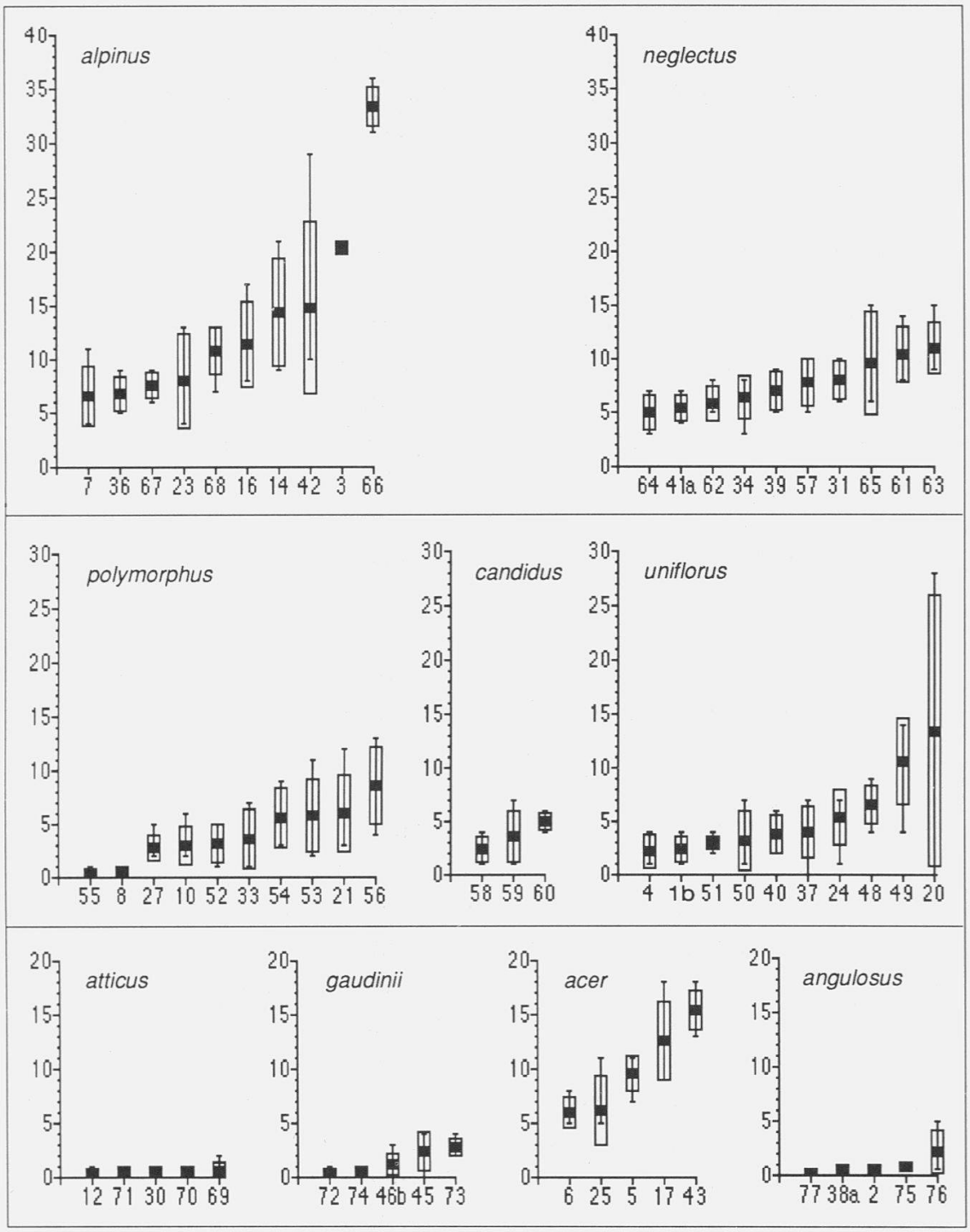


Fig. 9. Behaarung unter den Blütenköpfen (Anzahl Haare/mm^2) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2). *Pubescence on flowering stems of the investigated Erigeron species (number of hairs/mm^2): mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.*

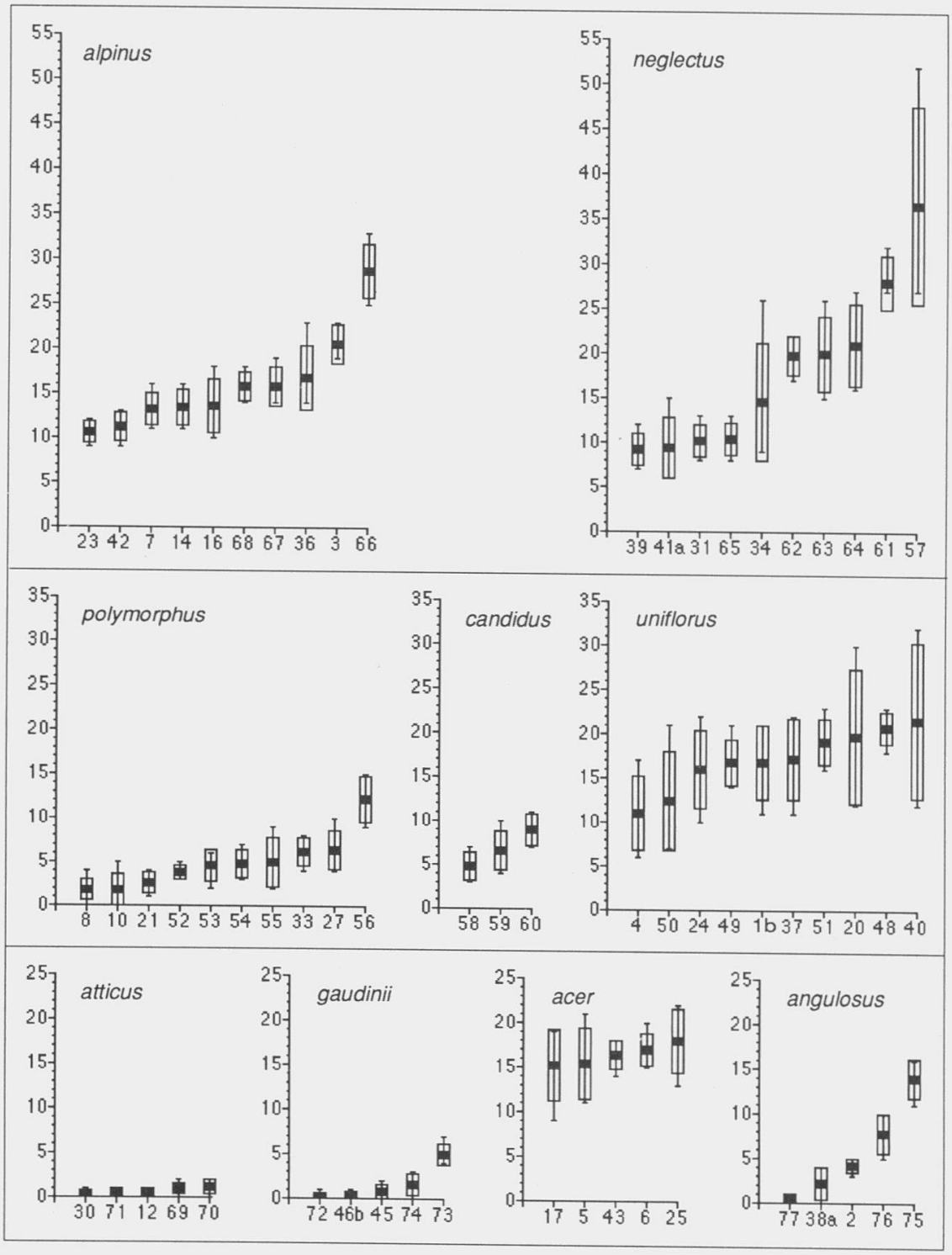


Fig. 10. Behaarung der äusseren Hüllblätter (Anzahl Haare/mm^2) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).

Pubescence on outer involucral bracts of the investigated Erigeron species (number of hairs/mm^2): mean values, standard deviations, ranges of variation (signs and symbols see chapter 3.2.). The population numbers (cf. chapter 2) are listed on the abscissa.

bilität beträchtlich; Ausnahmen stellen *E. atticus* und *E. gaudinii* dar, wo keine oder nur wenige gewöhnliche Haare (aber zusätzlich Drüsenhaare) an den Hüllblättern vorhanden sind. Trotz der Überschneidungen bietet die Hüllblattbehaarung ein wertvolles Unterscheidungsmerkmal von *E. polymorphus* und *E. candidus* gegenüber *E. alpinus* und *E. uniflorus*: Bei *E. polymorphus* und *E. candidus* sind 0-10 Haare/mm^2 vorhanden (Ausnahmen: *E. polymorphus* vom Schneeberg, Nr. 56 und *E. candidus* vom Eisenhut, Nr. 60), bei *E. alpinus* und *E. uniflorus* hingegen meist 10-30 Haare/mm^2. Nur schlecht ist die Abgrenzung gegenüber *E. neglectus* möglich, wo die Behaarungsdichte an den Hüllblättern zwischen 6 und 52 Haaren (meist >8 Haare) pro mm^2 variiert. Auch problematisch ist die Unterscheidung von *E. acer* und *E. angulosus* anhand der Hüllblattbehaarung (meist >10 Haare/mm^2 bei *E. acer,* meist <10 Haare/mm^2 bei *E. angulosus*): Wie die Population von Sterzing (Nr. 75) zeigt, kann *E. angulosus* an der Hülle auch ähnlich wie *E. acer* behaart sein.

PAWLOWSKI (1970) macht aufgrund umfangreichen Pflanzenmaterials folgende Angaben über die Behaarung der Hüllblätter: *E. alpinus*: zerstreut bis dicht, *E. neglectus*: meist mittel bis ziemlich dicht, *E. uniflorus* (var. *uniflorus*): meist mittel bis dicht, *E. acer*: meist ziemlich dicht bis sehr dicht, *E. angulosus*: meist kahl bis ziemlich zerstreut.

3.5. DIE WICHTIGSTEN MERKMALE ZUR ARTAUFSCHLÜSSELUNG

Neben den in Tabelle 1 zusammengestellten qualitativen morphologischen Eigenschaften liefern mehrere der untersuchten quantitativen Merkmale wertvolle Grundlagen für den in einer späteren Arbeit folgenden Bestimmungsschlüssel:

E. alpinus / E. neglectus

Die Blattflächen der unteren Basisblätter sind bei *E. alpinus* meist behaart, seltener kahl (0-15 Haare/mm^2), bei *E. neglectus* sind sie kahl (sehr selten trägt die Blattoberseite einzelne Haare). Auch im unteren Teil des Stengels ist *E. alpinus* behaarter (meist ≥8 Haare/mm^2) als *E. neglectus* (meist ≤8 Haare/mm^2).

E. alpinus / E. polymorphus, E. candidus, E. uniflorus

Bei *E. alpinus* sind die Blattflächen der unteren Basisblätter, insbesondere die Oberseite, meist behaart; die anderen drei Arten sind auf diesen Blattflächen meist kahl.

E. alpinus, E. uniflorus / E. polymorphus, E. candidus
E. alpinus und *E. uniflorus* tragen an den äusseren Hüllblättern meist 10-30 Haare/mm^2, *E. polymorphus* und *E. candidus* (mit wenigen Ausnahmen) 0–10 Haare/mm^2.

E. neglectus / E. polymorphus, E. candidus
Die Trennung ist, abgesehen vom Vorhandensein beziehungsweise Fehlen von Fadenblüten, schwierig. Am ehesten scheint sie anhand der Hüllblattbehaarung möglich: meist 8-50 Haare/mm^2 bei *E. neglectus*, meist 0-10 Haare/mm^2 bei den anderen beiden Arten.

E. neglectus / E. uniflorus
In den allermeisten Fällen ist *E. neglectus* zwischen 11 cm und 25 cm hoch, *E. uniflorus* aber nur 2-11 cm hoch.

E. polymorphus / E. candidus
Anhand der untersuchten Merkmale ist keine Unterscheidung möglich. *E. candidus* ist stets einköpfig und hat weisse Zungenblüten. *E. polymorphus* ist ein- oder mehrköpfig, die Zungenblüten sind meist hellpurpurn. Es gibt aber auch bei *E. polymorphus* einzelne Individuen einer Population mit weissen Zungenblüten (vgl. Pflanzen von der Aa Alp, Nr. 28c) oder sogar einheitlich weissblühende Populationen (vgl. die Population von der Turracher Höhe, Nr. 95).

E. uniflorus / E. alpinus, E. neglectus, E. polymorphus, E. candidus
Anhand der kahlen Oberseite der oberen Basisblätter (nur selten sind vereinzelte Haare vorhanden) kann *E. uniflorus* klar von *E. alpinus* (stets behaart mit 2-15 Haaren/mm^2), nur undeutlich von den anderen drei Arten (meist behaart, 0-7 Haare/mm^2) unterschieden werden.

E. atticus / E. gaudinii
Die beiden drüsentragenden Arten lassen sich mit nur ganz wenigen Ausnahmen durch den Durchmesser der Stengelbasis unterscheiden: 2-4 mm bei *E. atticus*, 1-2 mm bei *E. gaudinii*. Anhand der Pflanzengrösse (*E. atticus* ist meist über, *E. gaudinii* meist unter 20 cm hoch) ist keine deutliche Trennung möglich.

E. acer / E. angulosus
Diese beiden Arten, bei welchen als einzige die Zungenblüten im Blütenkopf stets aufgerichtet sind, lassen sich sehr deutlich anhand der Behaarungsdichte an verschiedenen Pflanzenteilen unterscheiden: *E. acer* ist deutlich behaart (Basisblätter und unterste Stengelblätter: 1-15 Haare/mm^2 auf der Fläche und 2-8 Haare/mm am Rand; Stengelbasis: ≥3 Haare/mm^2, Stiele der Blütenköpfe: 5-18 Haare/mm^2); *E. angulosus* ist kahl oder nur mit einzelnen Haaren

versehen (Basisblätter und unterste Stengelblätter: 0-1 Haar/mm^2 auf der Fläche und 0-2 Haare/mm am Rand, Stengelbasis: 0-2 Haare/mm^2, Stiele der Blütenköpfe: 0-5 Haare/mm^2). Eine zusätzliche, aber nur unvollständige Unterscheidungsmöglichkeit liefert der Blattindex: Bei *E. acer* sind die untersten Stengelblätter 6-10 mal, bei *E. angulosus* 8-20 mal so lang wie breit.

4. CHEMOTAXONOMISCHE UNTERSUCHUNGEN

4.1. METHODEN

4.1.1. Mazeration von Blättern

Für die Untersuchungen wurden Blätter teils vom natürlichen Standort (*E. neglectus* Nr. 41b, *E. polymorphus* Nr. 95, *E. candidus* Nr. 88, *E. atticus* Nr. 91, *E. gaudinii* Nr. 123, *E. angulosus* Nrn. 153, 154; siehe Kap. 2), teils von den Gewächshaus-Kulturen verwendet (alle übrigen Proben). Die Blätter wurden von mehreren Pflanzen einer Population abgeerntet. Pro Art wurden 3-5 Populationen untersucht.
Für die **Dünnschichtchromatographie** (DC) wurden je Population 2 g frische Blätter mit 3 ml Petroläther über Nacht mazeriert. Der erhaltene Mazerationsextrakt wurde anschliessend mit DC-Alufolien von Merck (Kieselgel 60, F 254) aufgetrennt. Als Laufmittel diente Chloroform:Äther (20:1). Die DC-Muster wurden unter einer Ultraviolett-Lampe bei 366 nm untersucht und photographiert.
Für die **Ultraviolettabsorptionsspektrometrie** (UV) wurde 0.1 g frisches Blattmaterial mit 2 ml Methanol über Nacht mazeriert. Der gewonnene Extrakt wurde anschliessend bis zur geeigneten Konzentration mit Methanol verdünnt. Für die Absorptionsspektren wurde ein DU-7 Spektrophotometer von Beckman verwendet.

4.1.2. Extraktion von ätherischem Öl

Für die Öl-Extraktionen wurden ganze Pflanzen verwendet. Die Herkunft (Populations-Nummern) und das Frischgewicht des untersuchten Materials sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Die gesammelten Proben wurden im Kühlschrank aufbewahrt und innerhalb weniger Tage weiterverarbeitet. Das Öl wurde mittels Dampfdestillation extrahiert.