

Morphologische und chemotaxonomische Untersuchungen an den Erigeron-Arten der Alpen

Autor(en): **Huber, Walter / Zhang, Hao**

Objektyp: **Article**

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

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

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-377767>

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.

Morphologische und chemotaxonomische Untersuchungen an den *Erigeron*-Arten der Alpen

Morphological and chemotaxonomical investigations on the *Erigeron* species of the Alps

Walter HUBER und Hao ZHANG

INHALT

| | | |
|------|---|-----|
| 1. | Einleitung | 117 |
| 2. | Herkunft des Untersuchungsmaterials | 119 |
| 3. | Morphologische Untersuchungen | 125 |
| 3.1. | Auswahl und Definition der untersuchten Merkmale | 125 |
| 3.2. | Materialumfang und Angaben zur Darstellung der Ergebnisse | 129 |
| 3.3. | Aufteilung der Arten in morphologische Gruppen | 129 |
| 3.4. | Ausgewählte quantitative Merkmale | 130 |
| 3.5. | Die wichtigsten Merkmale zur Artaufschlüsselung | 141 |
| 4. | Chemotaxonomische Untersuchungen | 143 |
| 4.1. | Methoden | 143 |
| 4.2. | Dünnschichtchromatogramme der Mazerationsextrakte | 144 |
| 4.3. | UV-Spektren der Mazerationsextrakte | 148 |
| 4.4. | Gehalt an ätherischem Öl | 148 |
| 4.5. | Dünnschichtchromatogramme der ätherischen Öle | 154 |
| 4.6. | UV-Spektren der ätherischen Öle | 156 |
| 4.7. | Chemotaxonomische Gliederung der <i>Erigeron</i> -Arten der Alpen | 159 |
| 5. | Diskussion | 160 |
| | Zusammenfassung - Summary | 162 |
| | Literatur | 163 |

1. EINLEITUNG

Die Gattung *Erigeron* (*Compositae*, *Tubuliflorae*) umfasst in den Alpen rund ein Dutzend Arten meist mehrjähriger Kräuter. Wie problematisch sich bei den meisten Arten die taxonomische Abgrenzung gestaltet, ist aus der Literatur mehrfach zu entnehmen (vgl. z. B. die Bemerkungen in der "Flora Europaea", HALLIDAY 1976, S.117-119 oder in der "Flora der Schweiz", HESS et al. 1980, S. 536, 538) und wird bei der Durchsicht der Herbarien augenfällig. Zudem existiert eine Fülle subspezifischer Taxa, deren systematische Bedeutung meist ungeklärt ist. Aufgrund dieser Schwierigkeiten ist eine biosystematische Neuüberarbeitung der Gattung in den Alpen vorgesehen. Die vorliegende Untersuchung soll als Grundlage für eine klarere Abgrenzung und Aufschlüsselung der Arten dienen. Dabei konnten die morphologischen Erhebungen mit chemotaxonomischen Untersuchungen ergänzt und die Ergebnisse der beiden Methoden miteinander verglichen werden.

Ein früher Versuch zur Gliederung der *Erigeron*-Taxa der Schweizer Alpen unternahm RIKLI (1904a,b), der wesentliche morphologische Artmerkmale erkannte und einander gegenüberstellte. Kurz darauf erschien die "Monographie der alpinen *Erigeron*-Arten Europas und Vorderasiens" von VIERHAPPER (1906). VIERHAPPER legte bei der systematischen Einteilung besonders grossen Wert auf das Vorkommen oder Fehlen eines zusätzlichen Blütentypes zwischen Zungenblüten und Röhrenblüten, den sogenannten Fadenblüten (vgl. Kap. 3.1, 3.3). Aufgrund dieser Eigenschaft stellte er alle Arten mit Fadenblüten in eine neue Gattung *Trimorpha*. VIERHAPPERS System wurde aber in den neueren Florenwerken (vgl. HALLIDAY 1976, WAGENITZ 1979, HESS et al. 1980, PIGNATTI 1982) nicht übernommen, und der systematische Wert der Fadenblüten blieb umstritten. Eine breit abgestützte Untersuchung verschiedener morphologischer Merkmale wurde von PAWLOWSKI (1970) an den *Erigeron*-Arten Polens und der Karpaten durchgeführt. Seine Resultate stellen wertvolle Vergleichsmöglichkeiten und Ergänzungen zu unseren morphologischen Ergebnissen dar.

In Anlehnung an die neuere Literatur wurde von 9 Arten aus den höheren Lagen der Alpen ausgegangen; diese werden in den einzelnen Abschnitten in der folgenden Reihenfolge aufgeführt: *E. alpinus* L., *E. neglectus* Kerner, *E. polymorphus* Scop. (*E. glabratus* Hoppe et Hornsch. ex Bluff et Fingerh.), *E. candidus* Widder, *E. uniflorus* L., *E. atticus* Vill. (*E. villarsii* Bell.), *E. gaudinii* Brügger (*E. glandulosus* Hegetschw., *E. rupestris* Schleicher, *E. schleicheri* Greml), *E. acer* L. und *E. angulosus* Gaudin (*E.*

acer L. subsp. *angulosus* [Gaudin] Vaccari). Die gewöhnlich nur im Tiefland verbreiteten *E. annuus* (L.) Pers. s.l. (*Stenactis annua* [L.] Nees s.l.), *E. karvinskianus* DC. (*E. mucronatus* DC.) und *E. canadensis* L. (*Conyza canadensis* [L.] Cronq.) werden in dieser Arbeit nicht behandelt. Auch die beiden Taxa *E. droebachiensis* O.F.Müller und *E. politus* Fries aus der Verwandtschaft des *E. acer*, welche oft auch als Unterarten aufgeführt sind, wurden nicht untersucht. Ihre Verbreitung und taxonomische Abgrenzung, insbesondere gegenüber *E. angulosus*, sind noch nicht geklärt. Ebenfalls nicht in die Untersuchungen einbezogen wurde *E. acer* subsp. *macrophyllus* (Herbich) Guterm., eine Sippe, welche am Alpen-Ostrand die Westgrenze ihres Verbreitungsareals erreicht (GUTERMANN 1974).

Verschiedene *Erigeron*-Arten sind reich an ätherischem Öl; dieses enthält Polyacetylene, Mono-Terpene, Sesqui-Terpene und Phenyl-Derivate (MIYAZAWA und KAMEOKA 1979, MIYAZAWA et al. 1981; PIERIBATTESTI et al. 1981, 1988). Es scheint, dass dabei Polyacetylene (*Matricaria*-Ester und *Lachnophyllum*-Ester) die Hauptkomponente ausmachen. Alle Pflanzenteile von Arten der Gattung *Erigeron* s.str. enthalten Polyacetylene; dies weist auf eine enge Beziehung zu den auch morphologisch ähnlichen Gattungen *Aster* und *Conyza* hin, bei denen ebenfalls Polyacetylene nachgewiesen wurden (TRONVOLD et al. 1953). BOHLMANN und JAKUPOVIC (1979) untersuchten die chemische Zusammensetzung von *Conyza canadensis* (*Erigeron canadensis*) und drei anderen *Conyza*-Arten. Sie sind der Ansicht, dass sich chemische Merkmale zur Klärung der Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den drei Gattungen *Erigeron*, *Aster* und *Conyza* sehr gut eignen.

Als wichtige sekundäre Inhaltsstoffe sind Flavonoide in *Compositen*, so auch in der Gattung *Erigeron* in zahlreichen Arbeiten untersucht worden. So berichteten IMAI und MAYAMA (1953, 1954) über das Vorkommen von Quercetin und Apigenin-7-glucuronid in *Erigeron annuus*, sowie über Quercetin und Quercitrin in *E. bonariensis* L. Aus *E. crispus* Pourr. extrahierten METWALLY et al. (1973) ebenfalls Quercetin. Luteolin-7-0-glucosid in *E. acer* sowie Apigenin-7-0-rhamno-glucosid und Quercitrin in *E. annuus* wurden von KANETA et al. (1978) gefunden. Neben ätherischem Öl und Flavonoiden kommen in der Gattung *Erigeron* auch Pyromekonsäure, Kautschuk, Gerbstoffe, Gallussäure und Cholin vor (HOPPE 1975, WAGENITZ 1979). Die wenigen an *Erigeron*-Arten durchgeführten chemischen Untersuchungen liefern keine Hinweise auf die taxonomische Bedeutung der gefundenen Inhaltsstoffe innerhalb der Gattung. In der vorliegenden Arbeit werden Mazerationsextrakte und ätherische Öle der *Erigeron*-Arten der Alpen anhand von Dün-

schichtchromatogrammen und UV-Absorptionsspektren untersucht und miteinander verglichen.

Verdankungen

Wir danken Herrn Frank Thommen für die graphischen Darstellungen der morphologischen Daten. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes oder Teilen davon sei Herrn Dr. Matthias Baltisberger, Frau Dr. Gisela Huber-Meinicke, Herrn Dr. Adrian Leuchtmann und Herrn Bernhard Koller gedankt. Frau Berta Brun danken wir für die sorgfältige Darstellung der Tabellen und die Ausführung der Textkorrekturen und Herrn Martin Fotsch für die fachgerechte Pflege der Kulturen.

2. HERKUNFT DES UNTERSUCHUNGSMATERIALS

Die untersuchten *Erigeron*-Pflanzen wurden in den Jahren 1988-1990 auf mehreren Exkursionen in verschiedenen Regionen der Alpen gesammelt. Für die morphologischen Studien wurde reichlich Herbarmaterial mitgenommen, um einen Querschnitt der Variabilität innerhalb einer Population zu erhalten. Die Herbarbelege befinden sich in der Sammlung der ETH Zürich, ZT. Die eigenen Belege wurden durch geeignete Aufsammlungen früherer Sammler aus dem Herbarium ZT, in Einzelfällen auch aus den Herbarien von Graz (GZU), München (M) und Wien (WU) ergänzt. Für die chemischen Untersuchungen wurde Frischmaterial entweder direkt am natürlichen Standort gesammelt oder von den kultivierten Pflanzen im Gewächshaus in Zürich abgeerntet. Die Kulturen stammen teils aus Samen, teils von lebenden Pflanzenteilen aus der Natur. Pro Herkunft werden in der Regel 10-20 Exemplare in Kultur gehalten.

Im folgenden werden die Herkünfte aller untersuchten Populationen für jede Art zusammengestellt. Nach der Nennung des Fundortes folgen Angaben über den Standort und die Meereshöhe, Name des Sammlers (W.H. = Walter Huber, G.H.-M. = Gisela Huber-Meinicke, M.F. = Martin Fotsch), Sammeldatum und in Klammern die Abkürzung des Herbars und die Nummer des Beleges. Bei den selbst gesammelten Belegen aus der Schweiz werden zusätzlich die Koordinaten der "Landeskarte der Schweiz" angegeben.

Die Reihenfolge der Herkünfte richtet sich nach den ihnen zugeordneten 1-3stelligen Nummern. Diese Nummern wurden fortlaufend jeder *Erigeron*-Kollektion zugeteilt. Um eine Übersicht über den geographischen Ursprung des untersuchten Pflanzenmaterials zu geben, werden unter jeder Art am Anfang die Herkunftsländer (von Westen nach Osten) mit den zugehörigen Populationsnummern aufgeführt. Das Durchnummerieren ermöglicht ein schnelles

Auffinden der Herkunft von den im Text und in den Figuren und Tabellen bezeichneten Pflanzen. Durch die Verwendung derselben Nummer in zukünftigen Arbeiten ist ein Vergleich der Ergebnisse verschiedener Methoden an Pflanzen derselben Herkunft später leicht möglich.

***Erigeron alpinus* L.**

Frankreich: Nrn. 66, 68. Schweiz: Nrn. 1c, 14, 16, 23, 35, 36, 42. Italien: Nrn. 3, 67, 107. Liechtenstein: Nr. 7.

Nr. 1c. Schweiz: Kt. Wallis, Sorebois, NW von Zinal, 611850/110550; alpiner Rasen (pH = 5), 2630 m; leg. W.H., 7.7.1989 (ZT, 11804a).

Nr. 3. Italien: Sextener Dolomiten, 600 m SW der Lavaredohütte, SE der Drei Zinnen; E-exp., teilweise verfestigte Dolomitschutthalde, 2310 m; leg. W.H. und G.H.-M., 20.8.1988 (ZT, 10988).

Nr. 7. Liechtenstein: 1 km S des Augstenbergs, 10 km SE von Vaduz, 765050/215850; SW-exp., steile Wiese auf Kalk, 2150 m; leg. W.H., 27.8.1988 (ZT, 31477).

Nr. 14. Schweiz: Kt. Wallis, L'Ar Pitetta, Val de Zinal, 615750/105500; sonnige, locker bewachsene Kuppe über Silikat, 2050 m; leg. W.H., 9.7.1989 (ZT, 11863).

Nr. 16. Schweiz: Kt. Wallis, am SE-Zipfel des Lac d'Emosson, W von Martigny, 561150/102050; Strassenschutt (pH = 6-7), 1980 m; leg. W.H. und M. H., 15.7.1989 (ZT, 11888).

Nr. 23. Schweiz: Kt. St. Gallen, Pizol-Gebiet, S der Pizolhütte, 750800/204850; S-exp. Rasen, 2200 m; leg. W.H. und M.F., 27.7.1989 (ZT, 11710).

Nr. 35. Schweiz: Kt. Graubünden, Uglix, SE des Chavagl Grond bei Bergün, 774050/166300; E-exp. Weidebord auf Kalk, 2120 m; leg. W.H. und M.F., 14.8.1989 (ZT, 11547).

Nr. 36. Schweiz: Kt. Graubünden, Eingang des Val da Fain im Val Bernina, 795750/147750; steinige Weide auf silikatischem Untergrund, 2140 m; leg. W.H. und M.F., 14.8.1989 (ZT, 11568).

Nr. 42. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, Las Costas, NE Marguns ob Celerina, 783600/155050; E-exp. Weidehang auf Kalk, 2380 m; leg. W.H. und M.F., 15.8.1989 (ZT, 11620).

Nr. 66. Frankreich: Hautes-Alpes briançonnaises, oberhalb St. Véran, zwischen Chapelle Ste. Elisabeth und den Kupferminen; steiler Rasenhang, ca. 2200 m; leg. K. H. Riehle und E. Müller, 12.6.1954 (ZT, 54/127).

Nr. 67. Italien: Dolomiten, E von Canazei, direkt neben der Bergstation der Seggiovias; kalkarme, sonnige Weide über Porphyrboden, 2380 m; leg. H. Seitter, 21.8.1958 (ZT, 1004).

Nr. 68. Frankreich: Haute-Savoie, Mont Méri; Alpweiden, 2200-2300 m; leg. H. A. Romieux, 8.1882 (ZT, 1005).

Nr. 107. Italien: Alpi Maritime, ca. 20 km SW von Cuneo, S von Entracque, zwischen S. Giacomo und Col de Fenestre, ca. 300 m NE des Rif. Dado Soria; S-exp., steinige Weide, Silikat, 1730 m; leg. W.H. und M.F., 2.8.1990 (ZT, 12501).

***Erigeron neglectus* Kerner**

Schweiz: Nrn. 31, 34, 39, 41a, 41b, 63, 64. Italien: Nrn. 61, 65. Deutschland: Nr. 62. Österreich: Nr. 57.

Nr. 31. Schweiz: Kt. St. Gallen, Calanda, E des Unter-Haldensteiner Schafttäli, 754250/195750; SW-exp. *Seslerio-Sempervirentetum*-Hang (Kalk), 2400 m; leg. W.H. und A. Leuchtmann, 10.8.1989 (ZT, 11501).

Nr. 34. Schweiz: Kt. Graubünden, SE des Chavagl Grond bei Bergün, 773800/166550; E-exp. *Seslerio-Sempervirentetum*, 2250 m; leg. W. H. und M.F., 14.8.1989 (ZT, 11525).

Nr. 39. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, am Fuss des Piz Padella ob Samedan, 784500/156500; E-exp. *Seslerio-Sempervirentetum*, 2500 m; leg. W. H. und M.F., 15.8.1989 (ZT, 11575).

Nr. 41a. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, Las Costas, NE Marguns ob Celerina, 783600/155050; SE-exp. *Seslerio-Sempervirentetum*, 2380 m, leg. W.H. und M.F., 15.8.1989 (ZT, 11608).

Nr. 41b. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, Costa Trida, SW von Marguns ob Celerina; E-exp. Rasenhänge über kalkhaltigem Untergrund (*Seslerio-Sempervirentetum*), 2300-2400 m; leg. W.H. und H. Zhang, 15.8.1990 (ZT, 12813).

Nr. 57. Österreich: Tirol, Truna bei Trins im Gschnitztal; leg. Kerner (Typus, WU).

Nr. 61. Italien: Dolomiten, 1.5 km SE von Passo Pordoi im Val del Pan, 500 m W vom Gipfel des Col del Cuc; direkt am Weg auf Porphyrfelskopf, 2420 m; leg. H. Seitter und E. Sulger Büel, 21.8.1958 (ZT, 1033).

Nr. 62. Deutschland: Bayern, Allgäuer Alpen, Fellhorn, am Grat gegen den Schlappolt, 1950 m; leg. H. Merxmüller, 19.7.1947 (M, 17314).

Nr. 63. Schweiz: Kt. Waadt, Tour d'Anzeindaz; steinige Weiden, 2150 m; leg. H.A. Romieux, 1.8.1885 (ZT, 1030).

Nr. 64. Schweiz: Kt. Bern, Bonderspizze ob Adelboden, 2450 m; leg. R. Zryd, 22.8.1926 (ZT, 1031).

Nr. 65. Italien: Südtiroler Dolomiten; Alpenmatten auf dem Padon im Fassatal; leg. F. Vierhapper, 7.1915 (ZT, 1032).

Erigeron polymorphus Scop.

Frankreich: Nr. 52. Schweiz: Nrn. 10, 21, 27, 28c, 29c, 33, 53, 54. Italien: Nr. 55. Liechtenstein: Nr. 8. Österreich: Nrn. 56, 95.

Nr. 8. Liechtenstein: ob dem Lawenatobel, an der Strasse von Lawena nach Triesen, 759850/216000; sonniger Strassenrand (Kalkgebiet), 1200 m; leg. W.H., 28.8.1988 (ZT, 31480).

Nr. 10. Schweiz: Kt. Bern, 600 m W Ussri Sägissa, 8 km NW von Grindelwald, 638950/168550; S-exp., steiniger Abhang auf kalkhaltigem Untergrund, 2060 m; leg. W.H. und G. H.-M., 2.10.1988, (ZT, 31485).

Nr. 21. Schweiz: Kt. Appenzell Innerrhoden: Säntis-Gebiet, E der Wagenlücke, 745500/235000; *Seslerio-Sempervirentetum*, 2000 m; leg. W.H. und G.H.-M., 26.7.1989 (ZT, 11495).

Nr. 27. Schweiz: Kt. Obwalden, NE Tannenschild bei der Melchsee-Frutt, 665800/181400; Felsgrat (Kalk), 2160 m; leg. W.H. und G.H.-M., 3.8.1989 (ZT, 11782).

Nr. 28c. Schweiz: Kt. Obwalden, entlang des alten Fruttweges zwischen Cheselen und Aa Alp bei der Melchsee-Frutt; auf Kalk, 1450-1600 m; leg. W.H. und G.H.-M., 3.8.1989 (ZT, 11779).

Nr. 29c. Schweiz: Kt. Obwalden, am Gratweg von der Station Melchsee-Frutt zum Bonistock, 664350/180900; locker bewachsener Rasen auf Kalk, 2060 m; leg. W.H., M. Baltisberger, H. Zhang, 10.7.1990 (ZT, 19447).

Nr. 33. Schweiz: Kt. St. Gallen, Calanda, E des Unter-Haldensteiner Schaftäli, 754100/195700; W-exp., flachgründiger, lockerer Rasen auf Kalk, 2300 m; leg. W.H. und A. Leuchtmann, 10.8.1989 (ZT, 11522).

Nr. 52. Frankreich: Haute-Savoie, auf Alpweiden des Mont Vergy bei Brizon, 1900 m; leg. J. Timothée, 7.1896 (ZT, 1027).

Nr. 53. Schweiz: Kt. Freiburg, zwischen La Case und Les Marrindes entlang des Riau des Morteys, 1.5 km NE des Vanil Noir, 30 km S von Freiburg; steinige, feuchte Weide auf Kalk, 1700-1800 m; leg. W.H. und G. Meinicke, 7.8.1985 (ZT, 10064).

Nr. 54. Schweiz: Kt. St. Gallen: Felsspalten am NW-Fuss der Gipfelpyramide des Speer, ca. 1730 m; leg. W. Koch, 11.8.1937 (ZT, 1029).

Nr. 55. Italien: obere Lombardei, Provinz Sondrio: Bormio, in Alpweiden des Monte Braulio, an der Lokalität Spondalonga; auf kalkigem Untergrund, 2000-2300 m; leg. M. Longa, 13.8.1908 (ZT, 1028).

Nr. 56. Österreich: Niederösterreich, unterhalb des Elisabethen-Kirchleins, Schneeberg, ca. 50 km SW von Wien, 1770 m; leg. M. Baltisberger und A. Lenherr, 10.8.1980 (ZT, 80/1505).

Nr. 95. Österreich: Kärnten, Gurktaler Alpen, zwischen Turracher Höhe und Kornock, 800 m ESE des Kornock; E-exp., steiniger Weidehang unterhalb Kalkbändern, 1980 m; leg. W.H. und M.F., 25.7.1990 (ZT, 12470).

***Erigeron candidus* Widder**

Österreich: Nrn. 58, 59, 60, 88, 89.

Nr. 58. Österreich: Steiermark, Koralpe, an Kalkbändern im Seekar bei 1900-2000 m; leg. F. Widder, 7.8.1931 (Isotypus, GZU).

Nr. 59. Österreich: Lavanttaler Alpen, Koralpe, auf Marmorbänken im Bärenalkar bei 1740 m; leg. F. Widder, 19.8.1953 (GZU).

Nr. 60. Österreich: Gurktaler Alpen, Eisenhut-Gebiet; aus Samen gezogene Pflanzen, kultiviert im Botanischen Garten Graz; leg. F. Widder, 5.1947 (GZU).

Nr. 88. Österreich: Steiermark, Koralpe, Seekar, SE-Flanke des Seespitz; Weiderasen am Fuss von Marmorbänken, 1880 m; leg. W.H. und M. F., 23.7.1990 (ZT, 19475).

Nr. 89. Österreich: Steiermark, Koralpe, Seekar, ca. 300 m S des Seespitz; Weiderasen mit offenen Stellen, unterhalb einer Marmorbank, 2000 m; leg. W.H. und M.F., 23.7.1990 (ZT, 12402).

***Erigeron uniflorus* L.**

Frankreich: Nrn. 48, 116b. Schweiz: Nrn. 1a, 1b, 20, 24, 26, 37, 40, 50. Italien: Nrn. 4, 49. Liechtenstein: Nr. 51.

Nr. 1a. Schweiz: Kt. Wallis, Sorebois, ca. 3 km WNW von Zinal, Val d'Anniviers, 611800/110350; alpiner Rasen, 2600 m; leg. E. und M. Baltisberger, 6.8.1988 (ZT, 11740).

Nr. 1b. Schweiz: Kt. Wallis, Sorebois, NW von Zinal, 612450/110600; S-exp., locker bewachsene Silikatfelsplatte, 2500 m; leg. W.H., 7.7.1989 (ZT, 11806).

Nr. 4. Italien: Sextener Dolomiten, 500 m E der Auronzohütte, S der Drei Zinnen; S-exp., teilweise verfestigte Dolomitschutthalde, 2320 m; leg. W.H. und G.H.-M., 20.8.1988 (ZT, 10989).

Nr. 20. Schweiz: Kt. Appenzell Innerrhoden, Säntis-Gebiet, Chalbersäntis, 744400/234550; alpiner Rasen über Kalk, 2380 m; leg. W.H. und G.H.-M., 26.7.1989 (ZT, 11482).

Nr. 24. Schweiz: Kt. St. Gallen, Pizol-Gebiet, S der Pizolhütte, 750850/204850; S-exp. Rasen, 2200 m; leg. W.H. und M.F., 27.7.1989 (ZT, 11733).

Nr. 26. Schweiz: Kt. Graubünden, Averstal, ob Juf, bei den Lawinenverbauungen, 765100/146600; in Felsen, Mischgestein, 2500 m; leg. B. Merz, 27.7.1989 (ZT, 11752).

Nr. 37. Schweiz: Kt. Graubünden, Eingang des Val da Fain im Val Bernina, 795700/147500; steinige Weide auf silikatischem Untergrund, 2120 m; leg. W.H. und M.F., 14.8.1989 (ZT, 11567).

Nr. 40. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, Alp Clavadatsch am Fuss des Piz Padel-la ob Samedan, 784550/156450; E-exp. Weidehang auf Kalk, 2470 m; leg. W.H. und M.F., 15.8.1989 (ZT, 11592).

Nr. 48. Frankreich: SW des Tête de Sadours, ca. 5 km E des Mont Mounier, ca. 60 km N von Cannes; W-exp., zum Teil verfestigte Schutthalde, 2200 m; leg. M. Baltisberger und W.H., 22.6.1982 (ZT, 82/391).

Nr. 49. Italien: Tiroler Alpen, vom Giogo dello Stèlvio (Stilfserjoch) nach N entlang der Cresta Larga; kalkarmer Schutt, 2800-2850 m; leg. W.H. und G. Meinicke, 22.8.1987 (ZT, 31423).

Nr. 50. Schweiz: Kt. Bern, Faulhorn-Gipfel, 6 km NNW von Grindelwald, 642900/169450; steiniger Rasen auf kalkhaltigem Untergrund, 2680 m; leg. W.H. und G.H.-M., 1.10.1988 (ZT, 31483).

Nr. 51. Liechtenstein: 200 m NE vom Augstenberg-Gipfel, 10 km SE von Vaduz, 765000/217050; Rasen auf Kalk, 2270 m; leg. W.H., 27.8.1988 (ZT, 31474).

Nr. 116b. Frankreich: Alpes Maritimes, Col de Jalorgues, am Grat zum Sommet de Jalorgues, ca. 300 m NNW des Passes; Mischgestein, 2560 m; leg. W.H. und M.F., 4.8.1990 (ZT, 12640).

Erigeron atticus Vill.

Frankreich: Nr. 71. Schweiz: Nrn. 12, 30, 69, 70. Österreich: Nr. 91.

Nr. 12. Schweiz: Kt. Bern, 350 m SSE vom Loucherhorn, 8 km NW von Grindelwald, 638100/168150; S-exp., steiniger Abhang auf kalkhaltigem Untergrund, 2010 m; leg. W.H. und G.H.-M., 2.10.1988 (ZT, 31487).

Nr. 30. Schweiz: Kt. Obwalden, unterhalb der Aa Alp bei der Melchsee-Frutt, 662800/181850; SE-exp. felsiger Weidehang mit Hochstauden, auf Kalk, 1610 m; leg. W.H. und G.H.-M., 3.8.1989 (ZT, 11756).

Nr. 69. Schweiz: Kt. Waadt: ob Montreux auf dem Gipfel der Dent de Jaman; auf Kalk am Weg, 1840 m; leg. E. Sulger Büel, 11.8.1935 (ZT, 2028).

Nr. 70. Schweiz: Kt. Graubünden, Val Samnaun, am alten Weg von Raveisch nach Samnaun; ca. 1800 m; leg. F. Käser, 25./27.7.1910 (ZT, 2050).

Nr. 71. Frankreich: Alpes Maritimes, Gebiet des Col de Tende, vom Vallon des Merveilles nach Mesce; leg. Richle, 11.8.1953 (ZT, 173).

Nr. 91. Österreich: Steiermark, Koralpe, Bärentalkar, 500 m E der Grillitschhütte; SSE-exp., steinige Weide mit Marmorbänken, 1730 m; leg. W. H. und M.F., 24.7.1990 (ZT, 12421).

Erigeron gaudinii Brügger

Frankreich: Nr. 123. Schweiz: Nrn. 45, 46a, 46b, 72, 73. Österreich/Italien: Nr. 74.

Nr. 45. Schweiz: Kt. Graubünden, Unter-Engadin, La Serra, E von Zernez, 804400/175500; S-exp. Gneisfelsen, 1700 m; leg. W.H. und M.F., 16.8.1989 (ZT, 11623).

Nr. 46a. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, Muntarütsch, N von Samedan, 787050/157700; silikatreiches Geröll, 1820 m; leg. W.H. und M.F., 15.8.1989 (ZT, 11573).

Nr. 46b. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, Charnadüra, am Weg unmittelbar entlang der Strasse zwischen Crasta und St. Moritzersee, 1740 m; leg. W.H. und M.F., 15.8.1989 (ZT, 11569).

Nr. 72. Schweiz: Kt. Wallis, Zermatt, SE vom Gornergrat-Hotel; an kleiner, felsiger, S-exp. Stelle am Weg zur Monte Rosa-Hütte, 2750 m; leg. E. Sulger Büel, 22.7.1949 (ZT, 2103).

Nr. 73. Schweiz: Kt. Wallis, S-Seite des Simplonpasses, Gondoschlucht, hinter der alten Kaserne; 1160 m; leg. M. Baltisberger, 11.7.1978 (ZT, 78/758).

Nr. 74. Österreich/Italien: Zentral-Tirol, Brenner; an aufrechten und überhängenden Felsen, auf schiefrig-kalkigem Mischgestein, 1350-1450 m; leg. Huter, (ZT, 2091).

Nr. 123. Frankreich: Hautes-Alpes, am Weg von Le Casset zum Col d'Arsine, ca. 15 km NW von Briançon; SW-exp., fast senkrechte Silikatfelsen, 2130 m; leg. W.H. und M.F., 7.8.1990 (ZT, 12778).

Erigeron acer L.

Schweiz: Nrn. 6, 15, 17, 25, 43. Italien: Nr. 5. Österreich: Nr. 94.

Nr. 5. Italien: Südtirol, 500 m ESE vom Mendelpass, 12 km SW von Bozen; Strassenbord, 1250 m; leg. W.H. und G.H.-M., 22.8.1988 (ZT, 10994).

Nr. 6. Schweiz: Kt. Zürich, Industriequartier (Kreis 5) der Stadt Zürich, 681100/249250; verlassenes, kiesiges Bahngleise, 400 m; leg. W.H. und G.H.-M., 24.8.1988 (ZT, 10995). Material für chemische Untersuchungen: leg. H. Zhang, 17.7.1990.

Nr. 15. Schweiz: Kt. Wallis, Pfynwald, 610550/127100; Wegrand, 550 m; leg. W.H., 10.7.1989 (ZT, 11887).

Nr. 17. Schweiz: Kt. Wallis, beim Bahnhof Le Châtelard-Giétroz, SW von Martigny, 562800/101100; Strassenbord, 1130 m; leg. W.H., 15.7.1989 (ZT, 11892).

Nr. 25. Schweiz: Kt. Aargau, Mülligen bei Brugg, 661100/255650; Strassenrand, 390 m; leg. W.H., 29.7.1989 (ZT, 11750).

Nr. 43. Schweiz: Kt. Graubünden, Ober-Engadin, Crasta, NE von St. Moritz, 785600/153 400; kiesiger Untergrund, 1720 m; leg. W.H. und M.F., 15.8.1989 (ZT, 11572).

Nr. 94. Österreich: Kärnten, Koralpe, zwischen Gösler Hütte und Ochsenriegel; Strassenbord, 1570 m; leg. W.H. und M.F., 24.7.1990 (ZT, 12467).

Erigeron angulosus Gaudin

Schweiz: Nrn. 2, 38a, 76, 77, 153, 154. Italien: Nr. 75.

Nr. 2. Schweiz: Kt. Wallis, Val d'Anniviers, 4.5 km S von Zinal, 615400/104850; verfestigter Moränenschutt des Zinal-Gletschers, am Weg entlang des Gletscherbaches, 1920 m; leg. E. und M. Baltisberger, 7.8.1988 (ZT, 11741).

Nr. 38a. Schweiz: Kt. Graubünden, NW-Seite des Berninapasses, 794000/147100; zwischen Strasse und Bach, 2030 m; leg. W.H. und M.F., 14.8.1989 (ZT, 11565); leg. W.H. und H. Zhang, 15.8.1990 (ZT, 11814).

Nr. 75. Italien: Zentral-Tirol, Alluvionen des Mareit-Tales bei Sterzing; schiefriger Untergrund, 1000 m; leg. Huter (ZT, 2217).

Nr. 76. Schweiz: Kt. St. Gallen, Rheintal, am Rheindamm unterhalb der Brücke Sennwald-Ruggell, ca. 440 m; leg. W. Koch und H. Kunz, 13.8.1954 (ZT, 54/374).

Nr. 77. Schweiz: Kt. Wallis, Saas-Fee, Sperwer, 636950/105000; auf angeschwemmtem Kies am Bache, 1920 m; leg. H. Bühner, 24.8.1951 (ZT, 1551).

Nr. 153. Schweiz: Kt. Uri, Maderanertal, unterhalb Gand, 698150/180500; beschatteter Strassenrand, 910-940 m; leg. W.H. und H. Zhang, 14.9.1990 (ZT, 12924).

Nr. 154. Schweiz: Kt. Glarus, Linthal, künstlich angelegte Stufen des Durnagel-Baches, 198650/719300; steinige Alluvionen, 640 m; leg. W.H. und H. Zhang, 14.9.1990 (ZT, 12925).

3. MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

3.1. AUSWAHL UND DEFINITION DER UNTERSUCHTEN MERKMALE

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

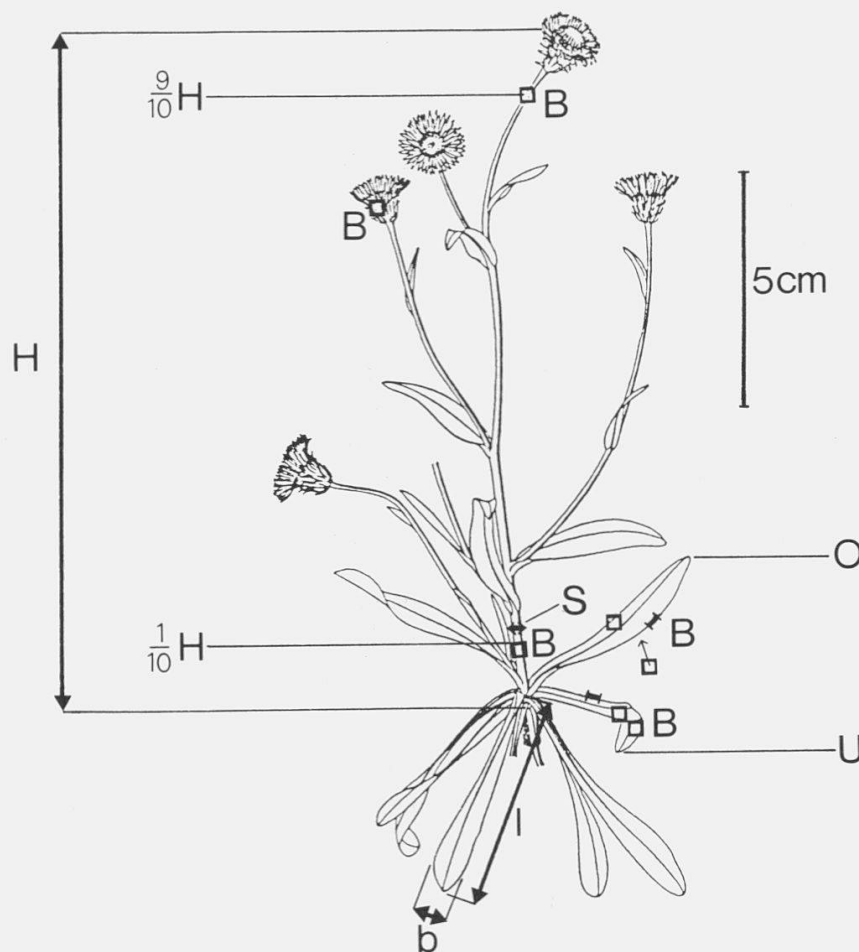


Fig. 1. Bezeichnung von untersuchten morphologischen Merkmalen am Beispiel von *Erigeron alpinus*.

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 mm² Fläche die Anzahl Haare/mm² ausgezählt. Falls relativ viele Haare homogen am Stengel verteilt waren, wurde nur ein Wert pro Pflanze erhoben; falls wenige Haare vorhanden waren (≤ 2 Haare/mm²), mussten an mehreren benachbarten Stellen Flächen von 1 mm² ausgezählt werden. Haare, deren Basis unmittelbar auf der Grenze des 1 mm²-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/mm² bestimmt, am Blattrand die Haare/mm ausgezählt. Wenn nur vereinzelte Haare vorhanden waren (≤ 2 Haare/mm²) oder die Haare inhomogen verteilt waren, wurden mehrere mm² 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 mm²-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* kommt es vor, dass der Stiel des Blütenkopfes weniger als 1 mm dick ist, so dass das 1 mm²-Fenster für die Auszählung zu gross war. In solchen Fällen wurde die Fläche von 1 mm² 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 mm²-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/mm² 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

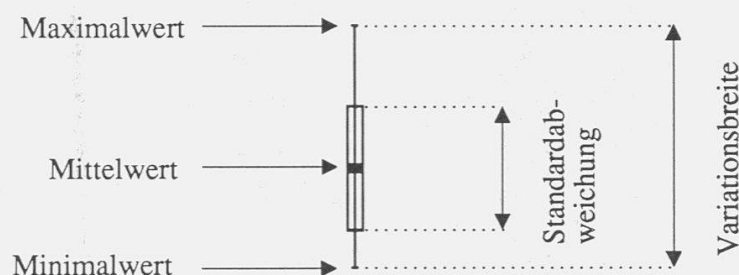
Mit Ausnahme von *E. polymorphus*, *E. candidus* und *E. uniflorus* besitzen die untersuchten *Erigeron*-Arten zwischen den weiblichen Zungenblüten am äusseren Rand des Blütenkopfes und den inneren, zwitterigen Röhrenblüten noch sogenannte Fadenblüten. Dieser zusätzliche Blütentypus ist wie die Zungenblüten 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-zähligen 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 vereinzelt 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 | <i>E. alpinus</i> | - | + | + |
| | <i>E. neglectus</i> | - | + | + |
| II | <i>E. polymorphus</i> | - | + | - |
| | <i>E. candidus</i> | - | + | - |
| | <i>E. uniflorus</i> | - | + | - |
| III | <i>E. atticus</i> | + | + | + |
| | <i>E. gaudinii</i> | + | + | + |
| IV | <i>E. acer</i> | - | - | + |
| | <i>E. angulosus</i> | - | - | + |

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

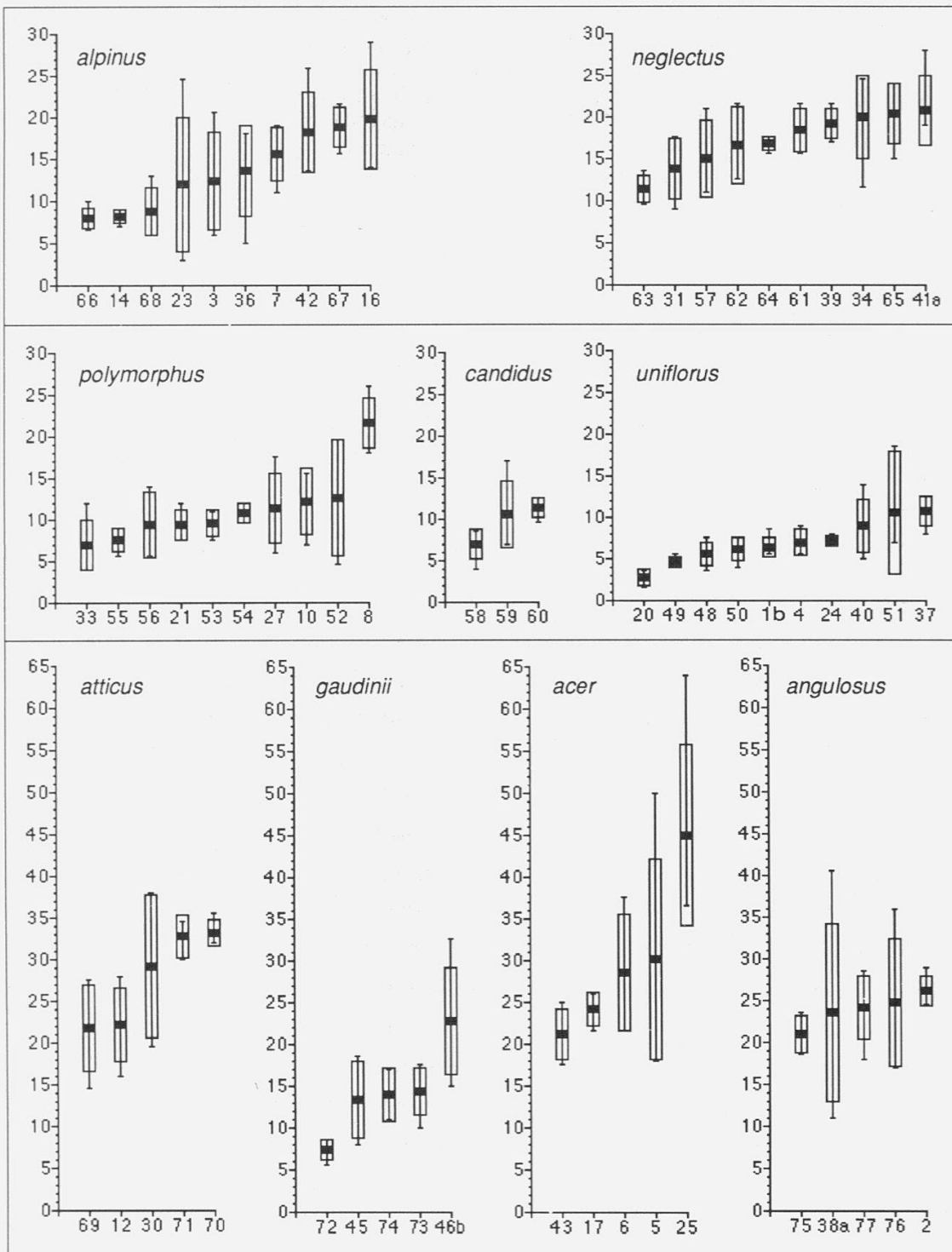


Fig. 2. Höhe der Pflanzen (in cm) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).

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/mm²) als *E. alpinus* (meist ≥ 8 Haare/mm²). Ausgerechnet der Typus-Beleg von *E. neglectus* aus dem Gschnitztal (Nr. 57) enthält Exemplare mit aussergewöhnlich starker Stengelbasisbehaarung (rund 10 Haare/mm²), 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/mm² vorhanden. Anhand der Stengelba-

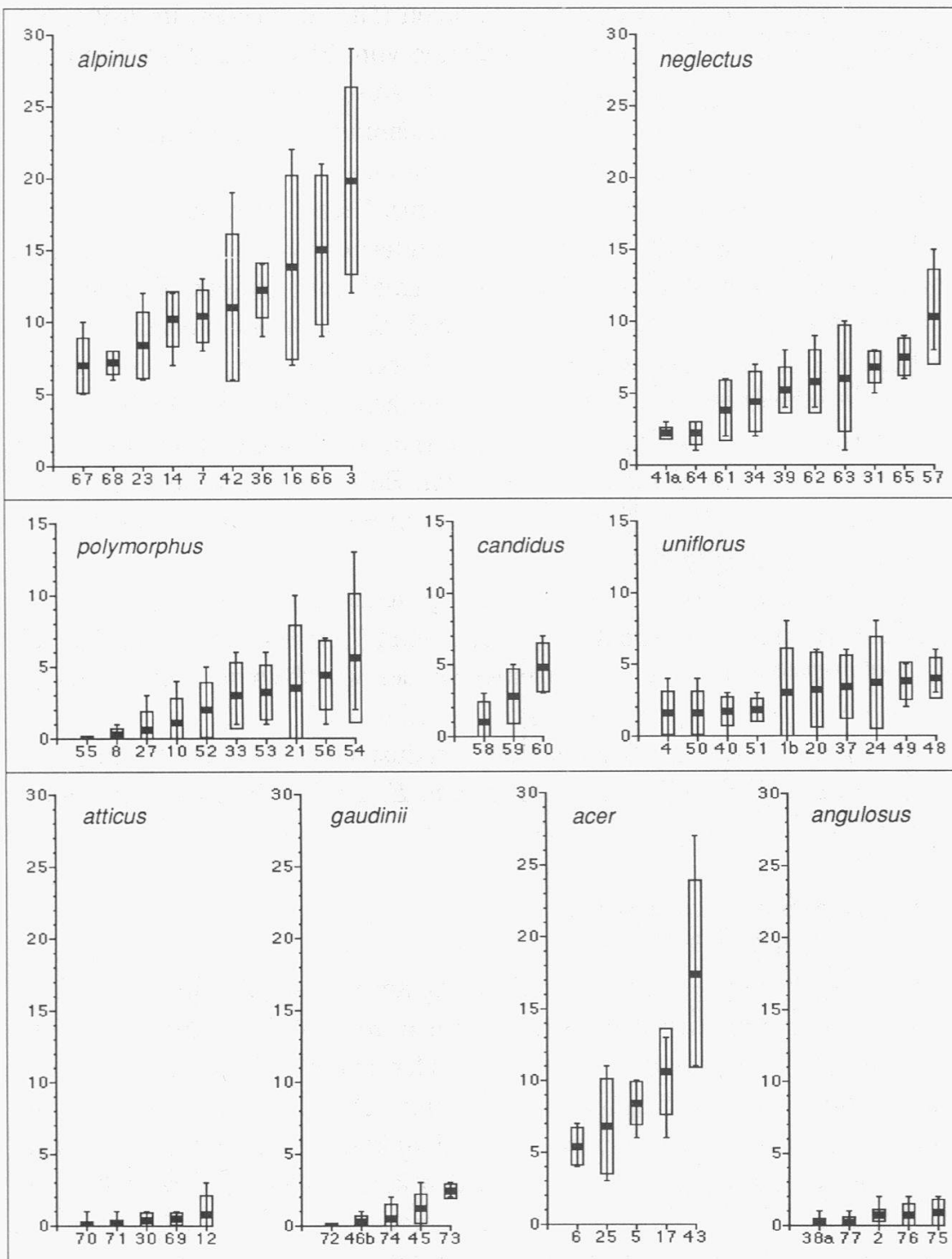


Fig. 3. Behaarung der Stengelbasis (Anzahl Haare/mm²) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Pubescence on base of stem of the investigated Erigeron species (number of hairs/mm²): 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.

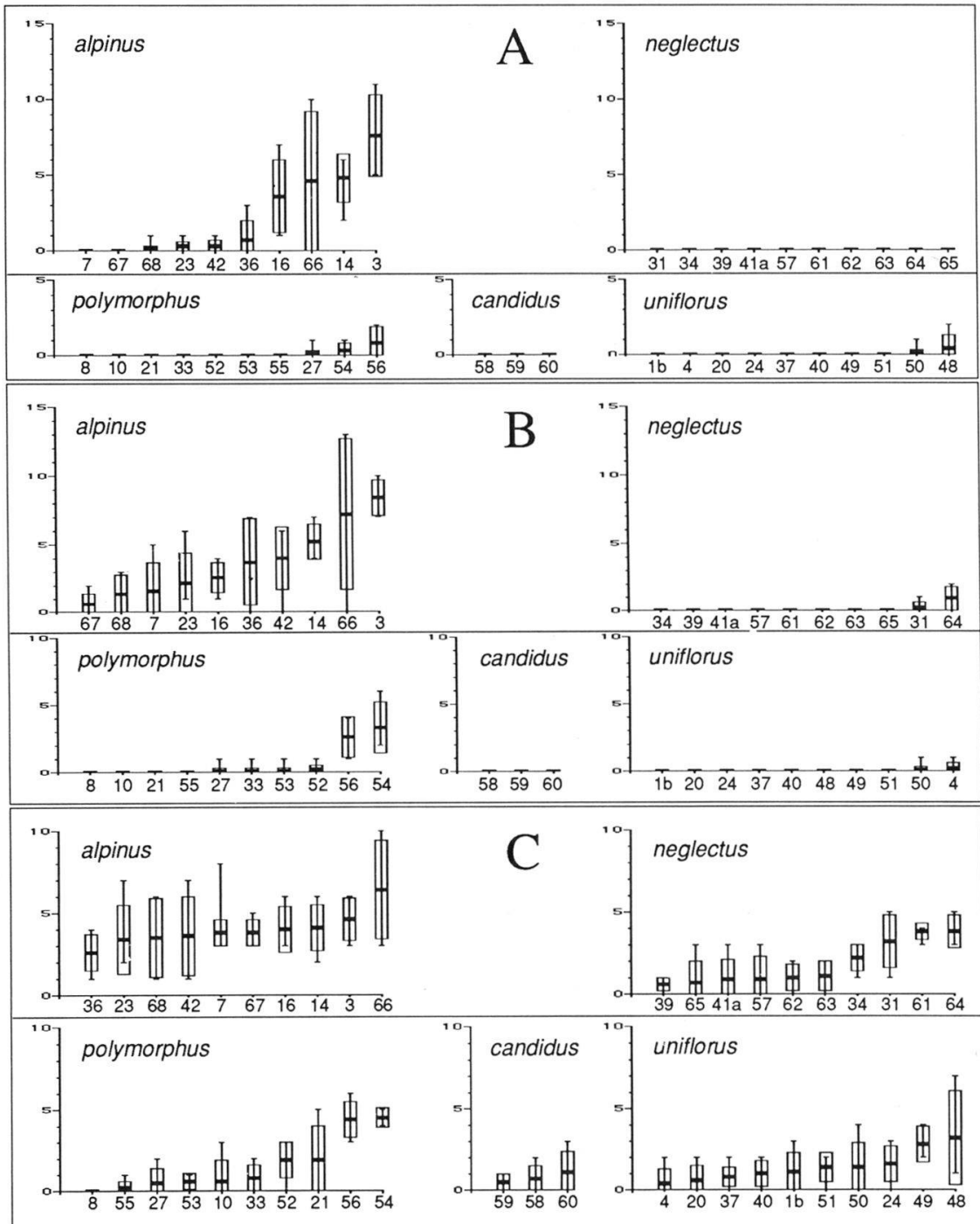


Fig. 4. Behaarung der unteren Basisblätter bei verschiedenen *Erigeron*-Arten.
A: Blattunterseite, B: Blattoberseite (Anzahl Haare/mm²), C: Blattrand (Anzahl Haare/mm): Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).
Pubescence on lower basal leaves of different Erigeron species.
A: lower side, B: upper side (number of hairs/mm²), 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/mm²) und *E. angulosus* (0-2 Haare/mm²).

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/mm²). 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/mm². Vollständig kann *E. uniflorus* anhand der Behaarung auf der Blattoberseite von *E. alpinus* (2-15 Haare/mm²) 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

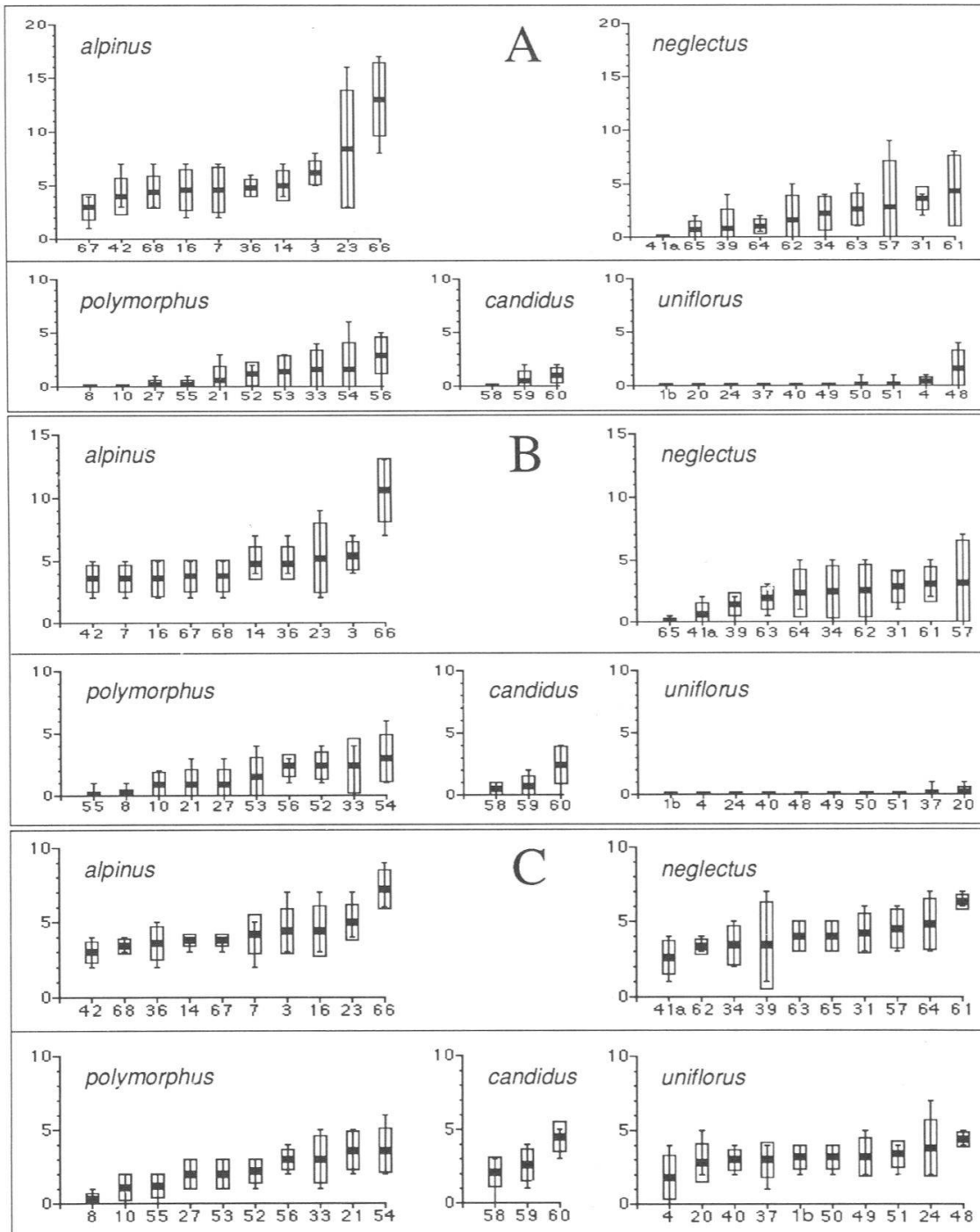


Fig. 5. Behaarung der oberen Basisblätter bei verschiedenen *Erigeron*-Arten.

A: Blattunterseite, B: Blattoberseite (Anzahl Haare/mm²), 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/mm²), 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.

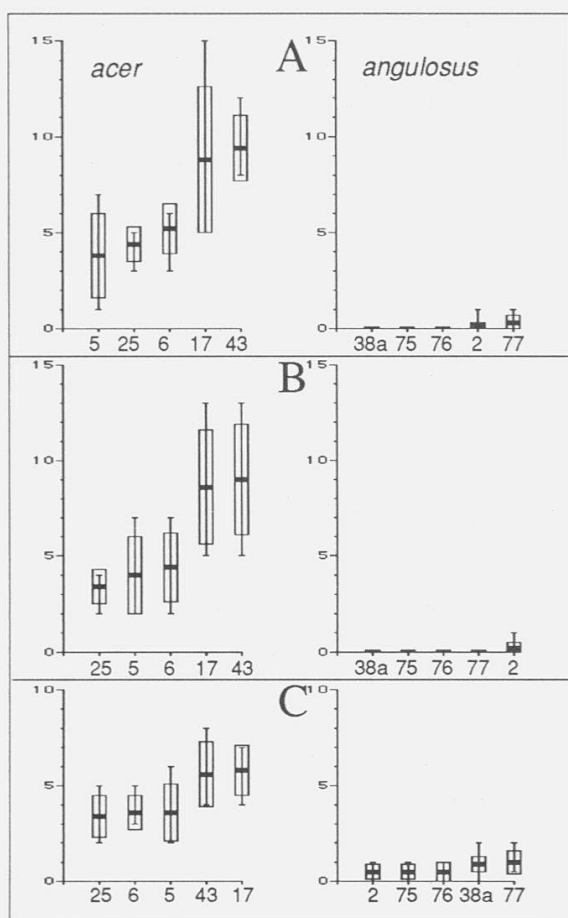


Fig.6

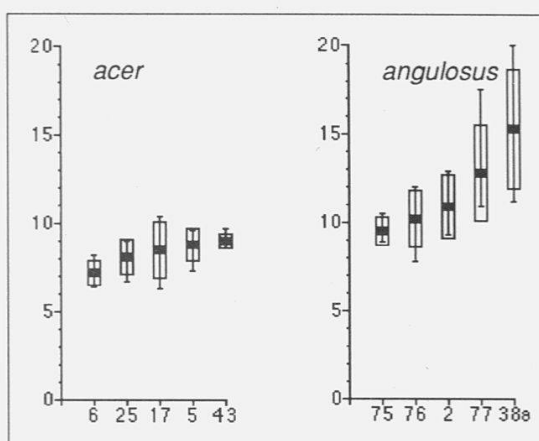


Fig. 7

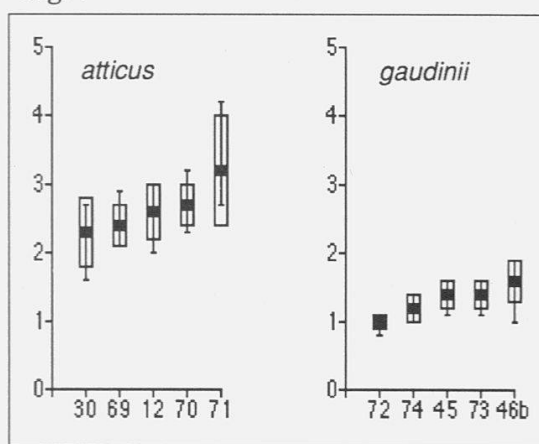


Fig. 8

Fig. 6. Behaarung der Basisblätter und untersten Stengelblätter bei *Erigeron acer* und *E. angulosus*. A: Blattunterseite, B: Blattoberseite (Anzahl Haare/mm²), 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/mm²), 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 Blattyten ist aber innerhalb desselben Individuums sehr ähnlich. Die Blätter von *E. acer* sind deutlich behaart (Blattfläche: 1-15 Haare/mm², Blattrand: 2-8 Haare/mm), die Blätter von *E. angulosus* sind kahl oder mit einzelnen Haaren versehen (0-1 Haar/mm² auf der Fläche, 0-2 Haare/mm am Rand).

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

Zusätzlich zur Behaarungsdichte verschiedener Pflanzenteile anerbote 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/mm², bei *E. alpinus* von St. Véran (Nr. 66) 31-36 Haare/mm²; innerhalb der *E. uniflorus*-Population vom Chalbersäntis (Nr. 20) sind unter den Blütenköpfen 0-28 Haare/mm² 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/mm², bei *E. angulosus* 0-5 Haare/mm² 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-

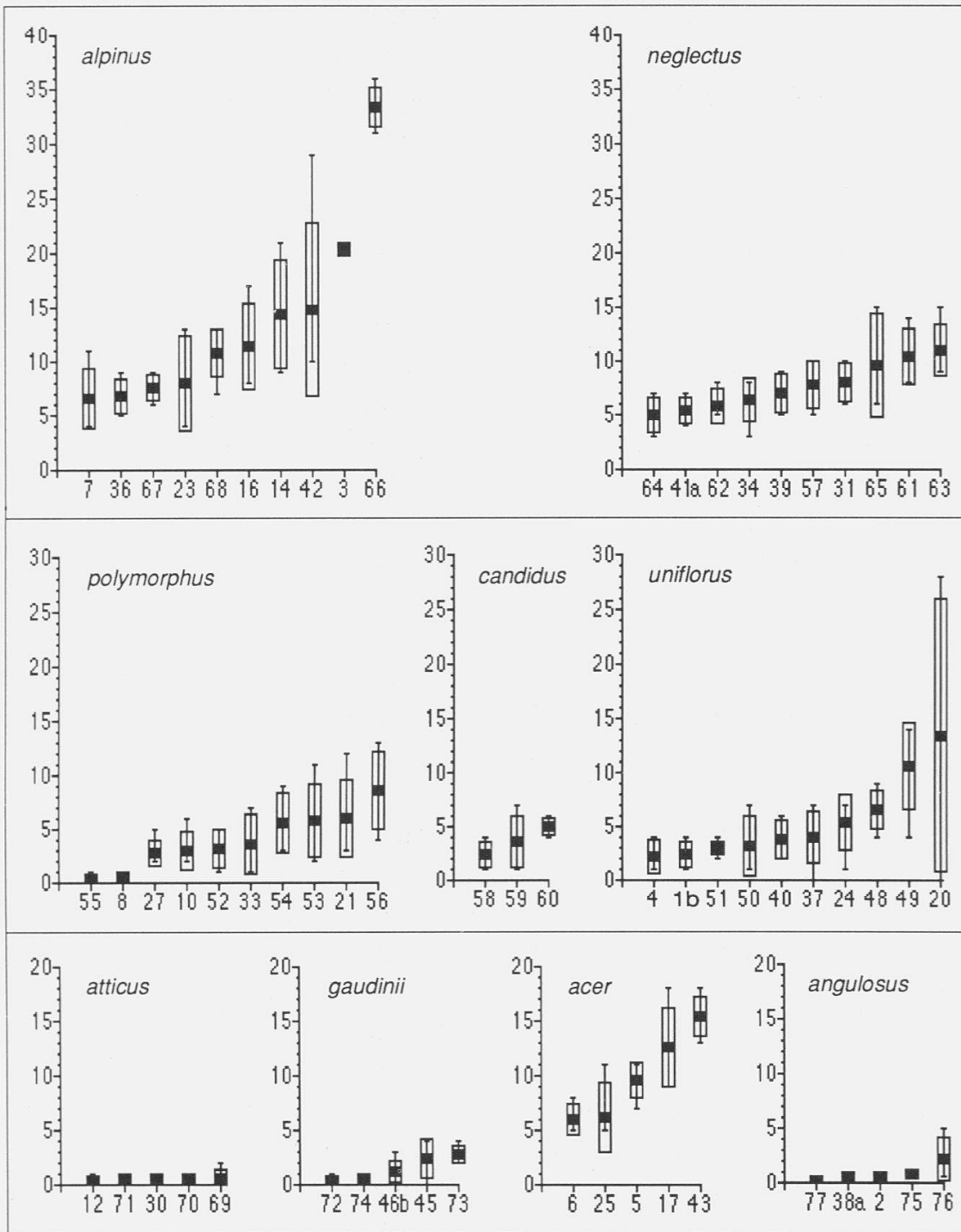


Fig. 9. Behaarung unter den Blütenköpfen (Anzahl Haare/mm²) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2). *Pubescence on flowering stems of the investigated Erigeron species (number of hairs/mm²): 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.*

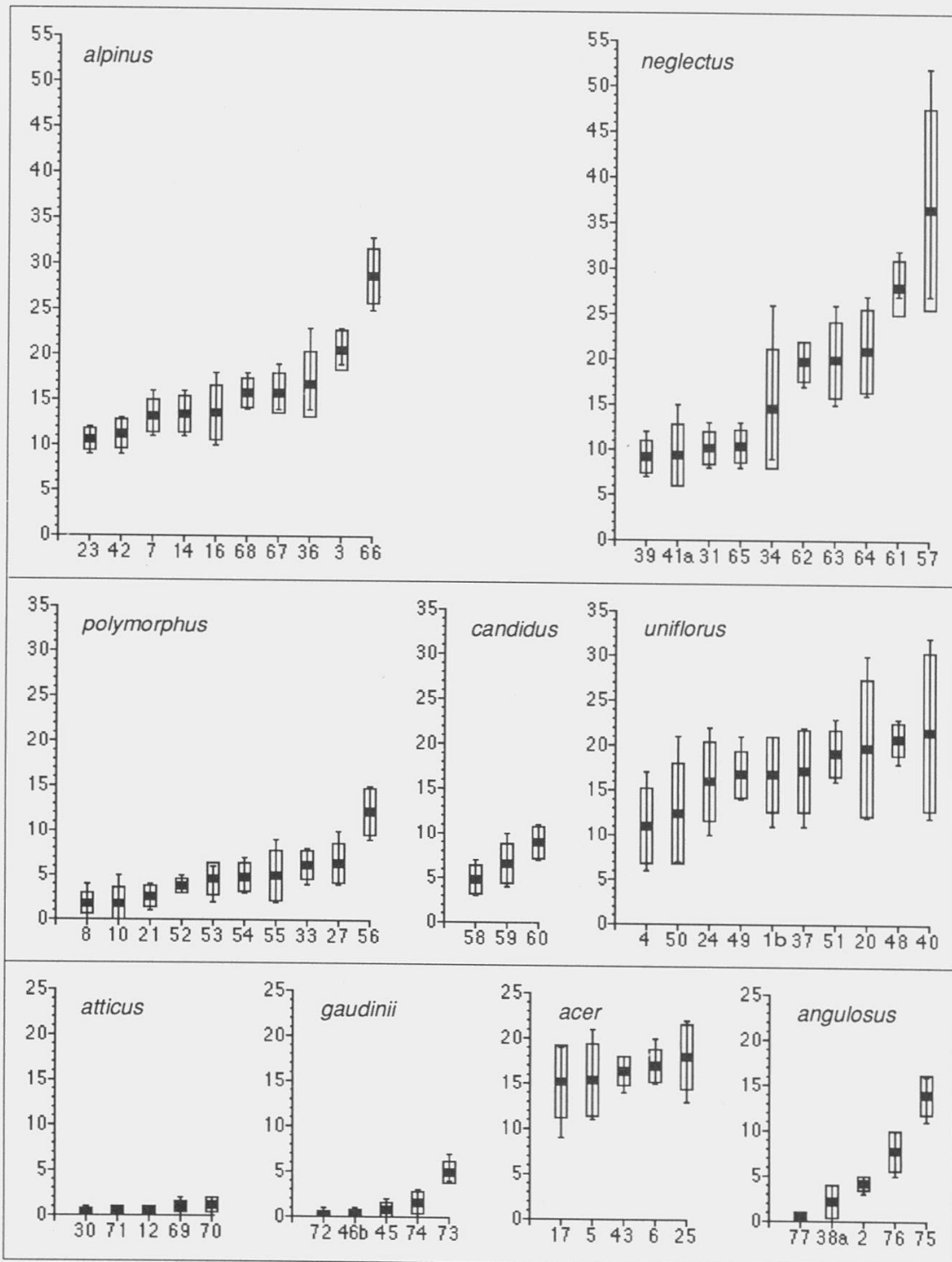


Fig. 10. Behaarung der äusseren Hüllblätter (Anzahl Haare/mm²) bei den untersuchten *Erigeron*-Arten: Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationsbreiten (Zeichenerklärung s. Kap. 3.2). Auf der Abszisse sind die Nummern der Populationen aufgetragen (vgl. Kap. 2).

Pubescence on outer involucral bracts of the investigated Erigeron species (number of hairs/mm²): 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/mm² 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/mm². Nur schlecht ist die Abgrenzung gegenüber *E. neglectus* möglich, wo die Behaarungsdichte an den Hüllblättern zwischen 6 und 52 Haaren (meist >8 Haare) pro mm² variiert. Auch problematisch ist die Unterscheidung von *E. acer* und *E. angulosus* anhand der Hüllblattbehaarung (meist >10 Haare/mm² bei *E. acer*, meist <10 Haare/mm² 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/mm²), 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/mm²) als *E. neglectus* (meist ≤ 8 Haare/mm²).

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/mm², *E. polymorphus* und *E. candidus* (mit wenigen Ausnahmen) 0-10 Haare/mm².

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/mm² bei *E. neglectus*, meist 0-10 Haare/mm² 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/mm²), nur undeutlich von den anderen drei Arten (meist behaart, 0-7 Haare/mm²) 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/mm² auf der Fläche und 2-8 Haare/mm am Rand; Stengelbasis: ≥ 3 Haare/mm², Stiele der Blütenköpfe: 5-18 Haare/mm²); *E. angulosus* ist kahl oder nur mit einzelnen Haaren

versehen (Basisblätter und unterste Stengelblätter: 0-1 Haar/mm² auf der Fläche und 0-2 Haare/mm am Rand, Stengelbasis: 0-2 Haare/mm², Stiele der Blütenköpfe: 0-5 Haare/mm²). 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* Nm. 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.

Für die **Dünnschichtchromatographie** wurde der Öl-Extrakt mit Äther verdünnt (Öl:Äther = ca. 1:99 v/v). Es wurden die gleichen DC-Folien wie oben verwendet; als Laufmittel diente Äther:Essigsäure-Äthylester (4:1). Die DC-Muster wurden unter einer UV-Lampe bei 366 nm und 254 nm untersucht und photographiert.

Für die **UltraviolettabSORPTIONSSPEKTROMETRIE** wurde die obige Testlösung durch Zugabe von Äther nochmals auf geeignete Konzentrationen verdünnt. Es wurde ein UV-240 Spektrophotometer von Shimadzu verwendet.

4.2. DÜNNSCHICHTCHROMATOGRAMME DER MAZERATIONSEXTRAKTE

In Figur 11 sind die DC-Muster sämtlicher untersuchten Populationen abgebildet. Für den direkten Vergleich zwischen den Arten wurde je eine typische

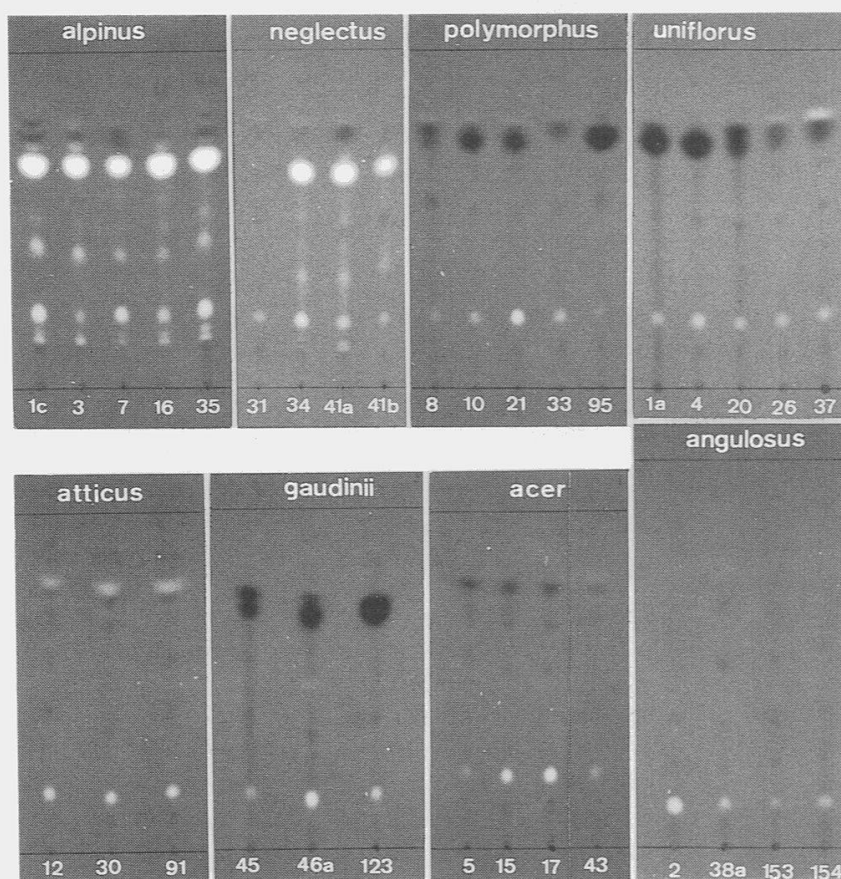


Fig. 11. Dünnschichtchromatogramme der Mazerationsextrakte der untersuchten *Erigeron*-Arten. Die Populations-Nummern sind beim Start der Proben angegeben (vgl. Kap 2). *Thin-layer chromatograms of the maceration extracts of the investigated Erigeron species. Population numbers are given at the starting point of the samples (cf. chapter 2).*

Population von jeder Art gleichzeitig auf derselben DC-Folie getestet (Fig. 12). Die im folgenden umschriebenen arttypischen Eigenschaften sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

E. alpinus

Die Merkmale der Proben aus 5 Populationen sind identisch. Unter dem UV-Licht von 366 nm erscheinen bei den Rf-Werten 0.12, 0.16, 0.23 kleine, hellblau gefärbte Flecken. Zwischen Rf 0.12 und Rf 0.53 kann man zusätzlich ei-

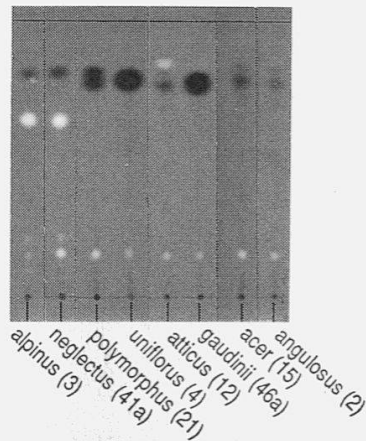


Fig. 12. Dünnschichtchromatogramme der Mazerationsextrakte von arttypischen *Erigeron*-Populationen. Populations-Nummern in Klammern, vgl. Kap. 2.
Thin-layer chromatograms of the maceration extracts of species-specific populations of the investigated Erigeron species. Population numbers in parentheses, cf. chapter 2.

Tab. 2. DC-Muster der Mazerationsextrakte von arttypischen *Erigeron*-Populationen. Die Kreuze bezeichnen die DC-Flecken bei den entsprechenden Rf-Werten. Die Anzahl Kreuze entspricht dem Fleckendurchmesser, mit steigender linearer Abstufung. Populations-Nummern vgl. Kap. 2.
TLC patterns of the maceration extracts of species-specific Erigeron populations. The crosses indicate the DC spots at given Rf values. The number of crosses corresponds to the diameter of the spot, with increasing linear gradation. Population numbers cf. chapter 2.

| Rf-Wert | Farbe des Fleckens bei 366 nm | <i>alpinus</i> | <i>neglectus</i> | <i>polymorphus</i> | <i>uniflorus</i> | <i>atticus</i> | <i>gaudinii</i> | <i>acer</i> | <i>angulosus</i> |
|-----------|-------------------------------|----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|
| | | Nr.3 | Nr.41a | Nr.21 | Nr.4 | Nr.12 | Nr.46a | Nr.15 | Nr.2 |
| 0.16 | hellblau | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 0.65 | hellblau | ++ | ++ | | | | | | |
| 0.78-0.79 | braun | | | +++ | ++++ | + | ++++ | + | + |
| 0.81 | braun | + | + | | | + | | + | + |
| 0.85 | hellblau | | | | | + | | | |

nige sehr kleine bläuliche Flecken erkennen. Auffallend ist der sehr stark hellblau gefärbte Fleck bei Rf 0.65.

E. neglectus

Die dünnschichtchromatographischen Merkmale sind jenen von *E. alpinus* sehr ähnlich. Deutlich zu erkennen ist ebenfalls ein grosser Fleck mit starker Hellblaufärbung bei Rf 0.65. Eine Ausnahme bildet *E. neglectus* von der Calanda (Nr. 31, Kap. 2), wo überhaupt kein Fleck bei Rf 0.65 zu erkennen ist. Die Abnormität dieser Population wurde durch zwei zusätzliche, zu verschiedenen Jahreszeiten genommene Proben bestätigt.

E. polymorphus

Die DC-Merkmale von 5 Populationen sind in den wesentlichen Merkmalen gleich. Es gibt einen kleinen Fleck bei Rf 0.16 mit schwacher Blaufärbung. Typisch scheint ein dunkelbrauner, meist grosser Fleck bei Rf 0.78-0.81. *E. polymorphus* von Lawena (Nr.8) zeigt in dieser Gegend zwei Flecken, einen bei Rf 0.78 und einen bei Rf 0.81. Das DC-Muster von *E. polymorphus* von der Calanda (Nr.33) zeigt nur einen kleinen Fleck bei Rf 0.81. Bei *E. polymorphus* vom Säntis (Nr. 21) erscheint in Figur 11 ein einziger grosser dunkelbrauner Fleck bei Rf 0.79, in Figur 12 hingegen zwei Flecken (bei Rf 0.78 und 0.81). Der Ursache dieser Veränderung soll in späteren Untersuchungen nachgegangen werden. In Tabelle 2 ist die Variante mit einem Fleck eingetragen.

E. candidus

Aufgrund der durchgeführten Tests lassen sich noch keine sicheren Aussagen bezüglich der DC-Muster dieser Art machen. Weitere Untersuchungen sind vorgesehen.

E. uniflorus

Die dünnschichtchromatographischen Eigenschaften von 5 Populationen sind sehr ähnlich und gleichen jenen von *E. polymorphus*. Bei den meisten Proben erscheint ein grosser Fleck bei Rf 0.79 mit dunkelbrauner Färbung.

E. atticus

Die Merkmale der 3 Populationen sind identisch. Bei Rf 0.85 erscheint stets ein Fleck mit hellblauer Färbung. Durch dieses Merkmal kann *E. atticus* von den andern untersuchten Arten unterschieden werden. Bei Rf 0.78-0.81 sind nur undeutliche kleine Flecken zu erkennen.

E. gaudinii

Die Proben von 3 Populationen sind untereinander praktisch gleich. Es erscheint entweder ein grosser dunkelbrauner Fleck bei Rf 0.79 oder zwei etwas kleinere Flecken bei Rf 0.78 und Rf 0.81. *E. gaudinii* von Samedan (Nr. 46a)

zeigt wie *E. polymorphus* vom Säntis (Nr. 21) beide Varianten, aber in umgekehrter Folge: zwei Flecken in Figur 11, nur einen in Figur 12. In Tabelle 2 ist auch hier die Variante mit einem Fleck berücksichtigt.

E. acer

Die DC-Merkmale von 4 Populationen sind identisch. Bei Rf 0.16 erscheint ein kleiner, blauer Fleck. Zwischen Rf 0.78 und Rf 0.81 gibt es zwei kleine braune Flecken; diese sind von Auge stets zu erkennen, der untere Fleck kann jedoch photographisch nicht oder nur undeutlich wiedergegeben werden.

E. angulosus

Die 4 Proben sind wiederum identisch. Die Merkmale im DC-Muster sind jenen von *E. acer* sehr ähnlich; bei Rf 0.16 und Rf 0.78-0.81 erscheinen die gleichen, oft undeutlichen Flecken wie bei *E. acer*.

Beim Vergleich aller DC-Muster erweist sich ein kleiner blauer Fleck bei Rf 0.16 als gemeinsames Merkmal der untersuchten Arten; bei Rf 0.78-0.81 zeigen alle Proben einen dunkelbraunen Fleck, der sich gelegentlich auch auf zwei Flecken verteilt; dies deutet auf das Vorkommen von zwei verschiedenen Substanzen hin. In *E. uniflorus*, *E. polymorphus* und *E. gaudinii* gibt es wesentlich mehr von diesen Substanzen als in den andern *Erigeron*-Arten. Durch die Menge und das Verhältnis dieser beiden Substanzen scheint eine Unterscheidung der verschiedenen *Erigeron*-Arten möglich.

Anhand der DC-Muster lassen sich die untersuchten Arten in 4 Gruppen aufteilen (vgl. Tab. 7):

Gruppe A (*E. alpinus*, *E. neglectus*) ist durch einen grossen hellblauen Fleck bei Rf. 0.65 charakterisiert (dieses Merkmal ist einzig bei *E. neglectus* von der Calanda, Nr. 31, nicht vorhanden).

Gruppe B (*E. polymorphus*, *E. uniflorus*, *E. gaudinii*): Es erscheint kein Fleck bei Rf 0.65. Bei Rf 0.78-0.81 kann man einen grossen oder zwei mittel-grosse dunkelbraune Flecken erkennen.

Gruppe C (*E. atticus*) ist am hellblauen Fleck bei Rf 0.85 zu erkennen. Bei Rf 0.65 erscheint kein Fleck und die Flecken bei Rf 0.78-0.81 sind klein.

Gruppe D (*E. acer*, *E. angulosus*): Es sind keine Flecken bei Rf 0.65 und 0.85 zu erkennen; bei Rf 0.78 und 0.81 erscheinen zwei nur kleine Flecken mit dunkelbrauner Färbung.

Anhand der Dünnschichtchromatogramme der Mazerationsextrakte lassen sich die untersuchten *Erigeron*-Arten (mit Ausnahme von *E. gaudinii*) in dieselben Gruppen einordnen, wie sie sich aufgrund qualitativer morphologischer Merkmale ergeben (vgl. Kap. 4.7).

4.3. UV-ABSORPTIONSSPEKTREN DER MAZARATIONSEXTRAKTE

In den verschiedenen Spektren erscheinen maximal 4 Absorptionsspitzen, nämlich Spitze 1 zwischen 247 nm und 260 nm, Spitze 2 zwischen 288 nm und 296 nm, Spitze 3 zwischen 308 nm und 313 nm und Spitze 4 zwischen 328 nm und 330 nm. In Tabelle 3 wurden für jede Art die Stellen häufig auftretender Absorptionsspitzen zusammengestellt. Die Spektren selbst sind in den Figuren 13-17 abgebildet.

Die Absorptionskurven verschiedener Populationen derselben Art sind untereinander nicht immer einheitlich, und die Übergänge der Spektren verschiedener Arten scheinen oft fließend. Dennoch sind meist deutliche artspezifische Tendenzen in den Kurveneigenschaften herauszulesen. Die Spektren von *E. neglectus*, *E. polymorphus* und *E. candidus* zeigen ähnliche Eigenschaften (Gruppe F, vgl. Tab. 7), ebenso jene von *E. atticus* und *E. gaudinii* (Gruppe G). Bei *E. uniflorus*, *E. acer* und *E. angulosus* ist die Variabilität besonders gross. In gewissen Fällen stellen die UV-Absorptionsspektren eine wertvolle Ergänzung zu den anderen Methoden dar. So kann man damit *E. alpinus* und *E. neglectus*, deren dünnschichtchromatographische Merkmale identisch sind, unterscheiden: Bei *E. neglectus* sind zwei deutliche Absorptionsspitzen vorhanden, bei *E. alpinus* (E, Tab. 7) gibt es bis zu vier, aber weniger deutliche Spitzen. Umgekehrt sind *E. atticus* und *E. gaudinii*, in Einklang mit ihrer morphologischen Ähnlichkeit, bezüglich ihrer Absorptionsspektren identisch: Bei beiden fehlt die Spitze zwischen 250 nm und 260 nm; anhand der DC-Untersuchungen sind sie hingegen in zwei verschiedene Gruppen einzuordnen.

4.4. GEHALT AN ÄTHERISCHEM ÖL

In Tabelle 4 ist für jede Art das Frischgewicht und die absolute und relative (pro 100 g Frischgewicht) Ölmenge zusammengestellt. Zusätzlich wird die Farbe des erhaltenen Ölextraktes angegeben. Die relative Ölmenge kann innerhalb einer Art variieren, was die verschiedenen Werte bei den zwei *E. acer*-Populationen zeigen. Wie charakteristisch die Farbe des ätherischen Öls für die einzelnen Arten ist, müsste anhand weiterer Populationen abgeklärt werden.

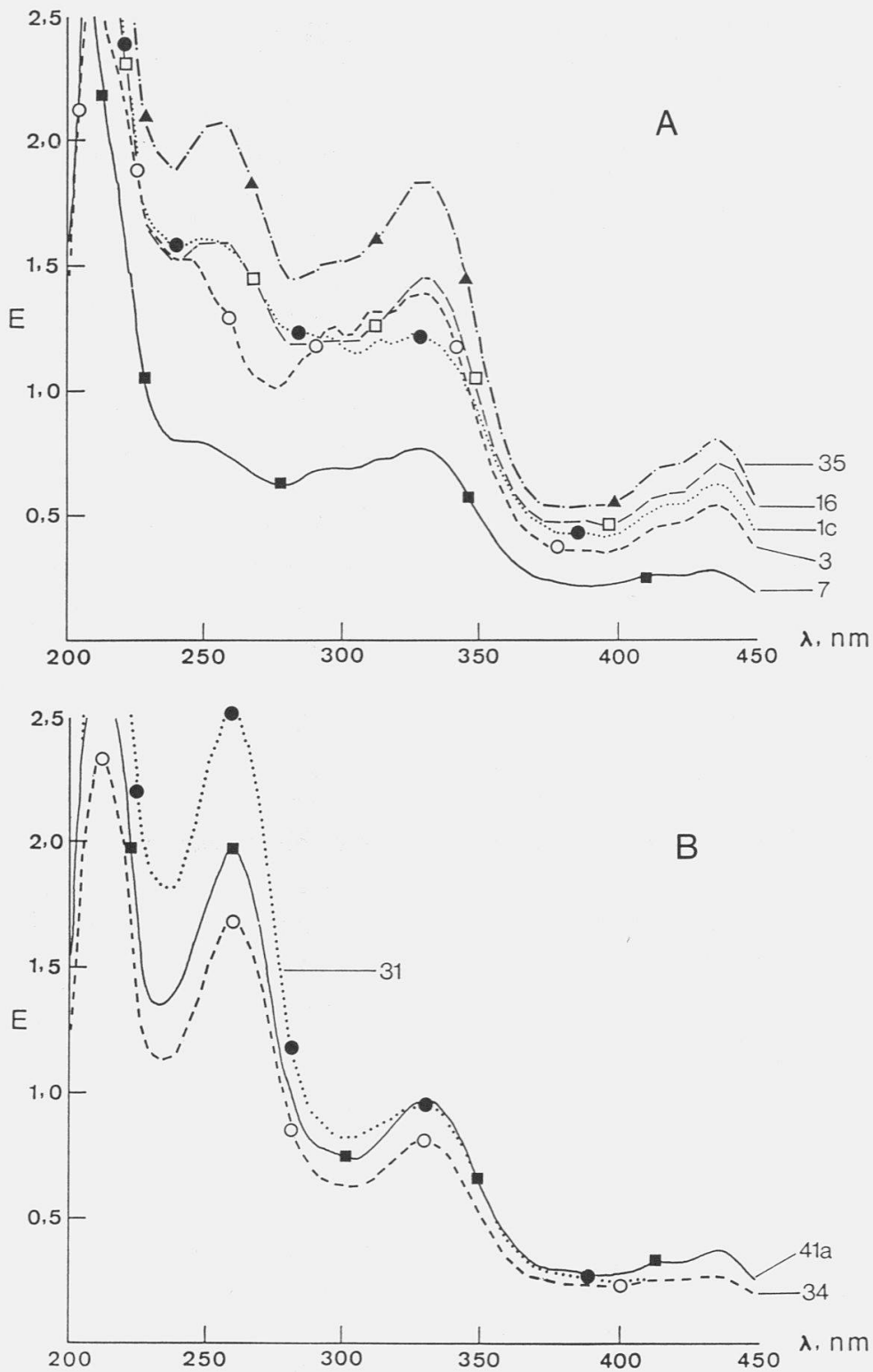


Fig. 13. UV-Absorptionsspektren der Mazerationsextrakte von *Erigeron alpinus* (A) und *E. neglectus* (B). Die Kurven sind mit den Populations-Nummern bezeichnet (vgl. Kap. 2).

UV absorption spectra of the maceration extracts of *Erigeron alpinus* (A) and *E. neglectus* (B). Population numbers are added to the graphs (cf. chapter 2).

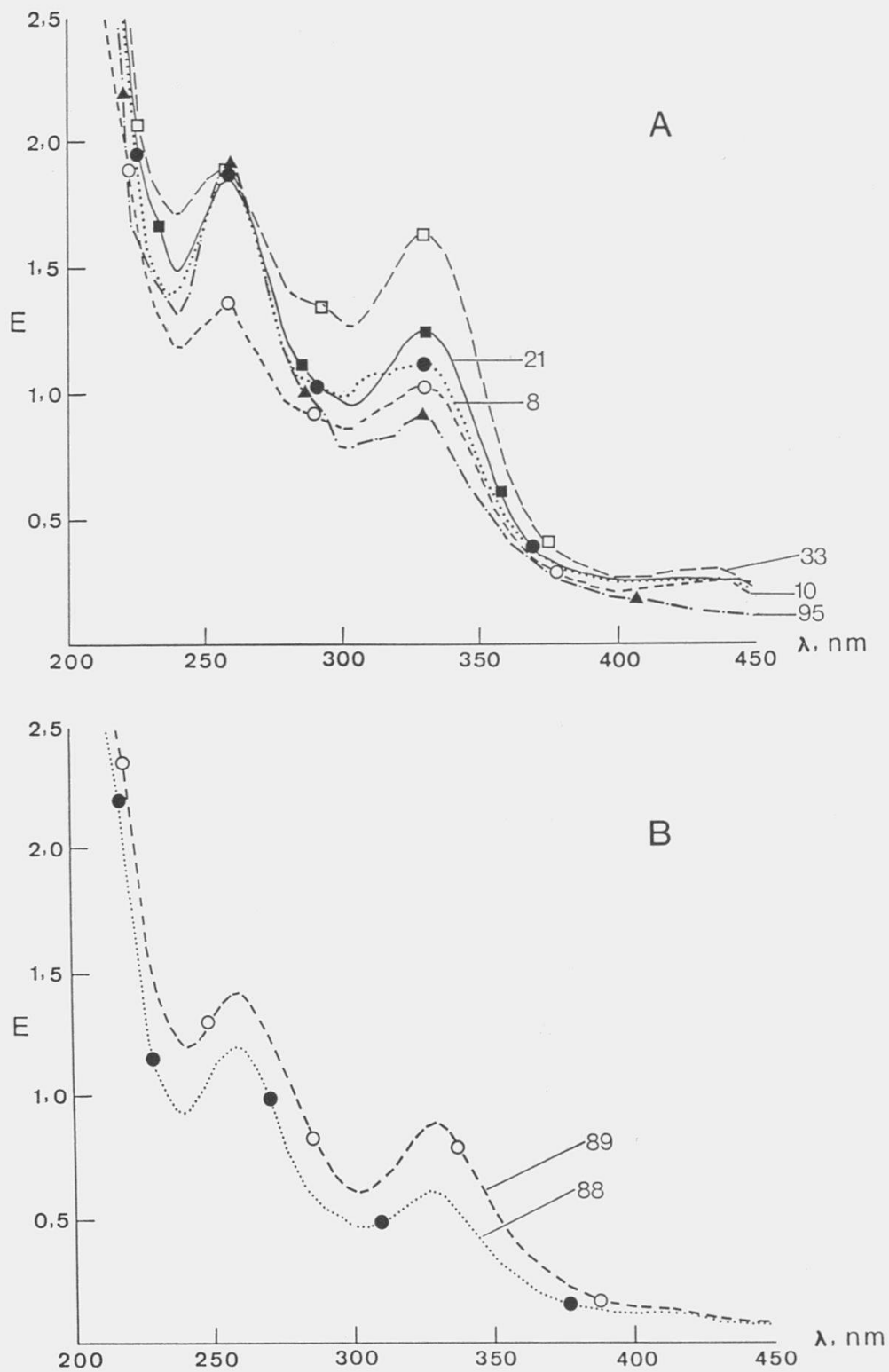


Fig. 14. UV-Absorptionsspektren der Mazerationsextrakte von *Erigeron polymorphus* (A) und *E. candidus* (B). Die Kurven sind mit den Populations-Nummern bezeichnet (vgl. Kap. 2).

UV absorption spectra of the maceration extracts of *Erigeron polymorphus* (A) and *E. candidus* (B). Population numbers are added to the graphs (cf. chapter 2).

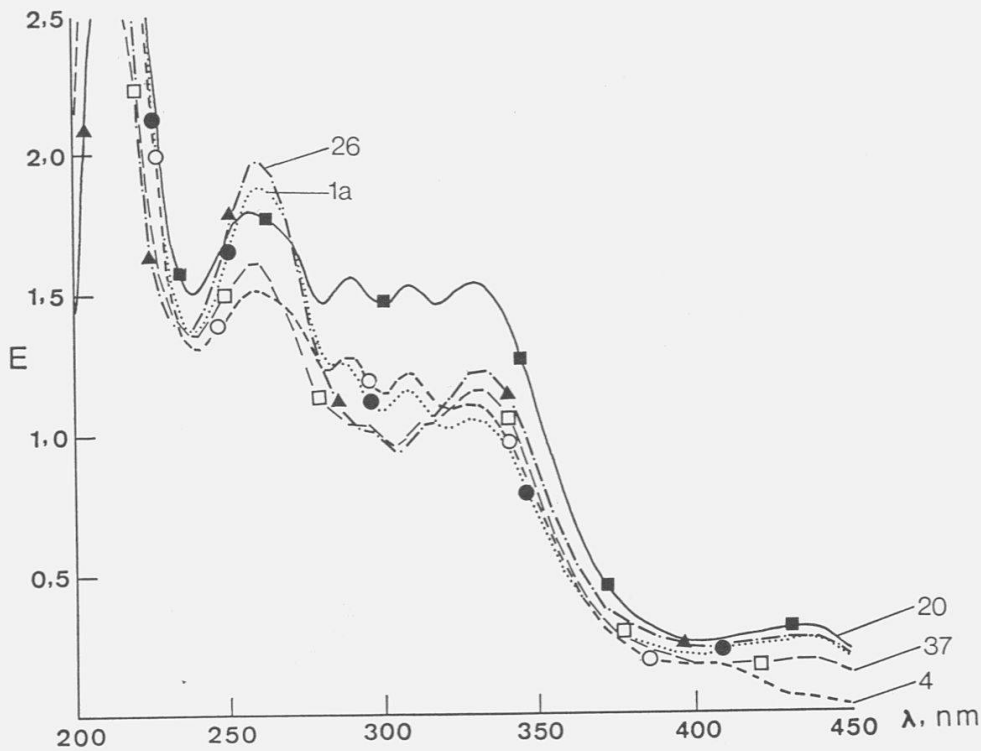


Fig. 15. UV-Absorptionsspektren der Mazerationsextrakte von *Erigeron uniflorus*. Die Kurven sind mit den Populations-Nummern bezeichnet (vgl. Kap. 2).
UV absorption spectra of the maceration extracts of Erigeron uniflorus. Population numbers are added to the graphs (cf. chapter 2).

Tab. 3. Eigenschaften der UV-Absorptionsspektren der Mazerationsextrakte der untersuchten *Erigeron*-Arten.

Die Zahlen geben die Werte der Wellenlängen (in nm) an, bei denen in der Regel Absorptionsspitzen auftreten. Populations-Nummern vgl. Kap. 2.

Characteristics of the UV absorption spectra of the maceration extracts of the investigated Erigeron species.

The values of wave-lengths (in nm), where peaks of absorption normally appear, are given. Population numbers cf. chapter 2.

| <i>alpinus</i> | <i>neglectus</i> | <i>polymorphus</i> | <i>candidus</i> | <i>uniflorus</i> | <i>atticus</i> | <i>gaudinii</i> | <i>acer</i> | <i>angulosus</i> |
|----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|
| Nr.107 | Nr.41b | Nr.29c | Nr.88 | Nr.116b | Nr.91 | Nr.123 | Nr.6 | Nr.38a |
| 251 | 260 | 260 | 259 | 259 | - | - | 252 | 253 |
| 296 | - | - | - | 289 | 295 | 291 | 294 | 294 |
| 313 | - | - | - | 309 | 310 | 308 | - | 309 |
| 330 | 330 | 330 | 330 | 330 | 330 | 328 | 330 | 330 |

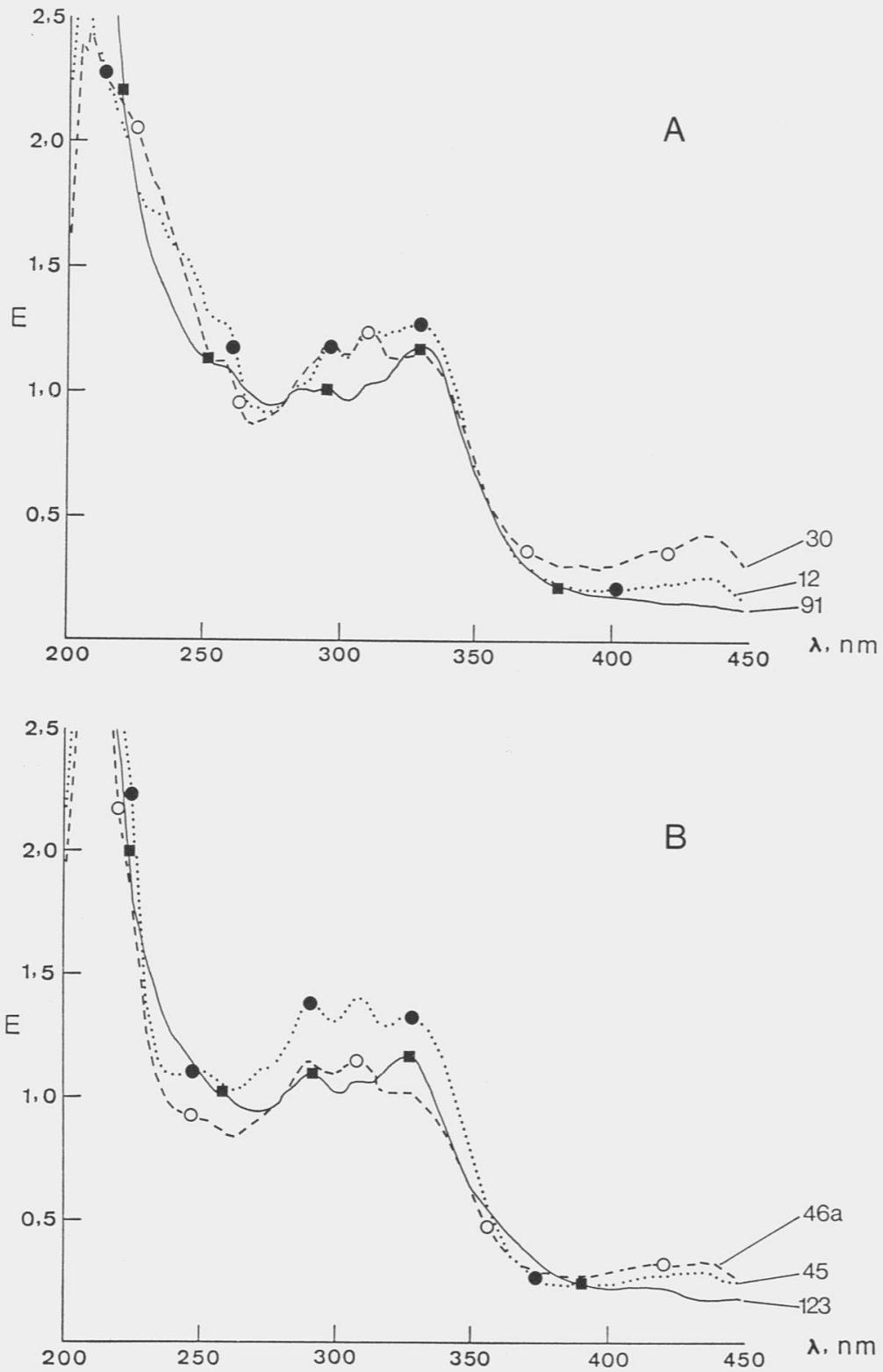


Fig. 16. UV-Absorptionsspektren der Mazerationsextrakte von *Erigeron atticus* (A) und *E. gaudinii* (B). Die Kurven sind mit den Populations-Nummern bezeichnet (vgl. Kap. 2).
UV absorption spectra of the maceration extracts of Erigeron atticus (A) and *E. gaudinii* (B). Population numbers are added to the graphs (cf. chapter 2).

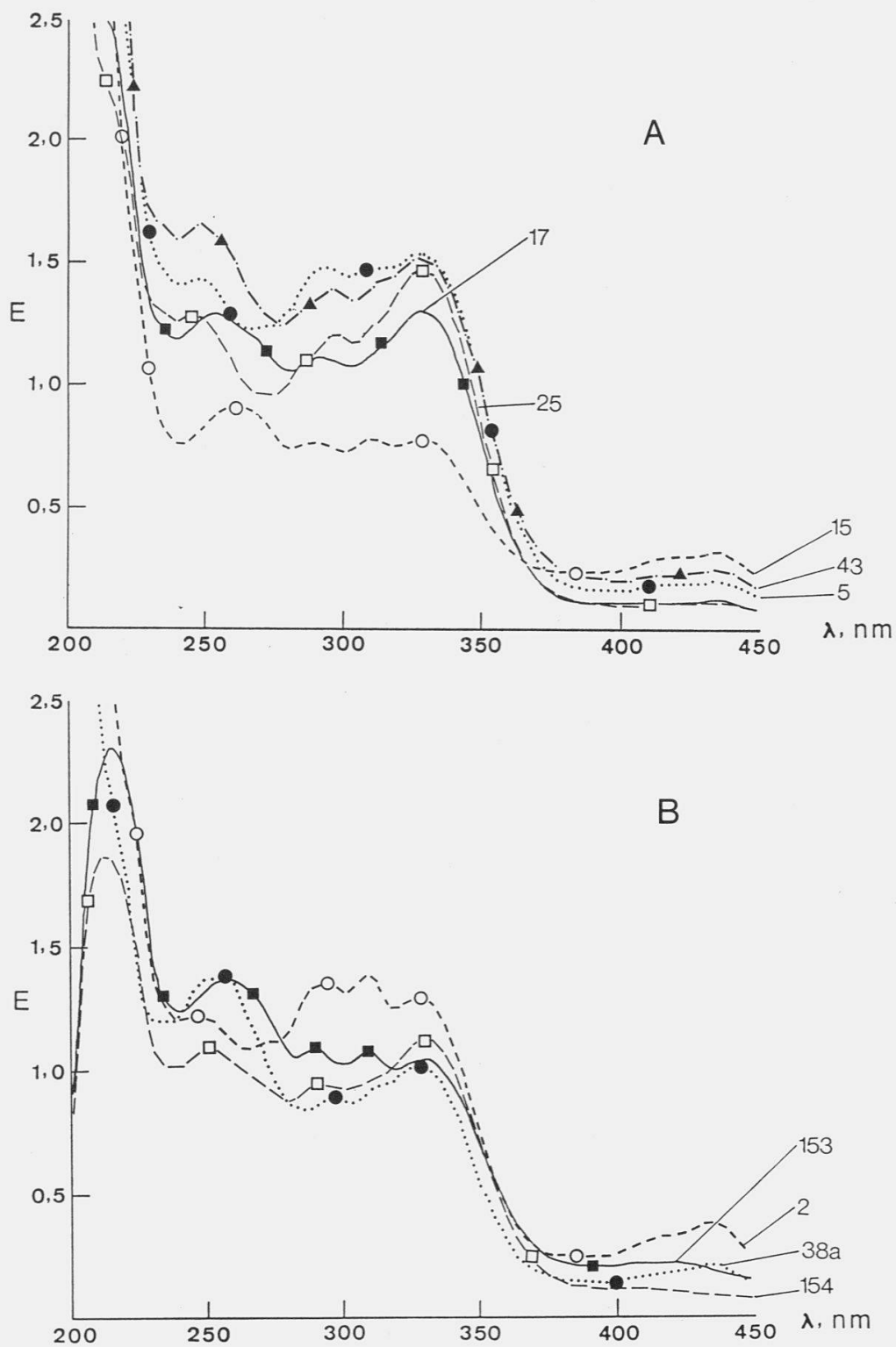


Fig. 17. UV-Absorptionsspektren der Mazerationsextrakte von *Erigeron acer* (A) und *E. angulosus* (B). Die Kurven sind mit den Populations-Nummern bezeichnet (vgl. Kap. 2).
UV absorption spectra of the maceration extracts of Erigeron acer (A) and *E. angulosus* (B). Population numbers are added to the graphs (cf. chapter 2).

Tab. 4. Frischgewicht des Pflanzenmaterials, Menge und Farbe der extrahierten ätherischen Öle der untersuchten *Erigeron*-Arten. Populations-Nummern vgl. Kap. 2.
Fresh-weight of the plant-material, quantity and colour of the extracted essential oils of the investigated Erigeron species. Population numbers cf. chapter 2.

| | <i>alpinus</i> | <i>neglectus</i> | <i>polymorphus</i> | <i>candidus</i> | <i>uniflorus</i> | <i>atticus</i> | <i>gaudinii</i> | <i>acer</i> | | <i>angulosus</i> |
|-----------------------------|----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|------------|------------------|
| Nr. | 107 | 41b | 29c | 88 | 116b | 91 | 123 | 6 | 94 | 38a |
| Frischgewicht (g) | 87 | 273 | 128 | 105 | 81 | 63 | 141 | 200 | 500 | 383 |
| absolute Ölmenge (ml) | 0.055 | 0.12 | 0.09 | 0.05 | 0.03 | 0.07 | 0.19 | 0.2 | 0.3 | 0.17 |
| relative Ölmenge (% , ml/g) | 0.06 | 0.045 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.11 | 0.135 | 0.10 | 0.06 | 0.045 |
| Farbe des Öls | dunkelgelb | dunkelgelb | orange | gelb-orange | hellgelb | hellgelb | gelb-orange | dunkelgelb | dunkelgelb | dunkelgelb |

4.5. DÜNNSCHICHTCHROMATOGRAMME DER ÄTHERISCHEN ÖLE

Die bei 366 nm und 254 nm untersuchten DC-Folien sind in den Figuren 18 und 19 abgebildet. Die wichtigsten Daten dazu sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Unter dem UV-Licht von 366 nm erscheint bei allen Arten ausser bei *E. uniflorus* und *E. gaudinii* bei Rf 0.28 und Rf 0.51 je ein kleiner bis mittelgrosser, hellblauer Fleck und bei Rf 0.59 je ein grosser, bei Rf 0.69 je ein kleiner, deutlicher, brauner Fleck (Gruppe H, vgl. Tab. 7). An den gleichen Stellen lassen sich bei *E. uniflorus* und *E. gaudinii* nur sehr schwache Flecken erkennen; dafür erscheint bei diesen beiden Arten bei Rf 0.33 ein deutlicher brauner Fleck (Gruppe I). Bei *E. acer* und *E. angulosus* zeigt sich bei Rf 0.76 ein blauer Fleck, der bei den andern Arten nicht zu sehen ist (Gruppe K). Bei 254 nm können *E. uniflorus* und *E. gaudinii* durch den deutlichen Fleck bei Rf 0.61 und durch das nur undeutliche Erscheinen oder Fehlen eines Flecks bei Rf 0.57-0.59 und Rf 0.69 (Gruppe M), von den andern Arten unterschieden werden. Die übrigen Arten sind untereinander sehr ähnlich und zei-

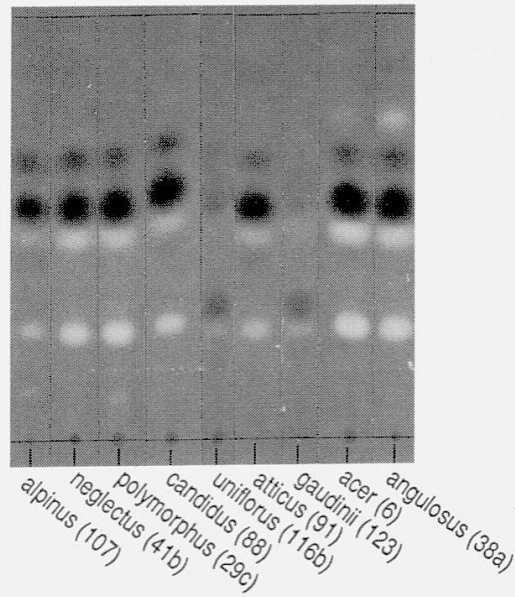


Fig. 18. Dünnschichtchromatogramme der ätherischen Öle der untersuchten *Erigeron*-Arten unter UV-Licht von 366 nm. Populations-Nummern in Klammern, vgl. Kap. 2.
Thin-layer chromatograms of the essential oils of the investigated Erigeron species under UV light of 366 nm. Population numbers in parentheses, cf. chapter 2.

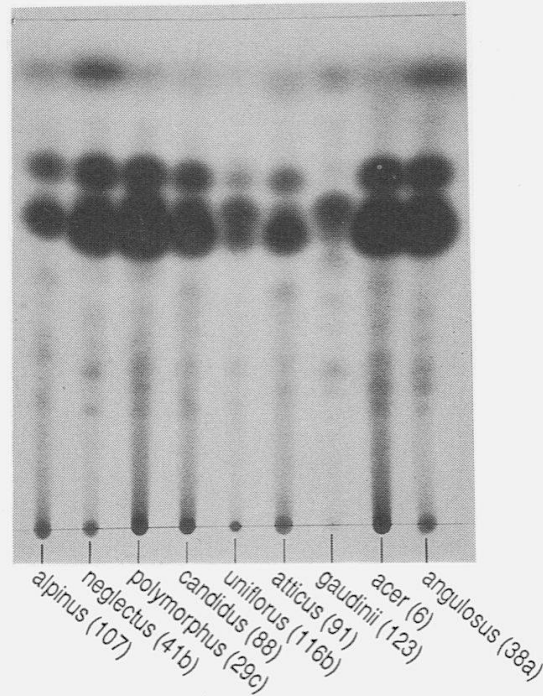


Fig. 19. Dünnschichtchromatogramme der ätherischen Öle der untersuchten *Erigeron*-Arten unter UV-Licht von 254 nm. Populations-Nummern in Klammern, vgl. Kap. 2.
Thin-layer chromatograms of the essential oils of the investigated Erigeron species under UV light of 254 nm. Population numbers in parentheses, cf. chapter 2.

Tab. 5. DC-Muster der ätherischen Öle der untersuchten *Erigeron*-Arten unter UV-Licht von 366 nm und 254 nm.

Die Kreuze bezeichnen die DC-Flecken bei den entsprechenden Rf-Werten. Die Anzahl Kreuze entspricht dem Fleckendurchmesser, mit steigender linearer Abstufung. Populations-Nummern vgl. Kap. 2.

TLC patterns of the essential oils of the investigated Erigeron species under UV-light of 366 nm and 254 nm.

The crosses mark the TLC spots at given Rf-values. The number of crosses corresponds to the diameter of the spot, with increasing linear gradation. Population numbers cf. chapter 2.

| | <i>alpinus</i> | <i>neglectus</i> | <i>polymorphus</i> | <i>candidus</i> | <i>uniflorus</i> | <i>atticus</i> | <i>gaudinii</i> | <i>acer</i> | <i>angulosus</i> |
|---------------|----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|
| | Nr.107 | Nr.41b | Nr.29c | Nr.88 | Nr.116b | Nr.91 | Nr.123 | Nr.6 | Nr.38a |
| 366 nm | | | | | | | | | |
| Rf 0.28 | + | ++ | ++ | ++ | + | + | + | ++ | ++ |
| 0.33 | | | | | ++ | | ++ | | |
| 0.51 | + | ++ | ++ | ++ | | + | | ++ | ++ |
| 0.59 | ++ | +++ | +++ | +++ | + | +++ | + | +++ | +++ |
| 0.69 | + | + | + | + | | + | | + | + |
| 0.76 | | | | | | | | + | ++ |
| 254 nm | | | | | | | | | |
| 0.57-0.59 | +++ | +++++ | +++++ | +++++ | + | +++ | + | ++++ | ++++ |
| 0.61 | | | | | ++ | | ++ | | |
| 0.69 | ++ | +++ | +++ | ++ | + | ++ | | +++ | +++ |

gen bei Rf 0.57-0.59 und Rf 0.69 sehr deutliche Flecken (Gruppe L).

Zur Absicherung der Ergebnisse sollten für jede Art weitere Populationen untersucht werden.

4.6. UV-ABSORPTIONSSPEKTREN DER ÄTHERISCHEN ÖLE

Die Spektren sind in Figur 20 dargestellt; in Tabelle 6 sind die beobachteten Absorptionsspitzen zusammengefasst.

Die Eigenschaften von *E. uniflorus* und *E. gaudinii* sind wiederum gleich (Gruppe N, vgl. Tab. 7); die beiden Arten unterscheiden sich durch die hohen Spitzen bei 287 nm und 306 nm von den anderen, untereinander ähnlichen Arten. Wie oben können jedoch anhand von einzelnen Populationen keine definitiven Aussagen über das allgemeine Verhalten der Arten gemacht werden. Immerhin verhielten sich die Absorptionsspektren von drei *E. acer*-Populationen verschiedener Herkünfte gleich (Fig. 21).

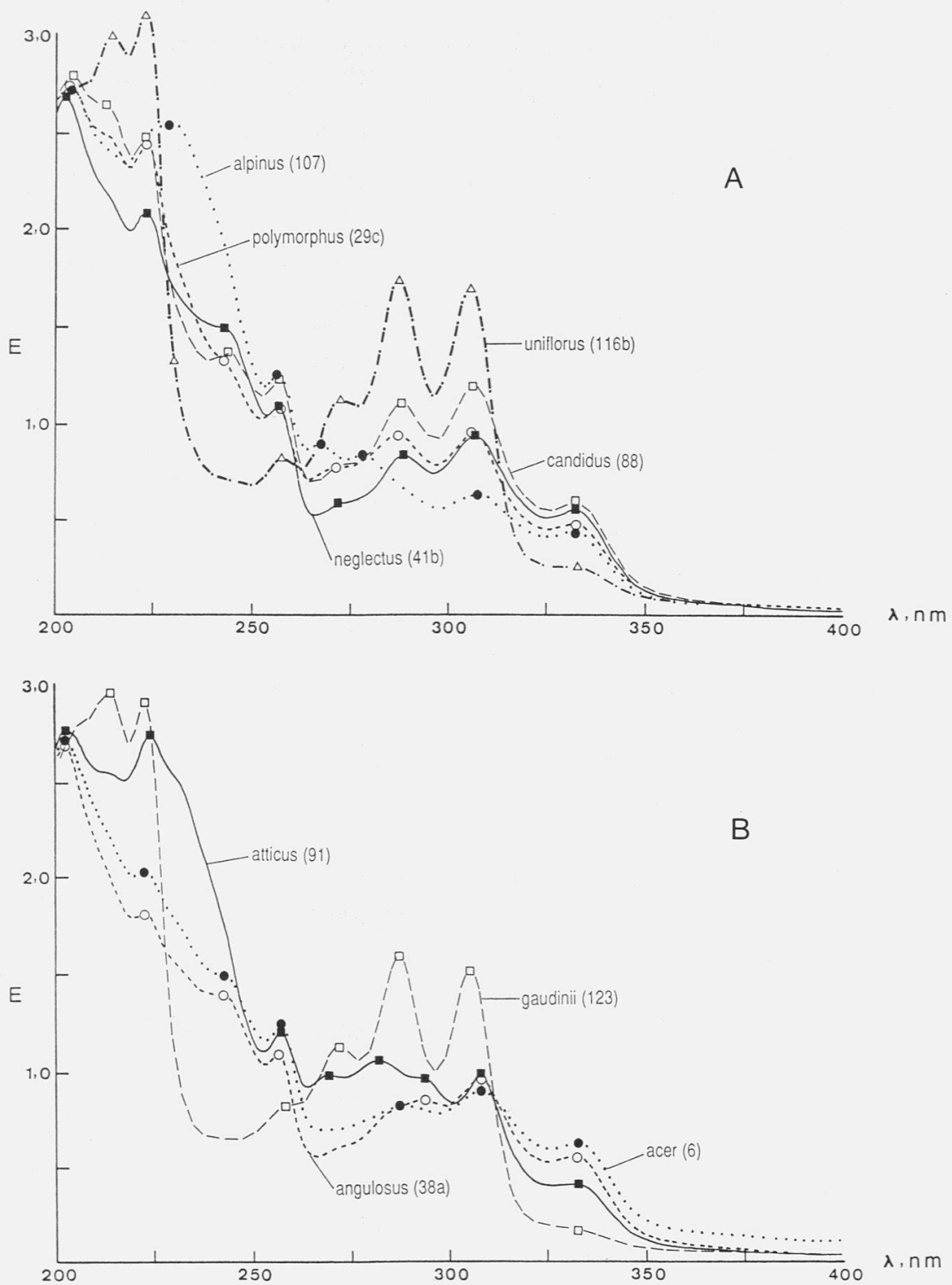


Fig. 20. A, B. UV-Absorptionsspektren der ätherischen Öle der untersuchten *Erigeron*-Arten. Populations-Nummern in Klammern, vgl. Kap. 2.
UV absorption spectra of the essential oils of the investigated Erigeron species. Population numbers in parentheses, cf. chapter 2.

Tab. 6. Eigenschaften der UV-Absorptionsspektren der ätherischen Öle der untersuchten *Erigeron*-Arten.

Die Zahlen geben die Werte der Wellenlängen (in nm) der Absorptionsspitzen an. Populations-Nummern vgl. Kap. 2.

Characteristics of the UV absorption spectra of the essential oils of the investigated Erigeron species.

The values of wave-lengths (in nm) of the absorption peaks are given. Population numbers cf. chapter 2.

| <i>alpinus</i> | <i>neglectus</i> | <i>polymorphus</i> | <i>candidus</i> | <i>uniflorus</i> | <i>atticus</i> | <i>gaudinii</i> | <i>acer</i> | <i>angulosus</i> |
|----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|
| Nr.107 | Nr.41b | Nr.29c | Nr.88 | Nr.116b | Nr.91 | Nr.123 | Nr.6 | Nr.38a |
| - | 242 | 243 | 243 | - | - | - | 243 | 243 |
| 256.5 | 257 | 257 | 257 | 258 | 257.5 | 257 | 257 | 257 |
| 267.5 | - | - | - | - | 269 | - | - | - |
| - | - | - | - | 273 | - | 272 | - | - |
| 278 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | 282 | - | - | - |
| - | 288 | 288 | 287.5 | 287 | - | 287 | 288 | - |
| - | - | - | - | - | 294 | - | - | 294 |
| 308 | 307 | 307 | 307 | 306 | - | 306 | 308 | - |
| 332 | 332 | 332 | 332 | - | 332 | - | 332 | 332 |

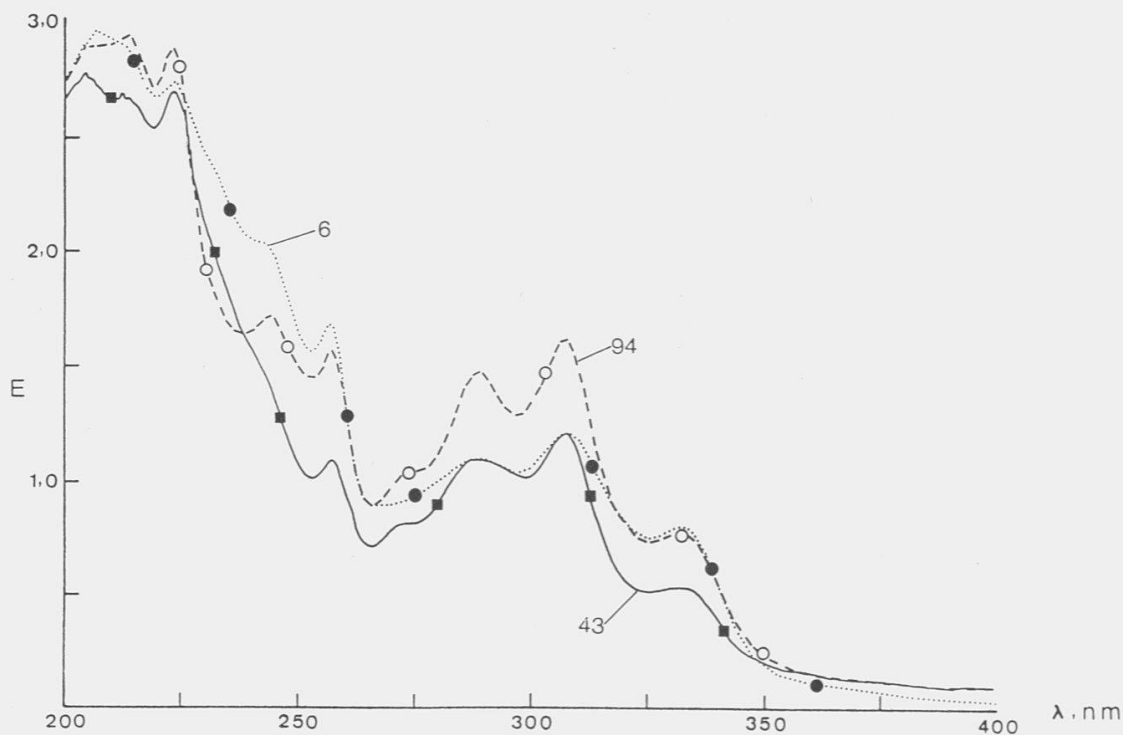


Fig. 21. UV-Absorptionsspektren der ätherischen Öle von *Erigeron acer* verschiedener Herkunft. Die Kurven sind mit den Populations-Nummern bezeichnet (vgl. Kap. 2).

UV absorption spectra of the essential oils of Erigeron acer from different localities. Population numbers are added to the graphs (cf. chapter 2).

4.7. CHEMOTAXONOMISCHE GLIEDERUNG DER *ERIGERON*-ARTEN DER ALPEN

In Tabelle 7 sind die Gruppenzugehörigkeiten der untersuchten *Erigeron*-Arten bezüglich aller 5 chemotaxonomischen Untersuchungsmethoden angegeben (DC der Mazerationsextrakte, UV-Absorptionsspektrum der Mazerationsextrakte, DC der ätherischen Öle unter UV-Licht von 366 nm und 254 nm, UV-Absorptionsspektrum der ätherischen Öle). Dabei werden Arten, die bezüglich der angewandten Methode gleiche oder sehr ähnliche Eigenschaften aufweisen, in einer Gruppe zusammengefasst und mit demselben Buchstaben bezeichnet. In den Kapiteln 4.2, 4.3, 4.5 und 4.6 sind die Gruppeneigenschaften näher umschrieben. In einigen Fällen konnten keine Angaben gemacht werden, da entweder die Ergebnisse noch unzureichend sind oder die intraspezifische Variabilität zu gross ist.

Als geeignetste chemotaxonomische Methode erwies sich die dünnschichtchromatographische Untersuchung des Mazerationsextraktes. Dabei ergibt sich weitgehend die gleiche Gruppierung, wie sie aufgrund qualitativer morphologischer Merkmale vorgenommen wurde (vgl. Tab. 1). Nur *E. gaudinii* zeigt ein widersprüchliches Verhalten und gleicht bezüglich dieser Methode nicht dem morphologisch ähnlichen (ebenfalls drüsentragenden) *E. atticus*, sondern *E. polymorphus* und *E. uniflorus*. Die Ergebnisse bei *E. candidus* sind für eine Beurteilung noch ungenügend. Bei den andern Methoden ergeben sich wieder andere Gruppierungen, wobei jeweils ein grosser Teil der Arten nicht unterschieden werden kann. Überraschend ist die enge chemische Verwandtschaft von *E. uniflorus* und *E. gaudinii*, die sich bei 4 Untersuchungsmethoden gleich verhalten.

Tab. 7. Chemotaxonomische Gliederung der untersuchten *Erigeron*-Arten. Gleiche oder sehr ähnliche Eigenschaften bezüglich einer Untersuchungsmethode werden mit demselben Buchstaben bezeichnet; Maz. = Mazerationsextrakt.
Chemotaxonomical structure of the investigated Erigeron-species.
Identical or very similar characteristics are indicated by the same letter; Maz. = maceration extract.

| | <i>alpinus</i> | <i>neglectus</i> | <i>polymorphus</i> | <i>candidus</i> | <i>uniflorus</i> | <i>atticus</i> | <i>gaudinii</i> | <i>acer</i> | <i>angulosus</i> |
|-----------------|----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|------------------|
| DC Maz., 366 nm | A | A | B | - | B | C | B | D | D |
| UV Maz. | E | F | F | F | - | G | G | - | - |
| DC Öl, 366 nm | H | H | H | H | I | H | I | K | K |
| DC Öl, 254 nm | L | L | L | L | M | L | M | L | L |
| UV Öl | - | - | - | - | N | - | N | - | - |

Jede Art kann durch die auf chemotaxonomischen Merkmalen basierende Buchstabenkombination charakterisiert werden (Tab. 7). Dabei unterscheiden sich 4 Arten, nämlich *E. alpinus* (Buchstaben AEHL), *E. neglectus* (AFHL), *E. polymorphus* (BFHL) und *E. atticus* (CGHL) in mindestens einem chemotaxonomischen Merkmal voneinander und von den 4 andern Arten, welche ausreichend untersucht werden konnten. Ausser *E. uniflorus* und *E. gaudinii* verhalten sich auch *E. acer* und *E. angulosus* bei den zur Beurteilung geeigneten Methoden gleich. Bei *E. candidus* müssen weitere Untersuchungen (insbesondere weitere Dünnschichtchromatogramme des Mazerationsextraktes) durchgeführt werden.

5. DISKUSSION

Geringe Unterschiede in den äusseren Merkmalen und eine ausgeprägte Variabilität machen eine systematische Gliederung der Gattung *Erigeron* in den Alpen problematisch. Ideale taxonomische Merkmale, die bei einer Art konstant auftreten, bei allen andern hingegen fehlen, gibt es nicht. Zu den wenigen qualitativen Eigenschaften gehören das Vorhandensein von Drüsenhaaren an Stengeln und Blättern (nur bei *E. atticus* und *E. gaudinii*) und die stets aufgerichteten Zungenblüten bei *E. acer* und *E. angulosus*. Die Bewertung der Fadenblüten als zusätzlichen Blütentyp zwischen Zungen- und Röhrenblüten ist schwieriger und hat auch in der Literatur zu kontroversen Auffassungen geführt. Am meisten Gewicht gab ihnen VIERHAPPER (1906), indem er alle Pflanzen mit Fadenblüten in die neue Gattung *Trimorpha* stellte. Dieses System entspricht aber kaum den natürlichen Verwandtschaftsbeziehungen. Es scheint willkürlich, so ähnliche Taxa wie *E. alpinus*, *E. neglectus*, *E. polymorphus*, *E. candidus* und *E. uniflorus* auf zwei verschiedene Gattungen aufzuteilen. Zudem ist das Merkmal der Fadenblüten nicht immer konstant. Wir konnten innerhalb von *E. alpinus*-, *E. neglectus*- und *E. gaudinii*-Populationen neben Pflanzen mit einem deutlichen Kranz von Fadenblüten oft auch Exemplare mit nur wenigen Fadenblüten beobachten. Hie und da gab es auch Pflanzen, bei welchen überhaupt keine Fadenblüten zu finden waren, die sich aber sonst nicht von den anderen Individuen unterschieden. Ebenfalls variabel erwiesen sich eine Reihe quantitativer morphologischer Merkmale wie die Behaarungsdichte an gewissen Pflanzenteilen sowie einige chemische Eigenschaften.

Die Existenz atypischer Pflanzen kann auf verschiedene Weise interpretiert

werden. Es könnte sich um phänotypische Anpassungen an den Standort oder um mehr oder weniger zufällige Rekombinationstypen handeln, deren genetische Eigenschaften sich besonders auffällig manifestieren. Es könnten jedoch dabei auch durch Bastardierung eingeleitete Genintrogressionen, wie sie von ANDERSON (1949, 1953) oder von GRANT (1981) eingehend beschrieben wurden, eine wesentliche Rolle spielen. In der Literatur werden Bastarde zwischen verschiedenen *Erigeron*-Arten der Alpen angegeben (Zusammenstellung bei WAGENITZ 1979). Wegen der geringen Unterscheidungsmerkmale der vermeintlichen Eltern ist aber das Erkennen von Bastarden schwierig und deren Deutung oft zweifelhaft. Ein einwandfrei belegter Bastard ist *E. atticus* x *E. candidus* aus den Norischen Alpen, Steiermark (WIDDER 1932). Dieser scheint bezüglich der Pollenbildung ebenso fertil wie die Eltern zu sein. Neben intermediären (F_1 -) Pflanzen konnten eine Reihe weiterer Formen gefunden werden, die als genetische Aufspaltungen oder Rückkreuzungen interpretiert werden müssen. Nach VIERHAPPER (1906) spielen Bastarde in der Gattung *Erigeron* keine grosse Rolle und können mit Ausnahme von *E. acer* x *E. canadensis* auch nicht an einer verminderten Pollenbildung erkannt werden. Zur Abklärung der unserer Meinung nach doch sehr wichtigen Frage, in welchen Fällen und in welchem Ausmass Bastardierungen, Rückkreuzungen und Introgressionen möglich sind, sind Kreuzungsexperimente und weitere chemische Untersuchungen im Gang. Aufgrund von mehrfachen Beobachtungen an Kontaktstandorten verschiedener *Erigeron*-Arten scheinen aber Genintrogressionen sehr häufig zu sein und sind wohl oft für die Schwierigkeiten bei der Deutung aussergewöhnlicher Pflanzen verantwortlich. Durch die Annahme von Genintrogressionen könnten auch die untypischen Exemplare mit fehlenden Fadenblüten erklärt werden. Diese wurden deshalb bei den morphologischen Untersuchungen nicht berücksichtigt. Dass bei einigen weiteren Populationen oder Individuen untypische Eigenschaften (morphologische oder chemische) durch artfremde Gene bedingt sind, kann nicht ausgeschlossen werden.

Durch Kombination verschiedener morphologischer Merkmale ist es möglich, 8 der 9 untersuchten Taxa deutlich voneinander zu unterscheiden. Bei *E. polymorphus* und *E. candidus* ist hingegen eine Trennung nicht möglich. Weitere Untersuchungen in den Bereichen Chemie, Zytologie, Genetik, Ökologie und Chorologie müssen über den systematischen Rang von *E. candidus* entscheiden. Ebenfalls noch zu wenig untersucht ist der systematische Wert einiger Taxa aus der *E. acer*-Verwandtschaft. Vor allem die Abgrenzung von *E. droebachiensis* und *E. politus* gegenüber *E. angulosus* ist unklar, und es

kann noch nicht entschieden werden, ob diese beiden fraglichen Arten in den Alpen vorkommen.

Durch die chemotaxonomischen Untersuchungen konnte das auf den morphologischen Merkmalen basierende Artkonzept zu einem grossen Teil gestützt werden; einige Arten sind chemisch eindeutig zu charakterisieren. Insgesamt ist das Wissen über die chemischen Eigenschaften der verschiedenen Arten jedoch noch lückenhaft. Insbesondere die Identifizierung der Inhaltsstoffe ist noch ausstehend. Durch diese Untersuchung sind weitere Informationen über die natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse der *Erigeron*-Arten der Alpen zu erwarten.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden die oft schwer unterscheidbaren *Erigeron*-Arten der Alpen anhand morphologischer und chemischer Eigenschaften untersucht.

Aufgrund von 3 qualitativen Merkmalen (Vorkommen oder Fehlen von Drüsenhaaren an Stengel und Blättern, Ausrichtung der Zungenblüten im Blütenkopf, Vorhandensein oder Fehlen von Fadenblüten) wird eine Aufteilung in 4 morphologische Gruppen vorgenommen (Tab. 1). Einzig bei der Frage nach den Fadenblüten treten zweifelhafte Fälle auf. Zusätzlich wurden die Taxa anhand mehrerer quantitativer morphologischer Merkmale miteinander verglichen (Fig. 2-10). Dabei wurde besonderes Gewicht auf die Behaarungsdichte an genau definierten Pflanzenteilen gelegt. Die morphologischen Merkmale zeigen oft eine grosse Variabilität. Die folgenden 8 Arten können durch Merkmalskombinationen deutlich voneinander unterschieden werden (vgl. Kap. 3.5): *E. alpinus*, *E. neglectus*, *E. polymorphus*, *E. uniflorus*, *E. atticus*, *E. gaudinii*, *E. acer* und *E. angulosus*. *E. candidus* ist morphologisch nicht von *E. polymorphus* abzutrennen.

Für die chemischen Untersuchungen wurden Mazerationsextrakte und ätherische Öle verwendet. Vor allem die Dünnschichtchromatogramme der Mazerationsextrakte liefern taxonomisch verwendbare Ergebnisse (Kap. 4.2). Es ergeben sich weitgehend die gleichen Ähnlichkeitsgruppen wie bei den morphologischen Untersuchungen. Einzig *E. gaudinii* zeigt ein widersprüchliches Verhalten und gleicht chemisch nicht dem morphologisch ähnlichen *E. atticus*, sondern *E. polymorphus* und *E. uniflorus*. Bei *E. candidus* ist die Gruppenzugehörigkeit noch offen. Anhand der übrigen chemischen Methoden entstehen wenige andere Artgruppierungen, wobei wiederum die chemische Ähnlichkeit zwischen *E. uniflorus* und *E. gaudinii* auffällt. Durch die Kombination aller chemotaxonomischen Ergebnisse lassen sich 4 der untersuchten Arten, nämlich *E. alpinus*, *E. neglectus*, *E. polymorphus* und *E. atticus*, eindeutig identifizieren (Tab. 7).

SUMMARY

In the present work the taxonomically difficult *Erigeron*-species of the Alps were investigated using morphological and chemical characteristics.

Based on 3 qualitative characteristics (presence or absence of glandular hairs on stem and leaves, orientation of the ligulate florets in the capitulum, presence or absence of filiform florets), 4 morphological groups were recognized (tab. 1). Only with regard to the filiform florets, did ambiguous cases occur. In addition, several quantitative morphological traits

were studied and taxa compared (fig. 2-10). Thereby, particular emphasis was put on the density of pubescence of exactly defined plant parts. The morphological characteristics often showed a large variability. The following 8 species were distinct and could be distinguished by combinations of characteristics (cf. chapter 3.5): *E. alpinus*, *E. neglectus*, *E. polymorphus*, *E. uniflorus*, *E. atticus*, *E. gaudinii*, *E. acer* and *E. angulosus*. *E. candidus* could not be separated morphologically from *E. polymorphus*.

In the chemical investigations, maceration extracts and essential oils were studied. TLC patterns of the maceration extract produced results most useful for taxonomy (chapter 4.2). Overall, the same similarity groups appeared as with the morphological investigations. Only *E. gaudinii* did not chemically match the morphologically similar *E. atticus*, but did match *E. polymorphus* and *E. uniflorus*. The position of *E. candidus* is not clear yet. Based on the results of other chemical methods, additional species groups arose, whereby the chemical similarity between *E. gaudinii* and *E. uniflorus* was, again, striking. By combining all chemotaxonomical characteristics, 4 of the investigated species, i. e. *E. alpinus*, *E. neglectus*, *E. polymorphus* and *E. atticus*, could be clearly identified (tab. 7).

LITERATUR

- ANDERSON E., 1949: Introgressive hybridization. Wiley, New York; Chapman & Hall, London. 109 S.
- ANDERSON E., 1953: Introgressive hybridization. Biol.Rev.Cambridge Philos.Soc. 28, 280-307.
- BOHLMANN F. und JAKUPOVIC J., 1979: 8 oxo-alpha selinene and new scopoletin derivatives from *Conyza* species. Phytochemistry (Oxf.) 18(8), 1367-1370.
- GRANT V., 1981: Plant speciation. (2. Aufl.). Columbia Univ.Press, New York. 563 S.
- GUTERMANN W., 1974: *Erigeron acris* subsp. *macrophyllus*, eine verkannte Sippe des Alpen-Ostrandes. Phytion (Austria) 16, 75-79.
- HALLIDAY G., 1976: *Erigeron* L. In: TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., MOORE D.M., VALENTINE D.H., WALTERS S.M., WEBB D.A., Flora Europaea. Cambridge Univ. Press, Cambridge/London/New York/Melbourne. 4, 505 S.
- HESS H. E., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1980: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. (2. Aufl.). Birkhäuser, Basel/Boston/Stuttgart 3, 876 S.
- HOPPE H.A. 1975: Drogenkunde (8. Aufl.). De Gruyter, Berlin, New York 1, 1311 S.
- IMAI K. und MAYAMA S., 1953: Chemical constituents of *Erigeron* species (*Compositae*). I, II. *Erigeron annuus*. J.Pharm.Soc.Japan 73, 128-134.
- IMAI K. und MAYAMA S., 1954: Chemical constituents of *Erigeron* species (*Compositae*). III. *Erigeron bonariensis*. J.Pharm.Soc.Japan 74, 109-110.
- KANETA M., HIKICHI H., ENDO S. und SUGIYAMA N., 1978: Identification of flavones in 16 *Compositae* species. Agric.Biol.Chem. 42(2), 475-478.
- METWALLY A. M., SALEH M. R. I., AGGAG M. und KHAFAGY S. M., 1973: Phytochemical investigation of *Erigeron crispus*. Planta Med. 23(3), 281-285.
- MIYAZAWA M. und KAMEOKA H., 1979: The constituents of the essential oil from *Erigeron annuus*. Agric.Biol.Chem. 43(10), 2199-2202.
- MIYAZAWA M., TOKUGAWA M. und KAMEOKA H., 1981: Constituents of the essential oil from *Erigeron philadelphicus*. Agric.Biol.Chem. 45(2), 507-510.
- PAWLOWSKI B., 1970: De speciebus polonicis et carpaticis generis *Erigeron* L. Fragm. Flor.Geobot. 16, 255-293.
- PIERIBATTESTI J. C., CONAN J.Y., BUIL P., GARNERO J. und JOULAIN D., 1981: Terpenoids and polyacetylenic esters of the essential oil of *Erigeron naudini*. Phytochemistry 20, 507-508.
- PIERIBATTESTI J. C., MONDON J. M., GAYDOU E. M. und VINCENT E. J., 1988: Constituents

- of the essential oil of *Erigeron karwinskyanus*. Agric.Biol.Chem. 52 (2), 599-600.
- PIGNATTI S., 1982: Flora d'Italia. Edagricole, Bologna 3, 780 S.
- RIKLI M., 1904a: Beiträge zur Kenntnis der schweizerischen *Erigeron*-Arten. I. *E. neglectus* Kerner (1872). Ber.Schweiz.Bot.Ges. 14, 14-33.
- RIKLI M., 1904b: Beiträge zur Kenntnis der schweiz. *Erigeron*. II. Übersicht und systematische Gliederung der *Erigeron* der Schweizerflora. Ber.Schweiz.Bot.Ges. 14, 127-133.
- TRONVOLD G. M., NESTVOLD M., HOLME D., SÖRENSEN J. S. und SÖRENSEN N. A., 1953: Studies related to naturally occurring acetylene compounds. XI. Further investigations on the composition of essential oils from the genus *Erigeron*. Acta Chem.Scand. 7, 1375-1387.
- VIERHAPPER F., 1906: Monographie der alpinen *Erigeron*-Arten Europas und Vorderasiens. Beih.Bot.Centralbl. 19, Abt. 2, 385-560.
- WAGENITZ G., 1979: *Compositae* I. In: HEGI G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa. (2. Aufl.). Parey, Berlin/Hamburg 6/3, 366 S.
- WIDDER F. J., 1932: Die alpinen *Erigeron*-Sippen der Koralpe. Ber.Deutsch.Bot.Ges. 50, 73-86.

Adresse der Autoren: Dr. Walter HUBER
Geobotanisches Institut ETH
Zollikerstr. 107
CH-8008 Zürich

Hao ZHANG
Pharmacy School
West China University of Medical Sciences
Chengdu, PR China