



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Biometrische Untersuchungen zur Blütenmorphologie
des *Valeriana officinalis* Aggregates“

Mag. Gerhard Weissböck

angestrebter akademischer Grad

Magister der Pharmazie (Mag.pharm.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 449

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Pharmazie

Betreuer:

Ao. Univ. Prof. Dr. Johannes Saukel

für Leo

Danksagung

Von den vielen Personen, die mich während meines Studiums begleiteten und bei denen ich in materieller und geistiger Form Unterstützung fand, kann nur eine kleine Auswahl in dieser Danksagung erwähnt werden. Viele Freunde, Studienkollegen und Lehrer werden hier ihre Namen nicht finden, obwohl sie es waren, die mir jenes Umfeld boten, das mir die Erreichung meines Zieles ermöglichte. Sie mögen mir verzeihen und sicher sein, dass sie nicht vergessen werden.

An erster Stelle möchte ich Herrn ao.Univ.Prof. Dr. Johannes Saukel danken. Ohne ihn wäre die statistische Auswertung in dieser Form nicht möglich gewesen. Nicht unerwähnt bleiben dürfen Dr. Christoph Dobeš und Dipl.Biol. Valerie Klatte-Asselmeyer, die mir, wann immer es ihnen möglich war, mit Rat und Tat zur Seite standen und mein Kollege Mag. Gero Anzinger, der mir geholfen hat, die statistische Auswertung in verständliche Worte zu fassen.

Allen Mitarbeitern des Departments für Pharmakologie danke ich für das angenehme Arbeitsklima zu dem sie beigetragen haben.

Großer Dank gebührt meinen Eltern, die auf Manches verzichten haben, um mir eine gute Ausbildung zu ermöglichen und ebenso meiner zweiten Familie, die mich überhaupt erst darauf gebracht hat, Pharmazie zu studieren.

Das Studium war eine Herausforderung. Viele Menschen haben aber dazu beigetragen, dass die vergangenen Jahre zu den schönsten in meinem Leben gehören.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 2 |
| 1.1. VALERIANA OFFICINALIS-PROJEKT | 2 |
| 1.2. SYSTEMATIK | 3 |
| 1.3. FORTPFLANZUNG, ARTBILDUNG UND HYBRIDISIERUNG..... | 3 |
| 1.4. ALLGEMEINES ZUR GATTUNG VALERIANA | 7 |
| 1.5. MORPHOLOGIE UND ZYTOLOGIE NACH TITZ..... | 10 |
| 1.6. INHALTSSTOFFE | 14 |
| 1.7. TOXIKOLOGIE..... | 20 |
| 2. MATERIAL UND METHODE | 21 |
| 2.1. TECHNIK | 21 |
| 2.2. PFLANZEN..... | 21 |
| 2.3. STATISTIK..... | 26 |
| 3. ERGEBNISSE | 27 |
| 3.1. EPIDERMISZELLEN | 27 |
| 3.2. BLÜTEN | 30 |
| 4. DISKUSSION | 43 |
| 4.1. EPIDERMISZELLEN | 43 |
| 4.2. BLÜTEN | 43 |
| 5. AUSBLICK | 51 |
| 6. ZUSAMMENFASSUNG | 52 |
| 7. SUMMARY | 53 |
| 8. ANHANG TABELLEN | 54 |
| 8.1. SAMMELSTANDORTE..... | 54 |
| 8.2. EPIDERMISZELLEN | 57 |
| 8.3. BLÜTEN (GEMITTELT)..... | 59 |
| 9. LITERATURVERZEICHNIS | 62 |
| 10. ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 68 |
| 11. TABELLENVERZEICHNIS | 69 |
| 12. LEBENS LAUF | 70 |

1. Einleitung

1.1. *Valeriana officinalis*-Projekt – Die Bedeutung von Taxonomie und Polyploidie für die Phytochemie des Autopolyploid-Komplexes von *Valeriana officinalis* L. (Kommission für Interdisziplinäre Ökologische Studien der ÖAW) unter der Leitung von Dr. Christoph Dobeš

Valeriana officinalis agg. ist ein systematisch komplexes Taxon mit eurasischer Verbreitung von Westeuropa bis Japan. Aufgrund von karyologischen und morphologischen Befunden wurde *V. officinalis* agg. in zahlreiche Arten aufgeteilt. Ziel des Projekts ist es, in einem interdisziplinären Ansatz diese teilweise widersprüchlichen Einteilungen in taxonomische Gruppen zu überprüfen und gegebenenfalls neue Einteilungen vorzunehmen (Dobeš, C. 2009).

Meine Aufgabe war die morphometrische Untersuchung der Blüten, um durch statistischen Verfahren zu zeigen, ob und in welchem Ausmaß die Unterteilungen aufgrund morphologischer und anderer Merkmale Einteilungen in taxonomische Untergruppen rechtfertigen beziehungsweise sogar erfordern.



Abb. 1: Blütenstand *Valeriana officinalis* L. s.lat. (von Klatte-Asselmeyer zur Verfügung gestellt)

1.2. Systematik

Das *Valeriana officinalis* agg. lässt sich wie folgt in die Pflanzensystematik eingliedern:

| | |
|-----------------|---|
| Großreich: | Eukaryota (Kernhaltige) |
| Reich: | Embryophyta (Embryopflanzen) |
| Überabteilung: | Tracheophyta (Gefäßpflanzen) |
| Abteilung: | Spermatophyta (Samenpflanzen) |
| Unterabteilung: | Angiospermophytina (Angiospermae; Bedecktsamer) |
| Klasse: | Rosopsida (Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige) |
| Unterklasse: | Asteridae (Asterpflanzen) |
| Überordnung: | Dipsacanae (Dipsacales s. lat.; Kardenblütige) |
| Ordnung: | Dipsacales s.str. (Kardenartige im engeren Sinn) |
| Familie: | Valerianaceae (Baldriangewächse) |
| Gattung: | Valeriana (Baldriane) |
| Art: | <i>Valeriana officinalis</i> agg. (Arznei-Baldrian) |

(Strasburger, E. & P. Sitte 2002, Fischer, M. A. et al. 2008)

1.3. Fortpflanzung, Artbildung und Hybridisierung

(nach Strasburger, E. & P. Sitte 2002 und Futuyma, D. et al. 2007)

Da im Folgenden die Frage diskutiert wird, wieweit das *Valeriana officinalis* agg. in verschiedene Spezies und/oder Subspezies aufgeteilt werden kann, möchte ich zunächst auf verschiedene Fortpflanzungsstrategien, auf die gängigsten Artdefinitionen, auf die Möglichkeiten der Artbildung und auf die Auswirkungen von Hybridisierung eingehen.

Generell unterscheidet man zwischen sexueller und asexueller Fortpflanzung. Bei der sexuellen Fortpflanzung kommt es zu einer Kombination der elterlichen Erbanlagen, wodurch die genetische Vielfalt einer Population erhalten bleibt oder sogar gesteigert werden kann. Durch die Reduktionsteilung wird das diploide Genom (doppelter Chromosomensatz) auf haploide Gameten (einfacher Chromosomensatz) aufgeteilt. Bei der sexuellen Verschmelzung der Gameten entsteht wieder ein diploider Organismus, bei dem jedes Gen durch zwei Allele ge-

bildet wird. Treffen auf diese Weise zwei unterschiedliche Merkmalsausprägungen aufeinander (z.B. rote und weiße Blütenfarbe) so kann es zu einer intermediären Ausprägung (Mischfarbe) oder zur Dominanz eines der beiden Merkmale kommen. Durch zufällige Kombination der elterlichen Anlagen kann es so bei zwei mischerbigen Elternteilen sowohl zu reinerbigen Nachkommen mit jeweils einer der beiden Merkmalsausprägungen als auch zu weiteren mischerbigen Individuen kommen. Bei der asexuellen Fortpflanzung entsteht hingegen eine genetische Kopie der Mutterpflanze.

Die asexuelle Fortpflanzung kann als vegetative Fortpflanzung auftreten oder als Agamospermie. Bei der vegetativen Fortpflanzung werden aus somatischem Gewebe (z.B. Ausläufer) Nachkommen erzeugt. Es kommt zur Bildung von Klonen. Dabei findet kein sexueller Prozess statt. Bei der Agamospermie werden Samen ohne Beteiligung sexueller Vorgänge gebildet. In den meisten Fällen findet diese in Form einer so genannten Pseudogamie statt, bei der für die Samenbildung eine Bestäubung und Befruchtung notwendig ist (da sexuelle Fortpflanzung immer zwei Elternteile einschließt, gehört die Pseudogamie trotz Bestäubung und Befruchtung nicht zur sexuellen Fortpflanzung). Verschiedene Formen der Agamospermie sind an das Phänomen der Polyploidie gekoppelt. Agamospermie ist meist fakultativ, d.h. Embryonen können sowohl sexuell als auch asexuell gebildet werden, wodurch auch bei Arten, die sich überwiegend asexuell fortpflanzen, eine Merkmalsvariation zeigen.

Bei jeder Form der Fortpflanzung kann es zu Mutationen kommen. Die meisten dieser Mutationen sind nachteilig für das Individuum, wodurch es in Folge wieder zu einem Verschwinden dieser Mutation durch Selektion kommt (Individuen mit weniger nachteiligen Mutationen werden mehr Nachkommen produzieren können und werden daher auf Dauer die anderen verdrängen). Manche Mutationen bringen aber auch Vorteile für das Individuum und können somit auf Dauer vererbt werden. Eine bei Pflanzen häufige Mutation ist die Polyploidisierung. Hierbei wird das komplette Genom vervielfacht. Der Grad der Ploidie wird mit griechischen Vorsilben charakterisiert. Arten mit einfachem Genom besitzen einen doppelten Chromosomensatz und werden als diploid bezeichnet. Demensprechend werden beispielsweise Pflanzen mit vierfachem Chromosomensatz tetraploid oder mit achtfachem oktoploid bezeichnet. Daneben gibt es z.B. auch triploide, heptaploide oder nonaploide Pflanzen. Bei geradzahligen Vervielfachungen spricht man von orthoploiden Pflanzen, bei ungeradzahligen von anorthoploiden. Man unterscheidet zwischen somatischer und generativer Polyploidie. Bei der somatischen Polyploidie kommt es zu einer mitotischen Zellteilung mit Replikation der Chromo-

somen aber ohne Kernteilung. Dadurch werden so genannte Restitutionskerne mit doppeltem Chromosomensatz gebildet. Dieser Vorgang ist beispielsweise mit Colchicin auch künstlich machbar. Bei der generativen Polyploidie kommt es zur Bildung von unreduzierten Gameten mit doppeltem statt einfachem Chromosomensatz. Diese können infolge mit reduzierten Gameten triploide Individuen bilden. Anorthoploide Individuen haben aber bei der Reduktionsteilung naturgemäß Schwierigkeiten, wodurch diese in der Natur nur selten anzutreffen sind. Üblicherweise stellen sie aber Zwischenstufen in der Bildung von orthoploiden Pflanzen dar und so können aus der Kreuzung eines triploiden mit einem diploiden Individuums tetraploide Nachkommen entstehen.

Das morphologische Artkonzept beruht auf Kontinuitäten beziehungsweise Diskontinuitäten von (zumeist) morphologischen Variationen. Diskontinuitäten werden als Artgrenzen betrachtet. Innerhalb einer Art verlaufen Variationen kontinuierlich, zwischen verschiedenen Arten diskontinuierlich. Abweichend davon können einzelne Merkmale auch innerhalb einer Art diskontinuierliche Variation zeigen (beispielsweise dominant-rezessive Merkmalsverteilungen).

Das biologische Artkonzept von E. Mayr sieht eine Art als Gruppe von miteinander kreuzender natürlichen Populationen, die von anderen Populationen genetisch reproduktiv isoliert sind.

Das genetische Artkonzept versucht anhand von gleichen beziehungsweise ähnlichen Gensequenzen Gruppen von Populationen zu Arten zusammenzufassen und von anderen Gruppen abzugrenzen.

Beim evolutionären Artkonzept von G. G. Simpson wird die Art als Entwicklungslinie oder Abstammungsgemeinschaft definiert.

Wahrscheinlich der wichtigste Faktor für die Entstehung neuer Arten stellt die räumliche Isolation dar. Sie führt zur allopatrischen oder geografischen Artbildung. Die Trennung einer Population in mehrere Teilpopulationen führt zu einer Unterbrechung des Genflusses. Durch Mutation, Selektion und genetischer Drift (also durch zufällige Kumulation von Mutationen) kommt es zu immer größer werdenden Unterschieden bis schließlich die getrennten Populationen nicht mehr fruchtbar kreuzbar sind. Sind die Populationen ausreichend reproduktiv isoliert, kommt es beim Wegfallen der räumlichen Isolation nicht mehr zu einer Vermischung dieser Populationen.

Reproduktive Isolation kann verschiedene Gründe haben. So können unterschiedliche Standortansprüche die Populationen ökologisch isolieren. Zeitliche Isolation liegt vor, wenn beispielsweise Blühzeiten deutlich voneinander getrennt sind. Unter blütenökologischer Isolation versteht man die Spezialisierung auf bestimmte Bestäuber, wodurch ein Übertragen von fremden Pollen verhindert wird. Auch der Wechsel von Fremdbestäubung mit Selbstinkompatibilität zu Selbstbefruchtung mit Selbstkompatibilität stellt eine blütenökologische Isolation dar. Die Kreuzung von fremden Populationen kann auch dadurch erschwert bis verhindert werden, dass zwar eine Bestäubung erfolgen kann aber die anschließende Befruchtung nicht möglich ist (die so genannte Hybridinkompatibilität). Mitunter ist die Lebensfähigkeit der Hybriden reduziert, wodurch eine Hybridpopulation nach wenigen Generationen wieder erlischt. Auch ist es möglich, dass die Hybriden steril oder zumindest nur bedingt fertil sind. In diesen Fällen können aber mitunter große Populationen durch asexuelle Fortpflanzung entstehen.

Hybridisierung muss aber nicht in allen Fällen zu einem Erlöschen der Hybridpopulation führen. Sie kann zunächst wie oben beschrieben zu einer Verringerung der Fruchtbarkeit führen, mitunter kann aber durch Rekombination in der Hybridnachkommenschaft die vollständige Fertilität wiedergewonnen werden. Auf diese Weise ist sogar die Bildung neuer Arten möglich. Möglich sind auch Rückkreuzungen mit einer oder beiden Elternarten. Wenn diese häufig genug stattfinden, kann das dazu führen, dass vergleichsweise wenige Merkmale der einen Art dauerhaft in die andere Art einfließen. Dieser Vorgang wird als introgressive Hybridisierung oder Introgression bezeichnet und entspricht im Grunde der Vorgehensweise der traditionellen Pflanzenzucht, wenn versucht wird, erwünschte Eigenschaften von Wildpflanzen (z.B. Resistenz gegen Schädlingsbefall) in Kulturpflanzen einzukreuzen. Dadurch können auch Reproduktionsbarrieren zwischen zwei oder mehreren Arten verringert werden.

Die Reduktion der Fertilität bei Hybriden kann neben der Rekombination auch durch Polyploidisierung aufgehoben werden (im Unterschied zur Polyploidisierung innerhalb einer Art, die als Autopolyploidie bezeichnet wird, spricht man hier von Allopolyploidie). Durch die Verdoppelung des Chromosomensatzes erhält jedes Chromosom automatisch einen homologen Paarungspartner für die Meiose (das Fehlen eines solchen Paarungspartners ist einer der wichtigsten Gründe für die Sterilität von Hybriden). Diese Allopolyploidie kann ihrerseits die Hybriden von ihren Elternarten reproduktiv isolieren, da die Rückkreuzung zu einer erhebli-

chen Reduktion der Fertilität führen kann. Ein gewisser Genfluss zwischen den unterschiedlichen Ploidiestufen bleibt aber in den meisten Fällen aufrecht.

Mit der Hybridisierung ist oft eine Erhöhung der genetischen Variation verbunden, was in vielen Fällen zu einem größeren Erfolg der Hybriden führt. Typischer Weise findet man Hybridpopulationen vor allem in gestörten Lebensräumen, wo sie sich besser etablieren können als die Ausgangsarten. Wenn solche allopolyploiden Pflanzen mit diploiden oder anderen Allopolyploiden hybridisieren kommt es zum Aufbau von Polyploidiekomplexen. (Strasburger, E. & P. Sitte 2002, Futuyma, D. et al. 2007)

1.4. Allgemeines zur Gattung *Valeriana*

Verschiedenen Arten der Gattung *Valeriana* finden seit der Antike Anwendung als Arznei- oder Duftpflanzen. *Valeriana jatamansi* (= *V. wallichii*, Indischer Baldrian, Indische Narde) wurde in der Antike zur Herstellung von Nardenöl verwendet und findet unter anderem mehrmals im Hohelied (Lied Salomons) Erwähnung. Die wichtigsten kommerziellen Arten sind heute *Valeriana officinalis* s. lat. (Baldrian), *V. jatamansi* (= *V. wallichii*, Indischer Baldrian), *V. fauriei* (Japanischer Baldrian) und *V. edulis* (= *V. mexicana*, Mexikanischer Baldrian). Daneben findet beispielsweise auch *Valeriana celtica* (Echt-Speik, Alpen) als Duftstoff in der Parfumindustrie Verwendung.

Die Herkunft des Namens *Valeriana* ist nicht geklärt. Mögliche Herleitungen aus dem Lateinischen sind „valeo“ (stark sein) oder „valere“ (kräftig, gesund sein). Denkbar ist aber auch, dass „*Valeriana*“ die latinisierte Form von Baldrian ist und damit die ursprüngliche Bedeutung unbekannt bleibt. Umstritten ist die Verbindung zum Lichtgott Baldur. Antike Ärzte in Rom und Griechenland nannten die Pflanze Phu.

Wahrscheinlich war Galenos (131-201) der erste, der die sedierende Wirkung von Baldrian erkannte, die Verwendung war aber durch andere Faktoren bestimmt. So wurde Baldrian teils Uranus, teils Merkur zugeordnet und dementsprechend wurden bestimmte Eigenschaften, die man diesen Planeten astrologisch zugeordnet hatte, auch auf den Baldrian übertragen. Später Einsatzgebiete waren als Anthelminthikum, als Aphrodisiakum und gegen die Pest. Erst Mitte des 18. Jahrhunderts wurde Baldrian in England als Sedativum eingesetzt. Die Verwendung als pflanzliches Beruhigungsmittel führte während des 2. Weltkriegs zu einem Versorgungsengpass an Baldrianwurzeln. Erst mit der Entwicklung von Barbituraten und Benzodiazepinen

nahm die Bedeutung von Baldrian ab (Dweck, A. C. 1997, Fischer, M. A. et al. 2008, Hiller, K. & M. F. Melzig 2009).

Wink bezeichnet Baldrian neben Schlafmohn (*Papaver somniferum*), Hopfen (*Humulus lupulus*) und Kava Kava (*Piper methysticum*) als die wichtigsten psychoaktiven Pflanzen in der Gruppe der Sedativa, Hypnotika und Narkotika (Wink, M. et al. 2008).

Rätsch nennt Mohn, Opium, Baldrian und Hopfen als wichtigste pflanzliche „downers“ (Sedativa, Hypnotika und Narkotika) und empfiehlt die Verwendung von Baldrian in Kombination mit Hopfen (als Diazepam-Ersatz) oder Passiflora oder Kava Kava. Im Mittelalter soll Baldriankraut auch als Abwehr gegen Hexen, Hexerei, böse Geister und Teufeln verwendet worden sein und die Wurzel war oft Bestandteil von Räucherwerk gegen Teufel. Im Allheilmittel Theriak war Baldrianwurzel ein fixer Bestandteil, was sich auch im alten Namen Theriakwurzel widerspiegelt (Rätsch, C. 2007).

Heute werden Zubereitungen der Baldrianwurzel als Sedativum bei Unruhe, Angstzuständen und Einschlafstörungen eingesetzt, ohne dass es dabei zu einer nachfolgenden morgendlichen Benommenheit kommt. Die Wirkung setzt aber erst bei längerer Anwendungszeit ein (beispielsweise Wichtl, M. et al. 2009, Dingermann, T. et al. 2004, Jänicke, C. et al. 2003).

Gesammelt werden die unterirdischen Teile (Wurzelstock, Wurzeln und Ausläufer) üblicherweise im Herbst, da beim Blühen und Fruchten der Gehalt an ätherischen Ölen ein Minimum erreicht und während der Rosettenstadien im Frühjahr und im Herbst am höchsten ist (Sárkány, S. & G. Baranyai 1957).

Die Baldriangewächse sind in Österreich und in den angrenzenden Gebieten mit drei Gattungen vertreten: *Centranthus* (Spornblumen), *Valerianella* (Feldsalate) und *Valeriana* (Baldriane). Die Gattung *Valeriana* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in den südamerikanischen Anden und stellt gleichzeitig die artenreichste Gattung der Familie dar. Weberling spricht von über 250 Arten. Durch die außergewöhnliche Formenvielfalt kommt es immer wieder zu Neugliederungen und auch zu Ausgliederung mancher Gruppen zu eigenen Gattungen (Weberling, F. 1961). Dementsprechend schwanken die angegebenen Artenzahlen beträchtlich, je nachdem ob taxonomische Untereinheiten von den jeweiligen Autoren als Unterarten, Arten oder Gattungen angesehen werden. Dabei scheint auch das Klima eine Rolle zu spielen, ob

sich verschiedene taxonomische Gruppen klar unterscheiden lassen oder ob es zur Ausbildung unterschiedlichster Übergangsformen kommt (Hegnauer, R. & T. Meijers 1958, Weberling, F. 1961).

So listet Skalinska für Polen drei verschiedene *Valeriana*-Arten auf, die sich durch Morphologie und Zytologie klar unterscheiden lassen (*Valeriana tenuifolia*, tetraploid; *V. exaltata*, diploid mit sporadisch auftretenden autotetraploiden Pflanzen; *V. sambucifolia*, oktoploid). Alle drei polnischen Arten sind dort intersteril und somit gute Arten. In Großbritannien werden alle Arten von ihr zu einer polymorphen Sammelart zusammengefasst, da keine klaren Grenzen zwischen den Arten gezogen werden kann. Zwar kann man in Großbritannien tetraploide und oktoploide Formen zytologisch unterscheiden, morphologisch sind sie aber nicht zu trennen und zeigen in etwa die selbe Diversität innerhalb dieser beiden Gruppen. Denkbar ist, dass es sich hierbei um einen durch hybridisierung entstandenen Polyploidiekomplex handelt (Skalinska, M. 1947, 1951).

Für Schweden werden *V. excelsa* und *V. officinalis* als fertil kreuzbar beschrieben und Walther nennt für Deutschland natürliche Hybriden zwischen *V. collina* und *V. exaltata* und zwischen *V. collina* und *V. procurrens* „mit mannigfachsten Aufspaltungen und Rückkreuzungen“ und beschreibt für Mitteldeutschland große Bastardpopulationen von *V. procurrens* und *V. sambucifolia* (Walther, E 1949). Laut Hegnauer und Meijers sind allerdings die polnische und die skandinavische *V. sambucifolia* und die polnische und die mitteleuropäische *V. tenuifolia* nicht völlig ident (Hegnauer, R. & T. Meijers 1958).

Atlantisches Klima scheint eine Vermischung der taxonomischen Gruppen zu begünstigen, während kontinentaleres Klima zu einer Trennung in klar unterscheidbare Arten führen dürfte. Dementsprechend sehen westeuropäischer Forscher tendenziell im *Valeriana officinalis*-Komplex eine Art, während man in Osteuropa eine große Bereitschaft zeigt, das Aggregat in verschiedene Arten aufzuspalten (Hegnauer, R. & T. Meijers 1958).

Ein ähnlich uneinheitliches Bild findet man auch in der Bestimmungsliteratur und in den Florenlisten. So werden teils die Gruppen als eigenständige Arten geführt, teils als Subspezies von *Valeriana officinalis* und fallweise werden nur einzelne Gruppen als eigenständige Arten betrachtet während die restlichen nur Subspeziesrang haben (beispielsweise Fischer, M. A. et

al. 2008, Jäger, E. J. & W. Rothmaler 2005, Lauber, K. & G. Wagner 2007, Polatschek, A et al. 2001, Schmeil, O. et al. 2011, Tutin, T. G. 1976).

Den bislang letzten großen Versuch, den *Valeriana officinalis*-Komplex in taxonomische Gruppen einzuteilen, haben Walter und Eva Titz unternommen. Für diese Einteilung wurden zusätzlich die unterschiedlichen Ploidieniveaus herangezogen. Diese Arbeit blieb jedoch unvollendet (Titz, E. 1984, Titz, E. & W. Titz 1981, Titz, W. 1969, Titz, W. & E. Titz 1979, 1980, 1982, Titz et al. 1982, 1983, 1983a).

Meist wird in der anwendungsbezogenen Literatur nur ganz allgemein vom Arznei-Baldrian geschrieben und dieser als formenreiche Art auf feuchten Standorten mit einer Blütezeit von Mai bis August geschildert (beispielsweise Schönfelder I. & P. Schönfelder 2010).

1.5. Morphologie und Zytologie nach Titz

Da sich Walter und Eva Titz sehr ausführlich mit dem Arzneibaldrian des Alpenraums auseinandergesetzt haben, möchte ich zuerst auf die von ihnen vorgestellte Einteilung eingehen.

Titz & Titz teilen *Valeriana officinalis* agg. in vier morphologisch unterschiedene Grundtypen ein („exaltata“, „collina“, „procurrens“ und „sambucifolia“). Diesen Grundtypen werden taxonomische Untereinheiten (Typen, Übergangstypen und Zwischentypen) untergeordnet. So findet sich zwischen „collina“ und „procurrens“ als stabilisierter Zwischentyp „versifolia“, zwischen „exaltata“ und „collina“ der Übergangstyp „vorarlbergensis“ und zwischen „versifolia“ und „collina“ der Übergangstyp „valligena“ (Titz, E. & W. Titz 1981, Titz, W. & E. Titz 1979, 1980, 1982).

Die Grundzahl der Chromosomen ist 7. Es kommen diploide ($2 \times 7 = 14$), tetraploide ($4 \times 7 = 28$) und oktoploide ($8 \times 7 = 56$) Pflanzen vor (beispielsweise Walther, E. 1949, Titz, W. et al. 1969). Vereinzelt findet man auch davon abweichende Individuen mit hexaploidem ($6 \times 7 = 42$) Chromosomensatz (Heuberger, H. et al. 2012).

Der Grundtyp „exaltata“ wird von Titz als hochwüchsig und bei Fruchtreife mit ausladenden Blütenständen beschrieben. Er nennt eine hohe vegetative und Blütenknotenanzahl, lange

Blattstiele, mittlere Zahl eher breiter Fiedern mit vielen kräftigen Zähnen am Rand. Stängel und Früchte unbehaart, eher kleine Blüten, ohne Ausläufer, stockbildend und mit dünnen Wurzeln.

„Collina“ wird als kleinwüchsig mit kleinen Blütenständen und mit geringer Anzahl vegetativen und Blütenstandknoten beschrieben. Die Blattstiele sind kurz und es findet sich eine hohe Anzahl schmaler, glattrandiger bis wenigzähliger Fiedern. Unterirdische Ausläufer sind möglich. Die Stängel können kahl bis behaart sein.

„Procurrens“ ist hochwüchsig mit großen aber wenigknotigen Blütenständen mit gleichzeitig einer hohen Anzahl an vegetativen Knoten. Sehr lange Blattstiele, wenige, relativ breite und kräftig gezähnte Fiedern. Früchte sind kahl, Blüten und Früchte groß. Bildet ober- und unterirdische Ausläufer.

Der vierte Grundtyp „sambucifolia“ wird als kleinwüchsig mit kleinem Blütenstand beschrieben. Blütenstand und vegetativer Teil haben wenig Knoten, Blattstiele sind relativ kurz, sehr geringzahlige, breite Fiedern mit kräftigen Zähnen. Blüten und Früchte ziemlich groß, Pflanze kahl mit ober- und unterirdischen Ausläufern.

Die oben aufgelistete Einteilung hat aber weniger systematische Bedeutung sondern dient in erster Linie dazu, eine grobe Ordnung in den *Valeriana officinalis*-Komplex zu bringen. So schreibt Eva Titz selbst: „Diese Grundtypen sind nicht als taxonomische Einheiten aufzufassen, sondern als abstrahierte Idealausbildungen, die aber sehr wohl in bestimmten Regionen (und auf einem einheitlichen Ploidieniveau) ihre \pm getreue Verwirklichung als reale ‚Typen‘ finden“ (Titz, E. 1984).

Diesen vier Grundtypen wird eine verschiedene Anzahl von Typen, Zwischentypen und Übergangstypen untergeordnet. Das Ploidieniveau spielt aber bei der Zuordnung zu den vier Grundtypen nur eine untergeordnete Rolle. So ist der Typ „illyrica“ zwar diploid, entspricht aber morphologisch weitgehend dem Grundtyp „collina“ (Turecek, G. et al. 1980) (siehe Abbildung 2). Titz & Titz lassen offen, inwieweit es sich bei dieser Aufteilung um Arten, Unterarten oder Varietäten handelt, sehen aber in den Typen „procurrens“ und „sambucifolia“ sehr nah verwandte Sippen, denen sie maximal subspezifischen Rang zumessen (Titz, E. 1984, Titz, W. & E. Titz 1979, 1980, 1982).

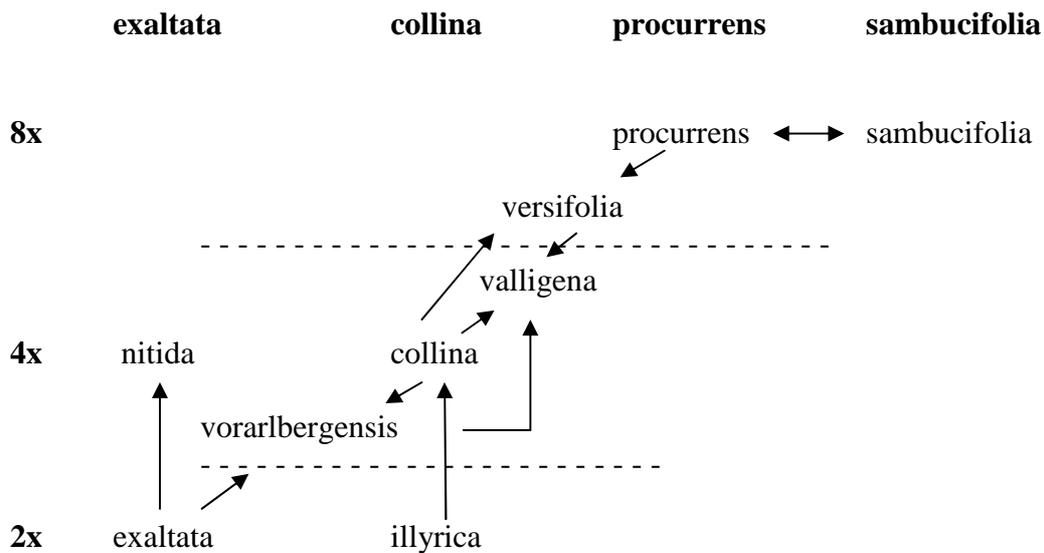
Grundtypen:

Abb. 2: Die vier Grundtypen nach Titz und die ihnen zugeordneten Typen mit ihren Ploidiestufen (verändert nach Titz, W. & E. Titz 1982).

Der Typ „vorarlbergensis“ dürfte laut Titz & Titz erst in jüngerer Zeit durch Einkreuzung von „exaltata“ in „collina“ entstanden sein ((Titz, E. & W. Titz 1981, Titz, W. & E. Titz 1982).

Generell sehen Titz & Titz die von ihnen beschriebenen Sippen nicht als eigenständige Arten, sondern betonen, dass es sich hierbei eher um intraspezifische Taxa handelt (Titz & Titz 1979). Bulgakov et al. (1966) stellten aus *Valeriana nitida* (tetraploid) künstlich oktoploide Pflanzen her, wodurch charakteristische morphologische Unterschiede auftraten, wie sie typischerweise zwischen tetraploiden und oktoploiden Pflanzen zu sehen sind (Bulgakov et al. in Titz, W. & E. Titz 1979).

Im Gegensatz zu Titz & Titz und anderen schlagen Houliub & Kirschner eine Gliederung in drei Arten aufgrund ihres Ploidie-Grades vor (diploid: *Valeriana officinalis*, tetraploid: *V. stolonifera*, oktoploid: *V. excelsa*) (Houliub & Kirschner 1997 in Buttler et al. 2008).

Die Arbeit von Titz & Titz baut im Wesentlichen auf der Arbeit von Elly Walther (1949) auf. Walther verwirft den Namen *Valeriana officinalis* (als „nomen ambiguum“), da er ständig Anlass zu Irrtümern gibt und teilt die von ihr taxonomisch unterschiedenen Gruppen in einzelne Arten auf. Sie beschreibt vor allem Ausläufer als wichtiges Unterscheidungsmerkmal. Unterirdische Ausläufen werden von ihr als „Stolonen“, oberirdische als „Flagellen“ bezeichnet. Dabei schreibt sie, dass Stolonen erst im Sommer bis Herbst angelegt werden und erst im

darauf folgenden Jahr bilden sich Wurzeln und Blätter, während Flagellen schon viel früher gebildet werden und noch im selben Jahr Wurzeln und Blätter tragen. Allerdings schreibt sie dazu im Widerspruch, dass man alle Übergänge zwischen Stolonen und Flagellen an einer Pflanze beobachten kann. Weiters erwähnte sie Flagellen als nicht konstantes Merkmal und zeigt anhand von Pflanzexperimenten, dass die Ausbildung von Stolonen beziehungsweise Flagellen standortabhängig sein kann. Ähnliches beschreibt sie auch bei Pflanzen in aufeinanderfolgenden Jahren, also dass ein und dieselbe Pflanze einmal Flagellen (mit Beblätterung im selben Jahr) und einmal Stolonen (mit Beblätterung im folgenden Jahr) bildeten (Walther, E. 1947).

Wuchshöhe und Blühzeitpunkt stehen laut Walther in Korrelation zueinander (frühblühende Pflanzen bleiben kleiner als spätblühende). Allerdings macht sie keine Angaben darüber, ob es sich bei den bezüglich Blühzeiten untersuchten Pflanzen um Wildpflanzen oder Pflanzen aus Kulturen handelt (Walther, E. 1949). Titz & Titz kommen zu dem Schluss, dass der Blühbeginn kein aussagekräftiges Merkmal darstellt und es innerhalb derselben Gruppe bei unterschiedlichen Standorten zu gravierend anderen Blühzeitpunkten kommen kann (Titz, E. & W. Titz 1981). Laut Sárkány & Baranyai stellt der Blühbeginn sehr wohl ein wichtiges Bestimmungsmerkmal dar. So wird für die so von ihnen bezeichnete *Valeriana officinalis* ssp. *collina* als Blühbeginn Ende April bis Anfang Mai und für *V. officinalis* ssp. *exaltata* Ende Juni bis Anfang Juli angegeben (Sárkány, S. & G. Baranyai 1957). Auch in verschiedenen Bestimmungsbüchern werden Blühzeitpunkte als wichtige Merkmale genannt (beispielsweise Jäger, E. J. & W. Rothmaler 2005, Fischer, M. A. et al. 2008). Im Versuchsgarten Augarten lagen die Zeiten des Blühbeginns in den Jahren 2010 und 2011 größtenteils eng beieinander, wodurch eine Unterscheidung zwischen früh- und spätblühend kaum möglich war. In der Kultur hatten alle Pflanzen bezüglich Boden, Temperatur, Feuchtigkeit und Licht dieselben Bedingungen. Im Freiland findet man bei diesen Faktoren oft große Unterschiede. Es muss angenommen werden, dass diese Unterschiede sich deutlich auf den Zeitpunkt des Blühbeginns und die Blühdauer auswirken können. Darüber hinaus zeigt der Vergleich von 2011 mit 2010, dass die Blühzeitpunkte der einzelnen Individuen und Populationen nicht konstant sind. So blühen manche Pflanzen in zweiten Jahr fast auf den Tag genau zu selben Zeit, während andere über drei Wochen früher blühen (Klatte-Asselmeyer, unveröffentlicht). Diese Beobachtungen legen den Schluss nahe, dass der Blühzeitpunkt kein verlässliches Merkmal zur Bestimmung der einzelnen taxonomischen Gruppen darstellt, was die Meinung von Titz & Titz bestätigen würde.

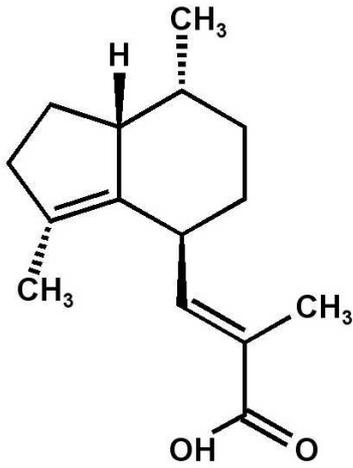
Weberling beschreibt den Blütenstand von *Valeriana officinalis* als vielfach zusammengesetzten Thyrsus, der im distalen Bereich meist nur zwei bis drei Wirteln von Cymen trägt, die wiederum stängelabwärts thyrsoide und dann pleiothyrsische Äste tragen. Laut Weberling ist es für alle Valerianaceen charakteristisch, dass die Hauptachse anstatt mit einer Gipfelblüte mit einer „Gabel“ abschließt (Weberling, F. 1961).

Die Blüte von *Valeriana officinalis* agg. ist zwittrig mit drei Staubblätter und einem Griffel. Die Blütenblätter sind zu einer Kronröhre, die in fünf glattrandige Kronzipfel enden, verwachsen. Nahe dem Blütenboden befindet sich eine Aussackung (Sporn). Von den Farben können weiß bis dunkelrosa auftreten, fallweise findet man auch längsgestreifte Blüten. Die Kronröhre ist meist zwischen 2 und 8 mm lang (Fischer, M. A. et al. 2008).

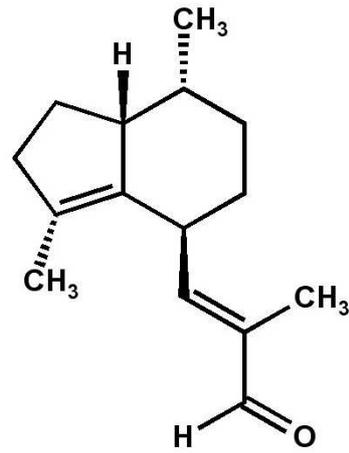
1.6. Inhaltsstoffe

Valeriana officinalis agg. enthält eine Vielzahl an verschiedenen Naturstoffen. Unter anderem kennt man Mono- und Sesquiterpene, Alkaloide (wie Actinidin und Valerianin), Iridoide, Flavonoide (wie Luteolin und Kaempferol) und Lignane (beispielsweise 8'-Hydroxypinoresinol und Olivil). Außerdem finden sich noch verschiedene Zucker, Stärke, freie Fettsäuren, Phenolcarbonsäuren (wie Chlorogensäure und Kaffeesäure) und sehr geringe Mengen an freien Aminosäuren (beispielsweise Arginin, GABA, Glutamin und Tyrosin) (Wichtl, M. et al. 2009, Houghton, P. J. in Houghton 1997, Hunnius, C. & H. Ammon 2004).

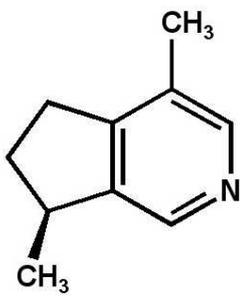
Hauptbestandteile sind unter anderem Bornylacetat, β -Caryophyllen, Valeranon, Valeranal, Valerensäure und die so genannten Valepotriate (Valeriana-epoxy-triester). Daneben findet sich eine Reihe von Abbauprodukten, die auch für den charakteristischen Geruch der getrockneten Droge verantwortlich sind. Die Valepotriate (unter anderem Valtrat, Isovaltrat und Acevaltrat) werden durch Säuren und Basen und auch durch Wärme sehr schnell abgebaut und bleiben auch in ethanolischen Lösungen nicht stabil und werden unter anderem in Baldrinal und Homobaldrinal abgebaut. Diese Baldrinale reagieren aber ebenfalls rasch mit anderen Stoffen und sind nach kurzer Zeit nicht mehr nachweisbar (Teuscher, E. et al. 2004, Titz, W. et al. 1982, 1983, Dingermann, T. et al. 2004, Wichtl, M. et al. 2009).



Valerensäure



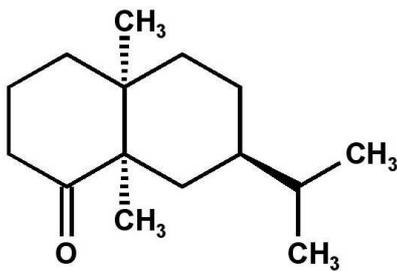
Valeranal



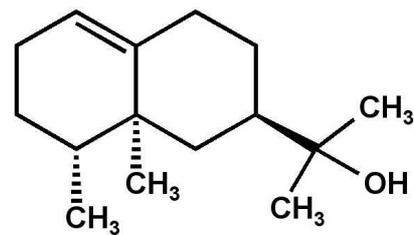
Actinidin



Valeranin

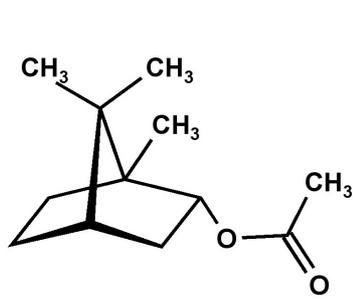


Valeranon

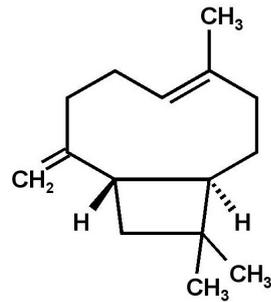
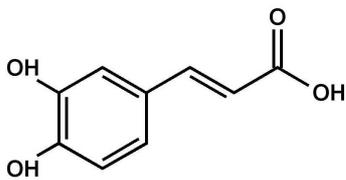


Valeranol

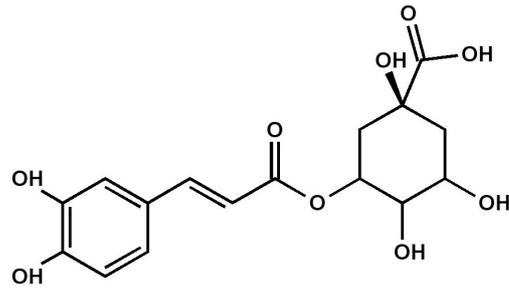
Abb. 3: Inhaltsstoffe (verändert nach Teuscher, E. et al. 2004)



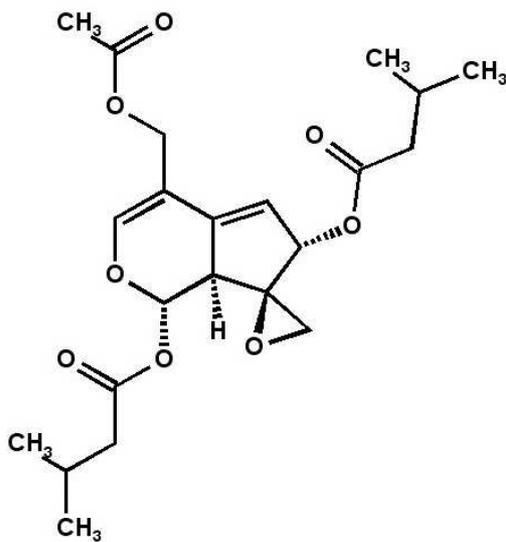
Bornylacetat **

 β -Caryophyllen *

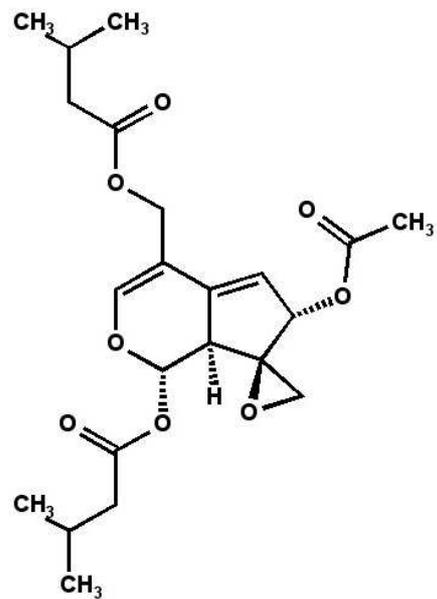
Kaffeesäure *



Chlorogensäure *



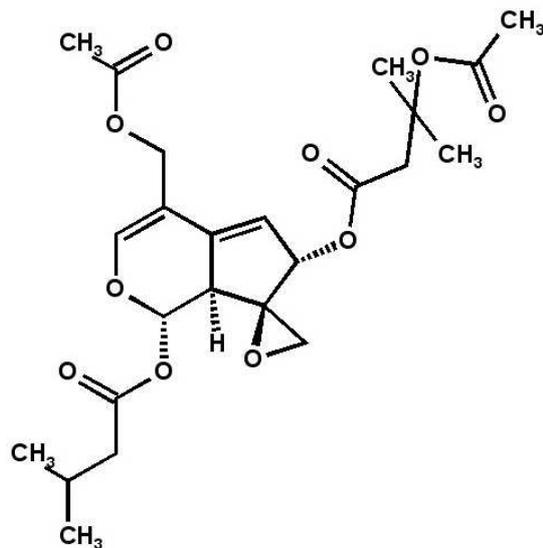
Valtrat *



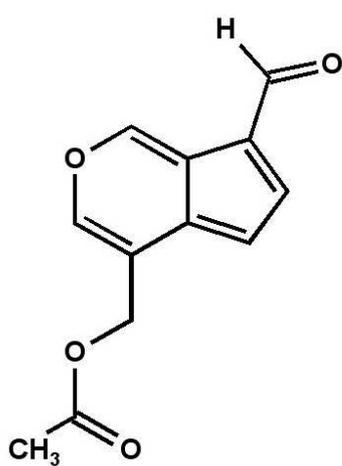
Isovaltrat **

Abb. 4: Inhaltsstoffe

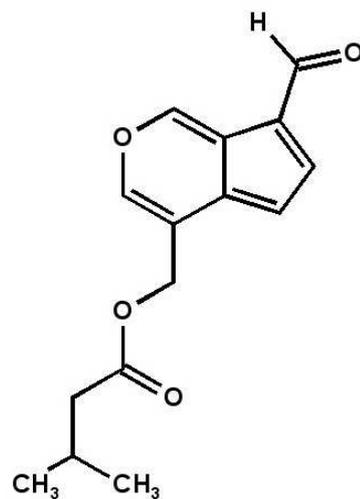
(*verändert nach Teuscher, E. et al. 2004, ** verändert nach Dingermann, T. et al. 2004)



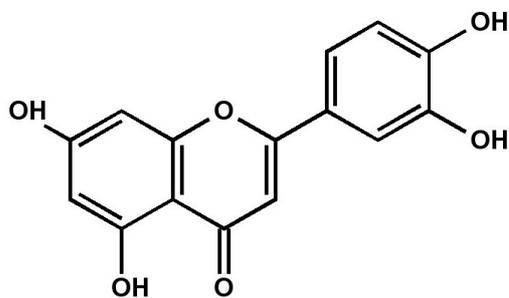
Acevaltrat *



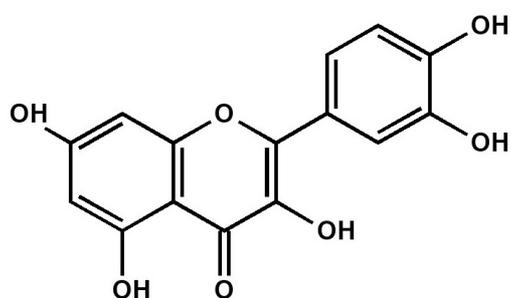
Baldrinal *



Homobaldrinal *



Luteolin **



Kaempferol **

Abb. 5: Inhaltsstoffe

(*verändert nach Teuscher, E. et al. 2004, ** verändert nach Dingermann, T. et al. 2004)

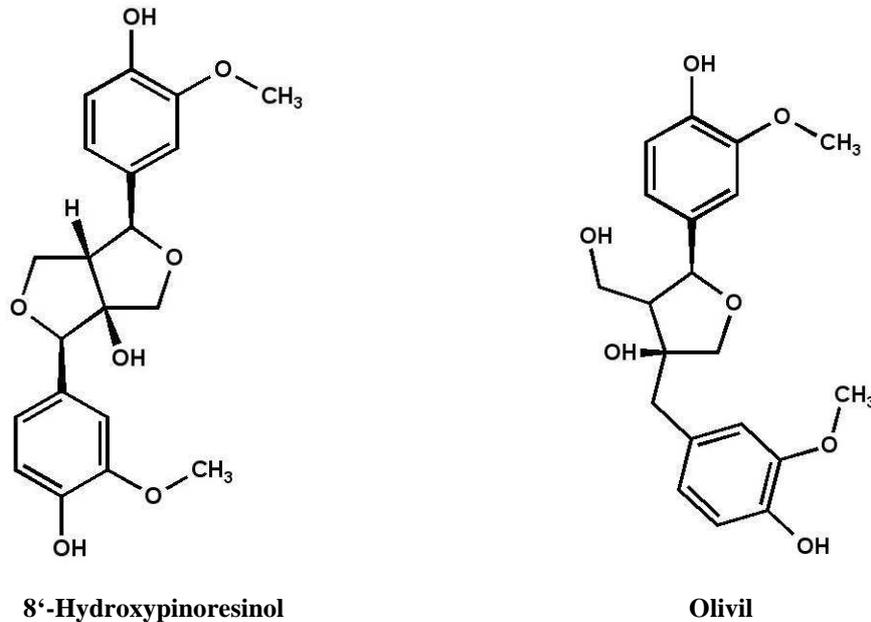


Abb. 6: Inhaltsstoffe (verändert nach Teuscher, E. et al. 2004)

Anhand von Versuchen mit veränderten Oozyten von *Xenopus laevis* konnte gezeigt werden, dass das Sesquiterpen Valerensäure in Abhängigkeit der Konzentration den GABA_A-Rezeptor moduliert bis aktiviert. Dieser Rezeptor ist der Angriffspunkt von Benzodiazepinen (beispielsweise Diazepam) (Trauner, G. et al. 2006, 2008). Während Benzodiazepine mittels passiver Diffusion ins Gehirn gelangen, wird vermutet, dass Valerensäure und ihre Derivate durch ein aktives Transportsystem ins Gehirn transportiert werden (Trauner, G. et al. 2007, Neuhaus, W. et al. 2008). Durch Untersuchungen an mutierten Mäusen konnte bestätigt werden, dass es zu einer allosterischen Interaktion mit dem GABA_A-Rezeptor und der Valerensäure kommt (Benke, D. et al. 2009). Als weitere mögliche Wirksubstanz kommen die enthaltenen Lignane in Betracht, die *in vitro* auch in niedrigen, mikromolaren Konzentrationen eine Affinität zum 5-HT_{1A}-Rezeptor zeigen beziehungsweise an den Adenosinrezeptor A₁ binden und Coffein verdrängen (Hunnius, C. & H. Ammon 2004, Teuscher, E. et al. 2010). Valeropatriate und ihre Abbauprodukte, die Baldrinale zeigen zwar sedierende, hypotensive und antikonvulsive Effekte, sie fehlen aber gänzlich oder fast völlig in den fertigen Arzneimitteln (Roth, L. et al. 2008). Sehr wahrscheinlich ist das Zusammenspiel verschiedener Komponenten mit verschiedenen Angriffspunkten, die synergistisch für die Wirksamkeit von Baldrialextrakten verantwortlich sind (Dingermann, T. et al. 2004, Trauner, G. et al. 2008).

Tendenziell findet man bei steigendem Ploidieniveau höhere Gehalte an Inhaltsstoffen. Das spiegelt sich auch in der Tatsache wider, dass überwiegend tetraploide Sorten im kommerziell-

len Anbau verwendet werden. Zwar findet man tendenziell in oktaploiden Pflanzen höhere Gehalte an ätherischen Ölen und an Valerensäure und auch die Wurzelerträge sind oft höher, aber tetraploide Sippen bilden meist wesentlich kompaktere Wurzelstöcke aus, was einen nicht unerheblichen Vorteil bei der Ernte darstellt. Durch gezieltes Einkreuzen könnte man vielleicht in Zukunft Pflanzen mit kompakten Wurzelstöcken und höheren Erträgen erzielen (Heuberger, H. et al. 2012, Arth, K. 2012).

Allerdings lassen sich gewisse sippenspezifische Unterschiede in den Valepotriatzusammensetzungen erkennen, der Gesamtvalepotriatgehalt innerhalb der Typen schwankt aber deutlich mehr als die Mittelwerte der einzelnen Typen. Ebenso findet man Komponenten des ätherischen Öls, die beträchtliche typenspezifische Unterschiede zeigen, jedoch ist auch hier eine Untergliederung in taxonomische Gruppen aufgrund der chemischen Merkmale nicht möglich. Aufgrund der Analysen der Inhaltsstoffe erscheint in Hinblick einer pharmakologischen Verwendung eine Einschränkung auf bestimmte Typen nicht notwendig (Titz et al. 1982, 1983).

Das Europäische Arzneibuch (7. Ausgabe, 2011) verlangt folgende Mindestgehalte:

- Baldriantinktur (*Valerianae tinktura*): mindestens 0,015% Sesquiterpensäuren, berechnet als Valerensäure.
- Mit Wasser hergestellter Baldriantrockenextrakt (*Valerianae aquosum siccum*): mindestens 0,02% Sesquiterpensäuren, berechnet als Valerensäure.
- Mit wässrig-alkoholischen Mischungen hergestellter Baldriantrockenextrakt (*Valerianae extractum hydroalcoholicum siccum*): mindestens 0,25% Sesquiterpensäuren, berechnet als Valerensäure.
- Baldrianwurzel (*Valerianae radix*): mindestens 4 ml ätherisches Öl je Kilogramm getrockneter Droge und mindestens 0,17% Sesquiterpensäuren, berechnet als Valerensäure.
- Geschnittene Baldrianwurzel (*Valerianae radix minutata*): mindestens 3 ml ätherisches Öl je Kilogramm getrockneter Droge und mindestens 0,10% Sesquiterpensäuren, berechnet als Valerensäure.

Im Österreichischen Arzneibuch (Ausgabe 2012) findet sich die Etherische Baldriantinktur (*Valerianae tinctura aetherea*, *Tinctura Valerianae aetherea*). Sie wird aus Etheralkohol (Ether + Alkohol: 1 + 3 V/V) und Baldrianwurzel hergestellt. Es wird ein Gehalt von mindestens 0,015% Sesquiterpensäuren, berechnet als Valerensäure verlangt.

1.7. Toxikologie

Ganz allgemein wird Baldrian als ungiftig bis schwach giftig eingestuft (Roth, L. et al. 2008, Wink, M. et al. 2008). Bei in vitro-Versuchen zeigt sich eine zytotoxische und mutagene Wirkung der Valepotriate, die aber in vivo nicht bestätigt werden konnte. Die akute Toxizität wird aber meist als gering eingeschätzt und die Wahrscheinlichkeit für ein gentoxisches Risiko bei längerer Anwendung von Fertigarzneimitteln dürfte äußerst gering sein. Es wird aber öfters empfohlen, keine Zubereitungen zu verwenden, die mit Valepotriaten angereicherte Extrakte aus dem Indischen Baldrian (*Valeriana jatamansi*) oder aus mexikanischen Baldrianarten enthalten (Teuscher, E. et al. 2004, 2010).

Ob es überhaupt zu einer Intoxikation durch Baldrianzubereitungen kommen kann, ist umstritten. In höheren Dosen soll es laut einigen Autoren zu Kopfschmerzen, Unruhe, Schlafschwierigkeiten, Rhythmusstörungen, zentrale Lähmungen und Herzstillstand kommen (Wink, M. et al. 2008, Roth, L. et al. 2008). Andere Autoren beschreiben zwar milde Symptome („Müdigkeit, Bauchkrämpfe und Zittern“), die aber innerhalb 24 Stunden wieder verschwinden (Hölzl, J. in Houghton 1997). Wieder erwähnen eine mögliche Intoxikation nicht oder stellen eine Giftwirkung dezidiert in Abrede (Dingermann, T. et al. 2004). Von einer „Baldriansucht“ (mit „Kopfschmerzen, Aufregungszuständen, Unruhe, Schlaflosigkeit und vermutlich sekundär Herztätigkeitsstörungen“) wird nur sehr selten berichtet (Roth, L. et al. 2008).

2. Material und Methode

2.1. Technik

Verwendet wurde ein NIKON Durchlichtmikroskop (Nikon Japan 453988) mit Zeichentubus (Nikon Japan Drawing Tube 1,25x).

Die Belege wurden mittels einer am Mikroskop angeschlossenen Digitalkamera (EUROMEX, Model CMEX DC.1300X Colour USB2 camera, Rev. 0709) dokumentiert.

Auf Dauerpräparate aus Glyceringelatine wurde verzichtet, da Voruntersuchungen gezeigt haben, dass die Blüten mit der Zeit in Glyceringelatine schrumpfen.

Die Blüten wurden mit Pinzette und Präpariernadel aus dem Blütenstand herausgelöst und mit 60%iger Chloralhydratlösung (Riedel-de Haën, Deutschland) vorsichtig aufgekocht und in dieser Lösung im Mikroskop untersucht.

2.2. Pflanzen

Die einzelnen Pflanzen wurden mittels Nummerncode, der sich aus Population und Individuum ableitet, bezeichnet. (Die Nummerierung der Populationen und Individuen wurde von Klatte-Asselmeyer übernommen.) Die drei pro Individuum ausgewählten Blüten wurden mit Unterstrich und Nummer gekennzeichnet. Der Nummerncode 29.1_3 bezeichnet somit die dritte Blüte vom Individuum 1 aus der Population 29. Wenn für statistische Auswertungen der Mittelwert aus den drei Blüten genommen wurde, reduziert sich der Nummerncode auf Population und Individuum (in unserem Beispiel 29.1).

Die von mir untersuchten Pflanzen wurden an Wildstandorten in Österreich gesammelt (Abbildung 7 bis 9), unter kontrollierten Bedingungen im Versuchsgarten Augarten, Department für molekulare Systembiologie, Universität Wien kultiviert und während der

Blüte in den Jahren 2010 und 2011 gesammelt und herbarisiert. Die Sammelstandorte sind im Anhang als Tabelle 5 angefügt.



Abb. 7: Sammelstandorte Überblick



Abb. 8: Sammelstandorte Ostösterreich



Abb. 9: Sammelstandorte Westösterreich

Von den insgesamt 82 in Kultur befindlichen Populationen wurden jene ausgesucht, von denen mindestens drei Individuen mit Herbarbeleg vorhanden waren und deren Ploidieniveau durch vorhergehende Arbeiten (Bressler 2011, Klatter-Asselmeyer unveröffentlicht) bekannt war. Pro Individuum wurden drei Blüten vermessen und daraus die jeweiligen Mittelwerte errechnet.

Aus den Blütenständen wurden voll ausgebildete Blüten, ohne morphologischen Auffälligkeiten und mit ausgebildetem Embryo ausgewählt (Abbildung 10).

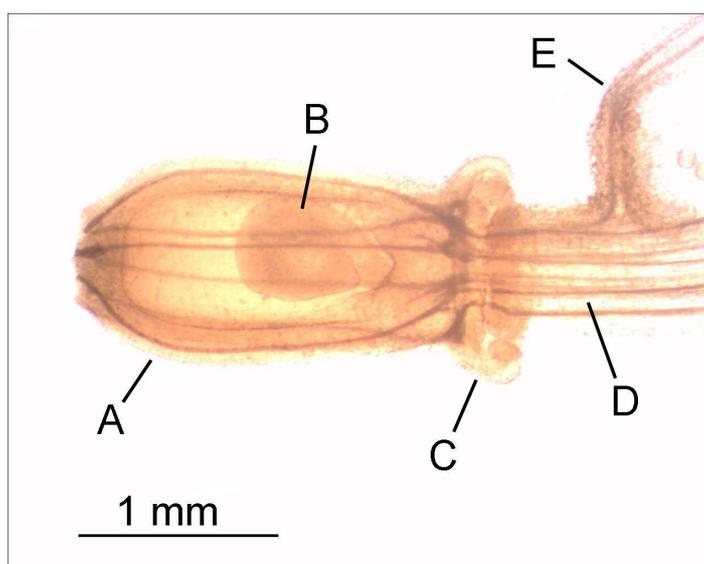


Abb. 10: Fruchtknoten mit Embryo

A: Fruchtknoten, B: Embryo, C: Korolla, D: Kronröhrenstiel, E: Aussackung

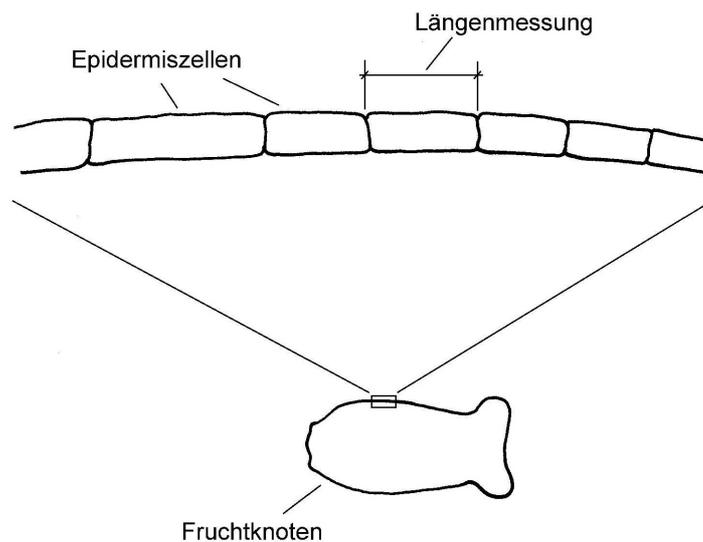
Als morphologische Auffälligkeiten, die zum Ausschluss von Blüten führten wurden folgende Besonderheiten gewertet:

- Mehr oder weniger als fünf Kronzipfel.
- Gefiederte oder gelappte Kronzipfel.
- Mehrere Aussackungen.
- Fehlende Aussackung

EPIDERMISZELLEN

Von einem Teil der ausgewählten Blüten wurde zusätzlich an der dicksten Stelle des Fruchtknotens an beiden Seiten je fünf Epidermiszellen der Länge nach vermessen.

Die Skizze soll das Vermessungs-Schema der Blüten zeigen.



BLÜTEN

Die bereits aus dem Blütenstand herausgelösten Blüten wurden am Objektträger mit der Chloralhydratlösung vorsichtig aufgekocht. Dadurch wurden diese weich und ein Großteil der Luftbläschen konnte entfernt werden. Anschließend wurden die Blüten mit Pinzette, Präpariernadel und Pinsel am Objektträger ausgerichtet (Siehe Abbildung 11).

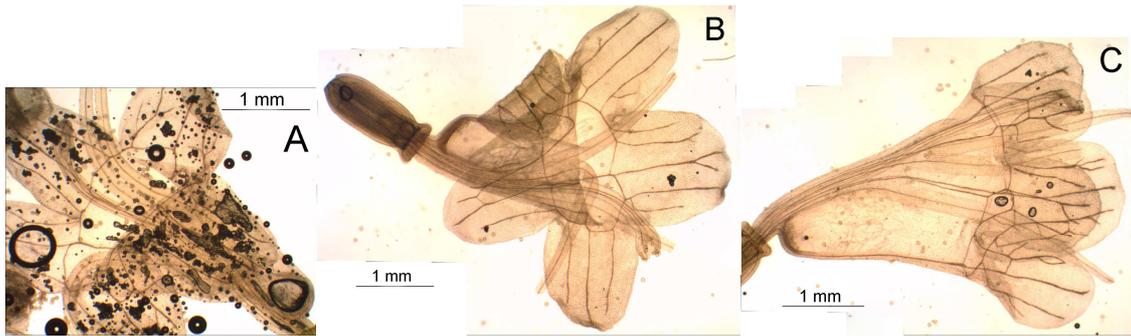
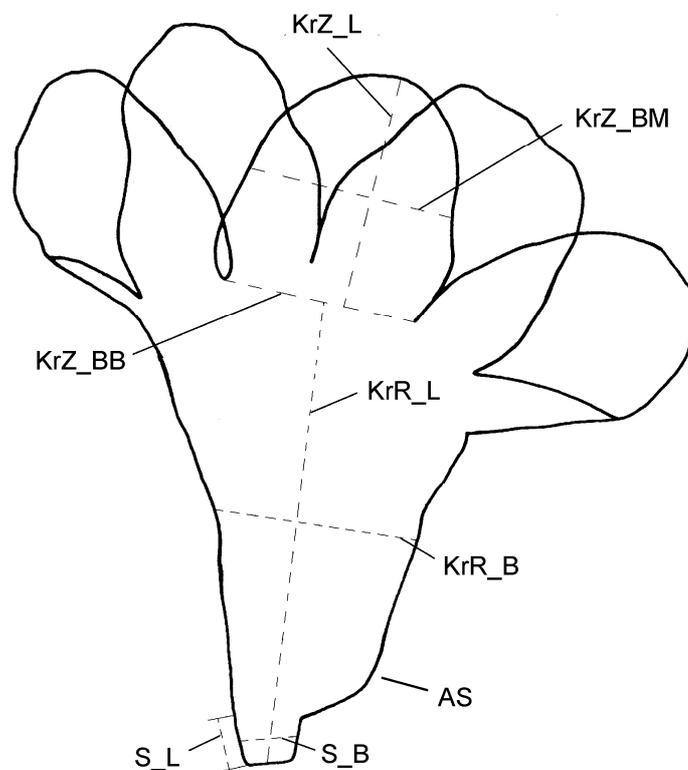


Abb. 11: A: vor dem Aufkochen. B: nach dem Aufkochen. C: fertig präparierte Blüte

Der Blütenumriss der fertig präparierten Blüte wurde mit Hilfe des Zeichentubus abgezeichnet. Vermessen wurde die Länge der Kronröhre, die Breite in der Mitte der Kronröhre, die Länge des Kronröhrenstiels bis zur Aussackung, die Breite in der Mitte des Kronröhrenstiels, die Länge eines Kronzipfels und die Breite an der Basis und in der Mitte der Kronzipfel. Die Kronröhren-Länge wurde vom Blütenansatz bis zum Beginn der Kronzipfel gemessen. Der Kronröhren-Stiel stellt somit einen Teil der Kronröhren-Länge dar. Bei gekrümmten Blüten wurde die Kronröhren-Länge mit Hilfe eines Kurvenlineals bestimmt.

Die Skizze soll das Vermessungs-Schema der Blüten zeigen.



Die verwendeten Abkürzungen:

- KrR_L / KrR_B Kronröhren-Länge / -Breite
- S_L / S_B Kronröhrenstiel*-Länge / -Breite
- KrZ_L Kronzipfel-Länge
- KrZ_BB Kronzipfel-Breite an der Basis
- KrZ_BM Kronzipfel-Breite in der Mitte
- AS Aussackung

*Als Kronröhrenstiel ist hier der dünne Bereich zwischen Blütenansatz und Aussackung gemeint.

2.3. Statistik

Die statistischen Berechnungen wurden mit STATISTICA 6.1 (Diskriminanzanalyse) und mit 2D_Euklid (Saukel, J. et al. 2003) durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1. Epidermiszellen

An 39 Individuen (9 diploid, 15 tetraploid, 15 oktoploid) wurde die Länge der Epidermiszellen am Fruchtknoten vermessen.

Die Länge der gemessenen Epidermiszellen schwankt zwischen 6 und 53 μm bei einem Mittelwert von 23,3 μm . Die Mittelwerte schwanken zwischen 11,6 und 41,3 μm , wobei sich zwischen den beiden gemessenen Seiten bezüglich der Mittelwerte an ein und demselben Fruchtknoten Differenzen von bis zu 17,8 μm zeigen.

Die maximale Differenz zwischen zwei gemessenen Epidermiszellen an einem Fruchtknoten beträgt 29 μm .

In den Abbildungen 12 und 13 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen und Bereiche ohne Ausreißer der einzelnen Messungen gegen die Ploidieniveaus dargestellt.

Für die untenstehenden Grafiken wurden die fünf pro Seite gemessenen Werte gemittelt.

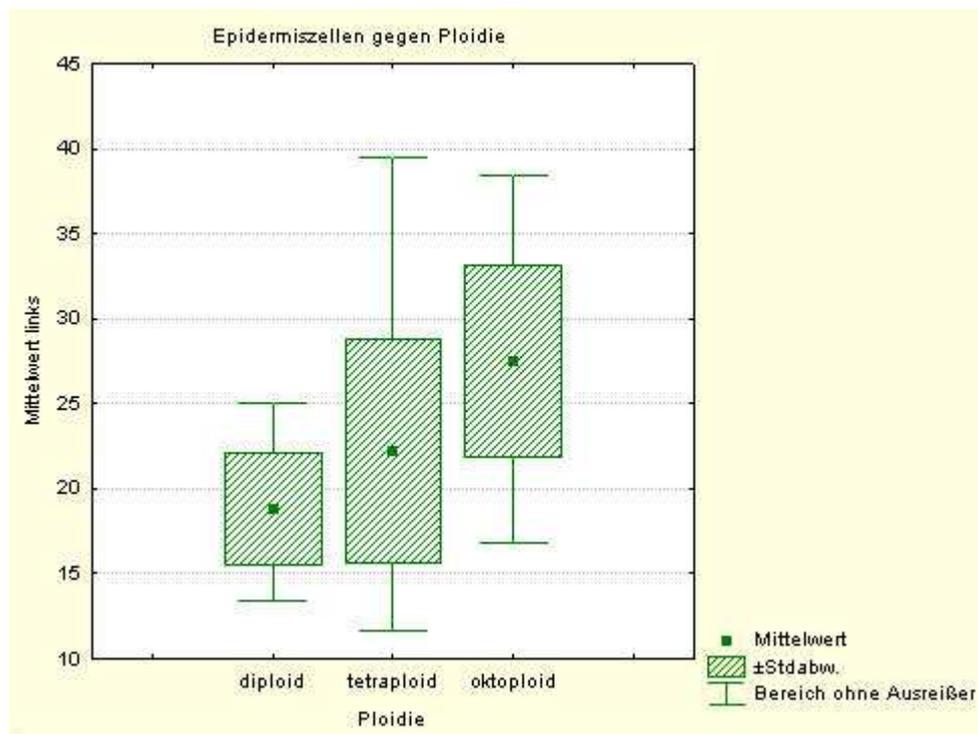


Abb. 12: Gemittelte Längen der Epidermiszellen (links) gegen Ploidie

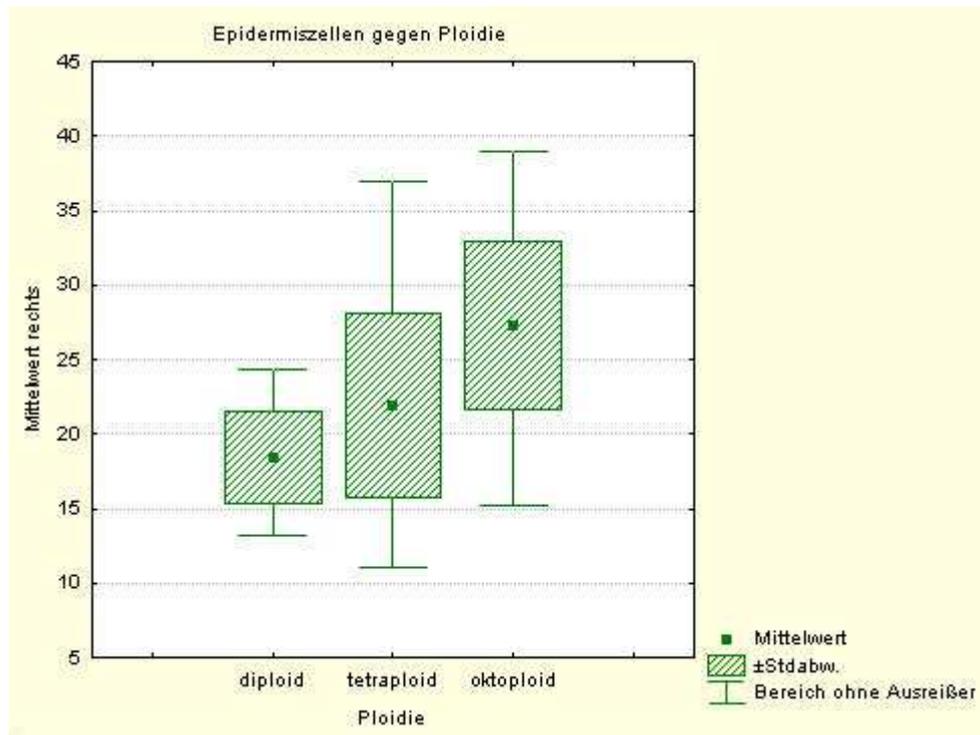


Abb. 13: Gemittelte Längen der Epidermiszellen (rechts) gegen Ploidie

In Abbildung 14 sind die Korrelationen der gemittelten Längen der Epidermiszellen und Ploidieniveaus dargestellt.

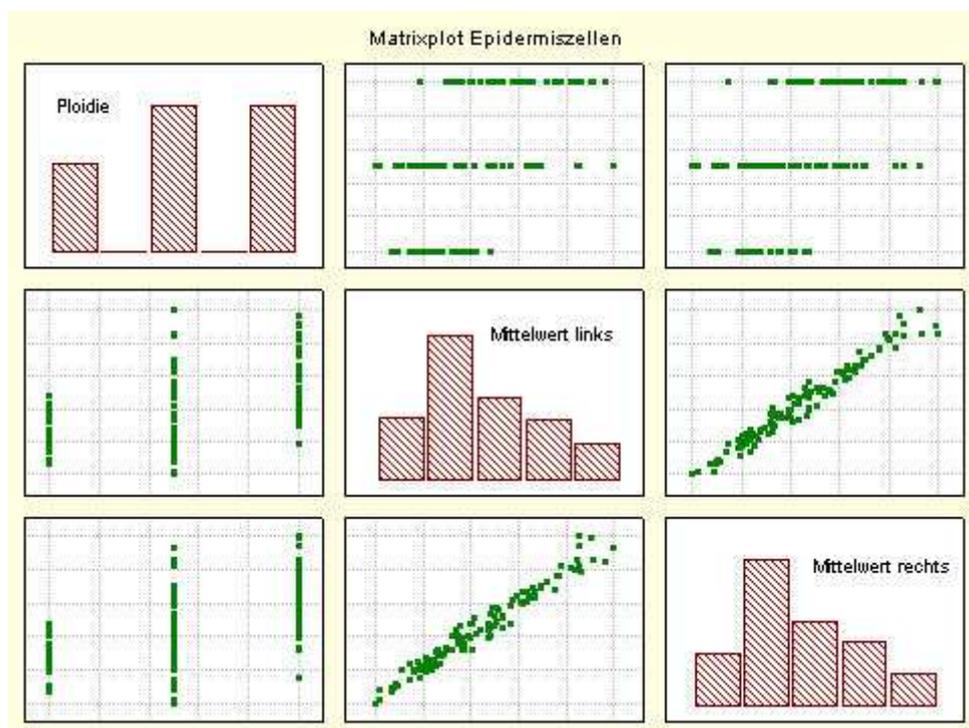


Abb. 14: Gemittelte Längen der Epidermiszellen als Datenmatrix

Die Klassifikationsmatrix zeigt die beobachtete Klassifikation (Spalten) und die prognostizierte Klassifikation (Zeilen) und somit wie viele Individuen korrekt zugeordnet werden. Von 27 der in früheren Untersuchungen als diploid bestimmten Pflanzen werden 4 tatsächlich der diploiden Gruppe zugeordnet (14,8%). 23 werden der tetraploiden Gruppe zugeordnet. Bei den tetraploid bestimmten Pflanzen werden 26 der richtigen Gruppe zugeordnet (57,8%). 5 Individuen kommen zur diploiden Gruppe, 14 zur oktoploiden Gruppe. 26 Individuen der oktoploid bestimmten Pflanzen werden korrekt der oktoploiden Gruppe zugeordnet. Eine Pflanze wird der diploiden, 18 Pflanzen der tetraploiden Gruppe zugeordnet.

| Klasse | Prozent | diploid | tetraploid | oktoploid |
|------------|---------|---------|------------|-----------|
| | korrekt | p=,2345 | p=,3931 | p=,3724 |
| diploid | 14,81 | 4 | 23 | 0 |
| tetraploid | 57,78 | 5 | 26 | 14 |
| oktoploid | 57,78 | 1 | 18 | 26 |
| gesamt | 47,86 | 10 | 67 | 40 |

Tabelle 1: Klassifikationsmatrix der Epidermiszellen

Die Messdaten sind im Anhang als Tabelle 6 angefügt.

3.2. Blüten

Für die morphometrische Vermessung der Blüten wurden insgesamt 54 Populationen ausgewählt. Von diesen waren 12 diploid, 21 tetraploid und 19 oktaploid. Zwei Populationen zeigten eine gemischte Ploidie (Population 14: diploid und oktaploid, Population 42: diploid und tetraploid). Von den diploiden, tetraploiden und oktaploiden Populationen wurden je drei Individuen für die Untersuchung herangezogen. Von den Populationen 14 und 42 wurden pro Ploidieniveau drei Individuen untersucht. Um statistischen Standards zu genügen, wurden pro Individuum drei Blüten vermessen und daraus der Mittelwert (arithmetisches Mittel) errechnet. In Summe wurden somit 504 Blüten fotografiert, gezeichnet und vermessen. Die Messdaten sind im Anhang als Tabelle 7 angefügt.

Das Ploidieniveau der einzelnen Pflanzen wurde von Sabine Bressler und Valerie Klatte-Asselmeyer durch Durchfluss-Zytometrie bestimmt. Bei diesem Verfahren wird die Masse des Genoms bestimmt und rechnerisch auf den Grad der Ploidie geschlossen (Bressler, S. 2011).

Zur statistischen Berechnung wurden sowohl die erhobenen morphometrischen Daten von Klatte-Asselmeyer als auch die von mir vorgenommenen Messungen herangezogen.

In der Abbildung 15 sind die einzelnen blütenmorphologischen Messdaten gegeneinander aufgetragen.

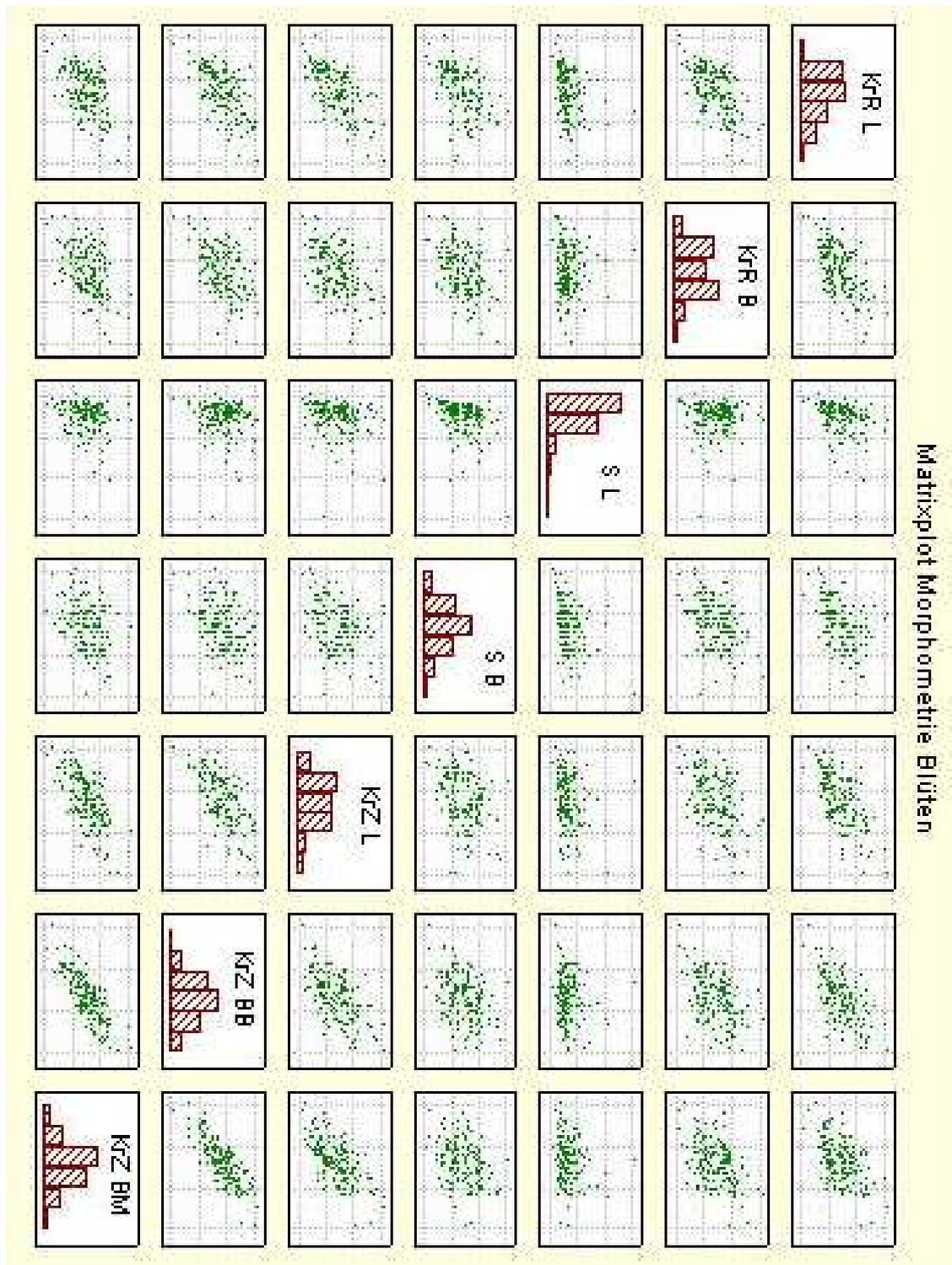


Abb. 15: Blütenmorphometrische Datenmatrix (KrR L: Kronröhren-Länge; KrR B: Kronröhren-Breite, S L: Kronröhrenstiel-Länge, S B: Kronröhrenstiel-Breite, KrZ L: Kronzipfel-Länge, KrZ BB: Kronzipfel-Breite Basis, KrZ BM: Kronzipfel-Breite Mitte)

In den Abbildungen 16 bis 23 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen und Bereiche ohne Ausreißer der einzelnen Messungen gegen die Ploidieniveaus dargestellt.

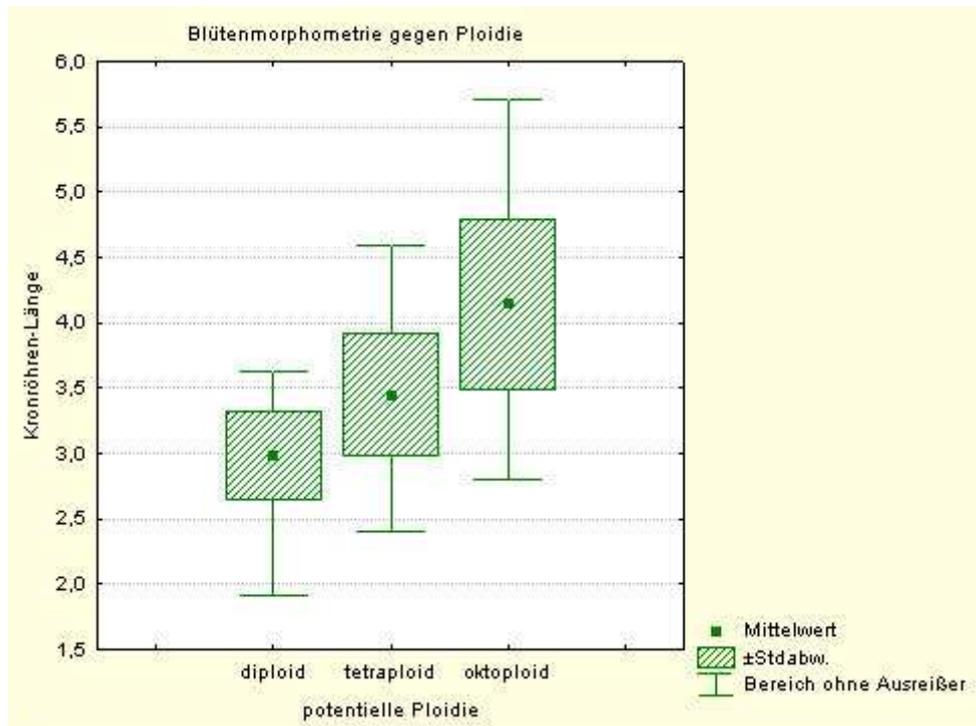


Abb. 16: Kronröhren-Länge gegen Ploidie

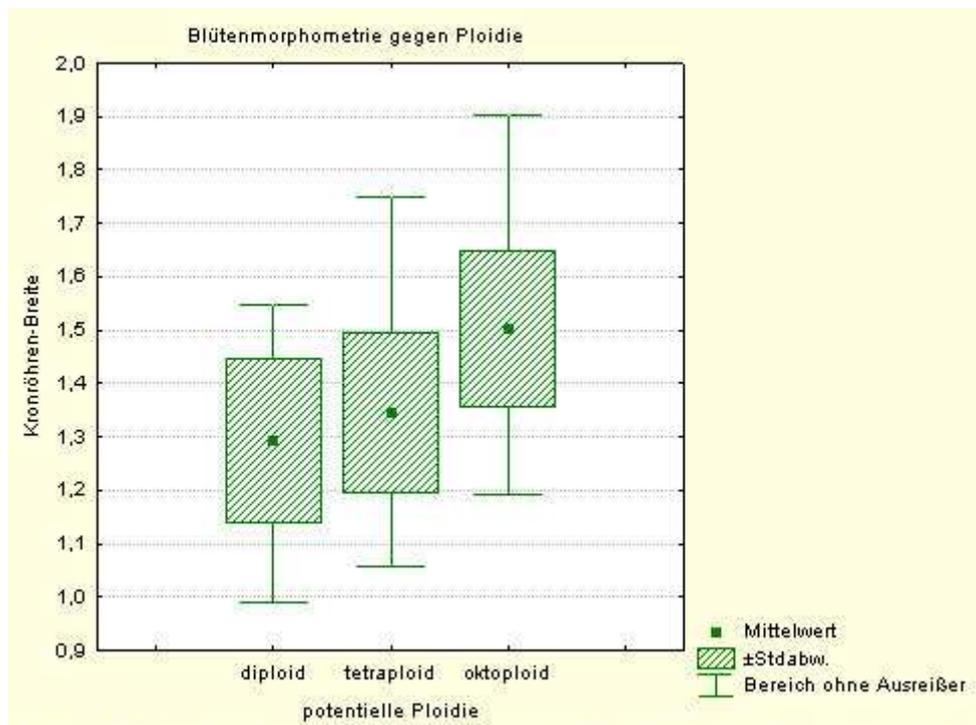


Abb. 17: Kronröhren-Breite gegen Ploidie

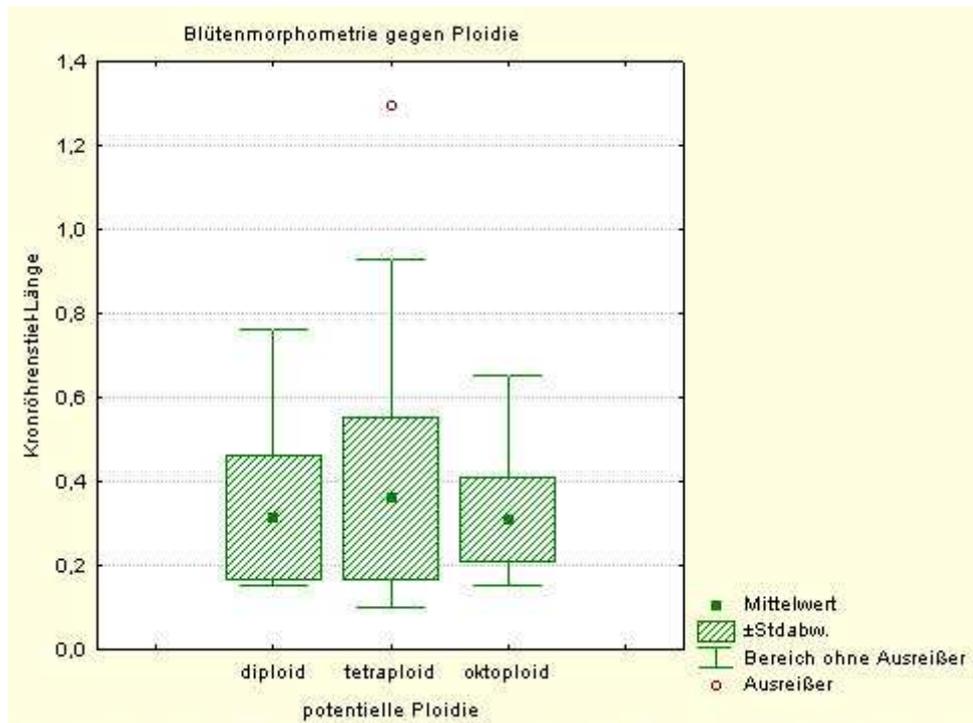


Abb. 18: Kronröhrenstiel-Länge gegen Ploidie

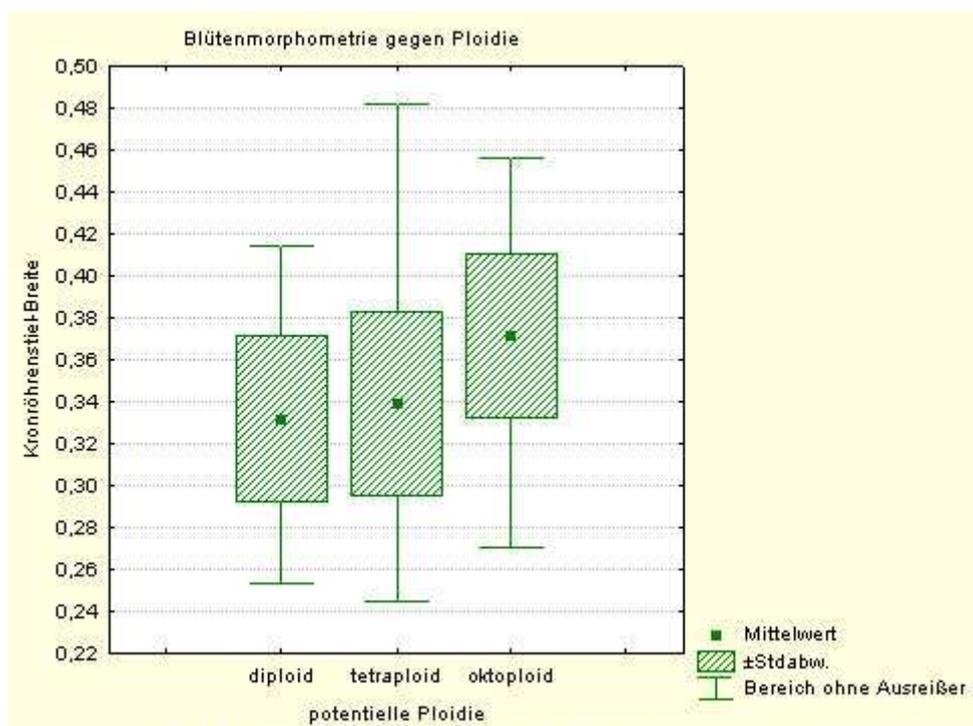


Abb. 19: Kronröhrenstiel-Breite gegen Ploidie

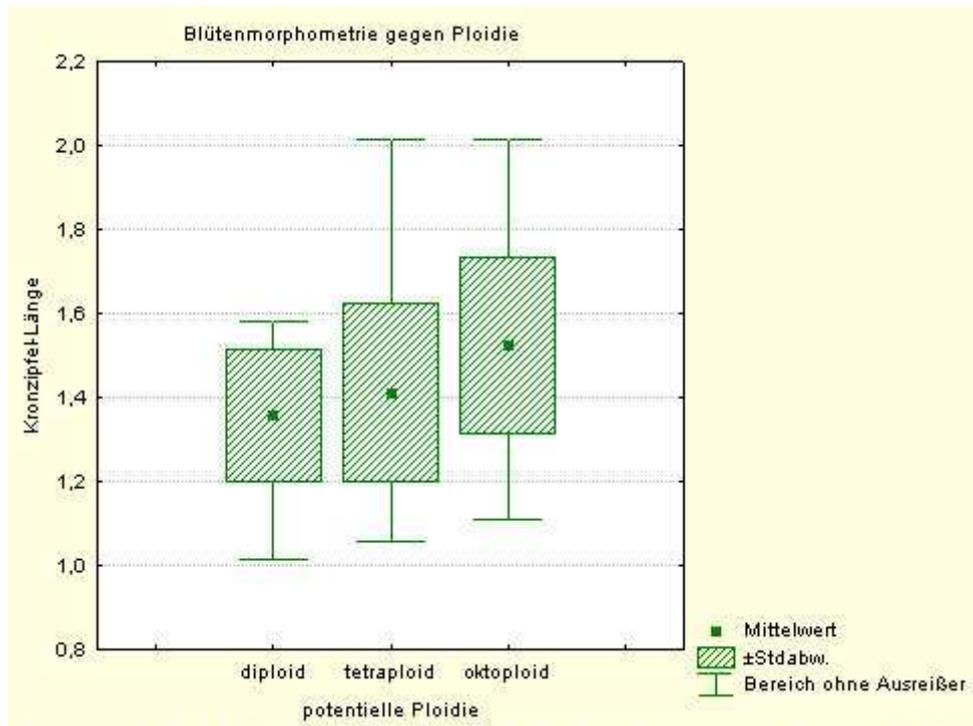


Abb. 20: Kronzipfel-Längen gegen Ploidie

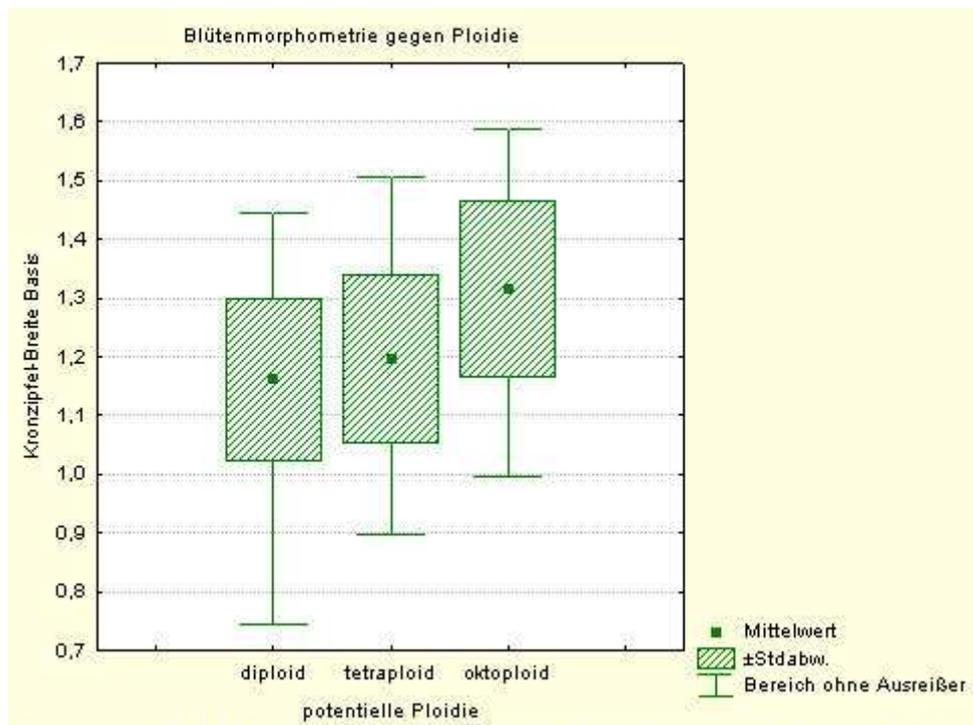


Abb. 21: Kronzipfel-Breite Basis gegen Ploidie

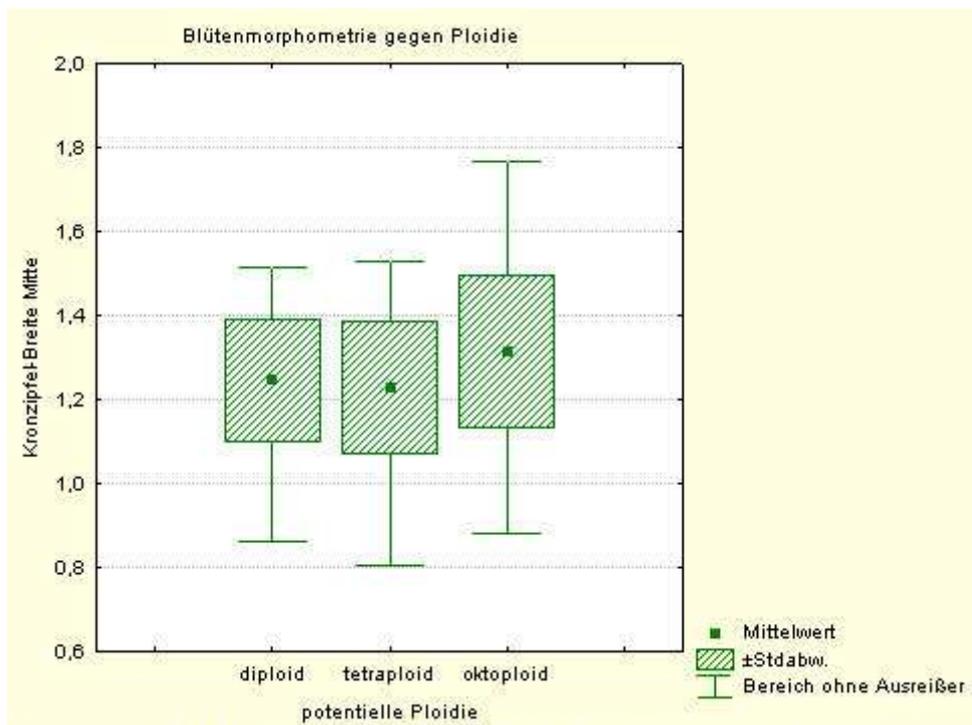


Abb. 22: Kronzipfel-Breite Mitte gegen Ploidie

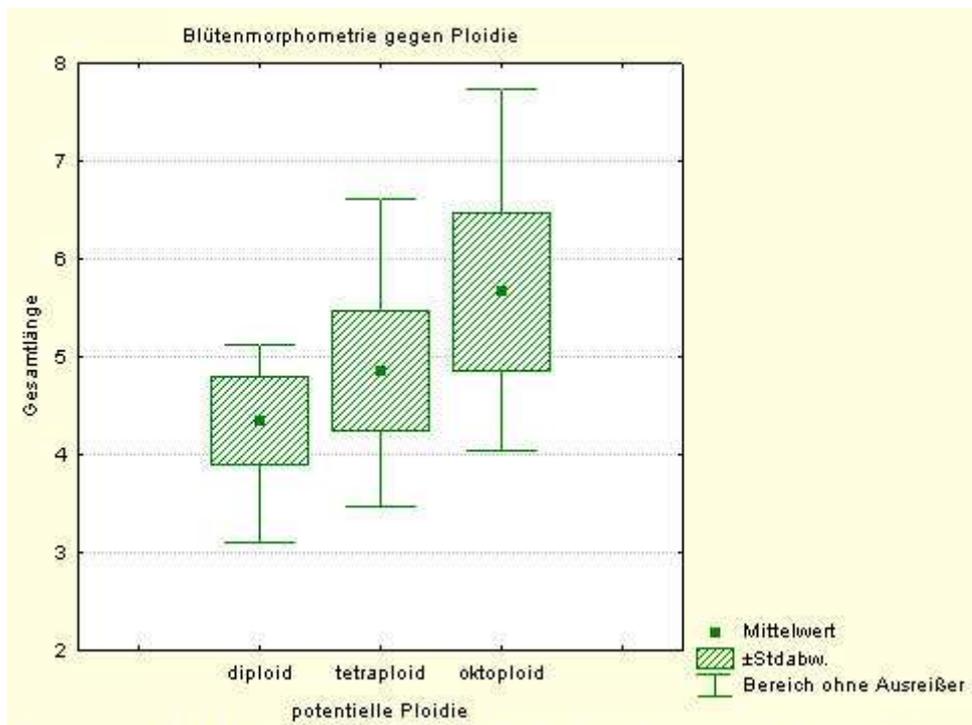


Abb. 23: Gesamtlänge gegen Ploidie

Zusätzlich wurde die Größenverteilung beim Parameter Kronröhren-Länge separat für die einzelnen Ploidieniveaus und die Gesamtverteilung über alle Pflanzen mittels Histogrammen dargestellt (Abbildung 24 bis 27)

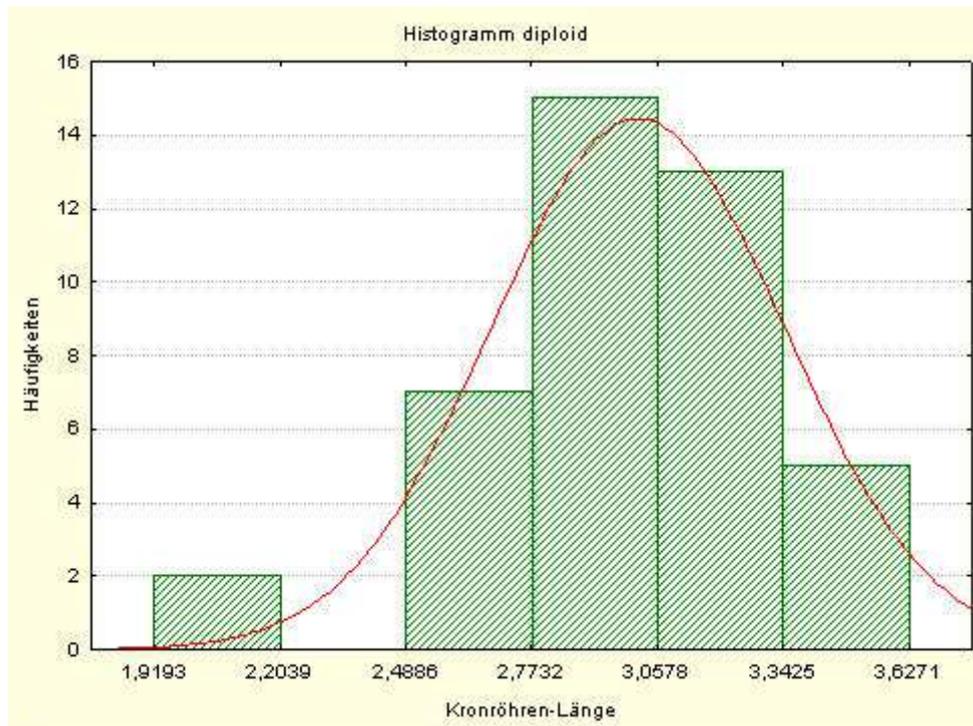


Abb. 24: Größenverteilung der Kronröhren-Länge bei diploiden Individuen

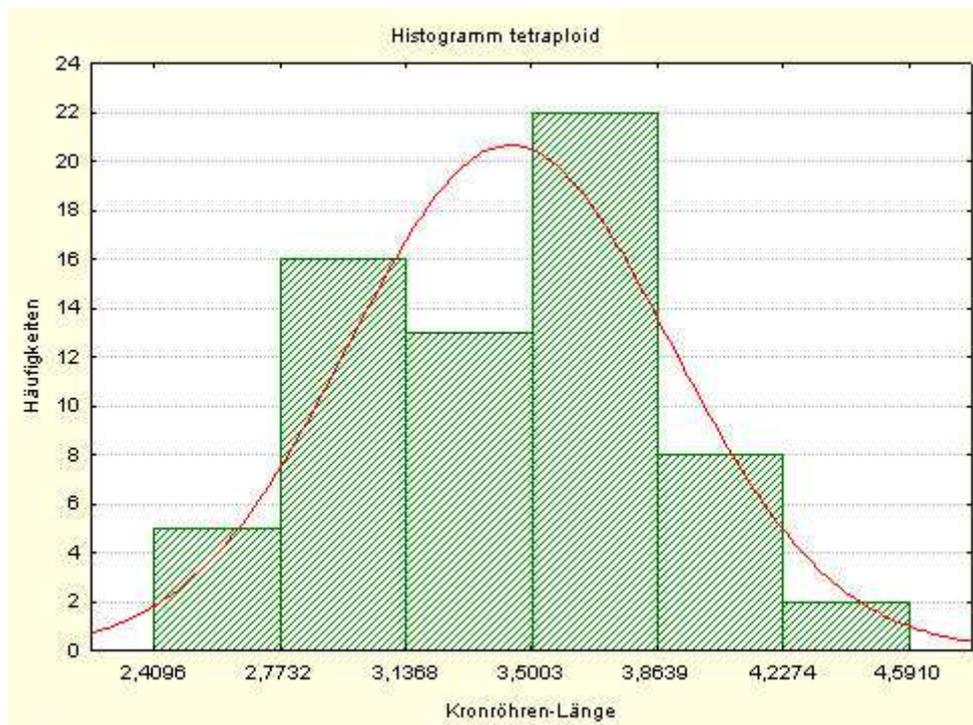


Abb. 25: Größenverteilung der Kronröhren-Länge bei tetraploiden Individuen

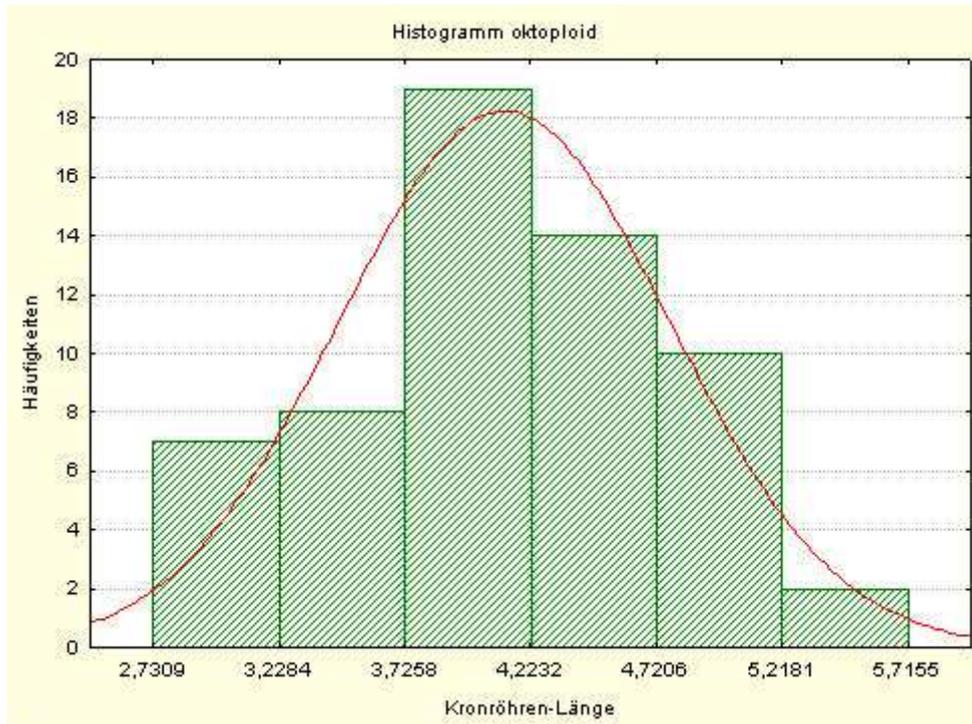


Abb. 26: Größenverteilung der Kronröhren-Länge bei oktaploiden Individuen

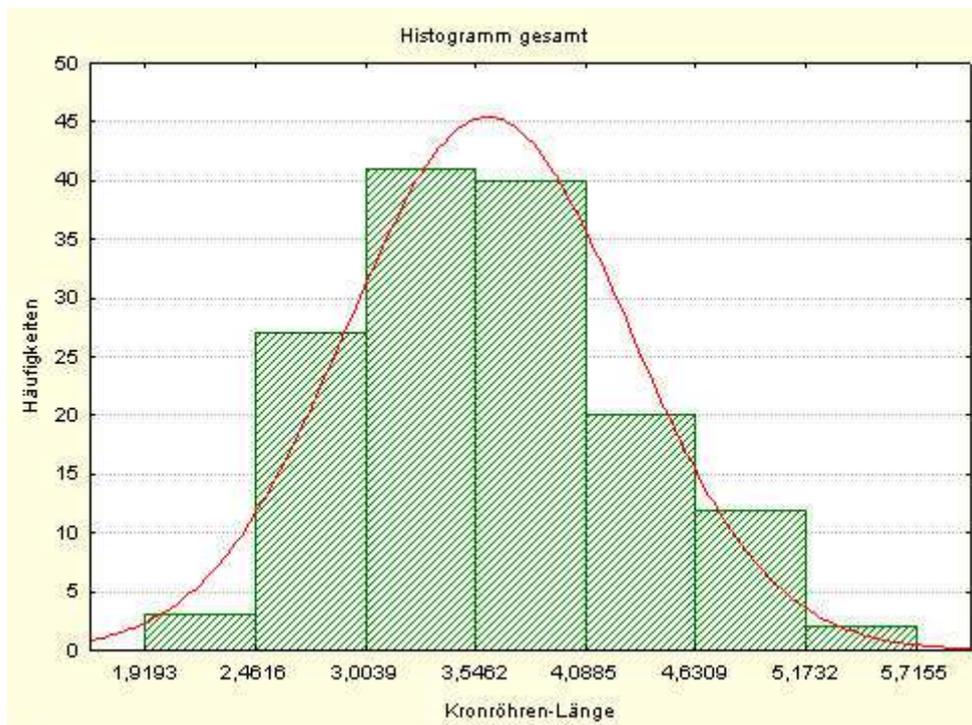


Abb. 27: Größenverteilung der Kronröhren-Länge von allen Individuen

In der Tabelle 2 ist die Klassifikationsmatrix über die blütenmorphometrischen Daten dargestellt. 16 der in früheren Untersuchungen als diploid bestimmten Pflanzen werden korrekt der diploiden Gruppe zugeordnet (47,1%), 18 der tetraploiden Gruppe. Von den als tetraploid bestimmten Pflanzen werden 37 korrekt zugeordnet (64,9%), 9 kommen zur diploiden und 11

zur oktoploiden Gruppe. Bei den als oktoploid bestimmten Pflanzen werden 45 korrekt der oktoploiden Gruppe zugeordnet (83,3%). Ein Individuum wird der diploiden und 9 der tetraploiden Gruppe zugeordnet.

| Klasse | Prozent | diploid | tetraploid | oktoploid |
|------------|---------|---------|------------|-----------|
| | korrekt | p=,2345 | p=,3931 | p=,3724 |
| diploid | 47,06 | 16 | 18 | 0 |
| tetraploid | 64,91 | 9 | 37 | 11 |
| oktoploid | 83,33 | 1 | 8 | 45 |
| gesamt | 67,59 | 26 | 63 | 56 |

Tabelle 2: Klassifikationsmatrix der blütenmorphometrischen Daten

Die Abbildungen 28 und 29 zeigen die grafischen Darstellungen multivariaten Analysen. Im konkreten Fall wurde als Verfahren eine allgemeine Diskriminanzanalyse gewählt und ihre Zugehörigkeit zu einzelnen Gruppen (definiert durch das Ploidieniveau) untersucht. Dabei wurden die Daten schrittweise vorwärts analysiert. In jedem Schritt wurde immer jene Variable bestimmt, die am meisten zur Trennung in die verschiedenen Gruppen (in unserem Fall die Ploidieniveaus) beiträgt. Diese schrittweise Analyse wurde solange durchgeführt, solange die auf diese Weise bestimmten Parameter im multivariaten Signifikanztest ein $p < 0,05$ zeigten.

In der ersten Diskriminanzanalyse wurden ausschließlich die von mir erhobenen Parameter verwendet. Durch dieses Verfahren wurden 4 Parameter (Kronröhren-Länge, Kronröhrenstiel-Länge, Kronröhrenstiel-Breite und Kronzipfel-Breite in der Mitte) als kategoriale Prädiktoren ausgewählt. Mithilfe dieser 4 Parameter wurden die Kanonischen Wurzeln ermittelt und die Grafik (Abbildung 28) erstellt. Rechnerisch wird hierbei aus den Parametern ein vieldimensionaler Raum aufgespannt und in eine zweidimensionale Ebene projiziert. Die Kanonischen Wurzeln fungieren dabei als neues Koordinatensystem, bei dem die Trennung der Gruppen höchste Signifikanz liefert.

In der zweiten Diskriminanzanalyse wurden 231 von Valerie Klatter-Asselmeyer erhobene Parameter und die 8 von mir erhobenen Parameter herangezogen. Durch dieses Verfahren wurden 15 Parameter (12 von Klatter-Asselmeyer und 3 von mir, siehe Tabelle 3) als kategoriale Prädiktoren ausgewählt. Mithilfe dieser 15 Parameter wurden die Kanonischen Wurzeln ermittelt und die Grafik (Abbildung 29) erstellt.

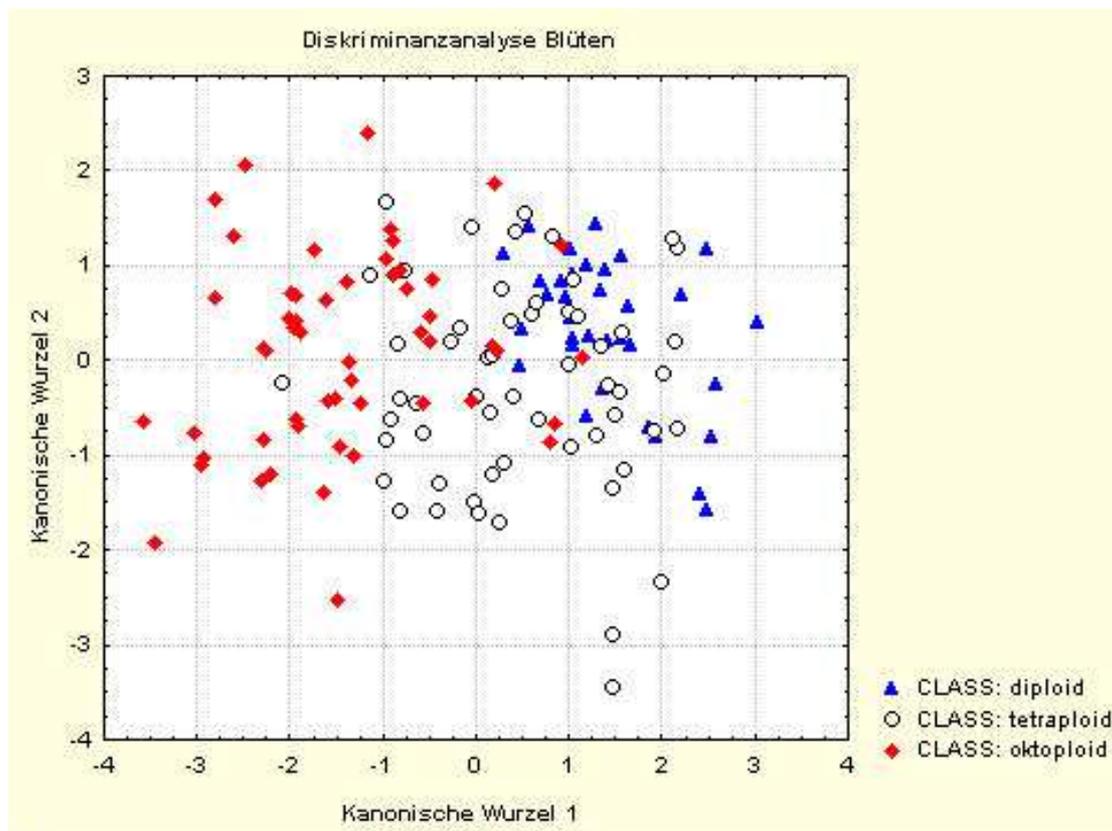


Abb. 28: Multivariate Analyse der blütenmorphometrischen Daten

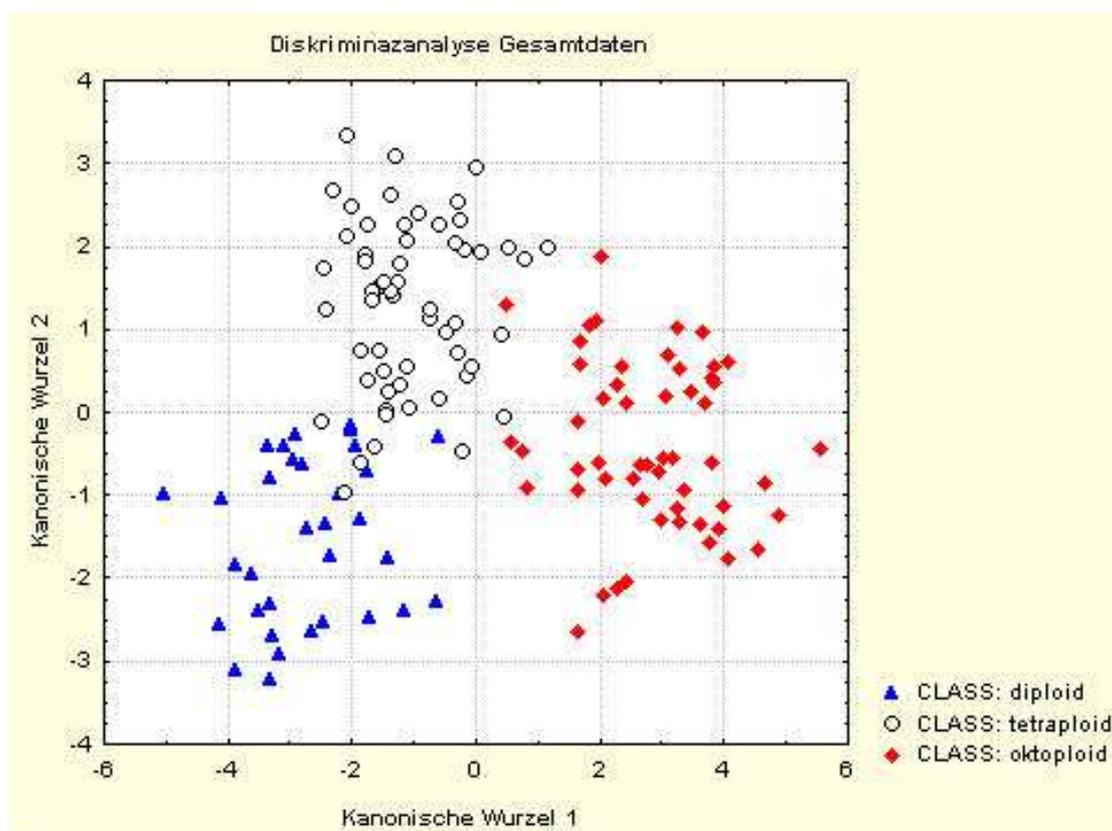


Abb. 29: Multivariate Analyse der Gesamtdaten

| | |
|--|-------------------|
| Kategoriale Prädiktoren | erhoben von |
| Gesamtzahl der Zipfel normiert auf Fiederlänge | Klatte-Asselmeyer |
| Umriss Fieder 2. Ordnung norm. auf Fiederlänge | Klatte-Asselmeyer |
| Umriss der Endfieder norm. auf Fiederlänge | Klatte-Asselmeyer |
| Fläche der größten Seitenfieder norm. auf Fiederlänge | Klatte-Asselmeyer |
| Länge der kleinsten Seitenfieder norm. auf Fiederlänge | Klatte-Asselmeyer |
| Zipfelzahl der Seitenfieder links norm. auf Seitenfiederlänge | Klatte-Asselmeyer |
| linke negative Fläche des Enzipfels der Seitenfieder normiert auf Seitenfiederlänge | Klatte-Asselmeyer |
| Internodienzahl der gesamten Pflanze | Klatte-Asselmeyer |
| maximale Fiederanzahl | Klatte-Asselmeyer |
| relative Knotenanzahl des vegetativen Abschnitts | Klatte-Asselmeyer |
| Anzahl behaarter Internodien | Klatte-Asselmeyer |
| relative Anzahl behaarter Internodien des veg. Abschnitts | Klatte-Asselmeyer |
| Kronröhren-Länge | Weissböck |
| Kronröhrenstiel-Länge | Weissböck |
| Kronzipfel-Breite Mitte | Weissböck |

Tabelle 3: kategoriale Prädiktoren

Parallel dazu wurde eine Ordination mit 239 Parameter und dem Verfahren 2D-Euklid berechnet. Die Zuordnung zu den einzelnen Ploidiegruppen ist in den Abbildungen 30 und 31 dargestellt. Im Unterschied zur Diskriminanzanalyse, wo zur Berechnung der Unterschiede zwischen den Parametern die Mahalanobisdistanz verwendet wird, kommt bei diesem Verfahren die Euklidische Distanz der Zentren der verschiedenen Gruppen zum Einsatz. Die errechneten Abstandsmaße werden anschließend in eine zweidimensionale Ebene projiziert. Der daraus resultierende Darstellungsfehler beträgt 0,006.

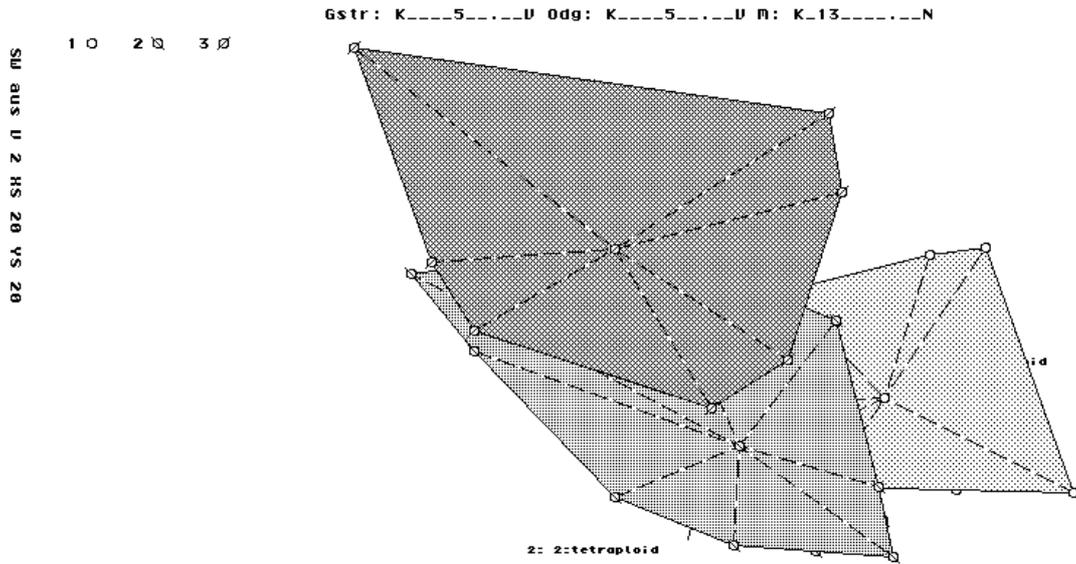


Abb. 30: Multivariate Analyse der Gesamtdaten, Darstellung als Polygon

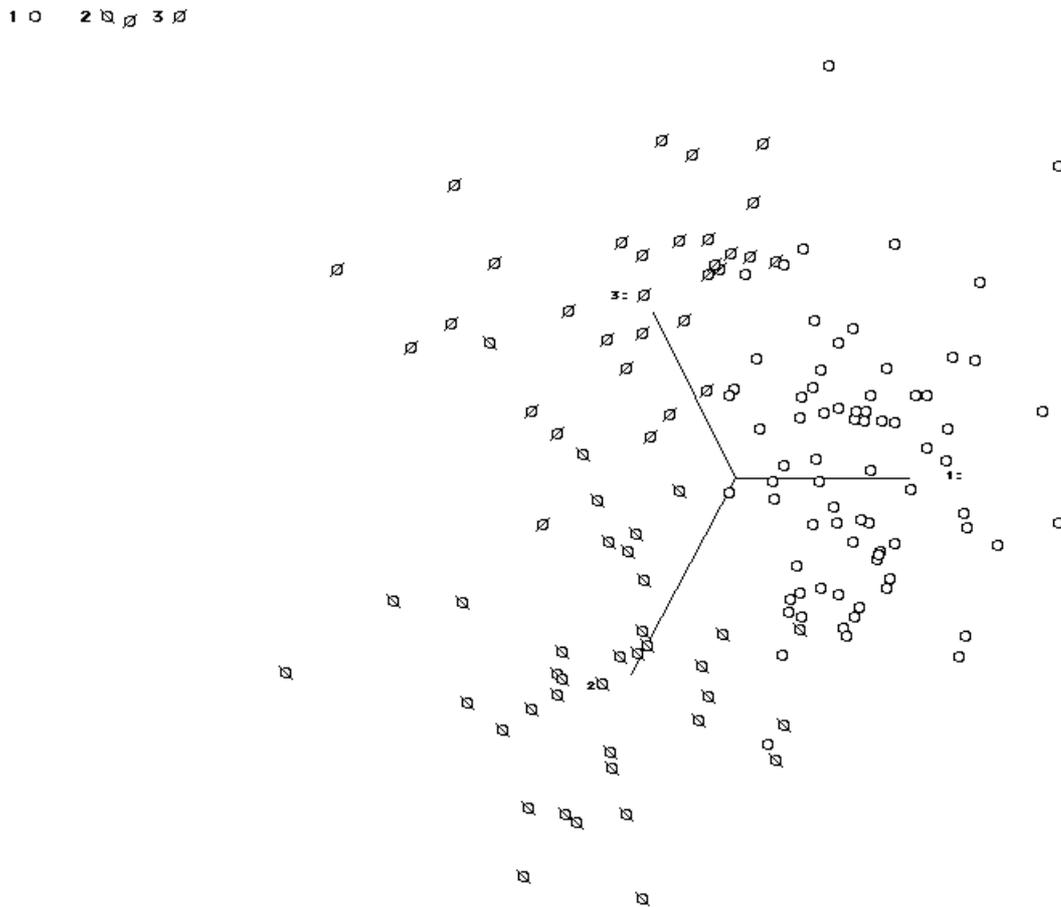


Abb. 31: Multivariate Analyse der Gesamtdaten, Darstellung als Scatterplott

In der Tabelle 4 ist die Klassifikationsmatrix über die 15 oben dargestellten Parameter dargestellt. 31 der in früheren Untersuchungen als diploid bestimmten Pflanzen werden korrekt der diploiden Gruppe zugeordnet (91,2%), 3 der tetraploiden Gruppe. Von den als tetraploid bestimmten Pflanzen werden 54 korrekt zugeordnet (94,7%), 3 kommen zur diploiden Gruppe. Bei den als oktoploid bestimmten Pflanzen werden 53 korrekt der oktoploiden Gruppe zugeordnet (98,1%). Ein Individuum wird der tetraploiden Gruppe zugeordnet.

| Klasse | Prozent | diploid | tetraploid | oktoploid |
|------------|---------|---------|------------|-----------|
| | korrekt | p=,2345 | p=,3931 | p=,3724 |
| diploid | 91,18 | 31 | 3 | 0 |
| tetraploid | 94,74 | 3 | 54 | 0 |
| oktoploid | 98,14 | 0 | 1 | 53 |
| gesamt | 95,17 | 34 | 58 | 53 |

Tabelle 4: Klassifikationsmatrix der Gesamtdaten

Generell wurden von mir nur sehr wenige Blüten mit morphologischen Auffälligkeiten gefunden und nur in vier Fällen wurden ganze Individuen ausgesondert, weil in großer Zahl Abweichungen gefunden wurden. Aus diesem Grund wurden die Individuen 36.4, 42.6, 46.8 und 80.6 verworfen. Bei 36.4 fehlte bei fast allen Blüten die Aussackung, bei 42.6 hatten die Mehrzahl der Blüten zwei Aussackungen und sechs bis sieben Kronzipfel und bei 46.8 und 80.6 hatten die meisten Blüten sechs Kronzipfel.

4. Diskussion

4.1. Epidermiszellen

Wie die oben angeführten Grafiken (Abbildung 12 bis 14) zeigen, korrelieren trotz der großen Schwankungen die aufsummierten Längen der Epidermiszellen links und rechts, eine Zuordnung zu den einzelnen Ploidie-Niveaus ist aber nicht durchführbar, da die Werte sich selbst innerhalb der Standardabweichen im großen Ausmaß überlappen. Die Klassifikationsmatrix (Tabelle 1) zeigt sehr deutlich die schlechte Zuordbarkeit. Die diploiden Individuen finden sich zu weniger als 15% in der korrekten Gruppe und auch die tetraploiden und oktoploiden Pflanzen werden jeweils zu weniger als 50% korrekt zugeordnet. Es werden also über 85% der diploiden Pflanzen und mehr als die Hälfte der tetraploiden und oktoploiden Pflanzen falsch zugeordnet

Aufgrund der großen Schwankungsbreite und der großen Variabilität innerhalb der einzelnen Individuen, ist nicht zu erwarten, dass größere Datenmengen klarere Ergebnisse bringen würden. Eine Unterscheidung von Individuen beziehungsweise von Populationen kann mit diesem Merkmal nicht durchgeführt werden. Wahrscheinlich ist die Länge der Epidermiszellen mehr vom Reifegrad des Fruchtknotens als vom Ploidieniveau abhängig. Da außerdem die Vermessung der Epidermiszellen einen überproportionalen hohen Zeitaufwand darstellte, wurde die Vermessung der Epidermiszellen abgebrochen.

4.2. Blüten

Anhand der im Kapitel Ergebnisse dargestellten Grafiken (Abbildung 16 bis 23) kann man sehen, dass es zwischen der Kronröhren-Länge und dem Ploidieniveau eine erkennbare Korrelation gibt. Andere Merkmale zeigen keinen bis fast keinen Zusammenhang. Rückschlüsse von der Kronröhren-Länge auf die Ploidie der Pflanze sind aber aufgrund der großen Überschneidungen der Daten nur in sehr wenigen Fällen möglich. Gewisse Korrelationen zwischen den einzelnen Blütenmerkmalen sind nur zwischen Kronröhren-Länge und Kronröhren-Breite und zwischen den drei Messwerten der Kronzipfel untereinander erkennbar (siehe Abbildung 15). In Summe kann man feststellen, dass mit höherem Ploidieniveau die Kronröhren tendenziell größer werden. Da die Gesamtlänge der Blüten stark durch die Kronröhren-Länge be-

stimmt wird, korreliert die Gesamtlänge ähnlich gut mit dem Ploidieniveau wie die Kronröhren-Länge.

Die Histogramme (Abbildung 24 bis 27) zeigen für alle drei Ploidieniveaus und für die gesamten Blüten nahezu eine Gaußverteilung. Unterschiedliche Gruppen innerhalb der Ploidieniveaus konnten auf diese Weise nicht entdeckt werden.

Die Klassifikationsmatrix über die blütenmorphometrischen Daten (siehe Tabelle 2) zeigt die sehr begrenzte Möglichkeit, die einzelnen Individuen korrekt ihrem Ploidieniveau zuzuordnen. Mehr als die Hälfte der diploiden Pflanzen werden nicht als diploid erkannt. Etwa 35% der tetraploiden und fast 17% der oktoploiden werden ebenfalls falsch zugeordnet. Dementsprechend zeigt auch die Diskriminanzanalyse (Abbildung 28) eine starke Überlagerung der drei Gruppen.

Da die statistischen Analysen mit ausschließlich von mir erhobenen Blütendaten keine befriedigende Unterscheidung der Ploidieniveaus ergaben, wurden in weiterer Folge daher die von mir erhobenen Daten mit denen von Klatter-Asselmeyer im statistischen Verfahren kombiniert.

Keine der in diesen Verfahren ermittelten Parameter zeigen zum Ploidieniveau eine ausreichende Korrelation. Erst die kombinierte Analyse dieser 15 Parameter zeigt, dass das *Valeriana officinalis* agg. drei Gruppen zugeordnet werden kann (diploid, tetraploid und oktoploid). Allerdings sieht man in der Grafik der Diskriminanzanalyse Überschneidungen zwischen der tetraploiden Gruppe und der diploiden einerseits und der tetraploiden und der oktoploiden andererseits (Abbildung 29).

2D-Euklid zeigt eine ähnlich deutliche Auftrennung in drei Gruppen (siehe Abbildung 30 und 31).

Die Homogenität der Blüten innerhalb der einzelnen Individuen ist bemerkenswert. Nur bei den Pflanzen 10.7, 27.1 und 47.3 kam es zu deutlichen Größenunterschieden zwischen den 3 Einzelblüten. Die Größenunterschiede der drei Blüten der Pflanze 10.7 sind in der Abbildung 32 dargestellt. Als Vergleich soll hier als sehr typisches Beispiel die Pflanze 12.3 dienen (Abbildung 33).

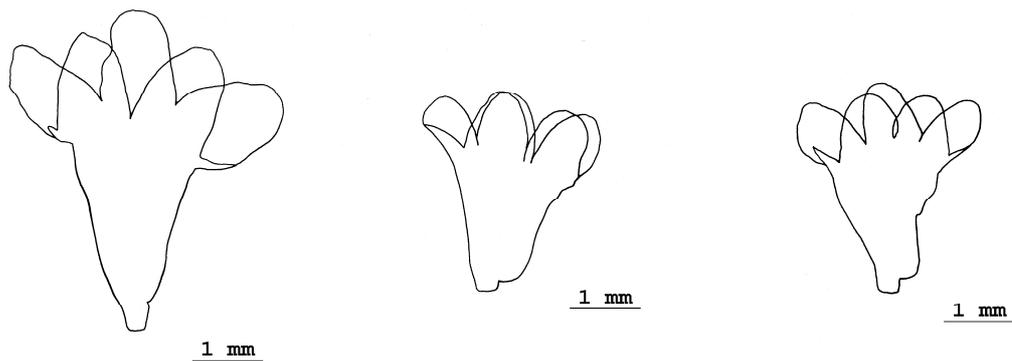


Abb. 32: Individuum 10.7

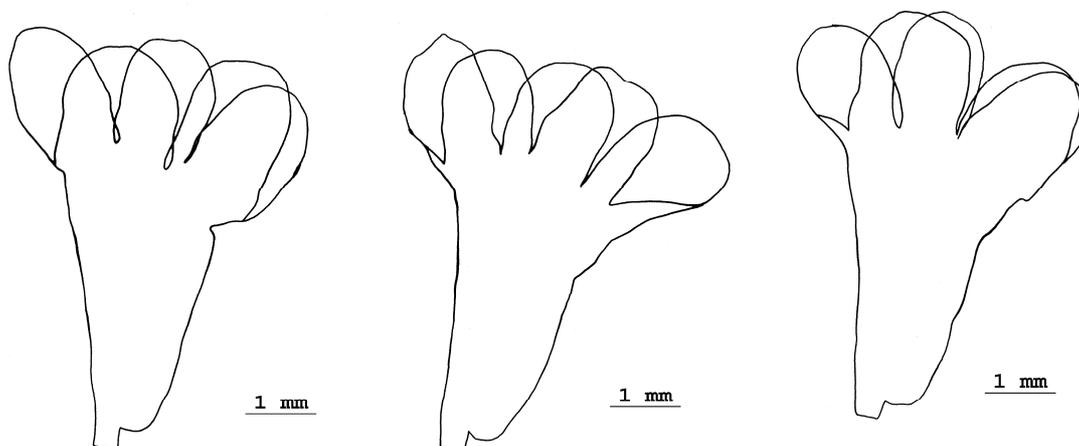


Abb. 33: Individuum 12.3

Eine mögliche Erklärung für die Größenunterschiede der Blüten bei den Pflanzen 10.7, 27.1 und 47.3 ist ein verstärkter Schädlingsbefall, der zu kümmerlichem Wuchs bei einem Teil der Blüten geführt haben könnte. Aufgrund der geringen Fallzahlen ist es aber statistisch nicht von Bedeutung.

Etwa zwei bis drei Prozent der Blüten zeigen außergewöhnlich lange Kronröhrenstiele (siehe Blüten 4.2_1 und 13.7_3 in Abbildung 34). Abgesehen vom Individuum 13.7 können diese Blüten aber nicht als echte Ausreißer bezeichnet werden, da ein mehr oder weniger kontinuierlicher Größenverlauf zu erkennen ist. Durch die geringe Fallzahl ist es für die Statistik ohne Bedeutung.

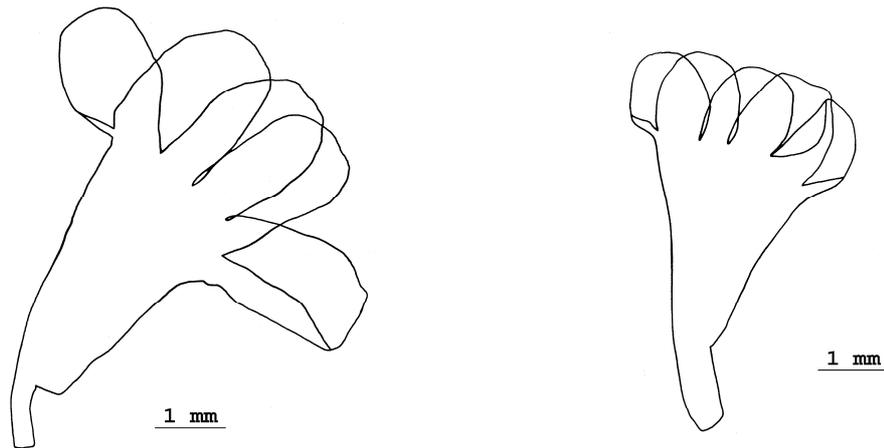


Abb. 34: Blüten mit verlängerten Kronröhrenstielen (links 4.2_1, rechts 13.7_3)

Im Unterschied zur Länge zeigte sich bei der Breite der Kronröhrenstiele eine sehr gleichmäßige Verteilung ohne Ausreißer. Korrelationen zum Ploidieniveau oder zu anderen morphologischen Merkmalen konnten nicht festgestellt werden.

Auch die Messwerte der Kronzipfel zeigten eine sehr gleichmäßige aber vom Ploidieniveau unabhängige Verteilung.

Zwar kann man zwischen Kronröhren-Länge, Kronröhren-Breite und den Werten der Kronzipfel gewisse Korrelationen erkennen, eine Konstanz in der Blütenmorphologie besteht aber nicht. Die Abbildung 35 soll die Variabilität im Gesamterscheinungsbild veranschaulichen.

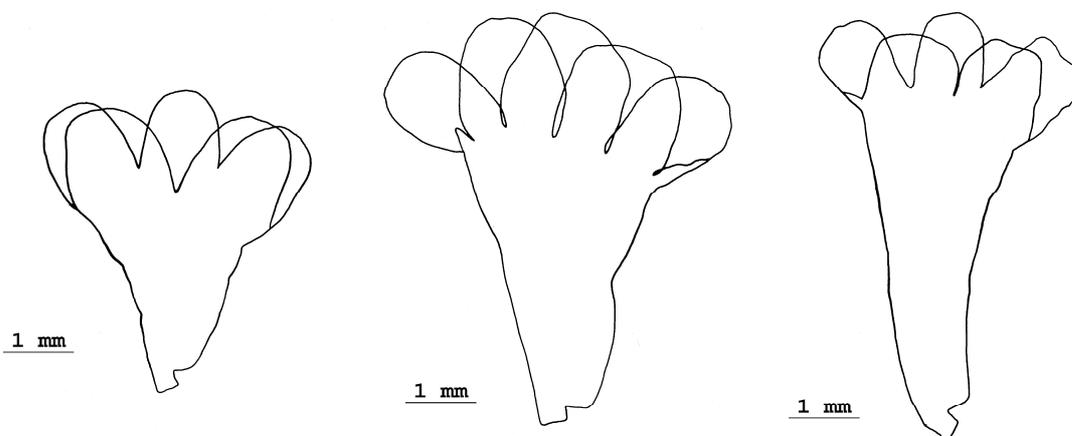


Abb. 35: Variabilität der Blütenmorphologie (von links nach rechts: 5.5_3, 36.6_3, 15.10_3)

Die Populationen 14 und 42 waren die einzigen, bei denen gemischte Ploidieniveaus gefunden wurden. Während sich bei der Population 14 zwischen den diploiden und oktoploiden Pflanzen große Unterschiede zeigen, erkennt man bei der Population 42 zumindest bei den Blüten zwischen diploiden und tetraploiden Individuen kaum Differenzen (Abbildung 36 und 37).

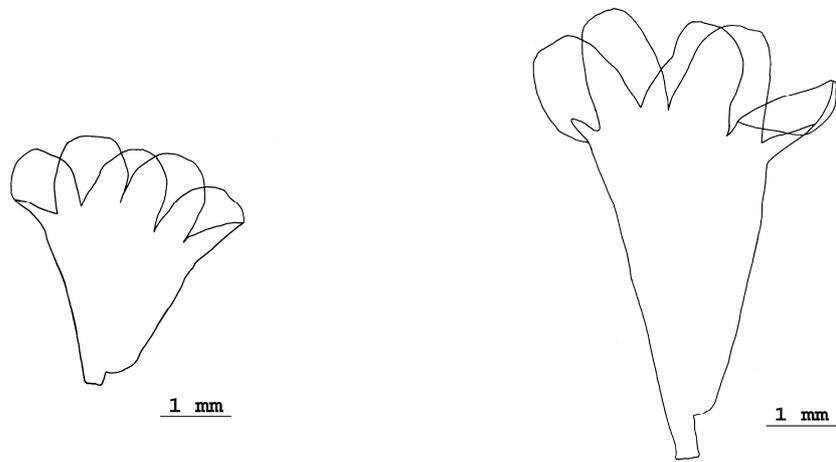


Abb. 36: links 14.3_2 (diploid), rechts 14.10_3 (oktoploid)

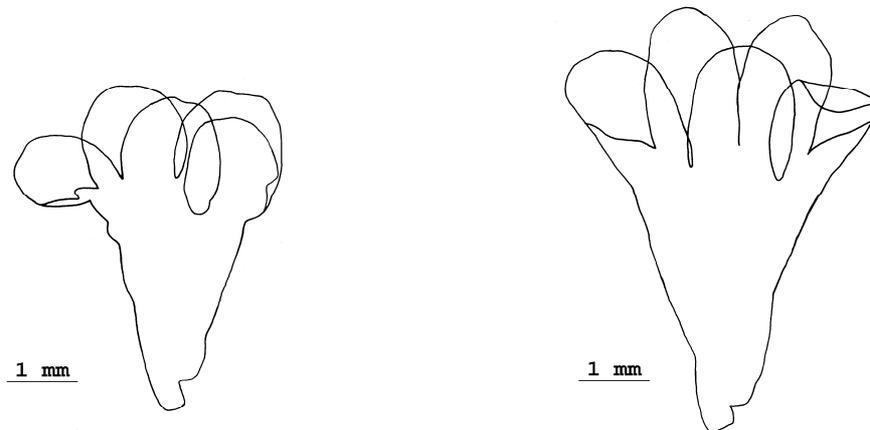


Abb. 37: links 42.5_1 (diploid), rechts 42.3_3 (tetraploid)

Während der Vermessung der Blüten kam ich zu der Überzeugung, den einzelnen Pflanzen ihre Ploidieniveaus aufgrund des optischen Eindrucks zuordnen zu können. Tatsächlich ist aber nur eine Tendenz zu erkennen. Im Folgenden (Abbildung 38 und 39) sieht man je Ploidieniveau drei zufällig ausgewählte Blüten, die einmal nach Größe und einmal nach Ploidie und Größe geordnet sind. Wie man sieht, ist eine Zuordnung anhand des Erscheinungsbildes in vielen Fällen nicht möglich. Die tetraploiden Blüten findet man sowohl bei den kleinsten als auch bei den größten Individuen und die kleinste oktoploide Blüte unterscheidet sich kaum von den größten diploiden. Auch bei dieser zufälligen Stichprobe ist aber die grundsätzliche Tendenz, dass höhere Ploidieniveaus zu größeren Blüten führt, erkennbar. Frühere Experimente, bei denen das Ploidieniveau künstlich erhöht wurde, zeigten, dass mit Verdoppelung des Chromosomensatzes auch charakteristische morphologische Veränderungen einhergehen (Bulgakov et al. in Titz, W. & E. Titz 1979). Die Vergrößerung der Blüten mit Erhöhung des Ploidieniveaus entspricht damit genau diesen Ergebnissen.

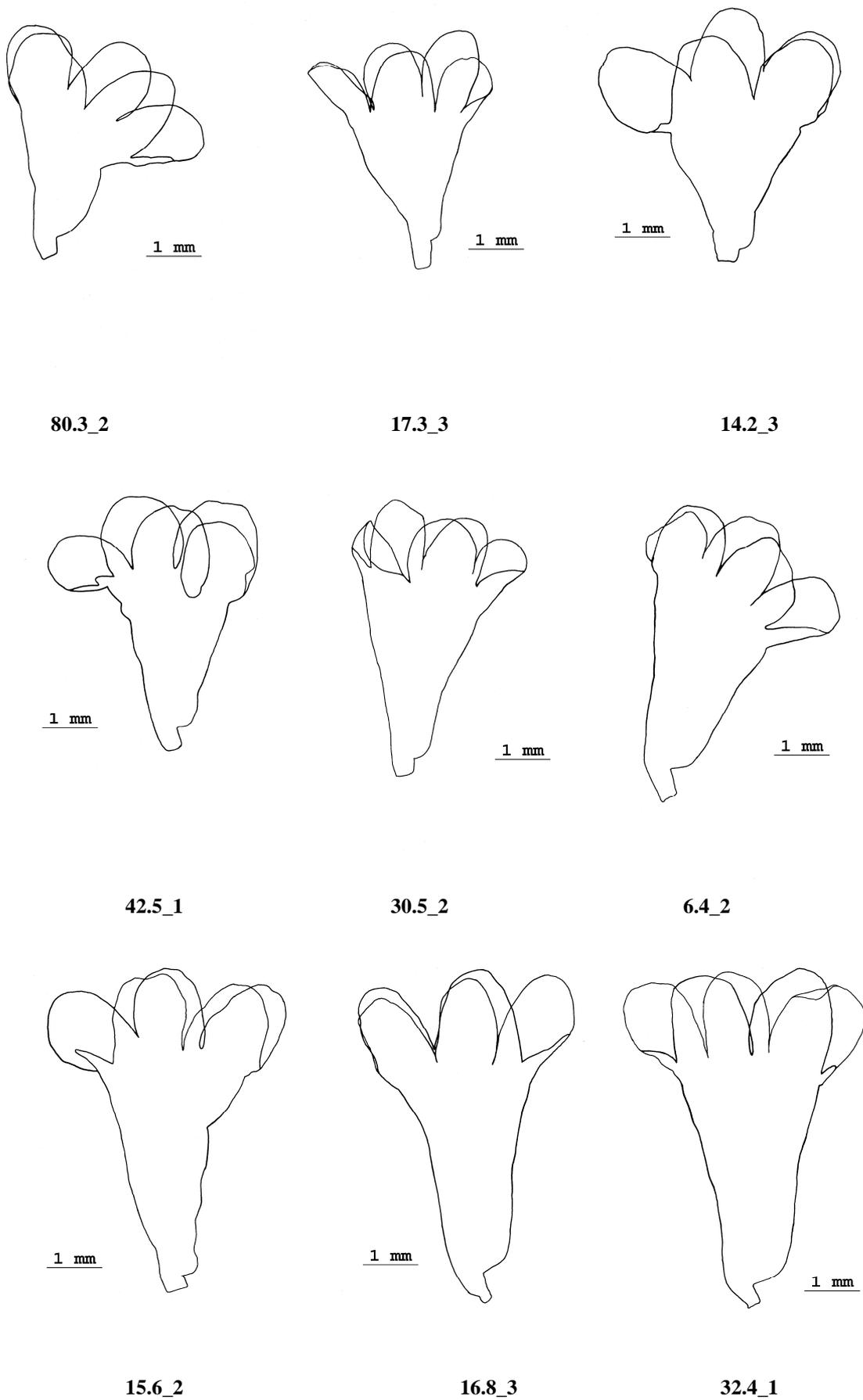
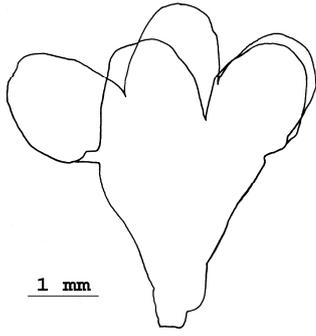
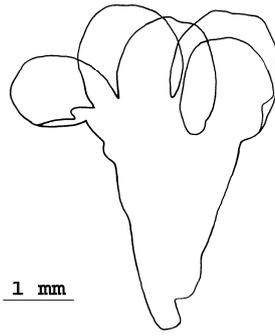


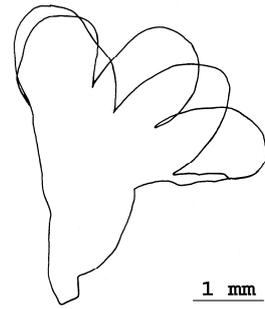
Abb. 38: Blüten nach Größe geordnet



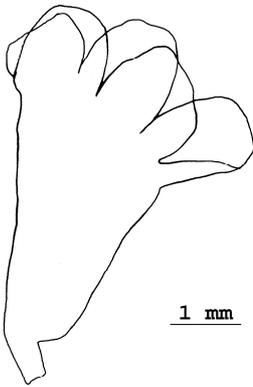
14.2_3



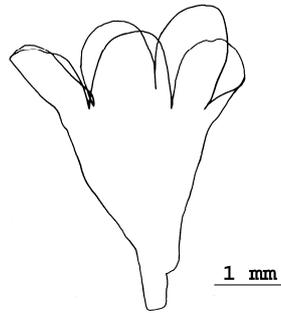
42.5_1



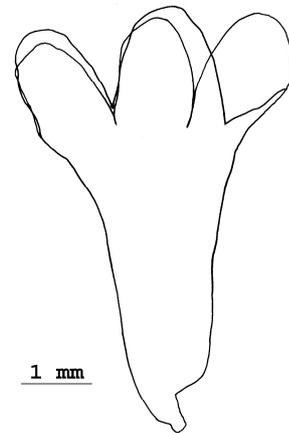
80.3_2



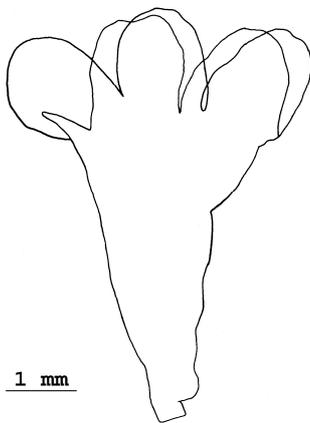
6.4_2



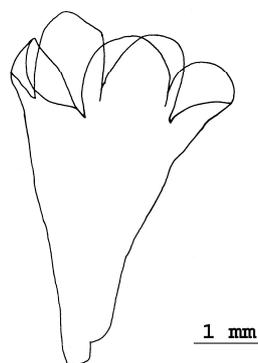
17.3_3



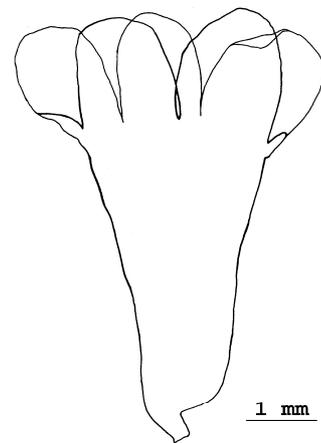
16.8_3



15.6_2



30.5_2



32.4_1

Abb. 39: Blüten nach Ploidie geordnet

5. Ausblick

Inwiefern man die hier untersuchten Populationen in Biotypen, Subspezies oder sogar eigene Arten untergliedern kann oder ob es sich bei *Valeriana officinalis* agg. nur um eine einzige Art mit sehr großer morphologischer, zytologischer und chemischer Bandbreite handelt, lässt sich anhand der Blütenmorphologie alleine nicht bestimmen. Erschwerend für die Beurteilung des taxonomischen Rangs ist die Tatsache, dass die Definition, was eine Art ist, bis heute nicht eindeutig und befriedigend erfolgt ist. Auch wenn das Konzept der in sich geschlossenen Art für viele Spezies ein gutes Modell darstellt, wird immer klarer, dass in vielen Fällen Arten nicht so deutlich voneinander abgegrenzt sind, als man noch vor einiger Zeit dachte. Beim *Valeriana officinalis* agg. lassen sich verschiedene morphologische Typen unterscheiden (beispielsweise Titz, W. & E. Titz 1980). Unklar ist jedoch, wieweit diese Typen unterschiedliche Arten oder Unterarten darstellen (Hegnauer, R. & T. Meijers 1958, Sárkány, S. & G. Baranyai 1957, Walther, E. 1949). In der Literatur findet man laufend Hinweise darauf, dass es zumindest in West- und Mitteleuropa Übergangsformen zwischen allen beschriebenen morphologischen Typen gibt. Auch der Versuch, das Aggregat durch zytologische Charakteristika auf drei Arten auf zu teilen, bleibt unbefriedigend, weil ungeachtet des Ploidieniveaus Populationen hybridisieren können und weil morphologisch sehr ähnliche Pflanzen unterschiedliche Chromosomensätze haben können. Das Bild, das das *Valeriana officinalis* agg. bietet, ist eine Vielzahl von Populationen, die sich optisch von anderen Populationen unterscheiden, die aber als Gesamtheit betrachtet durch die vielfältigen Übergangsformen keine eindeutigen Abgrenzungen zulassen. Aufgrund der Komplexität, wie Spezies sich fortpflanzen können und der Mannigfaltigkeit der Artentstehung ergeben sich mehrere Ansätze, den status quo zu erklären. Eine Vermischung von gerade in der Artbildung befindlicher Gruppen ist genau so denkbar wie die Bildung eines weitreichenden Polyploidiekomplexes begünstigt durch Störung des natürlichen Lebensraumes. Auch eine fakultative asexuelle Fortpflanzung könnte Ursache des vielfältigen Erscheinungsbildes von *Valeriana officinalis* s. lat. sein, wobei Untersuchungen von Alice Fischer keinen Hinweis auf Klone erbrachte, womit vegetative Fortpflanzung als vorrangige Art der Vermehrung auszuschließen ist (Fischer, A. 2012).

6. Zusammenfassung

Valeriana officinalis agg ist eine morphologisch und zytologisch mannigfaltige Gruppe, die bereits im Altertum breite pharmazeutische Verwendung fand. Die große Formenfülle sollte sich als Herausforderung für Taxonomen herausstellen. Eine Reihe von Forschern hat sich bemüht, die verschiedenen Erscheinungsformen in taxonomische Gruppen zu gliedern. Bis heute ist nicht geklärt, ob es sich beim *Valeriana officinalis* agg. um eine Gruppe verschiedener sehr ähnlicher Arten, unterschiedliche Unterarten oder um eine einzige Art mit großer morphologischer und genetischer Variabilität handelt. Fest steht, dass mit wenigen Einzelmerkmalen die verschiedenen Typen nicht voneinander zu trennen sind und nur mittels multivariaten Modellen eine Lösung gefunden werden kann. Das interdisziplinäre Projekt unter der Leitung von Dr. Christoph Dobeš versucht, eine Einteilung nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen vorzunehmen. Dabei ist noch offen, ob sich das Aggregat in verschiedene Arten aufteilen lässt oder ob es sich tatsächlich um nur eine Art handelt. Meine Aufgabe war es, zusätzliche morphometrische Daten für ein multivariates statistisches Verfahren zu liefern.

Die Blüten zeigen eine positive Korrelation mit dem Ploidielevel (diploid, tetraploid und oktaploid), eine klare Zuordnung zu den drei Ploidieleveln ist jedoch aufgrund von Überschneidungen nicht durchführbar. Bei der gemeinsamen Auswertung mit anderen morphometrischen Daten konnte allerdings gezeigt werden, dass sich die Pflanzen relativ gut in – den bekannten Ploidieleveln entsprechende – Gruppen einteilen lassen. Einzelne Ausreißer und die fehlende klare Trennung der Gruppen voneinander verhindern aber eine klare Zuordnung aller Individuen. Zum jetzigen Zeitpunkt ist eine Aussage, ob die drei Ploidieleveln unabhängige Gruppen bilden oder ob diese fugenlos ineinander übergehen, nicht möglich.

7. Summary

Valeriana officinalis L. s.lat. is a pharmaceutically used and morphologically and cytologically diverse taxon. The great abundance of forms has proven to be a challenge for taxonomists, as a number of researchers have sought to find a suitable taxonomic concept. To date it is still not clear if the *Valeriana officinalis* agg. is a group of several very similar species, different subspecies or a single species with a large morphological, ecological and genetic variability. However, it is clear that with only a few individual characteristics the different types can not be separated and a final answer can only be found by means of multivariate models. The project “Implications of taxonomy and polyploidisation on the phytochemistry of the autopolyploid complex *Valeriana officinalis* L. (Valerianaceae) – an interdisciplinary approach” led by Dr. Christoph Dobeš attempts a classification according to the latest scientific findings.. This diploma thesis provides additional morphometric data from flowers and fruit of Austrian populations of the *Valeriana officinalis* agg.

A positive correlation between the sizes of the flowers and ploidy levels (diploid, tetraploid and octoploid) could be found. Analysis of morphological data showed a separation of the three known ploidy levels. However, there are always intermediate plants to be found, suggesting that a clear separation by means of ploidy level and morphological traits is not possible and hybridization over ploidy levels might occur. Nevertheless, this diploma thesis provides additional data worth looking at when working on the *Valeriana officinalis* agg, as flower characters - in combination with other morphological characters – can be used to determine the probable ploidy level of the plant.

8. Anhang Tabellen

8.1. Sammelstandorte

| Code | Breitengrad | Laengengrad | Meereshoehe | Ort | Bundesland |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|------------|
| 3.1 | 47,48701 | 9,6261 | 399 | Höchst | Vorarlberg |
| 3.4 | 47,48701 | 9,62583 | 399 | Höchst | Vorarlberg |
| 3.8 | 47,48692 | 9,62547 | 399 | Höchst | Vorarlberg |
| 4.2 | 47,39563 | 9,7134 | 418 | Dornbirn | Vorarlberg |
| 4.3 | 47,39565 | 9,71338 | 418 | Dornbirn | Vorarlberg |
| 4.4 | 47,39563 | 9,71306 | 418 | Dornbirn | Vorarlberg |
| 5.3 | 47,2876 | 11,01082 | 641 | Thannrain | Nordtirol |
| 5.5 | 47,28761 | 11,01096 | 638 | Thannrain | Nordtirol |
| 5.7 | 47,28768 | 11,01128 | 628 | Thannrain | Nordtirol |
| 6.4 | 47,18642 | 10,64148 | 740 | Starckenbach | Nordtirol |
| 6.7 | 47,18638 | 10,64146 | 753 | Starckenbach | Nordtirol |
| 6.9 | 47,1859 | 10,64046 | 746 | Starckenbach | Nordtirol |
| 7.6 | 47,21031 | 9,75977 | 713 | Thüringen | Vorarlberg |
| 7.9 | 47,21013 | 9,75988 | 703 | Thüringen | Vorarlberg |
| 7.10 | 47,21007 | 9,75988 | 697 | Thüringen | Vorarlberg |
| 8.1 | 47,24724 | 9,64861 | 488 | Göfis | Vorarlberg |
| 8.3 | 47,2472 | 9,64852 | 486 | Göfis | Vorarlberg |
| 8.10 | 47,24718 | 9,64834 | 486 | Göfis | Vorarlberg |
| 9.5 | 47,21538 | 9,64281 | 469 | Frastanz | Vorarlberg |
| 9.6 | 47,21534 | 9,64264 | 472 | Frastanz | Vorarlberg |
| 9.8 | 47,21492 | 9,6422 | 463 | Frastanz | Vorarlberg |
| 10.1 | 47,38143 | 9,71698 | 422 | Hohenems | Vorarlberg |
| 10.6 | 47,38132 | 9,71664 | 426 | Hohenems | Vorarlberg |
| 10.7 | 47,38137 | 9,71687 | 430 | Hohenems | Vorarlberg |
| 11.4 | 47,17506 | 9,7656 | 535 | Ludesch | Vorarlberg |
| 11.7 | 47,17503 | 9,76594 | 535 | Ludesch | Vorarlberg |
| 11.9 | 47,17504 | 9,76606 | 533 | Ludesch | Vorarlberg |
| 12.3 | 47,121 | 10,6344 | 1139 | Fließ oben | Nordtirol |
| 12.6 | 47,12109 | 10,63456 | 1140 | Fließ oben | Nordtirol |
| 12.7 | 47,12117 | 10,63463 | 1133 | Fließ oben | Nordtirol |
| 13.3 | 47,11238 | 10,64653 | 868 | Fließ unten | Nordtirol |
| 13.4 | 47,11221 | 10,64703 | 869 | Fließ unten | Nordtirol |
| 13.7 | 47,11214 | 10,64734 | 865 | Fließ unten | Nordtirol |
| 14.2 | 47,07678 | 10,65251 | 1187 | Ladis | Nordtirol |
| 14.3 | 47,07673 | 10,65252 | 1190 | Ladis | Nordtirol |
| 14.5 | 47,07701 | 10,65288 | 1164 | Ladis | Nordtirol |
| 14.6 | 47,07699 | 10,65299 | 1195 | Ladis | Nordtirol |
| 14.8 | 47,07709 | 10,65301 | 1182 | Ladis | Nordtirol |
| 14.10 | 47,07713 | 10,6533 | 1191 | Ladis | Nordtirol |
| 15.3 | 47,12504 | 10,52197 | 1216 | Tobadill | Nordtirol |
| 15.6 | 47,12495 | 10,5219 | 1216 | Tobadill | Nordtirol |
| 15.10 | 47,12522 | 10,52215 | 1212 | Tobadill | Nordtirol |
| 16.1 | 47,01328 | 11,54313 | 1570 | Venntal | Nordtirol |
| 16.5 | 47,01313 | 11,54425 | 1566 | Venntal | Nordtirol |
| 16.8 | 47,01296 | 11,54517 | 1559 | Venntal | Nordtirol |
| 17.1 | 47,21516 | 10,7221 | 728 | Imsterberg | Nordtirol |
| 17.3 | 47,21511 | 10,7223 | 724 | Imsterberg | Nordtirol |
| 17.9 | 47,21582 | 10,7221 | 722 | Imsterberg | Nordtirol |
| 18.2 | 47,13948 | 10,17026 | 1620 | Stuben am Arlberg oben | Nordtirol |
| 18.5 | 47,13954 | 10,16993 | 1611 | Stuben am Arlberg oben | Nordtirol |
| 18.7 | 47,13949 | 10,16986 | 1619 | Stuben am Arlberg oben | Nordtirol |
| 19.4 | 47,13915 | 10,16271 | 1488 | Stuben am Arlberg mitte | Nordtirol |
| 19.7 | 47,13905 | 10,16239 | 1496 | Stuben am Arlberg mitte | Nordtirol |
| 19.10 | 47,13896 | 10,16253 | 1495 | Stuben am Arlberg mitte | Nordtirol |
| 20.2 | 47,15311 | 10,71543 | 1237 | Langengerte | Nordtirol |
| 20.4 | 47,15305 | 10,71515 | 1242 | Langengerte | Nordtirol |
| 20.8 | 47,15347 | 10,71552 | 1238 | Langengerte | Nordtirol |

| Code | Breitengrad | Laengengrad | Meereshoehe | Ort | Bundesland |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------|
| 21.3 | 46,95848 | 10,56634 | 1321 | Pfunds | Nordtirol |
| 21.5 | 46,95858 | 10,56615 | 1317 | Pfunds | Nordtirol |
| 21.7 | 46,95865 | 10,56605 | 1313 | Pfunds | Nordtirol |
| 22.1 | 46,95932 | 10,56531 | 1355 | Nauders | Nordtirol |
| 22.2 | 46,88488 | 10,503 | 1357 | Nauders | Nordtirol |
| 22.5 | 46,88549 | 10,50262 | 1363 | Nauders | Nordtirol |
| 23.2 | 46,95099 | 10,5106 | 967 | Pfunds/Kajetanbrücke | Nordtirol |
| 23.6 | 46,95079 | 10,51033 | 980 | Pfunds/Kajetanbrücke | Nordtirol |
| 23.9 | 46,94929 | 10,50832 | 977 | Pfunds/Kajetanbrücke | Nordtirol |
| 24.2 | 46,9104 | 10,4955 | 1195 | Nauders Finstermünz | Nordtirol |
| 24.4 | 46,91018 | 10,4958 | 1245 | Nauders Finstermünz | Nordtirol |
| 24.7 | 46,90949 | 10,49651 | 1378 | Nauders Finstermünz | Nordtirol |
| 25.2 | 46,9999 | 10,58956 | 949 | Truppbach | Nordtirol |
| 25.3 | 47,00012 | 10,59029 | 925 | Truppbach | Nordtirol |
| 25.4 | 47,00073 | 10,59131 | 932 | Truppbach | Nordtirol |
| 26.4 | 47,14999 | 10,75873 | 1404 | Jerzens | Nordtirol |
| 26.5 | 47,14966 | 10,75861 | 1387 | Jerzens | Nordtirol |
| 26.8 | 47,14962 | 10,75835 | 1377 | Jerzens | Nordtirol |
| 27.1 | 47,14791 | 10,40537 | 1139 | Flirsch | Nordtirol |
| 27.5 | 47,14798 | 10,40451 | 1139 | Flirsch | Nordtirol |
| 27.9 | 47,14807 | 10,40414 | 1141 | Flirsch | Nordtirol |
| 28.1 | 47,01226 | 10,29607 | 1416 | Ischgl Dorf | Nordtirol |
| 28.4 | 47,01239 | 10,29568 | 1381 | Ischgl Dorf | Nordtirol |
| 28.7 | 47,01241 | 10,29577 | 1406 | Ischgl Dorf | Nordtirol |
| 29.1 | 47,25878 | 10,77456 | 780 | Tarrenz | Nordtirol |
| 29.4 | 47,25909 | 10,77511 | 785 | Tarrenz | Nordtirol |
| 29.6 | 47,25914 | 10,77495 | 781 | Tarrenz | Nordtirol |
| 30.5 | 47,07719 | 10,95693 | 1171 | Längenfeld Auwald | Nordtirol |
| 30.9 | 47,07734 | 10,9568 | 1158 | Längenfeld Auwald | Nordtirol |
| 30.10 | 47,07747 | 10,9569 | 1171 | Längenfeld Auwald | Nordtirol |
| 31.5 | 47,08244 | 10,96341 | 1167 | Längenfeld Hang | Nordtirol |
| 31.6 | 47,08243 | 10,96348 | 1168 | Längenfeld Hang | Nordtirol |
| 31.8 | 47,08236 | 10,96341 | 1173 | Längenfeld Hang | Nordtirol |
| 32.4 | 47,06846 | 10,84504 | 1362 | St. Leonhard im Pitztal | Nordtirol |
| 32.5 | 47,06844 | 10,845 | 1359 | St. Leonhard im Pitztal | Nordtirol |
| 32.9 | 47,06804 | 10,84516 | 1350 | St. Leonhard im Pitztal | Nordtirol |
| 33.2 | | | 1868 | Vent | Nordtirol |
| 33.6 | 46,8711 | 10,92723 | 1883 | Vent | Nordtirol |
| 33.7 | 46,87094 | 10,92709 | 1866 | Vent | Nordtirol |
| 34.4 | 47,42859 | 10,77756 | 1048 | Bichlbach | Nordtirol |
| 34.7 | 47,42868 | 10,77742 | 1033 | Bichlbach | Nordtirol |
| 34.9 | 47,42851 | 10,77704 | 1052 | Bichlbach | Nordtirol |
| 35.5 | 47,87841 | 15,15599 | 826 | Lackenhof | Niederoesterreich |
| 35.8 | 47,878 | 15,15581 | 854 | Lackenhof | Niederoesterreich |
| 35.9 | 47,87781 | 15,15568 | 850 | Lackenhof | Niederoesterreich |
| 36.3 | 47,53132 | 9,93576 | 990 | Lindenschwend | Vorarlberg |
| 36.6 | 47,53148 | 9,93573 | 994 | Lindenschwend | Vorarlberg |
| 36.7 | 47,53146 | 9,93577 | 993 | Lindenschwend | Vorarlberg |
| 37.3 | 47,2594 | 10,19311 | 1423 | Warth | Vorarlberg |
| 37.5 | 47,25947 | 10,19312 | 1422 | Warth | Vorarlberg |
| 37.9 | 47,25941 | 10,19299 | 1432 | Warth | Vorarlberg |
| 38.2 | 47,29571 | 10,04222 | 952 | Schopperrau | Vorarlberg |
| 38.6 | 47,294 | 10,04417 | 927 | Schopperrau | Vorarlberg |
| 38.8 | 47,29816 | 10,04076 | 906 | Schopperrau | Vorarlberg |
| 39.3 | 47,25258 | 10,32205 | 1091 | Walchen | Nordtirol |
| 39.8 | 47,25095 | 10,32059 | 1104 | Walchen | Nordtirol |
| 39.10 | 47,25087 | 10,32055 | 1087 | Walchen | Nordtirol |
| 42.1 | 47,08596 | 11,44603 | 1094 | Steinach am Brenner | Nordtirol |
| 42.2 | 47,08598 | 11,44884 | 1076 | Steinach am Brenner | Nordtirol |
| 42.3 | 47,08575 | 11,44927 | 1083 | Steinach am Brenner | Nordtirol |
| 42.5 | 47,08599 | 11,4504 | 1096 | Steinach am Brenner | Nordtirol |
| 42.6 | 47,08589 | 11,45041 | 1095 | Steinach am Brenner | Nordtirol |
| 42.9 | 47,08641 | 11,45443 | 1076 | Steinach am Brenner | Nordtirol |
| 43.1 | 47,0331 | 11,48532 | 1210 | Gries am Brenner | Nordtirol |
| 43.3 | 47,03338 | 11,48503 | 1202 | Gries am Brenner | Nordtirol |
| 43.4 | 47,03342 | 11,48489 | 1200 | Gries am Brenner | Nordtirol |
| 44.3 | 47,13764 | 11,45608 | 1016 | Pfons | Nordtirol |
| 44.4 | 47,13773 | 11,45621 | 1027 | Pfons | Nordtirol |

| Code | Breitengrad | Laengengrad | Meereshoehe | Ort | Bundesland |
|-------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|-------------------|
| 44.5 | 47,13782 | 11,45623 | 1019 | Pfons | Nordtirol |
| 45.1 | 47,04392 | 11,33522 | 1531 | Gschnitz | Nordtirol |
| 45.8 | | | 1531 | Gschnitz | Nordtirol |
| 45.10 | | | 1531 | Gschnitz | Nordtirol |
| 46.1 | 47,15993 | 11,3677 | 905 | Mieders | Nordtirol |
| 46.9 | 47,16026 | 11,36839 | 896 | Mieders | Nordtirol |
| 46.10 | 47,16006 | 11,3686 | 903 | Mieders | Nordtirol |
| 47.3 | 47,19711 | 11,16166 | 1208 | Obermarendebach | Nordtirol |
| 47.4 | 47,19714 | 11,16181 | 1216 | Obermarendebach | Nordtirol |
| 47.5 | 47,19717 | 11,16181 | 1196 | Obermarendebach | Nordtirol |
| 48.1 | 47,68346 | 15,60319 | 1638 | Schneealpe | Steiermark |
| 48.3 | 47,68348 | 15,60343 | 1608 | Schneealpe | Steiermark |
| 48.4 | 47,68345 | 15,60335 | 1632 | Schneealpe | Steiermark |
| 49.1 | 48,6106 | 16,42525 | 241 | Zwentendorf | Niederoesterreich |
| 49.6 | 48,61069 | 16,4251 | 241 | Zwentendorf | Niederoesterreich |
| 49.7 | 48,6106 | 16,42506 | 232 | Zwentendorf | Niederoesterreich |
| 50.4 | 48,56881 | 16,34923 | 384 | Ernstbrunn | Niederoesterreich |
| 50.7 | 48,56858 | 16,34937 | 395 | Ernstbrunn | Niederoesterreich |
| 50.8 | 48,56857 | 16,34941 | 388 | Ernstbrunn | Niederoesterreich |
| 51.3 | | | 310 | Steinberg | Niederoesterreich |
| 51.5 | 48,58995 | 16,75059 | 310 | Steinberg | Niederoesterreich |
| 51.8 | 48,58995 | 16,75059 | 310 | Steinberg | Niederoesterreich |
| 65.4 | 47,14408 | 10,50705 | 1044 | Grins | Nordtirol |
| 65.6 | 47,1441 | 10,50697 | 1049 | Grins | Nordtirol |
| 65.9 | 47,1435 | 10,50808 | 1039 | Grins | Nordtirol |
| 70.4 | 47,9995 | 16,26713 | 216 | Tribuswinkel | Niederoesterreich |
| 70.7 | 47,99968 | 16,26776 | 217 | Tribuswinkel | Niederoesterreich |
| 70.8 | 48,00017 | 16,26958 | 215 | Tribuswinkel | Niederoesterreich |
| 73.1 | 48,17789 | 16,94167 | 142 | Engelhartstetten/Markthof | Niederoesterreich |
| 73.4 | 48,17797 | 16,94202 | 143 | Engelhartstetten/Markthof | Niederoesterreich |
| 73.5 | 48,17792 | 16,94211 | 140 | Engelhartstetten/Markthof | Niederoesterreich |
| 75.1 | 47,76321 | 15,74542 | 576 | Höllental | Niederoesterreich |
| 75.3 | 47,76329 | 15,74554 | 579 | Höllental | Niederoesterreich |
| 75.9 | 47,76302 | 15,74608 | 586 | Höllental | Niederoesterreich |
| 76.1 | 47,85352 | 15,84854 | 537 | Klostertal/Saghof | Niederoesterreich |
| 76.3 | 47,85352 | 15,84831 | 534 | Klostertal/Saghof | Niederoesterreich |
| 76.10 | 47,85258 | 15,84736 | 536 | Klostertal/Saghof | Niederoesterreich |
| 78.1 | 47,21027 | 13,66361 | 1149 | Diktlerhütte | Salzburg |
| 78.7 | 47,21027 | 13,66361 | 1149 | Diktlerhütte | Salzburg |
| 78.10 | 47,21027 | 13,66361 | 1149 | Diktlerhütte | Salzburg |
| 80.1 | 47,09833 | 13,72222 | 1026 | Pischelsdorf | Salzburg |
| 80.3 | 47,09833 | 13,72222 | 1026 | Pischelsdorf | Salzburg |
| 80.8 | 47,09833 | 13,72222 | 1026 | Pischelsdorf | Salzburg |

Tabelle 5: Sammelstandorte

8.2. Epidermiszellen

Angegebene Größen in Mikrometer

| Code | Plo | li 1 | li 2 | li 3 | li 4 | li 5 | re 1 | re 2 | re 3 | re 4 | re 5 | MW li | MW re |
|--------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 3.1_1 | 2 | 25 | 26 | 19 | 23 | 13 | 23 | 32 | 35 | 19 | 17 | 21,17 | 25,30 |
| 3.1_2 | 2 | 15 | 13 | 15 | 10 | 13 | 14 | 15 | 14 | 15 | 12 | 13,43 | 14,20 |
| 3.1_3 | 2 | 19 | 17 | 15 | 17 | 18 | 15 | 14 | 15 | 10 | 12 | 17,30 | 13,43 |
| 3.4_1 | 2 | 15 | 12 | 14 | 18 | 21 | 17 | 17 | 12 | 12 | 25 | 16,01 | 16,27 |
| 3.4_2 | 2 | 12 | 14 | 14 | 14 | 14 | 12 | 6 | 13 | 14 | 21 | 13,68 | 13,17 |
| 3.4_3 | 2 | 13 | 12 | 18 | 12 | 13 | 14 | 17 | 14 | 12 | 17 | 13,43 | 14,72 |
| 3.8_1 | 2 | 22 | 21 | 18 | 18 | 14 | 15 | 10 | 22 | 22 | 12 | 18,59 | 16,27 |
| 3.8_2 | 2 | 18 | 18 | 15 | 19 | 19 | 12 | 17 | 25 | 22 | 21 | 18,07 | 19,10 |
| 3.8_3 | 2 | 22 | 18 | 22 | 21 | 21 | 18 | 17 | 18 | 17 | 14 | 20,65 | 16,78 |
| 5.3_1 | 4 | 18 | 15 | 14 | 15 | 14 | 15 | 22 | 13 | 17 | 22 | 15,49 | 17,81 |
| 5.3_2 | 4 | 21 | 18 | 23 | 14 | 18 | 21 | 23 | 27 | 19 | 22 | 18,85 | 22,46 |
| 5.3_3 | 4 | 18 | 19 | 15 | 21 | 21 | 25 | 25 | 25 | 19 | 31 | 18,85 | 24,78 |
| 5.5_1 | 4 | 31 | 25 | 30 | 21 | 19 | 18 | 19 | 25 | 15 | 18 | 25,04 | 19,10 |
| 5.5_2 | 4 | 18 | 19 | 22 | 17 | 15 | 13 | 18 | 15 | 14 | 10 | 18,33 | 14,20 |
| 5.5_3 | 4 | 32 | 34 | 31 | 19 | 21 | 17 | 14 | 13 | 15 | 15 | 27,37 | 14,97 |
| 5.7_1 | 4 | 19 | 19 | 19 | 17 | 18 | 25 | 26 | 23 | 19 | 22 | 18,59 | 22,98 |
| 5.7_2 | 4 | 15 | 26 | 15 | 14 | 12 | 23 | 13 | 15 | 15 | 15 | 16,52 | 16,52 |
| 5.7_3 | 4 | 12 | 15 | 8 | 13 | 10 | 9 | 12 | 12 | 13 | 13 | 11,62 | 11,62 |
| 6.4_1 | 4 | 22 | 18 | 21 | 19 | 18 | 21 | 23 | 17 | 17 | 19 | 19,62 | 19,36 |
| 6.4_2 | 4 | 22 | 18 | 23 | 27 | 15 | 21 | 19 | 22 | 14 | 17 | 21,17 | 18,59 |
| 6.4_3 | 4 | 23 | 21 | 19 | 26 | 21 | 15 | 21 | 18 | 17 | 14 | 21,94 | 17,04 |
| 6.7_1 | 4 | 10 | 14 | 14 | 13 | 9 | 17 | 19 | 19 | 15 | 14 | 12,13 | 17,04 |
| 6.7_2 | 4 | 17 | 14 | 12 | 13 | 14 | 18 | 17 | 12 | 12 | 14 | 13,94 | 14,46 |
| 6.7_3 | 4 | 14 | 13 | 12 | 12 | 10 | 12 | 17 | 17 | 14 | 12 | 12,13 | 14,20 |
| 6.9_1 | 4 | 23 | 22 | 19 | 14 | 13 | 19 | 18 | 18 | 19 | 18 | 18,33 | 18,59 |
| 6.9_2 | 4 | 10 | 13 | 17 | 14 | 19 | 19 | 21 | 21 | 23 | 17 | 14,72 | 20,14 |
| 6.9_3 | 4 | 22 | 25 | 17 | 13 | 12 | 22 | 21 | 25 | 22 | 19 | 17,56 | 21,69 |
| 12.3_1 | 8 | 26 | 30 | 23 | 27 | 25 | 28 | 15 | 17 | 19 | 22 | 26,08 | 20,40 |
| 12.3_2 | 8 | 30 | 26 | 28 | 34 | 32 | 31 | 27 | 27 | 18 | 26 | 29,95 | 25,82 |
| 12.3_3 | 8 | 22 | 19 | 18 | 23 | 17 | 23 | 22 | 27 | 28 | 30 | 19,88 | 26,08 |
| 12.6_1 | 8 | 21 | 21 | 22 | 23 | 21 | 23 | 23 | 25 | 26 | 18 | 21,43 | 22,98 |
| 12.6_2 | 8 | 31 | 30 | 31 | 23 | 28 | 28 | 25 | 17 | 17 | 27 | 28,66 | 22,72 |
| 12.6_3 | 8 | 19 | 22 | 23 | 27 | 22 | 15 | 22 | 21 | 22 | 15 | 22,72 | 19,10 |
| 12.7_1 | 8 | 44 | 45 | 34 | 28 | 26 | 53 | 41 | 41 | 43 | 40 | 35,37 | 43,63 |
| 12.7_2 | 8 | 27 | 18 | 19 | 18 | 23 | 31 | 23 | 23 | 34 | 41 | 21,17 | 30,46 |
| 12.7_3 | 8 | 26 | 31 | 40 | 35 | 35 | 30 | 25 | 25 | 39 | 28 | 33,30 | 29,17 |
| 13.3_1 | 4 | 21 | 21 | 15 | 12 | 17 | 18 | 17 | 17 | 22 | 21 | 17,04 | 18,85 |
| 13.3_2 | 4 | 17 | 22 | 19 | 14 | 18 | 18 | 14 | 17 | 17 | 15 | 18,07 | 16,27 |
| 13.3_3 | 4 | 31 | 27 | 41 | 25 | 27 | 23 | 18 | 26 | 13 | 19 | 30,21 | 19,88 |
| 13.4_1 | 4 | 22 | 22 | 17 | 22 | 22 | 34 | 18 | 27 | 27 | 34 | 20,91 | 27,88 |
| 13.4_2 | 4 | 28 | 30 | 19 | 21 | 26 | 21 | 18 | 21 | 13 | 15 | 24,78 | 17,56 |
| 13.4_3 | 4 | 15 | 13 | 14 | 17 | 21 | 18 | 18 | 27 | 15 | 25 | 16,01 | 20,65 |
| 13.7_1 | 4 | 23 | 26 | 28 | 25 | 26 | 23 | 21 | 27 | 25 | 21 | 25,56 | 23,24 |
| 13.7_2 | 4 | 21 | 19 | 18 | 18 | 22 | 19 | 15 | 22 | 25 | 22 | 19,62 | 20,65 |
| 13.7_3 | 4 | 27 | 21 | 30 | 27 | 23 | 19 | 22 | 15 | 17 | 22 | 25,56 | 19,10 |
| 22.1_1 | 8 | 22 | 25 | 31 | 32 | 28 | 26 | 21 | 25 | 28 | 32 | 27,62 | 26,33 |
| 22.1_2 | 8 | 19 | 17 | 25 | 25 | 18 | 28 | 25 | 26 | 21 | 21 | 20,65 | 24,01 |
| 22.1_3 | 8 | 18 | 21 | 19 | 25 | 26 | 19 | 17 | 22 | 18 | 14 | 21,69 | 18,07 |
| 22.2_1 | 8 | 22 | 26 | 21 | 21 | 30 | 19 | 21 | 32 | 14 | 18 | 23,75 | 20,91 |
| 22.2_2 | 8 | 31 | 26 | 31 | 31 | 26 | 25 | 32 | 32 | 21 | 28 | 28,92 | 27,62 |
| 22.2_3 | 8 | 34 | 23 | 31 | 23 | 21 | 21 | 19 | 18 | 27 | 26 | 26,33 | 22,20 |
| 22.5_1 | 8 | 23 | 18 | 25 | 31 | 28 | 18 | 23 | 19 | 18 | 25 | 25,04 | 20,65 |
| 22.5_2 | 8 | 23 | 15 | 17 | 13 | 15 | 15 | 19 | 23 | 18 | 22 | 16,78 | 19,62 |
| 22.5_3 | 8 | 19 | 18 | 17 | 23 | 22 | 22 | 19 | 21 | 19 | 25 | 19,88 | 21,17 |
| 26.4_1 | 8 | 31 | 26 | 28 | 22 | 25 | 28 | 21 | 27 | 22 | 23 | 26,33 | 24,27 |
| 26.4_2 | 8 | 30 | 25 | 28 | 31 | 27 | 34 | 23 | 18 | 23 | 26 | 28,14 | 24,78 |
| 26.4_3 | 8 | 32 | 35 | 30 | 26 | 25 | 28 | 27 | 28 | 32 | 27 | 29,43 | 28,66 |
| 26.5_1 | 8 | 34 | 25 | 25 | 21 | 26 | 27 | 23 | 26 | 17 | 21 | 25,82 | 22,72 |

| Code | Plo | li 1 | li 2 | li 3 | li 4 | li 5 | re 1 | re 2 | re 3 | re 4 | re 5 | MW li | MW re |
|---------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 26.5_2 | 8 | 19 | 19 | 21 | 28 | 27 | 26 | 22 | 23 | 31 | 27 | 22,98 | 25,82 |
| 26.5_3 | 8 | 40 | 32 | 28 | 36 | 27 | 37 | 27 | 27 | 35 | 36 | 32,79 | 32,53 |
| 26.8_1 | 8 | 37 | 34 | 41 | 35 | 31 | 25 | 26 | 30 | 22 | 26 | 35,63 | 25,56 |
| 26.8_2 | 8 | 41 | 34 | 32 | 37 | 41 | 31 | 34 | 31 | 35 | 37 | 37,18 | 33,56 |
| 26.8_3 | 8 | 19 | 22 | 19 | 19 | 22 | 17 | 22 | 21 | 22 | 26 | 20,40 | 21,43 |
| 29.1_1 | 2 | 28 | 13 | 14 | 15 | 22 | 25 | 19 | 19 | 23 | 21 | 18,59 | 21,43 |
| 29.1_2 | 2 | 15 | 17 | 14 | 17 | 19 | 17 | 19 | 25 | 19 | 23 | 16,52 | 20,65 |
| 29.1_3 | 2 | 25 | 23 | 19 | 22 | 23 | 23 | 23 | 14 | 19 | 26 | 22,46 | 21,17 |
| 29.4_1 | 2 | 23 | 19 | 15 | 17 | 21 | 15 | 14 | 18 | 18 | 18 | 19,10 | 16,78 |
| 29.4_2 | 2 | 13 | 18 | 17 | 12 | 18 | 23 | 22 | 18 | 15 | 18 | 15,49 | 19,36 |
| 29.4_3 | 2 | 18 | 23 | 19 | 21 | 15 | 15 | 14 | 15 | 13 | 18 | 19,36 | 15,23 |
| 29.6_1 | 2 | 28 | 22 | 18 | 22 | 19 | 18 | 23 | 25 | 21 | 23 | 21,94 | 21,94 |
| 29.6_2 | 2 | 17 | 17 | 18 | 17 | 19 | 22 | 17 | 14 | 14 | 15 | 17,56 | 16,52 |
| 29.6_3 | 2 | 23 | 18 | 18 | 17 | 13 | 21 | 21 | 13 | 19 | 18 | 17,81 | 18,33 |
| 30.5_1 | 8 | 30 | 22 | 17 | 25 | 22 | 15 | 18 | 18 | 22 | 21 | 22,98 | 18,85 |
| 30.5_2 | 8 | 22 | 35 | 30 | 28 | 30 | 26 | 27 | 28 | 25 | 21 | 28,92 | 25,30 |
| 30.5_3 | 8 | 25 | 15 | 22 | 36 | 26 | 22 | 18 | 17 | 23 | 26 | 24,78 | 21,17 |
| 30.9_1 | 8 | 27 | 26 | 23 | 23 | 30 | 32 | 35 | 32 | 37 | 32 | 25,82 | 33,82 |
| 30.9_2 | 8 | 26 | 31 | 32 | 35 | 53 | 44 | 46 | 37 | 30 | 36 | 35,37 | 38,73 |
| 30.9_3 | 8 | 48 | 46 | 37 | 32 | 28 | 28 | 44 | 39 | 31 | 34 | 38,47 | 35,11 |
| 30.10_1 | 8 | 36 | 27 | 32 | 23 | 46 | 32 | 30 | 39 | 48 | 49 | 33,05 | 39,50 |
| 30.10_2 | 8 | 35 | 35 | 35 | 35 | 45 | 44 | 39 | 39 | 41 | 41 | 36,92 | 40,79 |
| 30.10_3 | 8 | 23 | 27 | 30 | 22 | 25 | 32 | 27 | 26 | 25 | 26 | 25,30 | 27,11 |
| 34.4_1 | 2 | 23 | 25 | 26 | 22 | 22 | 19 | 21 | 19 | 22 | 19 | 23,49 | 20,14 |
| 34.4_2 | 2 | 19 | 18 | 22 | 27 | 27 | 27 | 25 | 30 | 23 | 23 | 22,72 | 25,56 |
| 34.4_3 | 2 | 28 | 18 | 22 | 21 | 21 | 25 | 28 | 25 | 25 | 19 | 21,94 | 24,27 |
| 34.7_1 | 2 | 25 | 17 | 25 | 19 | 22 | 23 | 22 | 22 | 22 | 18 | 21,43 | 21,43 |
| 34.7_2 | 2 | 18 | 18 | 21 | 15 | 14 | 17 | 19 | 19 | 19 | 21 | 17,30 | 19,10 |
| 34.7_3 | 2 | 22 | 13 | 17 | 17 | 19 | 15 | 18 | 15 | 18 | 18 | 17,56 | 17,04 |
| 34.9_1 | 2 | 23 | 22 | 25 | 22 | 21 | 22 | 13 | 14 | 17 | 25 | 22,46 | 18,07 |
| 34.9_2 | 2 | 14 | 10 | 17 | 14 | 15 | 13 | 21 | 14 | 13 | 14 | 14,20 | 14,97 |
| 34.9_3 | 2 | 25 | 28 | 27 | 23 | 22 | 18 | 14 | 21 | 18 | 21 | 25,04 | 18,33 |
| 35.5_1 | 8 | 30 | 35 | 41 | 31 | 36 | 25 | 27 | 36 | 31 | 32 | 34,60 | 30,21 |
| 35.5_2 | 8 | 35 | 39 | 26 | 26 | 22 | 32 | 26 | 27 | 28 | 30 | 29,43 | 28,66 |
| 35.5_3 | 8 | 39 | 36 | 39 | 28 | 32 | 31 | 32 | 36 | 34 | 34 | 34,85 | 33,30 |
| 35.8_1 | 8 | 27 | 23 | 22 | 17 | 18 | 40 | 41 | 43 | 46 | 26 | 21,43 | 39,24 |
| 35.8_2 | 8 | 28 | 36 | 34 | 23 | 25 | 31 | 26 | 31 | 32 | 28 | 29,17 | 29,69 |
| 35.8_3 | 8 | 27 | 35 | 37 | 31 | 28 | 26 | 21 | 36 | 32 | 32 | 31,76 | 29,43 |
| 35.9_1 | 8 | 30 | 23 | 25 | 30 | 17 | 15 | 18 | 22 | 26 | 26 | 24,78 | 21,43 |
| 35.9_2 | 8 | 37 | 28 | 28 | 41 | 27 | 25 | 28 | 17 | 22 | 22 | 32,53 | 22,72 |
| 35.9_3 | 8 | 23 | 15 | 15 | 17 | 30 | 23 | 19 | 19 | 30 | 26 | 20,14 | 23,49 |
| 43.1_1 | 4 | 32 | 28 | 23 | 26 | 37 | 28 | 28 | 27 | 26 | 28 | 29,43 | 27,62 |
| 43.1_2 | 4 | 26 | 23 | 32 | 27 | 43 | 23 | 21 | 28 | 23 | 19 | 30,21 | 22,98 |
| 43.1_3 | 4 | 26 | 27 | 27 | 26 | 31 | 26 | 21 | 28 | 28 | 23 | 27,37 | 25,30 |
| 43.3_1 | 4 | 53 | 35 | 41 | 40 | 28 | 40 | 49 | 49 | 41 | 36 | 39,50 | 43,12 |
| 43.3_2 | 4 | 39 | 31 | 28 | 36 | 41 | 39 | 26 | 27 | 31 | 34 | 35,11 | 31,24 |
| 43.3_3 | 4 | 31 | 31 | 35 | 28 | 30 | 28 | 37 | 35 | 31 | 22 | 30,98 | 30,72 |
| 43.4_1 | 4 | 17 | 15 | 18 | 14 | 19 | 17 | 14 | 18 | 19 | 22 | 16,78 | 18,07 |
| 43.4_2 | 4 | 15 | 18 | 27 | 26 | 19 | 21 | 18 | 23 | 22 | 19 | 21,17 | 20,65 |
| 43.4_3 | 4 | 23 | 19 | 22 | 22 | 22 | 15 | 18 | 21 | 19 | 18 | 21,69 | 18,33 |
| 45.1_1 | 4 | 31 | 30 | 27 | 21 | 23 | 26 | 18 | 15 | 31 | 26 | 26,33 | 23,24 |
| 45.1_2 | 4 | 26 | 14 | 15 | 23 | 27 | 27 | 18 | 15 | 31 | 35 | 21,17 | 25,30 |
| 45.1_3 | 4 | 19 | 21 | 22 | 30 | 25 | 30 | 23 | 31 | 35 | 30 | 23,24 | 29,69 |
| 45.8_1 | 4 | 25 | 32 | 36 | 28 | 34 | 23 | 25 | 23 | 26 | 27 | 30,98 | 24,78 |
| 45.8_2 | 4 | 18 | 17 | 14 | 15 | 19 | 21 | 21 | 22 | 18 | 21 | 16,78 | 20,40 |
| 45.8_3 | 4 | 22 | 18 | 17 | 19 | 15 | 21 | 22 | 23 | 37 | 30 | 18,33 | 26,59 |
| 45.10_1 | 4 | 40 | 27 | 22 | 27 | 30 | 34 | 22 | 35 | 31 | 30 | 29,17 | 30,21 |
| 45.10_2 | 4 | 32 | 21 | 21 | 30 | 22 | 37 | 35 | 34 | 19 | 19 | 25,04 | 28,92 |
| 45.10_3 | 4 | 40 | 34 | 31 | 39 | 34 | 34 | 25 | 27 | 30 | 25 | 35,37 | 27,88 |

Tabelle 6: Messergebnisse Epidermiszellen

8.3. Blüten (gemittelt)

Angegebene Größen in Millimeter

| Code | Plo | KrR_L | KrR_B | S_L | S_B | KrZ_L | KrZ_BB | KrZ_BM | Gesamtlänge |
|-------|-----|-------|-------|-----|-----|-------|--------|--------|-------------|
| 3.1 | 2 | 3,0 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,6 | 1,2 | 1,3 | 4,6 |
| 3.4 | 2 | 2,7 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | 4,0 |
| 3.8 | 2 | 2,6 | 1,2 | 0,3 | 0,4 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 3,7 |
| 4.2 | 4 | 4,6 | 1,6 | 0,9 | 0,3 | 2,0 | 1,4 | 1,5 | 6,6 |
| 4.3 | 4 | 3,6 | 1,2 | 0,5 | 0,3 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 5,1 |
| 4.4 | 4 | 3,5 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 5,2 |
| 5.3 | 4 | 3,0 | 1,5 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 4,2 |
| 5.5 | 4 | 3,0 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 4,3 |
| 5.7 | 4 | 3,2 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 4,3 |
| 6.4 | 4 | 4,0 | 1,5 | 0,5 | 0,4 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 5,3 |
| 6.7 | 4 | 3,1 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 4,4 |
| 6.9 | 4 | 3,3 | 1,6 | 0,2 | 0,3 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 4,5 |
| 7.6 | 4 | 3,7 | 1,5 | 0,4 | 0,4 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 5,5 |
| 7.9 | 4 | 3,0 | 1,4 | 0,4 | 0,3 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 4,5 |
| 7.10 | 4 | 2,8 | 1,2 | 0,3 | 0,3 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 4,2 |
| 8.1 | 2 | 3,5 | 1,5 | 0,4 | 0,4 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 5,2 |
| 8.3 | 2 | 3,1 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,2 | 1,4 | 4,7 |
| 8.10 | 2 | 3,2 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 4,5 |
| 9.5 | 4 | 4,3 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 1,7 | 1,2 | 1,3 | 6,0 |
| 9.6 | 4 | 3,0 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 4,4 |
| 9.8 | 4 | 3,8 | 1,5 | 0,4 | 0,4 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 5,2 |
| 10.1 | 4 | 3,4 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 4,7 |
| 10.6 | 4 | 3,1 | 1,5 | 0,2 | 0,4 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 4,6 |
| 10.7 | 4 | 2,4 | 1,1 | 0,2 | 0,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 3,5 |
| 11.4 | 4 | 3,4 | 1,3 | 0,4 | 0,3 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 4,9 |
| 11.7 | 4 | 3,9 | 1,8 | 0,2 | 0,4 | 1,7 | 1,3 | 1,4 | 5,6 |
| 11.9 | 4 | 3,3 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 4,6 |
| 12.3 | 8 | 4,1 | 1,6 | 0,3 | 0,4 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 5,7 |
| 12.6 | 8 | 3,7 | 1,3 | 0,3 | 0,4 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 5,3 |
| 12.7 | 8 | 3,8 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 5,2 |
| 13.3 | 4 | 2,7 | 1,1 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 3,9 |
| 13.4 | 4 | 3,0 | 1,3 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 4,3 |
| 13.7 | 4 | 4,2 | 1,2 | 1,3 | 0,5 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 5,5 |
| 14.2 | 2 | 3,3 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 4,7 |
| 14.3 | 2 | 2,6 | 1,4 | 0,2 | 0,3 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 3,7 |
| 14.5 | 2 | 3,3 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 4,5 |
| 14.6 | 8 | 4,8 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 6,5 |
| 14.8 | 8 | 4,0 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,2 | 1,3 | 5,4 |
| 14.10 | 8 | 4,6 | 1,5 | 0,5 | 0,3 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 6,2 |
| 15.3 | 8 | 4,0 | 1,5 | 0,2 | 0,4 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 5,4 |
| 15.6 | 8 | 4,5 | 1,6 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,5 | 1,3 | 5,8 |
| 15.10 | 8 | 4,5 | 1,2 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 5,7 |
| 16.1 | 4 | 4,1 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 5,6 |
| 16.5 | 4 | 3,0 | 1,2 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 4,3 |
| 16.8 | 4 | 4,2 | 1,3 | 0,5 | 0,4 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 5,8 |
| 17.1 | 4 | 2,7 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 4,0 |
| 17.3 | 4 | 3,0 | 1,4 | 0,5 | 0,3 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 4,2 |
| 17.9 | 4 | 2,7 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 3,8 |
| 18.2 | 8 | 5,6 | 1,5 | 0,5 | 0,3 | 1,8 | 1,4 | 1,4 | 7,4 |
| 18.5 | 8 | 4,7 | 1,3 | 0,6 | 0,4 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 6,3 |
| 18.7 | 8 | 3,3 | 1,6 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 4,7 |
| 19.4 | 8 | 3,6 | 1,7 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 5,0 |
| 19.7 | 8 | 5,7 | 1,7 | 0,3 | 0,3 | 2,0 | 1,6 | 1,6 | 7,7 |
| 19.10 | 8 | 3,7 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 5,2 |
| 20.2 | 8 | 4,3 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 5,9 |
| 20.4 | 8 | 4,9 | 1,7 | 0,3 | 0,4 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 6,6 |
| 20.8 | 8 | 3,9 | 1,6 | 0,2 | 0,4 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 5,4 |
| 21.3 | 4 | 3,1 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 4,3 |

| Code | Plo | KrR_L | KrR_B | S_L | S_B | KrZ_L | KrZ_BB | KrZ_BM | Gesamtlänge |
|-------|-----|-------|-------|-----|-----|-------|--------|--------|-------------|
| 21.5 | 4 | 3,8 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 5,3 |
| 21.7 | 4 | 2,5 | 1,2 | 0,1 | 0,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 3,7 |
| 22.1 | 8 | 4,5 | 1,6 | 0,3 | 0,4 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 6,1 |
| 22.2 | 8 | 4,0 | 1,3 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 5,5 |
| 22.5 | 8 | 3,5 | 1,4 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 4,8 |
| 23.2 | 4 | 2,9 | 1,3 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 4,0 |
| 23.6 | 4 | 3,5 | 1,4 | 0,6 | 0,4 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 4,9 |
| 23.9 | 4 | 2,9 | 1,2 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | 1,0 | 1,1 | 4,2 |
| 24.2 | 4 | 3,4 | 1,3 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 4,8 |
| 24.4 | 4 | 3,5 | 1,4 | 0,2 | 0,4 | 1,5 | 1,2 | 1,1 | 5,0 |
| 24.7 | 4 | 3,3 | 1,4 | 0,5 | 0,4 | 1,6 | 1,2 | 1,4 | 5,0 |
| 25.2 | 4 | 3,7 | 1,3 | 0,5 | 0,4 | 1,5 | 1,1 | 1,1 | 5,2 |
| 25.3 | 4 | 3,3 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,4 | 1,0 | 1,3 | 4,7 |
| 25.4 | 4 | 3,4 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 4,8 |
| 26.4 | 8 | 4,3 | 1,7 | 0,2 | 0,4 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 5,9 |
| 26.5 | 8 | 4,6 | 1,6 | 0,5 | 0,4 | 1,9 | 1,4 | 1,5 | 6,4 |
| 26.8 | 8 | 4,0 | 1,6 | 0,4 | 0,4 | 1,3 | 1,2 | 1,4 | 5,3 |
| 27.1 | 8 | 3,8 | 1,3 | 0,2 | 0,4 | 1,6 | 1,2 | 1,5 | 5,5 |
| 27.5 | 8 | 4,8 | 1,6 | 0,3 | 0,4 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 6,7 |
| 27.9 | 8 | 3,7 | 1,2 | 0,2 | 0,4 | 1,8 | 1,3 | 1,4 | 5,5 |
| 28.1 | 8 | 4,4 | 1,7 | 0,6 | 0,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 5,9 |
| 28.4 | 8 | 3,9 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,3 | 1,5 | 5,5 |
| 28.7 | 8 | 3,2 | 1,6 | 0,2 | 0,3 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 4,8 |
| 29.1 | 2 | 2,8 | 1,0 | 0,2 | 0,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 4,0 |
| 29.4 | 2 | 3,0 | 1,2 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 4,5 |
| 29.6 | 2 | 3,0 | 1,4 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 4,3 |
| 30.5 | 8 | 3,9 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 5,1 |
| 30.9 | 8 | 5,0 | 1,7 | 0,2 | 0,4 | 1,9 | 1,4 | 1,7 | 6,9 |
| 30.10 | 8 | 5,1 | 1,6 | 0,4 | 0,3 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 6,7 |
| 31.5 | 4 | 3,8 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,2 | 1,5 | 5,3 |
| 31.6 | 4 | 3,2 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 4,7 |
| 31.8 | 4 | 3,8 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,1 | 1,1 | 5,3 |
| 32.4 | 8 | 4,5 | 1,7 | 0,4 | 0,3 | 1,7 | 1,4 | 1,4 | 6,3 |
| 32.5 | 8 | 4,3 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 5,7 |
| 32.9 | 8 | 4,2 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 5,7 |
| 33.2 | 8 | 4,5 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,8 | 1,1 | 1,2 | 6,3 |
| 33.6 | 8 | 3,7 | 1,4 | 0,3 | 0,5 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 5,6 |
| 33.7 | 8 | 4,8 | 1,5 | 0,7 | 0,4 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 6,4 |
| 34.4 | 2 | 3,0 | 1,2 | 0,6 | 0,3 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 4,2 |
| 34.7 | 2 | 3,4 | 1,2 | 0,5 | 0,3 | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 4,9 |
| 34.9 | 2 | 2,1 | 1,0 | 0,2 | 0,3 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 3,1 |
| 35.5 | 8 | 2,9 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 4,1 |
| 35.8 | 8 | 3,9 | 1,3 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 5,2 |
| 35.9 | 8 | 2,9 | 1,5 | 0,2 | 0,4 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 4,2 |
| 36.3 | 8 | 4,8 | 1,9 | 0,3 | 0,4 | 1,6 | 1,2 | 1,5 | 6,4 |
| 36.6 | 8 | 4,2 | 1,6 | 0,2 | 0,4 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 5,8 |
| 36.7 | 8 | 4,6 | 1,9 | 0,4 | 0,4 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 6,2 |
| 37.3 | 8 | 4,6 | 1,6 | 0,3 | 0,4 | 1,7 | 1,6 | 1,8 | 6,2 |
| 37.5 | 8 | 3,7 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 5,0 |
| 37.9 | 8 | 4,1 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 5,5 |
| 38.2 | 8 | 3,6 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 5,0 |
| 38.6 | 8 | 4,3 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 5,8 |
| 38.8 | 8 | 2,8 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,0 | 1,1 | 4,0 |
| 39.3 | 8 | 3,7 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 5,0 |
| 39.8 | 8 | 3,8 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 5,3 |
| 39.10 | 8 | 4,7 | 1,5 | 0,4 | 0,4 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 6,4 |
| 42.1 | 4 | 3,1 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 4,5 |
| 42.2 | 2 | 3,0 | 1,1 | 0,2 | 0,3 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 4,4 |
| 42.3 | 4 | 3,7 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,9 | 1,3 | 1,4 | 5,5 |
| 42.5 | 2 | 3,2 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,4 | 1,1 | 1,4 | 4,6 |
| 42.6 | 2 | 3,2 | 1,1 | 0,7 | 0,3 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 4,6 |
| 42.9 | 4 | 4,0 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 5,3 |
| 43.1 | 4 | 3,7 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 4,9 |
| 43.3 | 4 | 3,8 | 1,3 | 0,4 | 0,3 | 1,4 | 1,0 | 1,1 | 5,1 |
| 43.4 | 4 | 3,7 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 4,9 |
| 44.3 | 4 | 3,6 | 1,2 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 5,2 |
| 44.4 | 4 | 4,2 | 1,3 | 0,5 | 0,3 | 1,6 | 1,3 | 1,3 | 5,9 |

| Code | Plo | KrR_L | KrR_B | S_L | S_B | KrZ_L | KrZ_BB | KrZ_BM | Gesamtlänge |
|-------|-----|-------|-------|-----|-----|-------|--------|--------|-------------|
| 44.5 | 4 | 3,6 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,6 | 1,3 | 1,3 | 5,3 |
| 45.1 | 4 | 3,8 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,5 | 1,1 | 1,1 | 5,4 |
| 45.8 | 4 | 3,7 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 4,9 |
| 45.10 | 4 | 3,2 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | 4,3 |
| 46.1 | 2 | 2,8 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 1,1 | 0,9 | 1,1 | 3,9 |
| 46.9 | 2 | 3,6 | 1,4 | 0,6 | 0,4 | 1,5 | 1,3 | 1,5 | 5,1 |
| 46.10 | 2 | 3,3 | 1,3 | 0,8 | 0,4 | 1,4 | 1,3 | 1,5 | 4,7 |
| 47.3 | 8 | 4,7 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 6,3 |
| 47.4 | 8 | 3,2 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 4,3 |
| 47.5 | 8 | 4,2 | 1,3 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 5,7 |
| 48.1 | 8 | 3,7 | 1,5 | 0,4 | 0,3 | 1,7 | 1,2 | 1,3 | 5,4 |
| 48.3 | 8 | 2,7 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,2 | 0,9 | 0,9 | 3,9 |
| 48.4 | 8 | 2,9 | 1,4 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 4,2 |
| 49.1 | 2 | 3,0 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 1,6 | 1,2 | 1,4 | 4,6 |
| 49.6 | 2 | 3,0 | 1,2 | 0,4 | 0,3 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 4,2 |
| 49.7 | 2 | 2,7 | 1,2 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 4,0 |
| 50.4 | 2 | 3,0 | 1,3 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 4,5 |
| 50.7 | 2 | 1,9 | 1,0 | 0,2 | 0,3 | 1,2 | 0,9 | 1,0 | 3,1 |
| 50.8 | 2 | 2,7 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 4,1 |
| 51.3 | 4 | 3,7 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 5,4 |
| 51.5 | 4 | 2,9 | 1,1 | 0,3 | 0,3 | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 4,5 |
| 51.8 | 4 | 3,2 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 4,5 |
| 65.4 | 4 | 3,7 | 1,1 | 0,4 | 0,4 | 1,5 | 1,1 | 1,3 | 5,1 |
| 65.6 | 4 | 3,5 | 1,2 | 0,4 | 0,4 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 5,1 |
| 65.9 | 4 | 2,9 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 4,2 |
| 70.4 | 2 | 2,9 | 1,2 | 0,4 | 0,4 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 3,9 |
| 70.7 | 2 | 3,3 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 4,8 |
| 70.8 | 2 | 3,3 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,3 | 1,5 | 4,9 |
| 73.1 | 2 | 3,0 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,4 | 1,1 | 1,2 | 4,5 |
| 73.4 | 2 | 2,7 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,6 | 1,1 | 1,2 | 4,3 |
| 73.5 | 2 | 2,8 | 1,5 | 0,2 | 0,3 | 1,3 | 1,3 | 1,2 | 4,1 |
| 75.1 | 2 | 3,1 | 1,2 | 0,4 | 0,4 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 4,6 |
| 75.3 | 2 | 3,2 | 1,2 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 4,7 |
| 75.9 | 2 | 3,0 | 1,2 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 4,6 |
| 76.1 | 2 | 3,3 | 1,4 | 0,4 | 0,4 | 1,7 | 1,3 | 1,5 | 5,0 |
| 76.3 | 2 | 3,3 | 1,3 | 0,2 | 0,3 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 4,8 |
| 76.10 | 2 | 3,1 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 4,4 |
| 78.1 | 4 | 3,7 | 1,4 | 0,4 | 0,4 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 5,1 |
| 78.7 | 4 | 3,9 | 1,3 | 0,9 | 0,3 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 5,5 |
| 78.10 | 4 | 3,7 | 1,3 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 5,1 |
| 80.1 | 2 | 3,2 | 1,5 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 4,5 |
| 80.3 | 2 | 2,9 | 1,3 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 4,2 |
| 80.8 | 2 | 3,0 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,5 | 1,1 | 1,2 | 4,5 |

Tabelle 7: Messergebnisse Blüten

Verwendete Abkürzungen:

| | |
|---------|--------------------------------|
| Plo | Ploidie |
| li / re | links / rechts |
| MW | Mittelwert |
| KrR_L | Kronröhren-Länge |
| KrR_B | Kronröhren-Breite |
| S_L | Kronröhrenstiel-Länge |
| S_B | Kronröhrenstiel-Breite |
| KrZ_BB | Kronzipfel-Breite an der Basis |
| KrZ_BM | Kronzipfel-Breite in der Mitte |

9. Literaturverzeichnis

Arth, K. (2012) Vergleichende phytochemische Untersuchungen von *Valeriana officinalis* L. s.l. Diplomarbeit, Wien

Benke, D., A. Barberis, et al. (2009). GABA(A) receptors as in vivo substrate for the anxiolytic action of valerenic acid, a major constituent of valerian root extracts. *Neuropharmacology* 56(1): 174-181.

Bressler, S. (2011) Karyogeographie des *Valeriana officinalis*-Aggregats in Mitteleuropa. Diplomarbeit, Wien.

Dingermann, T.; Hiller, K.; Schneider, G.; Zündorf, I. (2004): Schneider, *Arzneidrogen*. 5. Aufl. München: Elsevier, Spektrum, Akad. Verl.

Dweck, A. C. (1997): An introduction to valerian *Valeriana officinalis* and related species. In: P. J. Houghton (Hg.): *Valerian - The Genus Valeriana: harwood academic publishers (Medicinal and aromatic plants - industrial profiles)*, S. 1–20.

Fischer, A. (2012) Etablierung der AFLP-Methode für das *Valeriana officinalis* Aggregat. Diplomarbeit, Wien.

Fischer, M. A.; Adler, W.; Oswald, K. (2008): *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. Bestimmungsbuch für alle in der Republik Österreich, im Fürstentum Liechtenstein und in der Autonomen Provinz Bozen. 3., verb. Aufl. der "Exkursionsflora von Österreich" (1994).* Linz: OÖ Landesmuseum.

Futuyma, Douglas J.; Edwards, Scott V.; True, John R. (2007): *Evolution. Das Original mit Übersetzungshilfen.* Unter Mitarbeit von Andreas Held. 1. Aufl. München, [Heidelberg]: Elsevier, Spektrum, Akad. Verl.

Hegnauer, R.; Meijers, T. (1958): *Valeriana officinalis* L. in Holland. In: *Planta Med* 6, S. 349–372.

Heuberger, H.; Heubl, G.; Müller, M.; Seefelder, S.; Seidenberger, R. (2012): Verwandtschaftsverhältnisse und Ploidiestufen ausgewählter Herkünfte als Ausgangsmaterial für die Züchtung von Arznei-Baldrian (*Valeriana officinalis* L. s.l.). In: Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzenbau 17 (1), S. 28–37.

Hiller, K.; Melzig, M. F. (2010): Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.

Hölzl, J. (1997): The Pharmacology and Therapeutics of Valeriana. In: P. J. Houghton (Hg.): Valerian - The Genus Valeriana (Medicinal and aromatic plants - industrial profiles), S. 55–76.

Houghton, P. J. (1997): The Chemistry of Valeriana. In: P. J. Houghton (Hg.): Valerian - The Genus Valeriana (Medicinal and aromatic plants - industrial profiles), S. 21–54.

Hunnus, C.; Ammon, H. P. T. (2004): Hunnius pharmazeutisches Wörterbuch. 9. Aufl. Berlin: de Gruyter.

Jäger, E. J.; Rothmaler, W. (2005): Gefäßpflanzen. Kritischer Band. 10. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl (Exkursionsflora von Deutschland, 4).

Jänicke, C.; Grünwald, J.; Brendler, T.; Wobst, B.; Morgenstern, R. (2003): Handbuch Phytotherapie. Indikationen, Anwendungen, Wirksamkeit, Präparate. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.

Klatte-Asselmeyer, V., unveröffentlicht.

Lauber, K.; Wagner, G. (2012): Flora Helvetica. 3850 Farbphotos von 3000 wildwachsenden Blüten- und Farnpflanzen einschliesslich wichtiger Kulturpflanzen, Artbeschreibungen und Bestimmungsschlüssel = Flora der Schweiz. 5. Aufl. Bern: Haupt.

Neuhaus, W., G. Trauner, et al. (2008). Transport of a GABA(A) Receptor Modulator and Its Derivatives from *Valeriana officinalis* L. s. l. Across an in Vitro Cell Culture Model of the Blood-Brain Barrier. *Planta Medica* 74(11): 1338-1344.

Polatschek, A.; Maier, M.; Neuner, W (2001): Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg. 1. Aufl. Innsbruck: Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum.

Rätsch, C. (2007): Enzyklopädie der psychoaktiven Pflanzen. Botanik, Ethnopharmakologie und Anwendung. 8. Aufl. Aarau/Schweiz: AT-Verl.

Roth, L.; Daunderer, M.; Kormann, K.; Roth-Daunderer-Kormann (2008): Giftpflanzen - Pflanzengifte. Vorkommen, Wirkung, Therapie, allergische und phototoxische Reaktionen ; neu: mit Sonderteil über Gifttiere ; das Standardwerk mit über 500 Farbabbildungen. 5. Aufl. Hamburg: Nikol.

Sárkány, S.; Baranyai, G. (1957): Die Untersuchung der Arzneibaldriane in Ungarn. In: Acta botanica Hungarica 4, S. 311–350.

Saukel, J.; Anchev, M.; Guo, Y. P.; Vitkova, A.; Nedelcheva, A.; Goranova, V. et al. (2003): Coments on the Biosystematics of *Achillea* (Asteraceae-Anthemideae) in Bulgaria. In: Phytologia Balcanica 9 (3), S. 361–400.

Schmeil, O.; Fitschen, J.; Seybold, S.; Schmeil-Fitschen (2011): Die Flora Deutschlands und der angrenzenden Länder. Ein Buch zum Bestimmen aller wildwachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen. 95. Aufl. Wiebelsheim: Quelle & Meyer (Quelle-&-Meyer-Bestimmungsbücher).

Schönfelder, I.; Schönfelder, P. (2010): Der Kosmos-Heilpflanzenführer. Über 600 Heil- und Giftpflanzen Europas. Vollst. überarb. Neuausg. Stuttgart: Kosmos (KosmosNaturführer).

Skalinska, M. (1947): Polyploidy in *Valeriana officinalis* L. in relation to its ecology and distribution. In: The journal of the Linnean Society of London / Botany 53, S. 159–186.

Skalinska, M. (1951): Studies in cyto-ecology, geographic distribution and evolution of *Valeriana* L. In: Bulletin international de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, Série B, Sciences naturelles, 1, Botanique 1950, S. 149–175.

Strasburger, E.; Sitte, P. (2002): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 35. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl (Spektrum-Lehrbuch).

Teuscher, E.; Lindequist, U.; Teuscher-Lindequist (2010): Biogene Gifte. Biologie, Chemie, Pharmakologie, Toxikologie ; mit 62 Tabellen. 3. Aufl. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.

Teuscher, E.; Melzig, M. F.; Lindequist, U.; Teuscher-Melzig-Lindequist (2004): Biogene Arzneimittel. Ein Lehrbuch der pharmazeutischen Biologie ; 14 Tabellen. 6. Aufl. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.

Titz, E. (1984): Die Arzneibaldriane Deutschlands mit besonderer Berücksichtigung Bayerns. In: Ber.Bayer.Bot.Ges. 55, S. 25–48.

Titz, E.; Titz, W. (1981): Die diploiden und tetraploiden Arznei-Baldriane der Schweiz und angrenzender Regionen (Valerianaceae). In: Bot.Helv. 91, S. 169–188.

Titz, W. (1969): Beitrag zur Kenntnis der österreichischen Sippen des *Valeriana officinalis* - Aggregats und ihrer Chromosomenzahlen. In: Österreichische Botanische Zeitschrift 116, S. 172–180.

Titz, W.; Jurenitsch, J.; Fitzbauer-Busch, E.; Wicho, E.; Kubelka, W. (1982): Valeporiate und ätherisches Öl morphologisch und chromosomal definierter Typen von *Valeriana officinalis* s.l. I. Vergleich von Valepotriatgehalt und -zusammensetzung. In: Sci.Pharm. 50, S. 309–324.

Titz, W.; Jurenitsch, J.; Gruber, J.; Schabus, I.; Titz, E.; Kubelka, W. (1983): Valeporiate und ätherisches Öl morphologisch und chromosomal definierter Typen von *Valeriana officinalis* s.l. II. Variation charakteristischer Komponenten des ätherischen Öls. In: Sci.Pharm. 51, S. 63–86.

Titz, W.; Timischel, W.; Titz, E. (1983): Morphometrische Studien an *Valeriana officinalis* s.l. Auswahl, Analyse und Aufbereitung der Merkmale. In: Pl.Syst.Evol. 141, S. 313–339.

Titz, W.; Titz, E. (1979): "*Valeriana versifolia*" und andere oktaploide Arznei-Baldriane in den Schweizer Alpen und angrenzenden Regionen. In: Ber.Schweiz.Bot.Ges. 89 (3/4), S. 251–277.

Titz, W.; Titz, E. (1980): Die Arzneibaldriane Vorarlbergs und Liechtensteins. In: Jahrb.Vorarlberger Landesmuseumsvereins 1980/81, S. 203–213.

Titz, W.; Titz, E. (1982): Analyse der Formenmannigfaltigkeit der *Valeriana officinalis* - Gruppe im zentralen und südlichen Europa. In: Ber.Deutsch.Bot.Ges. 95, S. 155–164.

Titz, Walter; Titz, Eva (1982): Die Arzneibaldriane Voralbergs und Liechtensteins. [S.l.].

Trauner, G., S. Khom, et al. (2006). "Identification of GABA(A)-modulators obtained from *Valeriana officinalis* L." *Planta Medica* 72(11): 998-998.

Trauner, G., S. Khom, et al. (2008). Modulation of GABA(A) Receptors by Valerian Extracts is Related to the Content of Valerenic Acid. *Planta Medica* 74(1): 19-24.

Trauner, G., W. Neuhaus, et al. (2007). The transport of GABA(A)-receptor modulators derived from *Valeriana officinalis* L. *Planta Medica* 73(9): 976-977.

Turecek, G.; Titz, E.; Titz, W. (1980): Eine neue diploide *Valeriana officinalis* -Sippe im illyrischen Raum. In: *Studia Geobotanica* 1, S. 157–162.

Tutin, T. G.; Heywood, V. H.; Burges, N. A.; Moore, D. M.; Valentine, D. H.; Walters, S. M.; Webb, D. A. (1976): *Flora Europaea*. 4: Plantaginaceae to Compositae (and Rubiaceae). Cambridge; London; New York; Melbourne: Cambridge University Press.

Walther, E. (1949): Zur Morphologie und Systematik des Arzneibaldrians in Mitteleuropa. In: *Mitt.Thüring.Bot.Ges.Beih.* 1, S. 1–108.

Weberling, F. (1961): Die Infloreszenzen der Valerianaceen und ihre systematische Bedeutung. Wiesbaden: Akademie der Wissenschaften und der Literatur (Abhandlungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät).

Wichtl, M.; Bauer, R.; Barthlen, U. (2009): Teedrogen und Phytopharmaka. Ein Handbuch für die Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage. 5. Aufl. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.

Wink, M.; van Wyk, B.-E.; Wink, C. (2008): Handbuch der giftigen und psychoaktiven Pflanzen ; mit 13 Tabellen. Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges.

10. Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Blütenstand <i>Valeriana officinalis</i> L. s.lat..... | 2 |
| Abb. 2: Die vier Grundtypen nach Titz..... | 12 |
| Abb. 3: Inhaltsstoffe..... | 15 |
| Abb. 4: Inhaltsstoffe..... | 16 |
| Abb. 5: Inhaltsstoffe..... | 17 |
| Abb. 6: Inhaltsstoffe..... | 18 |
| Abb. 7: Sammelstandorte Überblick..... | 22 |
| Abb. 8: Sammelstandorte Ostösterreich..... | 22 |
| Abb. 9: Sammelstandorte Westösterreich..... | 23 |
| Abb. 10: Fruchtknoten mit Embryo..... | 23 |
| Abb. 11: A: vor dem Aufkochen. B: nach dem Aufkochen. C: fertig präparierte Blüte..... | 25 |
| Abb. 12: Gemittelte Längen der Epidermiszellen (links) gegen Ploidie..... | 27 |
| Abb. 13: Gemittelte Längen der Epidermiszellen (rechts) gegen Ploidie..... | 28 |
| Abb. 14: Gemittelte Längen der Epidermiszellen als Datenmatrix..... | 28 |
| Abb. 15: Blütenmorphometrische Datenmatrix..... | 31 |
| Abb. 16: Kronröhren-Länge gegen Ploidie..... | 32 |
| Abb. 17: Kronröhren-Breite gegen Ploidie..... | 32 |
| Abb. 18: Kronröhrenstiel-Länge gegen Ploidie..... | 33 |
| Abb. 19: Kronröhrenstiel-Breite gegen Ploidie..... | 33 |
| Abb. 20: Kronzipfel-Längen gegen Ploidie..... | 34 |
| Abb. 21: Kronzipfel-Breite Basis gegen Ploidie..... | 34 |
| Abb. 22: Kronzipfel-Breite Mitte gegen Ploidie..... | 35 |
| Abb. 23: Gesamtlänge gegen Ploidie..... | 35 |
| Abb. 24: Größenverteilung der Kronröhren-Länge bei diploiden Individuen..... | 36 |
| Abb. 25: Größenverteilung der Kronröhren-Länge bei tetraploiden Individuen..... | 36 |
| Abb. 26: Größenverteilung der Kronröhren-Länge bei oktoploiden Individuen..... | 37 |
| Abb. 27: Größenverteilung der Kronröhren-Länge von allen Individuen..... | 37 |
| Abb. 28: Multivariate Analyse der blütenmorphometrischen Daten..... | 39 |
| Abb. 29: Multivariate Analyse der Gesamtdaten..... | 39 |
| Abb. 30: Multivariate Analyse der Gesamtdaten, Darstellung als Polygon..... | 41 |
| Abb. 31: Multivariate Analyse der Gesamtdaten, Darstellung als Scatterplott..... | 41 |
| Abb. 32: Individuum 10.7..... | 45 |
| Abb. 33: Individuum 12.3..... | 45 |

| | |
|--|----|
| Abb. 34: Blüten mit verlängerten Kronröhrenstielen..... | 46 |
| Abb. 35: Variabilität der Blütenmorphologie | 46 |
| Abb. 36: links 14.3_2 (diploid), rechts 14.10_3 (oktoploid)..... | 47 |
| Abb. 37: links 42.5_1 (diploid), rechts 42.3_3 (tetraploid)..... | 47 |
| Abb. 38: Blüten nach Größe geordnet..... | 49 |
| Abb. 39: Blüten nach Ploidie geordnet | 50 |

11. Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Klassifikationsmatrix der Epidermiszellen | 29 |
| Tabelle 2: Klassifikationsmatrix der blütenmorphometrischen Daten..... | 38 |
| Tabelle 3: kategoriale Prädiktoren | 40 |
| Tabelle 4: Klassifikationsmatrix der Gesamtdaten | 42 |
| Tabelle 5: Sammelstandorte | 56 |
| Tabelle 6: Messergebnisse Epidermiszellen | 58 |
| Tabelle 7: Messergebnisse Blüten..... | 61 |

12. Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Gerhard Weissböck
Geburtsort: Klosterneuburg
Geburtsdatum: 29. Jänner 1968
Nationalität: Österreichischer Staatsbürger

Ausbildung, Präsenzdienst und Berufserfahrung:

1974 - 1978: Volksschule, Kritzendorf
1978 - 1986: Bundesgymnasium, Klosterneuburg
1986: Matura am Bundesgymnasium Klosterneuburg
Okt. 1986 - Mai 1987: Präsenzdienst, Fliegerhorstbatallion, Langenlebarn
1987 - 1997: Studium der Biologie (Hauptfach Zoologie)
Abschluss mit Mag. rer. nat.
1997: Pharmareferentenprüfung
1998 - 2006: Klinikreferent und Produktspezialist
Okt. 2006 - Jänner 2013: Studium der Pharmazie