

Schriften zu Genetischen Ressourcen

Schriftenreihe der Zentralstelle für Agrardokumentation und -information
Informationszentrum Biologische Vielfalt (IBV)

BAND 19

Biodiversität der Gattung *Ocimum* L., insbesondere der Kultursippen

Biodiversity of genus *Ocimum* L.
Especially of cultivated species

Sabine Eckelmann

Herausgeber: Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)
Informationszentrum Biologische Vielfalt (IBV)
Villichgasse 17, D – 53177 Bonn
Postfach 20 14 15, D – 53144 Bonn
Tel.: (0228) 95 48 - 202
Fax: (0228) 95 48 - 220
Email: ibv@zadi.de

Layout: Anja Bungartz, Eberhard Münch

Druck: Druckerei Martin Roesberg
Geltorfstr. 52
53347 Alfter-Witterschlick

Schutzgebühr 10,- €

ISSN 0948-8332

© ZADI Bonn, 2003

Diese Publikation ist im Internet verfügbar unter:
<http://www.genres.de/infos/igrreihe.htm>

Sabine B. J. Eckelmann

**Biodiversität der Gattung *Ocimum* L.,
insbesondere der Kultursippen**

**Biodiversity of genus *Ocimum* L.
especially of cultivated species**

Dissertation
zur Erlangung des Grades
„Doktor der Agrarwissenschaften“

an der
Universität Kassel

Kasseler Dissertation, 2002

Vorwort

Basilikum erfreut sich zunehmender Beliebtheit, längst auch über die Grenzen Italiens hinaus, wo seine hohe Stellung in der Küche sogar in der Nationalflagge gewürdigt wurde: Weiß für Mozzarella, Rot für Tomaten und Grün für Basilikum?! In Deutschland gehört es zu den drei populärsten Küchenkräutern, aus Mittelasien kommen viele alte Landsorten, die dort in jedem Bauerngarten zu finden sind und auch die Amerikaner haben Basilikum entdeckt und sich zu "herb lovers" entwickelt. Biochemiker fanden allein im ätherischen Öl über 140 verschiedene Inhaltsstoffe. Phytotherapeuten und Pflanzenschützer setzen Basilikum gegen eine Vielzahl von Krankheiten ein, Karyologen publizierten schon völlig verschiedene Chromosomenzahlen und Taxonomen kommentierten die verwandtschaftlichen Beziehungen von Basilikum als „a bit of a muddle“.

Die umfangreiche Genbankkollektion in Gatersleben bot eine ausgezeichnete Möglichkeit, diese verwirrende Diversität in Basilikum und darüber hinaus in anderen kultivierten Arten aus der Gattung *Ocimum* genauer zu betrachten und zu charakterisieren.

Während bisher von verschiedenen Experten nur Teilaspekte der Diversität beschrieben wurden, zeichnet sich diese Arbeit besonders dadurch aus, dass durch den Einsatz einer Vielzahl verschiedener klassischer und moderner Methoden versucht wurde, ein umfassendes Bild der Diversität zu erhalten und ihre Entstehung zu verstehen.

Neben neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen stehen damit Züchtern und anderen Nutzern der Genbank zahlreiche neue Informationen über jede zu beziehende Akzession zur Verfügung, wodurch die große Vielfalt noch viel gezielter genutzt werden kann - weit über die Möglichkeiten des Basilikumkrauts aus dem Supermarkt hinaus.

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meinen beiden Doktorvätern, Prof. Dr. K. Hammer und Prof. Dr. K. Bachmann, für die große Unterstützung und die vielen hilfreichen Anregungen, die zur erfolgreichen Durchführung dieser Arbeit verhalfen, herzlich bedanken.

Meinen Kollegen sei ebenfalls für ihre ständige Hilfsbereitschaft herzlich gedankt, ganz besonders Dr. Frank Blattner und Dr. Klaus Pistrick, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen und mir so über manche Hürde hinweghalfen.

Herrn Dr. H. Krüger schulde ich ganz besonderen Dank, da er es ermöglichte, dass an der Bundesanstalt für Züchtungsforschung (BAZ) in Quedlinburg die Inhaltsstoffanalyse von Basilikum durchgeführt wurde.

Frau Kurch, der "Mutter" des Basilikums, Frau Ostermann mit ihrem "grünen Daumen", Frau Oswald mit ihrer technischen Professionalität in molekularen Methoden und Frau Faustmann mit ihrer unermüdlichen Hingabe bei der Präparation der Chromosomen verdanke ich sehr viel. Bei ihnen möchte ich mich noch einmal mit einer herzlichen Umarmung bedanken.

Herrn Dr. A. Paton aus dem Herbarium in Kew Gardens danke ich für die Bereitschaft, einen Neuling in den Kreis der Taxonomen so freundlich aufzunehmen und für die Möglichkeit, eine molekulare Gattungsstudie mit reichlich DNA-Material von Herbarbelegen der Sammlung von Kew Gardens durchzuführen.

Monika und Christian Eckelmann danke ich herzlich, dass sie bereit waren, unter großem Zeitdruck die Rechtschreibung zu überprüfen.

Schließlich möchte ich mich bei meinem lieben Mann für manche große und kleine Hilfe, aber auch für seine unerschöpfliche Zuversicht und Geduld bedanken, die er trotz schwieriger Phasen in der Doktorarbeitszeit stets beihält.

1	Einführung.....	1
1.1	Zur Nutzung und Kultur von einigen Vertretern der Gattung <i>Ocimum</i> L.....	1
1.1.1	<i>Ocimum basilicum</i> L.....	1
1.1.2	<i>Ocimum americanum</i> L.....	2
1.1.3	<i>Ocimum x citriodorum</i> Vis.....	2
1.1.4	<i>Ocimum gratissimum</i> L.....	3
1.1.5	<i>Ocimum kilimandscharicum</i> Gürke.....	3
1.1.6	<i>Ocimum tenuiflorum</i> L.....	3
1.1.7	Weitere kultivierte Arten.....	5
1.2	Pflanzengenetische Ressourcen.....	5
1.3	Geschichte der Taxonomie der Gattung <i>Ocimum</i>	5
1.4	Bestehende taxonomische Probleme und zu beantwortende Fragestellungen.....	10
2	Einführung in die Theorie einiger Methoden.....	13
2.1	Molekulare Methoden zur Analyse innerartlicher Variabilität.....	13
2.2	Molekulare Methoden zur Beschreibung interspezifischer Variabilität.....	14
2.3	Varianz- und Korrelationsanalysen.....	15
2.4	Distanzanalyse.....	16
2.5	Hauptkomponentenanalyse.....	17
2.6	Clusteranalysen.....	17
2.6.1	Phänetik.....	18
2.6.2	Kladistik.....	19
2.6.3	Methoden zur Absicherung von Ähnlichkeitsklassen und kladistischen Bäumen.....	20
2.6.4	Maximum Likelihood.....	21
3	Material und Methoden.....	22
3.1	Pflanzenmaterial.....	22
3.1.1	Genbankakzessionen.....	22
3.1.2	Herbarmaterial aus Kew Gardens.....	23
3.2	Vergleichsanbau.....	25
3.2.1	Versuchsaufbau.....	25
3.2.2	Boden und Klima.....	26
3.3	Erhobene morphologische Merkmale.....	26
3.3.1	Keimung und Kotyledonen.....	27
3.3.2	Morphologie des vegetativen Teils der Sprossachse.....	27
3.3.3	Morphologie der Infloreszenz.....	30
3.3.4	Weitere agronomisch bedeutsame Merkmale.....	32
3.4	Bestimmung des ätherischen Ölgehalts und der Inhaltsstoffe.....	33
3.5	Chromosomenzählung.....	33
3.6	Ploidiegradbestimmung mit Flowcytometrie.....	34
3.7	DNA-Extraktion.....	35
3.8	Amplifikation und Sequenzierung des Internal Transcribed Spacer (ITS)....	35
3.9	AFLP-Analyse.....	38
4	Morphologische und chemische Variabilität von Basilikum und weiteren kultivierten <i>Ocimum</i> -Arten.....	41
4.1	Variabilität von <i>Ocimum basilicum</i>	41
4.2	Variabilität von <i>Ocimum americanum</i>	42

4.3	Variabilität von <i>Ocimum x citriodorum</i>	44
4.4	Variabilität von <i>Ocimum gratissimum</i>	45
4.5	Variabilität von <i>Ocimum tenuiflorum</i>	46
4.6	Variabilität von <i>Ocimum campechianum</i> Mill.	47
4.7	Varianzanalyse der Artenmittelwerte der Messwerte	48
4.8	Chemotypen.....	51
4.8.1	Chemotypen in <i>O. basilicum</i> -Akzessionen.....	52
4.8.2	Chemotypen morphologisch intermediärer Akzessionen zu <i>O. basilicum</i>	52
4.8.3	Chemotypen in <i>O. americanum</i>	52
4.8.4	Chemotypen in <i>O. x citriodorum</i>	52
4.8.5	Chemotypen morphologisch intermediärer Akzessionen zu <i>O. x</i> <i>citriodorum</i>	53
4.8.6	Chemotypen in <i>O. gratissimum</i>	53
4.8.7	Chemotypen in <i>O. tenuiflorum</i>	53
4.8.8	Chemotypen in <i>O. campechianum</i>	53
4.8.9	Chemotyp von <i>O. kilimandscharicum</i>	53
4.8.10	Chemotyp in <i>O. selloi</i> Benth.	53
4.9	Jahresvergleich 1999/2000	53
4.9.1	Jahresvergleich der morphologischen Eigenschaften.....	53
4.9.2	Jahresvergleich der Inhaltsstoffe des ätherischen Öls:.....	61
4.10	Korrelationen zwischen morphologischen und chemischen Merkmalen.....	64
4.10.1	Hohe Korrelationen von Merkmalen von <i>Ocimum basilicum</i>	65
4.10.2	Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von <i>Ocimum americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i>	66
4.10.3	Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von <i>Ocimum x citriodorum</i>	66
4.10.4	Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von <i>O. gratissimum</i>	68
4.10.5	Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von <i>O. tenuiflorum</i>	69
4.11	Morphologische und chemische Abgrenzung der kultivierten Arten innerhalb der Sektion <i>Ocimum</i>	70
4.12	Infraspezifische Analyse von <i>Ocimum basilicum</i>	73
4.12.1	Geographische Zusammenhänge innerhalb <i>Ocimum basilicum</i>	75
4.12.2	Verteilung der Chemotypen auf die geographischen Gruppen.....	76
4.13	Chromosomenzahlen und Ploidiegrade der kultivierten Arten von <i>Ocimum</i>	77
5	Sequenzanalyse der Gattung <i>Ocimum</i>	79
5.1	Phänetische Analyse der gesamten ITS-Region mit 5.8 S	81
5.2	Sequenzdetails der Sektion <i>Ocimum</i>	83
5.3	Phänetische Analyse der ITS 1-Region inclusive 5.8 S rDNA	86
5.4	Kladistische Analyse der ITS 1-Region mit 5.8 S	89
5.5	Phänetische Analyse der ITS 2-Region mit 5.8 S	89
5.6	Kladistische Analyse der ITS 2-Region mit 5.8 S	92
5.7	Vergleich der Gruppen aus ITS 1 und ITS 2 der Majority-Rule- Consensus-Bäume	92
5.8	Sequenzdetails der hypothetischen Hybriden.....	95
5.8.1	<i>Ocimum ovatum</i>	95

5.8.2	<i>Ocimum nudicaule</i>	96
5.8.3	<i>Ocimum irvenii</i>	96
5.8.4	<i>Ocimum spectabile</i>	97
5.8.5	<i>Syncolostemon rotundiflorum</i>	97
5.8.6	<i>Ocimum lamiifolium</i>	98
5.8.7	Die Vertreter der Gattung <i>Plectranthus</i>	99
5.8.8	<i>Ocimum selloi</i>	100
5.9	Vergleich der phänetischen Baumtopologien nach Entfernung der hypothetischen Hybriden aus dem Datensatz	100
6	AFLP-Analysen von <i>Ocimum basilicum</i> und anderen kultivierten Arten.....	102
6.1	AFLP-Details	102
6.2	Abgrenzung der kultivierten Arten innerhalb der Sektion <i>Ocimum</i> anhand von Längenpolymorphismen von amplifizierten Fragmenten (AFLPs)	103
6.3	Innerartliche, phänetische Analyse von <i>O. basilicum</i>	104
6.4	Innerartliche Hauptkomponentenanalyse von <i>O. basilicum</i>	105
7	Die Gattung <i>Ocimum</i>	108
7.1	Monophylie der Gattung der <i>Ocimum</i> ?	108
7.2	Retikulate Evolution innerhalb des ITS von <i>Ocimum</i>	109
7.3	Natürliche Gruppen in der Gattung <i>Ocimum</i>	111
8	Variabilität der kultivierten Arten der Gattung <i>Ocimum</i>	112
8.1	Anthocyanfärbung.....	114
8.2	Chemische Zusammensetzung des ätherischen Öls	116
8.3	Blattquerschnitt, Blattoberfläche, Blattrand	122
8.4	Größenausprägungen der einzelnen Pflanzenorgane	123
8.5	AFLP-Fragmentlängen.....	123
8.6	Infraspezifische Klassifikation kultivierter <i>Ocimum</i> -Arten.....	127
8.6.1	<i>Ocimum americanum</i>	127
8.6.2	<i>Ocimum tenuiflorum</i>	128
8.6.3	<i>Ocimum gratissimum</i>	128
8.6.4	<i>Ocimum basilicum</i>	128
8.7	Taxonomischer Bestimmungsschlüssel der <i>Ocimum</i> -Arten nach Paton et al. (1999) mit Ergänzungen.....	131
8.7.1	Infraspezifischer Bestimmungsschlüssel von <i>Ocimum gratissimum</i> nach Paton (1992) mit Ergänzungen.....	136
8.7.2	Infraspezifischer Bestimmungsschlüssel von <i>Ocimum basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i>	137
9	Zusammenfassung	138
10	Summary.....	140
11	Literaturverzeichnis	142
	Anhang	

1 Einführung

1.1 Zur Nutzung und Kultur von einigen Vertretern der Gattung

Ocimum L.

Die Gattung *Ocimum* L. gehört zur Familie der Labiatae (Lamiaceae), zur Unterfamilie Nepetoideae und zur Tribus Ocimeae (CANTINO et al., 1992). In der Gattung sind sehr alte Kulturpflanzen vertreten, die schon im Alten Ägypten, in Indien und in der griechischen und römischen Antike bekannt waren (PISTRICK, 2001). Die natürliche Verbreitung der Gattung erstreckt sich heute über die tropischen Gebiete Afrikas, Asiens und Südamerikas, wobei 2/3 aller *Ocimum*-Arten in Afrika vorkommen. PATON (1992) nimmt daher auch an, dass Afrika das Ursprungsland von *Ocimum* ist. Einige Autoren vertreten hingegen die Ansicht, dass *Ocimum* in Asien bzw. Indien beheimatet ist (HOOKER, 1885, SCHWANITZ 1967, MORTON 1981). Als Ursprungsland kann aufgrund ethnobotanischer Untersuchungen (ALBUQUERQUE und ANDRADE, 1998) Südamerika ausgeschlossen werden, da die dort vorkommenden Arten von afrikanischen Sklaven und Kolonialisten zu religiösen und medizinischen Zwecken eingeführt wurden (FUENTES, 1992). Der Gattungsname *Ocimum* geht auf das griechische Wort *ozein* = riechen zurück, was bereits auf den hohen Gehalt an ätherischen Ölen hinweist, welche Monoterpene, Sesquiterpene und Phenylpropanoide beinhalten. Die meisten Arten wurden daher als Gewürz- und Heilpflanzen in Kultur genommen. Doch auch zahlreiche weitere Nutzungsformen entwickelten sich im Laufe der Zeit.

1.1.1 *Ocimum basilicum* L.

Der Artnamen Basilikum geht auf das griechische Wort *basilieus* = König zurück, vermutlich als Ausdruck besonderer Wertschätzung wegen des starken Duftes von Basilikum bzw. seiner vielseitigen Verwendung.

Nach einer Umfrage des Gewürzmuseums in Hamburg steht Basilikum an dritter Stelle der in Deutschland am meisten genutzten Gewürze, Salz und Pfeffer ausgenommen (PAAP, persönliche Mitteilung). Es wird hauptsächlich zum Verfeinern von Soßen, Fleisch- und Fischgerichten sowie zur Gemüsezubereitung verwendet. Der europäische Markt wird bisher mit frischen und getrockneten Basilikumblättern vor allem von Frankreich, Italien, Marokko und Ägypten beliefert.

Neben der Verwendung als Gewürz wird die weltweite, jährliche Ölproduktion aus *Ocimum basilicum* L. auf 42,5 Tonnen geschätzt (LAWRENCE, 1992). An der Spitze der Ölproduktion stehen Indien (15 t), Bulgarien (7 t) und Ägypten (5 t). Die wirtschaftlich wichtigsten Komponenten des ätherischen Öls sind Estragol, Eugenol, Eugenolmethylether, Zimtsäuremethylester, Linalool und Geraniol. Diese dienen als Aromastoffe in der Lebensmittelindustrie bzw. sind wichtige Bestandteile bei der Likör-, Parfüm- und Kosmetikherstellung. Auch Zahnpasta und Mundwasser können Basilikumöl enthalten.

Die in der Literatur zu findenden Heilwirkungen von *Ocimum basilicum* sind zahlreich. Die Pflanze wird bei Magenbeschwerden, gegen endoparasitäre Würmer, bei Alexie, Fieber, zur Expektoration, als Karminativum, als Stimulationsmittel und bei Halsschmerzen verwendet (WEALTH OF INDIA, 1966). Weitere wichtige Indikationen sind Ohrenschmerzen, Migräne, Depressionen, Entzündungen und Zahnschmerzen

(SMALL, 1997). Neue Untersuchungen zeigen, dass *Ocimum basilicum* 'Cinnamon' eine hohe anti-HIV-1-Aktivität aufweist. Die aktiven Substanzen sind nicht im ätherischen Öl vorhanden, sondern wurden in den polaren, wasserlöslichen Bestandteilen gefunden (YAMASAKI et al., 1998). Das Basilikumöl, welches Linalool und Estragol enthält, zeigt mit wenigen Ausnahmen eine antimikrobielle Wirkung auf gram-positive und gram-negative Bakterien, Hefen und Schimmelpilze (WEALTH OF INDIA, 1966; WAN et al., 1998; LACHOWICZ et al., 1998). Diese Wirkung kann auch im Pflanzenschutz genutzt werden: Das ätherische Öl von *Ocimum basilicum* wirkt beispielsweise fungizid gegen den gelbporigen Kolbenschimmel (*Aspergillus flavus* Link ex Link) beim Mais (MONTES-BELMONT et al., 1998). Basilikum wirkt aber auch als Insektenrepellent (BURKILL, 1966) bzw. als Lockstoff für die im Süden und Westen der USA verbreiteten Maiswurzelstecher *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber und *Diabrotica virgifera virgifera* Leconte (LAMPMAN et al., 1987). Eine nematizide Wirkung konnten CHATTERJEE et al. (1982) nachweisen.

Die nach Befeuchtung schleimbildenden Klausen von Basilikum bilden Grundlage eines Getränks, das besonders im Mittelmeergebiet hergestellt wird (PISTRICK, 2001). PHIPPEN & SIMON (1998) fanden in roten Kultivaren von Basilikum 14 verschiedene Anthocyane, die auch ein hohes Nutzungspotential zum Färben von Lebensmitteln haben.

Die anthocyangefärbten Basilikum-Varietäten stellen darüber hinaus beliebte Zierpflanzen dar, die häufig in Hausgärten und Parkanlagen anzutreffen sind.

1.1.2 *Ocimum americanum* L.

Die Pflanzen besitzen aromatische, karminative, diaphoretische und stimulative Eigenschaften. Drei Chemotypen sind bekannt, welche entweder Citrale bzw. Zimtsäuremethylester oder Kampher als Hauptkomponente im ätherischen Öl enthalten (WEALTH OF INDIA, 1966).

Erstere sind vor allem für die Parfüm-, Kosmetik- und Genussmittelindustrie von Bedeutung, wohingegen Kampher der Behandlung von Rheuma, Schmerzen, Neuralgien und Entzündungen dient. Darüber hinaus wird es als analeptisches bzw. sekretlösendes Mittel und zur Bekämpfung von Motten eingesetzt (FUGMANN, 1997). In der traditionellen Medizin des Sudans und Indiens wird die Pflanze bei parasitären Hautkrankheiten und in Nigeria und Ghana bei Ruhr und Zahnschmerzen verwendet. Eine hohe insektenabwehrende Wirkung von *Ocimum americanum* L. konnten PALSSON et al. (1999) nachweisen.

Seltener wird die Pflanze zur Herstellung von Saucen, Suppen und Salaten genutzt. Die Klausen werden bei der Zubereitung spezieller Getränke verwendet (PISTRICK, 2001).

1.1.3 *Ocimum x citriodorum* Vis.

Ocimum x citriodorum gilt als konstante fertile Hybride aus *Ocimum basilicum* und *Ocimum americanum*. Das "Zitronen-Basilikum" hat einen starken zitronenartigen Duft, da die Hauptinhaltsstoffe des ätherischen Öls Citrale sind. Eine klare Abgrenzung von Basilikum und *O. americanum* ist äußerst schwierig. Das ätherische Öl findet auch hier in der Parfüm-, Kosmetik- und Genussmittelindustrie Verwendung.

1.1.4 *Ocimum gratissimum* L.

Ocimum gratissimum hat einen, verglichen mit den zuvor besprochenen Arten, unangenehmen Geschmack, welcher auf die Hauptinhaltsstoffe Thymol und Eugenol im ätherischen Öl zurückzuführen ist. Das ätherische Öl wirkt antibakteriell. In vitro hemmt es das Wachstum von *Myobacterium tuberculosis* (Zopf) Lehmann & Neumann, *Micrococcus*-Arten, *Streptococcus pyogenes* Rosenbach, *Escherichia coli* (Migula) Castellani & Chalmers und Thyphus-Erregern (WEALTH OF INDIA, 1966). Es hilft daher auch bei Erkältungen (BRANCH, 1983) und wirkt ausserdem harntreibend und karminativ (CARNEIRO, 1989; PEREIRA, 1988). Neuere Untersuchungen weisen auf eine schmerzstillende Wirkung und einen spannungslösenden Effekt auf die glatte Muskulatur hin (AZIBA et al., 1999).

Die Pflanze hat außerdem eine stark repellente Wirkung auf Insekten (WEALTH OF INDIA, 1966).

OBENG et al. (1997) konnten zeigen, dass das Eugenol in *Ocimum gratissimum* L. var. *gratissimum* auf Vorratskäfer stark abweisend wirkt. Die Entwicklung ihrer Eier und Larven im Getreide wird durch Eugenol sogar vollständig gehemmt.

Die Blätter werden auch als Salat oder Gewürz von Saucen, Suppen und Fleisch bzw. als Getränkezusatz verwendet (PISTRICK, 2001).

1.1.5 *Ocimum kilimandscharicum* Gürke

Ocimum kilimandscharicum zeichnet sich durch einen sehr hohen Gehalt an Kampher im ätherischen Öl aus. Die Pflanze wurde erstmals während des Zweiten Weltkrieges zur Kampherproduktion in großen Mengen in Afrika angebaut (RYDING, 1994). Heute wird sie zu diesen Zwecken in Afrika, Indien, Nepal, Türkei und USA kultiviert. Die Wirkungen des Kamphers wurden bereits im Zusammenhang mit *O. americanum* besprochen.

1.1.6 *Ocimum tenuiflorum* L.

Ocimum tenuiflorum wird in der meisten Literatur noch unter dem Synonym *Ocimum sanctum* L. erwähnt und gilt als religiöses Symbol im Hinduismus. Die Blätter werden bei speziellen Ritualen, Gebeten und als Totenbeigabe geopfert. Heute gewinnt die Pflanze besonders wegen ihrer anticarcinogenen Wirkung mehr und mehr als Heilpflanze an Bedeutung (ARUNA, 1990). Öl aus den Klausen bewirkte eine Aktivitätssteigerung der Glutathion-S-transferase, welche der Karzinogenese entgegenwirkt (ARUNA et al., 1996). Darüber hinaus schützt der wasserlösliche Extrakt Mäuse vor den mit Gamma-Strahlung verbundenen Chromosomenschädigungen. In vitro zeigt es eine hohe antioxidative Wirkung (DEVI et al., 1999). SINGH et al. (1999) wiesen im Tierversuch neben einer entzündungshemmenden eine signifikante Wirkung des ätherischen Öls gegen Magengeschwüre nach. *Ocimum tenuiflorum* hat auch in der ayurvedischen Medizin als Anti-Stress-Mittel Bedeutung (REGE et al., 1999).

Das ätherische Öl von *Ocimum tenuiflorum* zeigte eine hemmende Wirkung von bis zu 85% gegen den Erreger einer wichtigen Blattfleckenkrankheit des Mangobaumes (*Mangifera indica* L.), *Pestalotiopsis mangiferae* (Henn.) Steyaert (RAI, 1996).

Weitere Verwendung findet *O. tenuiflorum* als Salatgewürz bzw. Teekomponente (PISTRICK, 2001).



Abbildung/Figure 1: A: *O. basilicum* subsp. *basilicum* var. *difforme* Benth. B: *O. gratissimum* L. C: *O. tenuiflorum* L. D: Blüte/flower von/of *O. kilimandscharicum* Gürke

1.1.7 Weitere kultivierte Arten

Ocimum campechianum Mill. wird fast ausschließlich im tropischen Südamerika als Duft- und Gewürzpflanze kultiviert (PISTRICK, 2001). Neben einer Nutzung als Gewürz von Geflügelgerichten, ist die Heilwirkung der Pflanze von größerer Bedeutung. Sie wird als Gegenmittel bei Insekten- und Skorpionstichen sowie bei Halsschmerzen in der traditionellen Medizin eingesetzt (BRANCH et al., 1983; VAN DEN BERG et al., 1985).

In Äthiopien werden getrocknete Pflanzenteile von *Ocimum forskolei* Benth. zum Würzen von Eintopf, Saucen, Suppen und Kaffee verwendet. Als Medizinalpflanze wird es gegen Malaria, Kopfschmerzen und Durchfall eingesetzt. *Ocimum lamiifolium* Hochst. ex Benth. wendet man dort bei Erkältungen, Augenentzündungen und Nasenbluten an (DEMISSEW, 1994).

1.2 Pflanzengenetische Ressourcen

Von 250.000 Höheren Pflanzen weltweit gelten 100.000 als pflanzengenetische Ressourcen (HAMMER & GLADIS, 1996). Nach OETMANN et al. (1995) zählen hierzu: „Generativ oder vegetativ vermehrungsfähiges Material von Pflanzen mit aktuellem oder potentiell Wert (für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) einschließlich Landrassen, verwandter Wildarten und –formen und speziellen genetischen Materials der Kulturpflanzen“. Ihre Erhaltung erfährt in zunehmendem Maß Bedeutung, da aufgrund der Fortschritte moderner Pflanzenzüchtung eine immer größer werdende Verdrängung alter, an spezielle Umweltbedingungen angepasster Landsorten stattfindet. Diese sogenannte Generosion kann langfristig züchterische Möglichkeiten und Erfolge gefährden (HAMMER, 1998).

Für eine Gattung wie *Ocimum* ist eine Erhaltung ihrer Pflanzengenetischen Ressourcen in Genbanken aufgrund des hohen Nutzungspotentials von besonderer Bedeutung.

Die weltweit größten Sammlungen pflanzengenetischer Ressourcen von *Ocimum* erhält die Genbank des Vavilov-Instituts in Petersburg, die USDA-Genbank in Ames, Iowa, die Genbank des Instituts für Pflanzenproduktion in Olomouc-Holice, Tschechien, und die Genbank des Instituts für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben, wobei letztere die mittlerweile umfangreichste Kollektion darstellt. Der Anteil der Arznei- und Gewürzpflanzen an der Gesamtkollektion der Genbank in Gatersleben beträgt zwar nur ca. 2,7%. Die Bestandszahlen sind aber im Vergleich zu anderen Sammlungen bemerkenswert hoch (HAMMER, 1995). So werden nach dem Jahresbericht über 4300 Heil- und Gewürzpflanzen-Akzessionen erhalten und reproduziert (ANONYM, 2000).

1.3 Geschichte der Taxonomie der Gattung *Ocimum*

LINNÉ beschrieb 1753 die Gattung *Ocimum* mit fünf Arten: *Ocimum frutescens*, *Ocimum basilicum*, *Ocimum minimum*, *Ocimum tenuiflorum* und *Ocimum menthoides*.

1832 gibt BENTHAM bereits vierzig Arten an und fasst diese in drei Sektionen zusammen: Sektion *Ocimodon*, die durch ein Anhängsel am hinteren Staminapaar gekennzeichnet ist, Sektion *Hierocymum* mit Haaren am hinteren Staubblattpaar und schließlich Sektion *Gymnocymum*, die an derselben Stelle keinerlei Anhängsel oder

Behaarung besitzt. Die Sektionen *Endostemon* und *Hemizygia* wurden von BENTHAM noch nicht beschrieben. 1848 unterteilte er die Sektion *Ocimodon* weiter in drei Untersektionen. Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen diesen Subsektionen ist die Gestalt des Fruchtkalix. Die Arten der Subsektion *Ocimum* besitzen einen geöffneten Fruchtkalixhals, welcher im Inneren einen Haarring aufweist. Bei Arten der Subsektion *Gratissima* hingegen ist die Unterlippe des Fruchtkalix dicht an die Oberlippe gepresst, der Hals also geschlossen. Die Subsektion *Hiantia* ist an verkümmerten Seitenlappen der Oberlippe zu erkennen. Andere Autoren wie SEBALD (1987) und PATON (1995) betrachteten die letztgenannte Subsektion als eigenständiges Genus *Becium*. 1848 fügte BENTHAM die Sektion *Hemizygia* hinzu. Dies wurde jedoch von seinem Kollegen BRIQUET (1897) nicht unterstützt: Er betrachtete diese Arten als weiteres Genus, da das vordere Staminapaar miteinander verwachsen ist.

Eine völlig andere Einteilung wurde von PUSHPANGADAN (1974, SOBTI & PUSHPANGADAN, 1979, PUSHPANGADAN & BRADU, 1995) vorgenommen. Er unterschied eine Basilikum-Gruppe mit schwarzen, elliptischen, bei Befeuchtung stark schleimbildenden Klausen und einer Grundchromosomenzahl von $n=12$ und eine Sanctum-Gruppe mit braunen, kugeligen, wenig bis gar keinen Schleim bildenden Klausen mit $n=8$. Insgesamt akzeptierte er 160 verschiedene *Ocimum*-Arten. Diese Einteilung ist aus taxonomischer Sicht zu undifferenziert. Eine neue Revision der Gattung beschränkte die Artenanzahl auf 65 (PATON, 1999), da einige Arten als Synonyme von anderen erkannt wurden. Diese Klassifikation basiert auf einer Parsimonieanalyse von morphologischen Merkmalen, wobei besonders eine detaillierte Pollen- und Samenanalyse hervorzuheben ist, die früheren Autoren aus verschiedenen Gründen nicht möglich war. Die meisten großen Gruppen BENTHAMS (1848) - wie Sektion *Gymnocymum* und Sektion *Ocimum* mit ihren Untersektionen - konnten als monophyletische Gruppen nachgewiesen werden. Mitglieder der Sektion *Hierocymum* erwiesen sich hingegen als paraphyletisch. In die Analyse gingen verschiedene Vertreter der Gattungen *Becium*, *Erythroclamys*, *Orthosiphon*, *Syncolostemon*, *Hemizygia* und *Catoferia* als sog. Außengruppen ein. Wider Erwarten bildeten die Taxa *Becium*, *Erythroclamys* und *Orthosiphon* subgenus *Nautochilus* und *Ocimum* eine monophyletische Gruppe. PATON (1999) hält eine Integrierung dieser Taxa in *Ocimum* für sinnvoll, da beispielsweise fließende Übergänge zwischen den neuweltlichen Arten von *Ocimum* und *Becium* gegeben sind. Würde man dennoch eine Trennung in zwei Gattungen durchführen, gingen wichtige Informationen über deren Ähnlichkeit und eine eventuelle gemeinsame Entstehung verloren.

Die folgende Klassifikation ist Resultat der oben genannten Parsimonieanalyse morphologischer Merkmale und setzt voraus, dass *Ocimum* eine monophyletische Gruppe ist.

Infragenerische Klassifikation von *Ocimum* (PATON, 1999)

Ocimum L.

Subgenus: *Ocimum*

Sektion: *Ocimum*

Ocimum kilimandscharicum Baker ex Gürke

Ocimum kenyense Ayobangira ex A. J. Paton

Ocimum minimum L.

=*O. basilicum* subsp. *minimum* (L.) Danert

Ocimum basilicum L.

Ocimum x citriodorum Vis.

=*O. citratum* Rumphius

=*O. basilicum* L. var. *anisatum* Benth.

=*O. dichotomum* Hochst. ex Benth.

=*O. americanum* sensu Pushpangadan & Sobti non L.

Ocimum americanum L.

var. *americanum*

= *O. canum* Sims

var. *pilosum* (Willd.) A.J. Paton

= *O. graveolens* A. Br.

Ocimum forskolei Benth.

=*O. menthiifolium* Hochst. ex Benth.

=*O. hadiense sensu* E. A. Bruce

=*O. staminosum* Baker

=*O. stirbeyi* Schwein. & Volk.

Ocimum fischeri Gürke

Ocimum circinatum A. J. Paton

Sektion: *Gratissima* (Benth.) A. J. Paton

Subsektion: *Gratissima* Benth.

Ocimum gratissimum L.

subsp. *gratissimum*

var. *gratissimum*

=*O. urticifolium* Roth

=*O. suave* Willd.

=*O. viride* Willd.

=*O. trichodon* Gürke

var. *macrophyllum* Briq.

subsp. *iringense* (Ayobangira) A. J. Paton

Ocimum natalense Ayobangira ex A. J. Paton

Ocimum spicatum Deflers

Ocimum jamesii Sebald

=*O. tomentosum* Oliver

Ocimum cufodontii (Lanza) A. J. Paton

=*Erythroclamys cufodontii* Lanza

Ocimum nummularium (S. Moore) A. J. Paton

=*Erythroclamys nummularia* (S. Moore) Hedge

Subsektion: *Erythroclamys* (Gürke) A. J. Paton

Ocimum fruticosum (Ryding) A. J. Paton

= *Erythroclamys fruticosa* Ryding

Ocimum spectabile (Gürke) A. J. Paton

= *Erythroclamys spectabilis* Gürke

Sektion *Hiantia* (Benth.) A.J. Paton

Subsektion *Hiantia* Benth.

Serie: *Monobecium* (Sebald) A. J. Paton

Ocimum irvinei J. K. Morton

Serie: *Serpyllifolium* (Sebald) A. J. Paton

Ocimum fimbriatum Briq.

var. *fimbriatum*

=*Becium fimbriatum* (Briq.) Sebald var. *fimbriatum*

var. *ctenodon* (Gilli) A.J. Paton

=*Becium ctenodon* Gilli

= *Becium fimbriatum* (Briq.) Sebald var. *ctenodon* (Gilli) Sebald

Ocimum amicorum A. J. Paton

=*Becium fastigiatum* A. J. Paton

Ocimum ellenbeckii Gürke

=*Becium ellenbeckii* (Gürke) Cufodontis

Ocimum serpyllifolium Forssk.

=*Becium serpyllifolium* (Forssk.) J.R.I. Wood

Ocimum burchellianum Benth.

=*Becium burchellianum* (Benth.) N.E.Br.

Serie: *Hiantia* Benth.

Ocimum angustifolium Benth.

=*Becium angustifolium* (Benth.) N.E.Br.

Ocimum formosum Gürke

=*Becium formosum* (Gürke) Chiov. ex Lanza

Ocimum verticillifolium Baker

=*Becium verticillifolium* (Baker) Cufod.

Ocimum minutiflorum (Sebald) A. J. Paton

= *Becium minutiflorum* Sebald

Ocimum filamentosum Forsskal

=*Ocimum adscendens* Willd.

=*Ocimum kenyanum* Vatke

=*Becium filamentosum* (Forssk.) Chiov.

Ocimum albostellatum (Verdcourt) A. J. Paton

= *Becium albostellatum* Verdcourt

Ocimum vanderystii (De Willd.) A. J. Paton

= *Becium vanderystii* De Willd.

Ocimum metallorum (P. A. Duvign.) A. J. Paton

= *Becium metallorum* P.A. Duvign.

=*B. grandiflorum* Lam. var. *metallorum* (P.A. Duvign.) Sebald

Ocimum ericoides (P. A. Duvign. & Plancke) A. J. Paton

= *Becium ericoides* P.A. Duvign. & Plancke

=*B. grandiflorum* Lam. var. *ericoides* (P. A. Duvign. & Plancke) Sebald

Ocimum monocotyloides (Ayobangira) A. J. Paton

= *Becium monocotyloides* Ayobangira

Ocimum grandiflorum Lam.

=*Becium grandiflorum* (Lam.) Pic. Serm.

=*Becium bicolor* Lindl.

subsp. *densiflorum* A. J. Paton

=*Becium grandiflorum* (Lam.) Sebald subsp. *densiflorum* A.J. Paton

subsp. *turkanense* (Sebald) A. J. Paton

=*Becium grandiflorum* (Lam.) Sebald subsp. *turkanense* (Sebald) A. J. Paton

subsp. *grandiflorum*

Ocimum vhipyense A. J. Paton

=*Becium frutescens* (Sebald) A. J. Paton

=*Becium grandiflorum* var. *frutescens* Sebald

Ocimum mearnsii (Ayobangira ex Sebald) A. J. Paton

=*Becium grandiflorum* var. *mearnsii* Ayob. ex Sebald

=*Becium mearnsii* (Ayobangira ex Sebald) A. J. Paton

Ocimum centraliafricanum R. E. Fries

=*Becium centraliafricanum* (R.E. Fries) Sebald

=*O. homblei* De Willd.

=*Becium homblei* (De Willd.) Duvign. & Planke

Ocimum hirsutissimum (P. A. Duvign.) A. J. Paton

= *Becium hirsutissimum* P. A. Duvign.

Ocimum mitwabense (Ayobangira) A. J. Paton

= *Becium mitwabense* Ayobangira

Ocimum dolomiticola A. J. Paton

=*Becium citriodorum* Williamson & Balkwill

Ocimum waterbergense (Williamson & Balkwill) A. J. Paton

= *Becium waterbergense* Williamson & Balkwill

Ocimum coddii (Williamson & Balkwill) A. J. Paton

= *Becium coddii* Williamson & Balkwill

Ocimum reclinatum Williamson & Balkwill

= *Becium reclinatum* Williamson & Balkwill

Ocimum dambicola A. J. Paton

=*Ocimum punctatum* Baker

=*Becium obovatum* subsp. *punctatum* (Baker) A. J. Paton

=*Becium grandiflorum* var. *galpinii* (Gürke) Sebald

Ocimum obovatum E. Mey. ex Benth in E. Mey.

=*Becium obovatum* (E. Mey ex Benth.) N. E. Br.

=*Becium grandiflorum* var. *obovatum* (E. Mey. ex Benth.) Sebald

subsp. *obovatum*

var. *obovatum*

var. *galpinii* (Gürke) A. J. Paton

= *Ocimum galpinii* Gürke

=*Becium obovatum* var. *galpinii* (Gürke) N. E. Br.

=*Becium grandiflorum* var. *galpinii* (Gürke) Sebald

subsp. *cordatum* (A. J. Paton) A. J. Paton

= *Becium obovatum* subsp. *cordatum* A. J. Paton

subsp. *crystallinum* (A. J. Paton) A. J. Paton

= *Becium obovatum* subsp. *crystallinum* A. J. Paton

Ocimum canescens A. J. Paton

= *Becium virgatum* A. J. Paton

Ocimum decumbens Gürke

=*Ocimum capitatum* Baker

=*B. capitatum* Agnew

=*B. grandiflorum* (Lam.) Pic. Serm. var. *decumbens* (Gürke) Sebald

=*B. grandiflorum* (Lam.) Pic. Serm. var. *capitatum* (Agnew) Sebald

=*B. decumbens* (Gürke) A. J. Paton

Ocimum vandenbrandei (Ayobangira) A. J. Paton

= *Becium vandenbrandei* P. A. Duvign. & Planke

Ocimum urundense Robyns & Lebrun
= *Becium urundense* (Robyns & Lebrun) A. J. Paton
= *B. grandiflorum* var. *urundense* (Robyns & Lebrun) Sebald

Ocimum pyramidatum (A. J. Paton) A. J. Paton
= *Becium pyramidatum* A. J. Paton

Ocimum dhofarensense (Sebald) A. J. Paton
= *Becium dhofarensense* Sebald

Subsektion *Nudicaulia* (Briq.) A. J. Paton

Ocimum transamazonicum C. Pereira

Ocimum selloi Benth.

= *Ocimum carnosum* (Spreng.) Link & Otto ex Benth.

Ocimum nudicaule Benth.

Subgenus *Nautochilus* (Bremek.) A. J. Paton

Ocimum lamiifolium Hochst. ex Benth.

Ocimum masaiense Ayobangira ex Paton

Ocimum tubiforme (R. Good) A. J. Paton

= *Orthosiphon tubiformis* R. Good

Ocimum serratum (Schlechter) A. J. Paton

= *Orthosiphon serratus* Schlechter

Ocimum pseudoserratum (Ashby) A. J. Paton

= *Orthosiphon pseudoserratus* Ashby

Ocimum labiatum (N. E. Br.) A. J. Paton

= *Orthosiphon labiatus* N. E. Br.

= *Nautochilus labiatus* (N. E. Br.) Bremek.

= *Orthosiphon amabilis* (Bremek.) Codd

Subgenus *Gymnocimum* (Benth.) A. J. Paton

Sektion *Gymnocimum* Benth.

Ocimum campechianum Mill.

= *Ocimum micranthum* Wild.

Ocimum ovatum Benth.

= *O. neurophyllum* Briq.

= *O. tweedianum* Benth.

= *O. procurrens* Epling

Ocimum hassleri Briq.

Sektion *Hierocimum* Benth.

Ocimum tenuiflorum L.

= *Ocimum sanctum* L.

= *Ocimum monachorum* L.

1.4 Bestehende taxonomische Probleme und zu beantwortende Fragestellungen

Die neue Klassifikation von PATON (1999) ist als Ausgangsposition für weitere taxonomische Untersuchungen anzusehen. Die Abgrenzung der Gattung zu nahen Verwandten ist jedoch noch nicht vollständig geklärt. Neuerdings wird sogar erwogen, die Gattung *Plectranthus* in die Gattung *Ocimum* einzubeziehen (PATON, persönliche Mitteilung). Dies könnte bedeuten, dass sich der Artenbestand der Gattung *Ocimum* um weitere 300 Arten erhöhen würde. Darunter sind mehrere

Kulturpflanzen. Eine Absicherung dieser Hypothese anhand weiterer Merkmale ist daher von großer Bedeutung.

Durch Aufnahme neuer Merkmale aus Samenmorphologie und Pollenmorphologie konnten im Vergleich zu BENTHAM (1832) die Beziehungen der einzelnen Arten wesentlich differenzierter herausgearbeitet werden. Je mehr "gute" Merkmale also zur Verfügung stehen, desto klarer entsteht ein Abbild dessen, was Arten ausmacht und wie sie sich im Laufe der Evolution entwickelt haben. Mit Hilfe molekularer Merkmale kann die Datenbasis für weitere systematische Studien erweitert werden. Durch die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) besteht heute die Möglichkeit, die DNA als Träger der Erbinformation selbst zu untersuchen. Sequenziert man Regionen der DNA, steht potentiell mit jeder Basenposition ein objektives, zu anderen Basenpositionen gleichwertiges Merkmal zur Verfügung. Dadurch kann die Anzahl der informativen Merkmale sehr hoch sein. Molekulare Merkmale können so eine Gliederung der Gattung in natürliche Gruppen deutlich erleichtern. In dieser Arbeit werden daher molekulare Marker neben morphologischen Eigenschaften zur genaueren Klassifikation der Gattung *Ocimum* verwendet.

Weit weniger als über die interspezifischen Beziehungen in der Gattung *Ocimum* ist über die innerartliche Variabilität von *O. basilicum* und nahen Verwandten bekannt. *Ocimum basilicum* ist sowohl autogam (DARRAH, 1980) als auch allogam: Bei grünem Basilikum wurde eine Fremdbefruchtungsrate mit der roten Sorte 'Dark Opal' als Marker von bis zu 61% gefunden (NATION et al., 1992). Zudem sind alle Kreuzungen von Varietäten von *O. basilicum* untereinander fertil (PATON & PUTIEVSKY, 1996). Es kann auch Hybridisierung zwischen *O. basilicum*, *O. americanum* und *O. minimum* stattfinden, wodurch der konstante fertile Bastard *O. x citriodorum* (Hybride zwischen *O. basilicum* und *O. americanum*) entstanden ist und zahlreiche weitere intermediäre Formen auftreten. Am deutlichsten wird dies an den sehr unterschiedlichen Chromosomenzahlen, die in der Literatur angegeben werden: SINGH & SHARMA (1981) & KHOSLA (1995) geben für *Ocimum basilicum* $2n=48$ bzw. 24, für *Ocimum x citriodorum* $2n=72$ und *Ocimum minimum* $2n=48$ an. Bei PATON & PUTIEVSKY (1996) lagen die Chromosomenzahlen von *O. basilicum* zwischen $2n=50$ und 72, in *O. x citriodorum* fanden sie $2n=64$ und in *O. minimum* $2n=56$. Aufgrund der verschiedenen Ploidiestufen ist eine äußerst hohe morphologische und chemische Variabilität bei den oben genannten *Ocimum*-Arten entstanden. Mehr als 60 Varietäten von *Ocimum basilicum* sind beschrieben worden. Morphologisch unterscheiden sich die Varietäten vor allem durch Pigmentierung, Blattgröße, Blattform und Behaarung. Andere Varietäten unterscheiden sich morphologisch zwar kaum, stellen aber sehr unterschiedliche Chemotypen dar. Aufgrund verschiedener Kreuzungsversuche und einer Variabilität der gefundenen Chromosomenzahl von 24 bis 72, gehen PATON & PUTIEVSKY (1996) davon aus, dass die Varietäten von *Ocimum basilicum* nicht klar genetisch voneinander getrennt sind. Sie bemängeln außerdem, dass die Beschreibungen der Varietäten meist keine Hinweise auf die Chromosomenzahlen bzw. auf die Inhaltsstoffe geben. Dies ist aber notwendig, um das ökonomische und medizinische Potential dieser wichtigen aromatischen Pflanze voll auszuschöpfen.

In dieser Arbeit wurde mit Hilfe morphologischer, biochemischer und karyologischer Untersuchungen des Genbankmaterials versucht, die Diversität vor allem von *Ocimum basilicum* und nahen verwandten Arten zu charakterisieren und verfügbar zu

machen. Außer bewährten, klassischen Untersuchungsmethoden kommen molekulare Untersuchungen hinzu, die aufgrund des hohen Polymorphieniveaus der DNA ein großes Diskriminierungspotential liefern (LUX & HAMMER, 1994).

Über die Beschreibung der Diversität hinaus können mit Hilfe dieser Methoden Gruppen innerhalb der Akzessionen gefunden werden, die auf einen gemeinsamen genetischen und/oder geographischen Ursprung hindeuten.

Aufgrund dieser relativ umfassenden Merkmalerfassung und -analyse kann im Anschluss eine Auswahl von Merkmalen getroffen werden, die sowohl einer infraspezifischen Klassifikation dient als auch eine eindeutige Kommunikation über die Kultursippen ermöglicht.

Zusammengefasst sollen folgende Fragestellungen im Rahmen der Dissertation geklärt werden:

- Ist die Gattung *Ocimum* eine monophyletische Gruppe und können auf morphologischen Merkmalen basierende Sektionen molekular als natürliche Gruppen nachgewiesen werden?
- Wie variabel sind molekulare und morphologische Merkmale von *Ocimum basilicum*?
- Korrelieren molekulare Cluster mit morphologischen Merkmalen, Verbreitungsgebieten und Inhaltsstoffspektren?
- Kann eine neue infraspezifische Klassifikation von Basilikum entwickelt werden, die auf verschiedenen morphologischen, chemischen und molekularen Markern basiert?

2 Einführung in die Theorie einiger Methoden

2.1 Molekulare Methoden zur Analyse innerartlicher Variabilität

Die meisten molekularen Analyseverfahren zur Feststellung innerartlicher Variabilität beruhen auf der Variation der Nukleotidsequenz von kurzen DNA-Abschnitten aus dem Gesamtgenom. Ursachen für diese Variation sind Mutationen, z. B. Punktmutationen (=Basenänderungen), Deletionen oder Insertionen.

Das älteste Verfahren ist die RFLP (restriction fragment length polymorphism)-Methode (BOTSTEIN et al., 1980), wobei Polymorphismen (Unterschiede) im Bereich der Schnittsequenz von Restriktionsenzymen nachgewiesen werden. RFLPs wurden erfolgreich zur Differenzierung innerhalb zahlreicher Pflanzenarten verwendet (BECKMANN & SOLLER, 1983). Wichtige Nachteile dieser Methodik sind jedoch der große Zeit- und Arbeitsaufwand sowie in einigen Fällen die unzureichende Zahl nachweisbarer Polymorphismen (POWELL et al., 1996). Das RAPD (random-amplified polymorphic DNA)-Verfahren (WILLIAMS et al., 1990) ist eine weniger aufwendige Alternative, da es prinzipiell nur mit Hilfe der PCR durchzuführen ist und keinerlei Vorkenntnis über die DNA-Sequenz des Zielorganismus voraussetzt. Weitere Vorteile liegen in der geringen benötigten Menge an Ausgangs-DNA sowie in einem Verzicht auf Radioaktivität, die bei der RFLP-Methode zur Markierung der DNA vonnöten ist (WOLFE & LISTON, 1998). Dieses Verfahren funktioniert in der Regel so, dass Primer aus ca. 10 zufällig zusammengestellten Nukleotiden synthetisiert werden. Diese lagern sich während der PCR überall dort im Genom an, wo sie komplementäre Bereiche auf der in Einzelstränge denaturierten DNA antreffen. Nach einer Amplifikation können diese Bereiche mit Hilfe einer Elektrophorese getrennt und detektiert werden. Im Idealfall entstehen Polymorphismen durch Mutationen in der Basensequenz, welche die Amplifikation eines speziellen Abschnittes bei einem Individuum verhindert. Die Aussagefähigkeit dieser Methode hat aber auch ihre Einschränkungen, die vor allem darauf beruhen, dass auch nicht-mendelsche Vererbung der Marker vorkommt oder dass Amplifikate gleicher Größe nicht zwangsläufig homolog sind (WOLFE & LISTON, 1998). Ein weiterer wichtiger Nachteil liegt in der schlechten Reproduzierbarkeit der RAPD-Banden (VAN DER ZANDE & BIJSMA, 1994; HARRIS, 1995).

SSRs (simple sequence repeats) bzw. Mikrosatelliten (TAUTZ, 1989) kommen zufällig verteilt im Genom vor und haben aufgrund eines hohen Grades an Polymorphismen einen hohen Informationsgehalt. Polymorphismen sind hier Unterschiede in der Anzahl der Wiederholungseinheiten (z. B. GC, AT, ...). Es handelt sich aber um eine sehr aufwendige Methode, weil flankierende Sequenzen bekannt sein müssen, um Mikrosatelliten amplifizieren zu können. Dieser Aufwand ist nur sinnvoll, falls Arten mit anderen Methoden einen zu geringen Polymorphiegrad aufweisen, wie z. B. *Triticum aestivum* L. (RÖDER et al., 1995).

Die AFLP (amplified fragment length polymorphism)-Technik (VOS et al., 1995) stellt eine relativ neue Methode dar, die sich sehr gut zur Evaluierung der genetischer Variation von Kollektionen eignet. Verglichen mit anderen Techniken wie RFLPs und SSRs sind AFLPs weniger arbeitsaufwendig. Gegenüber RAPDs sind sie besser reproduzierbar. Bei einem Vergleich der verschiedenen Methoden zeigte die AFLP-Technik die höchste "multiplex ratio", die sich aus dem Produkt von Anzahl der

analysierten Marker und dem Anteil der Marker, die polymorph sind, ergibt (POWELL et al., 1996; MILBOURNE et al., 1997). Aufgrund dieser Vorteile wurde für diese Arbeit die AFLP-Methode zur Analyse innerartlicher Variabilität und verwandtschaftlicher Beziehungen von *Ocimum basilicum* verwendet.

Die AFLP-Technik basiert auf dem Prinzip einer selektiven PCR von Restriktionsfragmenten, die nach dem Verdau genomischer DNA mit Restriktions-Endonukleasen entstanden sind. Polymorphismen treten durch unterschiedlich lange, amplifizierte Fragmente auf, die mit Hilfe einer Polyacrylamid-Gel-Elektrophorese (PAGE) aufgetrennt werden.

Kurz beschrieben ist der Ablauf der AFLP-Analyse folgender: Die genomische DNA wird mit zwei verschiedenen Restriktionsenzymen komplett verdaut: Einem häufig schneidenden Enzym MseI mit einer 4-bp- Erkennungssequenz und einem selten schneidenden Enzym EcoRI mit einer 6-bp-Erkennungssequenz. An den entstandenen Fragmente werden Oligonukleotid-Adapter ligiert, die eine Erkennungssequenz für weitere Amplifikationen der Fragmente mit speziellen Primern liefern. Um die Komplexität dieser anfänglichen Fragmentmischung zu verringern, werden in der Präselektiven Amplifikation mittels PCR nur diejenigen mit Adaptern ligierte Fragmente amplifiziert, deren Sequenz auf einen um eine Base verlängerten Primer passt. In einer zweiten PCR, der sog. Selektiven Amplifikation, wird die Anzahl der amplifizierten Fragmente noch einmal deutlich verringert, indem Primer eingesetzt werden, die noch um zwei weitere Basen verlängert wurden. Hinzu kommt, dass die EcoRI-Primer mit einem Fluoreszenz-Farbstoff markiert werden, so dass nur Fragmente unter Beteiligung dieses Primers bei der Polyacrylamid-Gel-Elektrophorese sichtbar gemacht werden. Es können auf diese Weise mit der AFLP-Technik in der Regel bis zu 100 auswertbare Fragmente erzeugt werden. Damit steht auch eine hohe Anzahl an nutzbaren Polymorphismen zur Verfügung.

2.2 Molekulare Methoden zur Beschreibung interspezifischer Variabilität

Bei der DNA-Sequenzierung wird die Nukleotidabfolge der DNA direkt bestimmt. Standardmäßig wird heute das Verfahren nach SANGER et al. (1977) in meist etwas abgewandelter Form eingesetzt. Ausgehend von einem Sequenzier-Primer wird mit Hilfe der DNA-Polymerase eine Kopie eines DNA-Strangs hergestellt, indem zugegebene dNTPs (Desoxynukleotide) aneinandergereiht und verknüpft werden. Dem Reaktionsgemisch werden außerdem ddNTPs (Didesoxynukleotide) hinzugefügt, die beim Einbau zu einem Strangabbruch führen. Dies ist auf eine fehlende OH-Gruppe zurückzuführen. Es entstehen unterschiedlich lange Fragmente, an deren Ende komplementär zum Ausgangs-DNA-Strang bestimmte Nukleotide sitzen. Werden diese ddNTPs mit fluoreszierenden Farbstoffen markiert, ist es nach Auftrennung der Fragmente auf einem Polyacrylamidgel möglich, die unterschiedlichen ddNTPs zu detektieren und die Basenabfolge der Ausgangs-DNA komplementär zu lesen.

Für phylogenetische Rekonstruktionen bei Pflanzen werden vor allem Chloroplasten- und Kern-DNA-Regionen sequenziert. Das Chloroplastengenom zeichnet sich durch uniparentale Vererbung und Fehlen von Rekombination aus. Bei biparentalen, komplexen und retikulat entstandenen Pflanzen ist es jedoch sinnvoller, einen Marker aus dem Kerngenom zu verwenden (BACHMANN, 1997).

Ein häufig verwendeter Kernmarker ist die ITS (Internal Transcribed Spacer)-Region der nukleären, ribosomalen DNA. Sie liegt als Genfamilie tandemartig in mehreren tausend Kopien vor (APPELS & HONEYCUTT, 1982). Diese in Abbildung 2 dargestellte rDNA-Wiederholungseinheit besteht aus einer 18 S- und einer 26 S-Untereinheit. Dazwischen liegt der nicht kodierende Internal Transcribed Spacer (ITS), der durch ein kurzes 5,8 S-Stück in ITS 1 und ITS 2 getrennt wird. Zwischen der 26 S-Untereinheit und der 18 S-Untereinheit der darauffolgenden Kopie liegt der nicht transkribierte Intergenic Spacer (IGS). Die 18 S-, 26 S- und 5,8 S-Untereinheiten sind im Pflanzenreich sehr konservativ. Die ITS-Region hat eine höhere Evolutionsrate, und der IGS-Bereich ist sehr variabel.

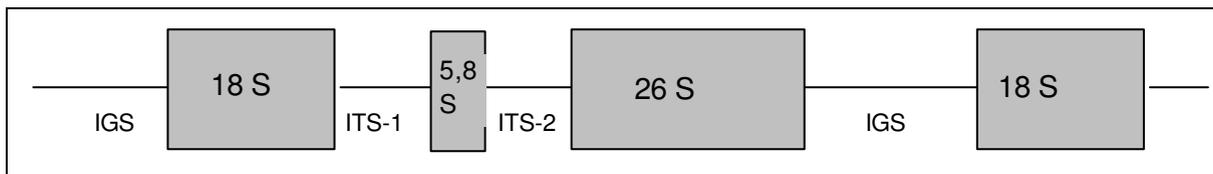


Abbildung 2: rDNA-Wiederholungseinheit

Figure 2: Repetitive units of r-DNA

Die sich wiederholenden rDNA-Einheiten evolvieren gemeinsam, was als „concerted evolution“ bezeichnet wird (ARNHEIM, 1983). Man nimmt an, dass „molecular drive“ für dieses Phänomen verantwortlich ist (DOVER, 1982). Es beinhaltet unter anderem die Homogenisierung von Genfamilien durch nicht-mendelsche „turnover“-Prozesse und ungleiche Rekombinationen bei sexueller Vermehrung (DOVER, 1986). Daraus ergibt sich eine geringe intraindividuelle und infraspezifische Variabilität, die diesen Marker sehr gut zur Unterscheidung und Klassifizierung von Arten nutzbar macht. Allerdings können aufgrund dieser Prozesse auch nur sehr junge Hybriden in der ITS-Region heterozygot nachgewiesen werden (WHITTALL et al., 2000).

Aus drei Gründen wurde in dieser Arbeit entschieden, die ITS-Region zu sequenzieren:

1. Die meisten *Ocimum*-Arten sind hauptsächlich allogam. Daher ist es nicht sinnvoll, Chloroplasten- oder Mitochondrien-Marker zu wählen, da diese meist nur maternal vererbt werden (CORRIVEAU & COLEMAN, 1988).
2. Durch die konservativen ITS flankierenden 18 S-, 26 S- und 5,8 S-Einheiten kann von für Pflanzen und Pilze universal geltenden Primern ausgegangen werden (WHITE et al. 1990).
3. Die ITS-Region ist aufgrund ihrer Kürze (ITS 1 ca. 200 bp und ITS 2 ca. 240 bp) auch bei stark degenerierter, z. B. aus Herbarmaterial gewonnener DNA noch vollständig sequenzierbar.

2.3 Varianz- und Korrelationsanalysen

Mit Hilfe der Varianzanalyse kann der Einfluss einzelner oder mehrerer Faktoren auf die Variabilität von Messdaten untersucht werden, indem die Gesamtvariabilität in einzelne Komponenten zerlegt wird. Neben der Variabilität, die durch einen bekannten Faktor erklärt werden kann, liegt meist noch eine Restschwankung der Messwerte vor, die nicht durch die bekannten Faktoren erklärt werden konnte und als Reststreuung oder Versuchsfehler bezeichnet wird. Bei einer einfaktoriellen

Varianzanalyse wird der Einfluss nur eines einzigen Faktors berücksichtigt, bei der mehrfaktoriellen sind es mehrere bekannte Faktoren, aber auch Wechselwirkungen untereinander können varianzanalytisch erfasst werden. In dieser Arbeit soll der Einfluss der Anbaujahre und der genotypische Effekt sowie deren Wechselwirkungen mit Hilfe der Varianzanalyse erfasst werden.

Die Stärke eines Zusammenhangs zwischen Merkmalen kann mit Hilfe einer Korrelationsanalyse beschrieben werden. Würde man zwei Merkmale oder Faktoren graphisch gegeneinander auftragen, so bedeutet eine starke Korrelation, dass sich eine Gerade durch die Punktwolke der Einzelwerte legen lässt, bei der alle Punkte nahe der Geraden liegen.

Durch den Pearsonschen Maßkorrelationskoeffizienten r ist man nicht mehr auf eine graphische Darstellung angewiesen.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 * \sum (y - \bar{y})^2}}$$

x_i =Messwert des Merkmals X_1 am i -ten Individuum

y_i =Messwert des Merkmals X_2 am i -ten Individuum

\bar{x} quer (bzw. \bar{y} quer)=arithmetisches Mittel von X_1 (bzw. X_2)

n =Anzahl aller Wertepaare

i =der Laufindex 1 bis n

2.4 Distanzanalyse

Werden die Akzessionen und ihre Merkmale als Achsen eines mehrdimensionalen Raums betrachtet, stellen die erhobenen Merkmalsausprägungen Punkte in diesem Raum dar. Die Distanzen zwischen diesen Punkten können als Maß für die Unähnlichkeit bzw. Ähnlichkeit der Merkmalsausprägungen zwischen den Akzessionen verwendet werden. In der Regel wird die direkte Verbindung zwischen den Punkten gewählt, die **Euklidische Distanz**. Sie ergibt sich im Prinzip aus dem

Satz von Pythagoras: $d(A,B) = \sqrt{\sum_i (x_{Ai} - x_{Bi})^2}$.

Dabei ist x_{Ai} der Charakterstatus für die Akzession A und x_{Bi} entsprechend derjenige für die Akzession B.

Um besonders große oder kleine Distanzen stärker zu bewerten, können die Distanzen zusätzlich noch quadriert werden.

Bei molekularen Daten ist ein Korrekturfaktor sinnvoll, da sich Sequenzen nicht linear im Laufe der Evolution verändern. Beispielsweise kann eine Basenposition nicht nur ein einziges Mal mutiert sein, sondern im Laufe der Zeit mehrmals. Bei einer direkten Distanzberechnung würde so die Häufigkeit von Basensubstitutionen deutlich unterschätzt werden. Es gibt mehrere gängige Korrekturmethode für diese Problematik. Zunächst das Jukes-Cantor-one-parameter-model (JUKES & CANTOR, 1969), das von einem lückenfreien Alignment der Sequenzen ausgeht, in welchem alle 4 Nukleotide gleich häufig vorkommen und Transitionen und Transversionen gleich bewertet werden. Leider stellt dies aufgrund der Schwierigkeiten, die bei der Umsetzung von Wissen über evolutionäre Abläufe in mathematische Modelle entstehen, eine sehr grobe Annäherung an die tatsächlichen Gegebenheiten dar. Das Modell stellt aber immerhin einen Korrekturfaktor für multiple Substitutionen zur Verfügung, wobei angenommen wird, dass die Wahrscheinlichkeit von multiplen

Substitutionen größer ist, wenn viele Substitutionen in der Sequenz zum Zeitpunkt der Untersuchung beobachtet werden. In Sequenzen, die eine geringe Anzahl von Substitutionen aufweisen, also jüngst mutiert sind, ist die Wahrscheinlichkeit von multiplen Substitutionen dagegen gering.

Im erweiterten Kimura-two-parameter-Modell (KIMURA, 1980) werden multiple Substitutionen ebenfalls korrigiert; Es berücksichtigt aber auch, dass Transitionen - also Purin-Purin-Substitutionen und Pyrimidin-Pyrimidin-Substitutionen - häufiger vorkommen als Transversionen, bei welchen die Nukleotid-Klasse geändert wird. Dieses Modell wird am häufigsten verwendet, wobei die Ergebnisse immer hinterfragt werden sollten, da es immer noch davon ausgeht, dass alle 4 Basen gleich häufig vorkommen. Im HASEGAWA, KISHINO, YANO-Modell (1985) wird zusätzlich das für viele Arten zutreffende unausgewogene Gleichgewicht der Basen berücksichtigt.

2.5 Hauptkomponentenanalyse

Da für jedes Objekt (Arten, Akzessionen) verschiedenste Parameter erhoben werden (Basenabfolge, Vorhandensein von Restriktionsfragmenten, morphologische und chemische Parameter,...), erhält man für jedes Objekt einen mehrdimensionalen Ergebnisvektor. Will man noch erfahren, wie nah die einzelnen Objekte zueinander stehen, ist die Komplexität kaum überschaubar. Mit Hilfe von statistischen Verfahren wie der Hauptkomponentenanalyse (Principal component analysis, PCA) ist eine überschaubare zweidimensionale Darstellung möglich, welche wesentliche Eigenschaften der genetischen Diversität enthält und Gesetzmäßigkeiten erkennbar macht.

Bei der Hauptkomponentenanalyse werden die Hauptkomponenten entlang von Achsen graphisch gegeneinander aufgetragen. Voran geht ein mathematisches Verfahren, welches eine große Anzahl möglicherweise korrelierender Parameter in deutlich weniger, nicht korrelierende sog. Hauptkomponenten transformiert. Die Hauptkomponentenanalyse beruht entweder auf einer Kovarianzmatrix oder, bei unterschiedlich skalierten Daten, auf einer Korrelationsmatrix, da die Daten standardisiert werden müssen. Die Anzahl der zu wählenden Hauptkomponenten hängt von den sog. Eigenwerten ab. Sie beschreiben, wie viel Prozent der vorhandenen Variabilität im Datensatz durch die Komponenten erklärbar sind. Die erste Hauptkomponente beschreibt die höchste Variabilität, die zweite schon einen geringeren Prozentsatz, usw. Nähert sich der Eigenwert Null, kann diese Komponente vernachlässigt werden. Die Eigenvektoren geben an, wie viel eine ursprüngliche Variable zu einer der Hauptkomponenten beigetragen hat. Vergleichbar mit dem Korrelationskoeffizienten liegen die Werte zwischen +1 und -1 - also je weiter weg der Eigenvektor von 0 liegt, um so wichtiger war diese Variable für die Bildung dieser Hauptkomponente.

2.6 Clusteranalysen

Clusteranalysen sind Methoden zur Bildung homogener Gruppen, in welchen Individuen, Akzessionen oder Arten mit gleichen oder sehr ähnlichen Merkmalen zusammengefasst werden. Bei taxonomischen Fragestellungen können damit außerdem Abstammungsverhältnisse rekonstruiert und so evolutionäre Vorgänge verstanden werden. Graphisch werden die Ergebnisse in Form von Bäumen dargestellt, die man aufgrund unterschiedlicher Annahmen auch als

Dendrogramme, Phänogramme oder Cladogramme bezeichnet. Je nachdem, ob von einem gemeinsamen Vorfahren ausgegangen wird oder nicht, nennt man den Stammbaum "gewurzelter Baum" oder "nicht gewurzelter Baum" (LANGE, 1997). Wird kein gemeinsamer Vorfahre angenommen, spiegelt das Dendrogramm nur die Distanzen/Ähnlichkeiten der einzelnen Objekte wider - über die Richtung der Entwicklung wird aber keine Aussage getroffen.

Es gibt verschiedene Verfahren zur Gruppierung von Objekten, die auf unterschiedlichen Annahmen und Voraussetzungen beruhen: Phänetische und kladistische Algorithmen sowie Wahrscheinlichkeitsberechnungen:

2.6.1 Phänetik

Diese Methoden gruppieren nicht direkt die Merkmalsdaten, sondern verwenden zuvor errechnete Distanz- bzw. Ähnlichkeitsmatrizen. Das Verfahren ist relativ einfach: Zunächst werde alle Distanzen zwischen allen möglichen Taxa-Paaren berechnet. Dann werden zunächst die am wenigsten weit entfernten Taxa zu einem Cluster zusammengefasst, dann sukzessive immer weiter entfernte. Anfangs entspricht jedem Taxon ein Cluster, doch mit jedem Zusammenschluss reduziert sich die Clusterzahl um eins. Die Berechnung ist abgeschlossen, wenn die letzten beiden Cluster zu einem einzigen zusammengefasst werden können, in dem alle Ausgangstaxa vereint sind.

Dabei wird von ultrametrischen Distanzen ausgegangen, d.h. die Distanz zwischen zwei Taxa entspricht der Summe der Äste, durch die sie verbunden sind (SNEATH & SOKAL, 1973). Der Baum kann auch gewurzelt werden, so dass ein gemeinsamer, hypothetischer Vorfahre gleichweit von all seinen Nachkommen entfernt ist (Abbildung 3). Dieses Modell geht also nicht nur von einer additiven Baumstruktur aus, sondern setzt auch eine "molekulare Uhr" (molecular clock) voraus, welche für alle Objekte im gleichen Takt gelaufen ist (SWOFFORD et al., 1996). Mit anderen Worten: Es wird angenommen, dass alle Objekte die gleiche Evolutionsrate haben.

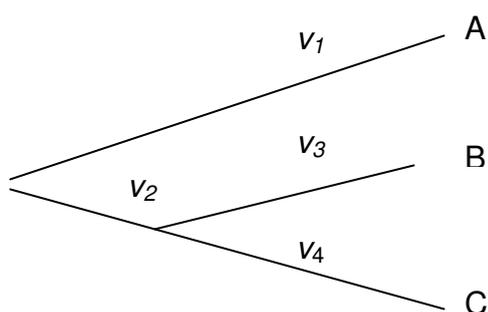


Abbildung 3: Ultrametrischer Baum bezogen auf drei Taxa: A, B und C, wobei der Distanzen v_3 und v_4 vom gemeinsamen Vorfahren gleich groß sind und die Distanz $v_1 = v_2 + v_3$ der Distanz $v_1 = v_2 + v_4$ entspricht.

Figure 3: Ultrametric tree of three taxa A, B and C with equal distances v_3 and v_4 from a common ancestor and $v_1 = v_2 + v_3$ equal $v_1 = v_2 + v_4$

Die Clusteralgorithmen berechnen die Distanz zwischen den zu einem Cluster zusammengeschlossenen Taxa und allen weiteren Clustern aus dem Durchschnitt

der Einzeldistanzen. Der am häufigsten verwendete Algorithmus ist der UPGMA (unweighted pair group method using arithmetic averages)-Algorithmus, bei dem die Anzahl der Taxa in den Clustern mit in die Berechnung des Durchschnitts eingeht.

Ein weiteres, gängiges Verfahren ist das Neighbor-Joining-Verfahren (SAITOU & NEI, 1987). Zunächst werden 2 Objekte höchster Ähnlichkeit zusammengefasst. Dann werden die nächst ähnlichen Objekte hinzugefügt und aus allen ein Clustermittelwert gebildet, der in die weitere Berechnung eingeht. Der Baum ist additiv, setzt aber keine ultrametrischen Daten voraus und hat keine Wurzel (SWOFFORD et al., 1996).

2.6.2 Kladistik

Bei kladistischen Verfahren (ZIMMERMANN 1931, HENNIG 1950) wird grundsätzlich angenommen, dass die zu vergleichenden Objekte miteinander verwandt sind. Dabei werden nur homologe, abgeleitete Merkmale berücksichtigt, sog. Synapomorphien. In die Analyse gehen keine Merkmale ein, die entweder analog, also unabhängig voneinander entstanden sind, oder zwar homolog sind, aber nicht nur in der zu untersuchenden Gruppe vorkommen. Letztere werden als ursprüngliche, plesiomorphe Merkmale bezeichnet. Das setzt aber eine klare Kenntnis über den Charakter der Merkmale voraus. Dies ist bei molekularen Merkmalen jedoch nicht gegeben.

Später etablierte sich die numerische Kladistik (PLATNICK, 1980), die nicht mehr vorab synapomorphe von plesiomorphen Merkmalen unterscheidet. Die Richtung der Merkmalsevolution wird hier durch Polarisierung vorgegeben, d. h. es wird eine Außengruppe definiert. Mit diesen hypothetischen Vorfahren wird der Baum gewurzelt und die zu untersuchenden Objekte werden in monophyletische, natürliche Gruppen eingeteilt.

Die Parsimonie-Methode dient der Rekonstruktion von Phylogenien und basiert auf der numerischen Kladistik. Dahinter verbirgt sich ein Sparsamkeitsprinzip, nach dem zur Erklärung der heutigen Merkmalsverteilung nur ein Minimum an Parallel- und Rückentwicklungen angenommen wird: „maximum parsimony“ (FARRIS, 1970). Bei Merkmalskonflikten lässt es sich jedoch nicht vermeiden, dass beispielsweise Homoplasieannahmen getroffen werden müssen. In der Regel arbeiten Parsimoniemethoden so, dass jene Bäume ausgewählt werden, die die kürzeste Baumlänge liefern. Es gibt mittlerweile zahlreiche Algorithmen zur Berechnung. Die einfachsten sind die Fitch- bzw. Wagner-Parsimoniemethoden (FITCH 1971 b; KLUGE & FARRIS, 1969). Sie unterscheiden sich nur anhand ihrer Vorabannahmen: Bei der Wagner-Parsimonie sind Merkmalsänderungen nur über Zwischenstufen möglich, wohingegen bei der Fitch-Parsimonie die Möglichkeit des direkten Übergangs zwischen allen vorhandenen Merkmalsausprägungen besteht. Alle Merkmalstransformationen sind in beiden Methoden umkehrbar.

Die Fitch und Wagner Parsimonien sind angemessen, wenn angenommen werden kann, dass alle Merkmalsänderungen symmetrisch sind, also eine Transformation von null zu eins genauso wahrscheinlich ist wie eine Merkmalsänderung von eins zu null. Bei Restriktionsstellenmutationen ist es hingegen wesentlich wahrscheinlicher, dass eine Restriktionsstelle verloren geht, als dass sie an einer anderen Stelle entsteht. Aufgrund dieser Asymmetrie ist in diesen Fällen die Dollo-Parsimonie-Methode (FARRIS, 1977) angebrachter. Hier wird aber vorausgesetzt, dass jede

Merkmalsausprägung einmalig entstanden ist und Rückentwicklungen nur in Richtung des Vorfahren erfolgen: Homoplasie wird somit ausgeschlossen. Davon kann aber besonders bei molekularen Merkmalen nicht ausgegangen werden. Die Transversion-Parsimonie berücksichtigt die im Zusammenhang mit den Distanzen erwähnte unterschiedliche Häufigkeit von Transversionen und Transitionen. Die vier Nukleotide A, G, C und T werden einfach auf R (für Purine) und Y (für Pyrimidine) reduziert, und anschließend wird eine Wagner-Parsimonie-Analyse durchgeführt. Damit werden Transitionen keinerlei Bedeutung zugemessen. Da diese starke Vereinfachung Informationsverlust bedeutet, ist es sinnvoller, Transitionen und Transversionen unterschiedlich zu gewichten. Dies wird in der Gewichteten Parsimonie (generalized parsimony) realisiert, welche an jeder beliebigen Stelle in der Sequenz unterschiedliche sog. Kosten für Merkmalstransformationen vergibt (SANKOFF, 1975; SANKOFF & ROUSSEAU, 1975; SANKOFF & CEDERGREN, 1983). Die Datenmatrix kann so in eine Kostenmatrix umgewandelt werden, in welcher höhere Kosten für Transversionen als für Transitionen und für den Gewinn einer Restriktionsstelle im Gegensatz zu dem Verlust einer Restriktionsstelle vergeben werden.

Die Zahl der möglichen Bäume steigt mit zunehmender Zahl der untersuchten Objekte enorm an. Bis ca. 15 Taxa pro Analyse ist es sinnvoll, eine exakte Suche nach den kürzesten Bäumen durchzuführen. Darüber hinaus empfiehlt es sich, eine heuristische Baumsuche durchzuführen. Ausgehend von einem Startbaum, der beispielsweise durch eine Neighborjoininganalyse generiert wurde, finden solange Umstrukturierungen des Baumes (branch swapping) statt, bis entsprechend des vorher gewählten Optimalitätskriteriums z. B. die kürzesten Bäume gefunden werden. Mit dieser Methode kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass nur ein lokales Optimum gefunden wurde, da der Startbaum die ganze Analyse in eine Richtung lenkt. Aus diesem Grund werden die Taxa einzeln nach und nach zu drei bereits verknüpften Taxa hinzugerechnet, sog. random additions. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt.

Die gleichwertigen, gleich langen Bäume werden in einem sog. Konsensbaum zusammengefasst. Auch hier gibt es mehrere Analysemöglichkeiten: Bei einem Strict-consensus-Baum werden alle Verzweigungen verwendet, die in allen Bäumen vorkommen. Beim Majority-rule-consensus-Baum werden dagegen auch die Verzweigungen aufgezeigt, die in einer vorher definierten Häufigkeit in der Gesamtheit der Einzelbäume auftreten.

2.6.3 Methoden zur Absicherung von Ähnlichkeitsklassen und kladistischen Bäumen

Um die Aussagekraft der ermittelten kladistischen Bäume einschätzen zu können, dienen Maßzahlen, die die Verlässlichkeit der verschiedenen Baumtopologien sowie die Stabilität der Astlängen berechnen. **Homoplasieindizes**, wie z. B. der **Consistency Index CI** (KLUGE & FARRIS, 1969), geben für jedes Merkmal an, wie oft es sich innerhalb eines Baumes unabhängig ändert (CI=1: nicht geändert, CI=0,5: einmal geändert, CI=0,25: zweimal usw.). Der Mittelwert aller CIs eines Baumes ergibt den Gesamt-CI, der allerdings auch davon abhängig ist, wie viele Taxa und

Merkmale in die Analyse einbezogen wurden. Der **Retentionswert RT** gibt das Verhältnis tatsächlicher Homoplasie zur maximal möglichen an (FARRIS, 1989).

Die **Bootstrap**-Analyse (FELSENSTEIN, 1985) generiert aus der Ausgangsmatrix eine vorgegebene Zahl zufälliger sog. Pseudomatrizen, die alle gleich groß wie die Originalmatrix sind aber manche Merkmale zwei- oder dreimal beinhalten bzw. andere ganz ausschließen. Mit diesen wird die gleiche Analyse wie mit der Originalmatrix durchgeführt und ein Consens-Baum errechnet. Prozentual wird für jeden Ast angegeben, wie oft dieser in allen gefundenen Bäumen vorkommt. Eine stabile Gruppe hat eine Bootstrap-Unterstützung von 100%. Man ist sich in der Literatur allerdings nicht ganz einig darüber, ab welchem Bootstrap-Wert die Gruppe nicht mehr als signifikant betrachtet werden kann: Nach FELSENSTEIN (1985) liegt der Grenzwert bei 95%, nach HILLIS & BULL (1993) ist ein Baumast mit einem Bootstrap-Wert von bis zu 70% noch statistisch abgesichert.

Bei der zufälligen Auswahl von Merkmalen für so eine Pseudomatrix wird vorausgesetzt, dass die Merkmale gleichmäßig verteilt sind. Davon kann aber in der Natur nicht automatisch ausgegangen werden. Hier liegt der Vorteil des **Decay-Indexes** (BREMER, 1988; DONOGHUE et al., 1992), der von den Originaldaten ausgeht und nicht von einer zufälligen Stichprobe unterschiedlich verteilter Merkmale. Bei dieser Methode werden alle Bäume gesucht, die um einen festgesetzten Wert länger sind als die sparsamsten Bäume und zu einem Konsens-Baum verrechnet. Der Decay-Wert gibt an, ab welcher Entfernung vom sparsamsten Baum eine Gruppe zusammenbricht. Je größer der Decay-Index, um so besser gestützt ist sein Ast eines Baumes. Der Decay-Index ist nur auf Parsimony-Analysen anwendbar.

2.6.4 Maximum Likelihood

Die Maximum-Likelihood-Methode arbeitet nicht mit einem kladistischen Ansatz, sondern mit statistischen Methoden der Wahrscheinlichkeitsberechnung. Man erhält Information darüber, wie wahrscheinlich es ist, dass ein angenommenes Evolutionsmodell zu den beobachteten Daten führt. Am Ende wird jene Baumtopologie ausgewählt, die die höchste Wahrscheinlichkeit liefert. CAVALLI-SFORZA & EDWARDS (1967) verwendeten diese Methode erstmals zur Rekonstruktion von Phylogenien, aber erst durch die Anwendung auf Sequenzdaten setzte sich diese Methode durch (FELSENSTEIN, 1981a, KISHINO et al., 1990). Folgende Annahmen zur Evolution von Sequenzen gehen in die Maximum-Likelihood-Berechnung ein: Alle Basen einer Sequenz und die Sequenzen untereinander mutieren unabhängig voneinander. Einzelne für jede Basenposition in der Sequenz können daher verschiedene Szenarien angenommen werden: Keine Änderung der Base im Laufe der Evolution, Basentransition oder -transversion und die Evolutionsrate der einzelnen Szenarien. Nachdem aus diesen Parametern für jede einzelne Position die Wahrscheinlichkeit berechnet wurde, kann die Wahrscheinlichkeit des gesamten Baumes durch Aufsummieren der Einzelpositionswahrscheinlichkeiten errechnet werden. Da die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Position sehr kleine Zahlen sind, wird die Summe der logarithmierten Wahrscheinlichkeiten verwendet.

3 Material und Methoden

3.1 Pflanzenmaterial

3.1.1 Genbankakzessionen

Der Großteil der *Ocimum*-Sammlung der Genbank in Gatersleben stammt von Sammelreisen, die Mitarbeiter der Abteilungen Genbank und Taxonomie des IPK zusammen mit einheimischen Spezialisten seit 1980 in Italien, Georgien, Kuba, Irak, Korea, Tunesien, Griechenland, Rumänien, Albanien, Usbekistan, Kroatien, Kasachstan/Kirgisien, Bulgarien und Tadschikistan durchgeführt haben (HAMMER, 1994). Der zweite große Teil der Sammlung kommt aus dem internationalen Samenaustausch mit Botanischen Gärten und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen (Tabelle 1).

Die Neuzugänge der *Ocimum*-Sammlung werden in der Regel bereits in der nächsten Vegetationsperiode im Freiland isoliert angebaut. Dabei werden Früchte gewonnen. Damit wird ausreichend keimfähiges Saatgut für eine sichere Erhaltung und mögliche Abgabe vorrangig als züchterisches Ausgangsmaterial und für wissenschaftliche Forschung bereitgestellt. Die Klausen werden im Samenkühllager trocken bei -15 °C gelagert und stehen dem Nutzer jederzeit zur Verfügung. Nach einigen Jahren wird ein Reproduktionsanbau wiederholt, und dabei werden folgende Bonituren durchgeführt: Zeitpunkt der Aussaat, des Aufgangs und der Vollblüte, Blütenfarbe, Pflanzenhöhe, Erntezeitpunkt und Menge von geerntetem Saatgut in Gramm. Außerdem werden Referenzexemplare von Jungpflanzen und adulten Pflanzen im Herbar hinterlegt. 1993 wurde von JUNGHANNS & HAMMER (1994) ein erster, größerer Vergleichsanbau mit 182 verschiedenen Akzessionen angelegt. Folgende Parameter wurden evaluiert: Auflaufverhalten, Blühtermin, Blatt- und Blütenfarbe, Blattfläche, Pflanzenlänge, Ganzpflanzenertrag und Gehalt an ätherischen Ölen. Untersuchungen zur Resistenz einiger *Ocimum*-Akkzessionen gegen das Luzernemosaik-, das Gurkenmosaik- und das Tomatenfleckenvirus wurden von KEGLER et al. (1996) durchgeführt.

Die *Ocimum*-Akkzessionen werden in der Genbank unter dem Akronym OCI geführt und besitzen eine definierte Nummer. Die Passportdaten der Akzessionen sind der Homepage der Genbank des IPKs zu entnehmen unter: www.syrix.ipk-gatersleben.de.

Tabelle 1: Überblick über die Anzahl der *Ocimum*-Akkzessionen aus verschiedenen Herkunftsgebieten der Genbank in Gatersleben:

*Table 1: Overview on the number of accessions of *Ocimum* from different origins at the genebank in Gatersleben:*

<i>Herkunft</i>	<i>Anzahl der Akzessionen</i>	<i>Herkunft</i>	<i>Anzahl der Akzessionen</i>
Internat. Samenaustausch (Bot. Gärten, wissenschaftliche Einrichtungen, Saatgutzüchter)	102	Italien	42
Albanien	3	Kanada	1
Algerien	2	Korea	2
Argentinien	1	Kroatien	4

<i>Herkunft</i>	<i>Anzahl der Akzessionen</i>	<i>Herkunft</i>	<i>Anzahl der Akzessionen</i>
Armenien	2	Kuba	6
Burundi	1	Malediven	40
China	1	Peru	1
Tschechien	1	Rumänien	3
Deutschland	6	Russland	6
El Salvador	1	Tadschikistan	1
Georgien	31	Thailand	2
Griechenland	1	Togo	3
England	1	USA	7
Indien	2	Usbekistan	5
Irak	5	Vietnam	1

3.1.2 Herbarmaterial aus Kew Gardens

Die DNA für die molekulare Untersuchung der Phylogenie der Gattung *Ocimum* wurde freundlicherweise vom Herbarium des Royal Botanic Garden in Kew, Richmond, England, zur Verfügung gestellt. Die DNA wurde aus Herbarbelegen extrahiert, die bei der neuesten Revision von *Ocimum* zu Grunde lagen (PATON, 1999). Dies hat den Vorteil, dass eine gute Vergleichbarkeit von morphologischen und molekularen Methoden gewährleistet ist. Neben Vertretern der Gattung *Ocimum* wurden mehrere Arten nahe verwandter Gattungen, die potentiell als Außengruppe dienen könnten, ausgewählt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Verzeichnis der molekular untersuchten Herbarbelege von Kew Gardens, UK

Table 2: List of molecular examined specimens of the herbarium in Kew Gardens, UK

<i>Taxon</i>	<i>Autor</i>	<i>Herbar-Nummer</i>	<i>Herkunft</i>	<i>DNA-Bank-Nummer</i>
<i>Catopheria chiapensis</i>	A. Grey	14451	Mexiko	MWC7956
<i>Ocimum campechianum</i>	Mill.	74K	Franz. Guayana	MWC7957
<i>Ocimum serratum</i>	(Schlechter) Paton	A.J. keine	Süd-Afrika	MWC7959
<i>Ocimum tubiforme</i>	(R. Good) A.J. Paton	4135	Süd-Afrika	MWC7960
<i>Ocimum lamiifolium</i>	Hochst. ex Benth.	1539	Süd-Afrika	MWC7961
<i>Ocimum obovatum</i> subsp. <i>obovatum</i> var. <i>obovatum</i>	E. Mey ex Benth.	8319	Tanzania	MWC7963
<i>Ocimum grandiflorum</i> subsp. <i>grandiflorum</i>	Lam.	10831	Äthiopien	MWC7965
<i>Ocimum albstellatum</i>	(Verdcourt) Paton	A.J. 448	Tanzania	MWC7967
<i>Ocimum filamentosum</i>	Forskal	18993	Kenya	MWC7968
<i>Ocimum burchellianum</i>	Benth.	3326AB	Süd-Afrika	MWC7971
<i>Ocimum serpyllifolium</i>	Forskal	6086	Yemen	MWC7972
<i>Ocimum ellenbeckii</i>	Gurke	3144	Äthiopien	MWC7973
<i>Ocimum nudicaule</i>	Benth.	20493	Paraguay	MWC7974

<i>Taxon</i>	<i>Autor</i>	<i>Herbar- Nummer</i>	<i>Herkunft</i>	<i>DNA-Bank- Nummer</i>	
<i>Ocimum</i>	<i>irveneii</i>	J.K. Morton	2160	Elfenbeinküste	MWC7975
<i>Ocimum</i>	<i>dhofarensis</i>	(Sebald) A.J. Paton	5302	Oman	MWC7962
<i>Ocimum</i>	<i>jamesii</i>	Sebald	1046	Somalia	MWC7977
<i>Ocimum</i>	<i>cufodontii</i>	A.J. Paton	23323	Somalia	MWC7978
<i>Ocimum</i>	<i>nummularia</i>	(S. Moore) A.J. Paton	1836	Somalia	MWC7979
<i>Ocimum</i>	<i>fruticosum</i>	(Ryding) A. J. Paton	7359	Somalia	MWC7980
<i>Ocimum</i>	<i>spectabile</i>	(Gurke) A.J. Paton	1098	Somalia	MWC7982
<i>Ocimum</i>	<i>selloi</i>	Benth.	49819	Brasilien	MWC7983
<i>Ocimum</i>	<i>circinatum</i>	A.J. Paton	24604	Somalia	MWC7986
<i>Ocimum</i>	<i>forskolei</i>	Benth.	1390	Kenya	MWC7988
<i>Ocimum</i>	<i>ovatum</i>	Benth.	26937	Paraguay	MWC7990
<i>Synclostemon</i>	<i>rotundiflorum</i>	E. Mey	sn	Süd-Afrika	MWC7992
<i>Orthosiphon</i>	<i>aristatus</i>	Miq.	969 K	Thailand	MWC9896
<i>Orthosiphon</i>	<i>parishii</i>	Prain	1118 K	Thailand	MWC9895
<i>Orthosiphon</i>	<i>rubicundus</i>	Benth.	809 K	Thailand	MWC10353
<i>Plectranthus</i>	<i>coerulea</i>	(Gurke) Agnew	948	Malawi	MWC7995
<i>Plectranthus</i>	<i>zombensis</i>	Baker	3645	Malawi	MWC7996
<i>Plectranthus</i>	<i>laxifolia</i>	Benth.	3972	Malawi	MWC7997
<i>Plectranthus</i>	<i>rupestris</i>	Baker	108	Kenya	MWC7998
<i>Ocimum</i>	<i>gratissimum</i>		2741	Tanzania	MWC7985
	subsp. <i>iringense</i>	L.			

Außerdem wurde noch DNA einzelner Arten aus Akzessionen der Genbank in Gatersleben und Kew selbst extrahiert und zur Sequenzierung herangezogen:

<i>Taxon</i>	<i>Autor</i>	<i>Akz.- Nr.</i>	<i>Herkunft</i>	<i>Genbank</i>
<i>Ocimum basilicum</i>	L.	90137100096	Sudan	Kew
<i>Ocimum kilimandscharicum</i>	Baker Gürke	ex Oci 188	Richters Herbs	Gatersleben
<i>Ocimum americanum</i>	L.	97958910231	Botswana	Kew
<i>Ocimum basilicum</i>		Oci 285	Deutschland	Gatersleben
subsp. <i>minimum</i>	(L.) Danert			
<i>Ocimum labiatum</i>	(N. E. Br.) A. D J. Paton	7672	Äthiopien	Gatersleben
<i>Ocimum tenuiflorum</i>	L.	Oci 145, 82, 152, 269, 265 und 40	Malediven, Kuba, Thailand bzw. unbekannt	Gatersleben

3.2 Vergleichsanbau

3.2.1 Versuchsaufbau

1999:

Die Klausen von 257 *Ocimum*-Akzessionen der Genbank wurden Anfang Mai im Gewächshaus in Gatersleben bei 20 °C ausgesät und keimten nach mehreren Tagen. Nach drei Wochen fand eine Anpassung der Jungpflanzen im Frühbeet an die Außentemperaturen statt, und nach einer weiteren Woche wurden sie ins Versuchsfeld in Gatersleben ausgepflanzt. Kurz vor Beginn der Pflanzung wurde eine sog. Mulchfolie auf dem frisch bearbeiteten Boden maschinell ausgelegt und an den Seiten eingegraben. Die Folie ist luft- und wasserdurchlässig, verhindert aber Verschlammung und allzu schnelle Austrocknung. Außerdem absorbiert sie durch ihre schwarze Farbe Sonnenstrahlung, wärmt dadurch den Wurzelbereich und verhindert effektiv ein Aufkommen von Unkräutern. In die Mulchfolie wurden im Abstand von 30 cm x 30 cm Kreuzschlitze eingeschnitten, in welche die Jungpflanzen gesetzt und in die Erde eingegraben wurden. Die Parzellengröße betrug 180 cm x 30 cm (entspricht 14 Pflanzen je Akzession), der Abstand zur nächsten Parzelle 90 cm und der Reihenabstand 140 cm. Um eine Kontrolle über Evaluierungs- und Messfehler zu haben, wurde eine Akzession von *Ocimum basilicum* (OCI 255) als Standard gewählt und in 20 Wiederholungen gleichmäßig auf das Versuchsfeld verteilt, angebaut. Diese Akzession zeigte in den Voruntersuchungen während des Reproduktionsanbaus einheitliche Eigenschaften und produzierte größere Mengen an Saatgut, so dass sie ohne Erschöpfung der Genbankressourcen in größerer Zahl angebaut werden konnte.

2000:

Für einen Anbau gemeinsam mit der Bundesanstalt für Züchtungsforschung, Quedlinburg, auf den Versuchsfeldern des IPK wurden 40 der im Jahr 1999 angebauten Akzessionen ausgewählt. Diese deckten aufgrund ihres Inhaltsstoffspektrums am besten die vorhandene Variationsbreite ab. Hierzu wurden 40 Pflanzen pro Akzession wie im Jahr zuvor zunächst im Gewächshaus vorgezogen und dann in die Mulchfolie mit einem Pflanzabstand von 50 cm x 30 cm transplantiert. Eine Auswahl der 1999 erhobenen Merkmale wurde wiederholt, um eine Vorstellung vom Einfluss verschiedener Anbaujahre auf die Variabilität der Merkmale zu bekommen.



Abbildung 4: Vergleichsanbau von 257 *Ocimum*-Akzessionen 1999

Figure 4: Field experiment of 257 accessions of Ocimum in 1999

3.2.2 Boden und Klima

Der Boden auf den Versuchsfeldern in Gatersleben ist nach DIEDERICHSEN (1996) Lehm mit hohem Schluff- und Tonanteil und geringem Sandanteil. Die 90-150 cm mächtige Deckschicht aus Lößlehm liegt einem sandigen, steinreichen und kalkfreien Flussschotter auf. Der Boden ist alluvialen Ursprungs, was auf die nahe vorbeifließende Selke zurückzuführen ist. Der hohe Feinbodenanteil der Bodenoberfläche lässt sie bei Regen leicht verschlämmen und bei Trockenheit Schrumpfungsrisse bilden. Dem wirkte die Mulchfolie erfolgreich entgegen. Nähere Angaben zur Bodenqualität der Versuchsfelder in Gatersleben können der oben genannten Arbeit entnommen werden.

Trotz hervorragender Eigenschaften des Bodens war eine Standard-NPK-Kopfdüngung der *Ocimum*-Akzessionen in beiden Jahren zu Beginn der Blüte notwendig.

Das Klima in Gatersleben ist durch die Lage im Regenrückstau des Harzes geprägt und hat demzufolge eine mittlere jährliche Niederschlagsmenge von 417 mm, wobei Juni und Juli in der Regel die niederschlagsreichsten Monate sind. Besonders der Sommer 1999 fiel sehr trocken aus, so dass zusätzlich 3-4 mal von unten bewässert werden musste. Aber auch im feuchteren Sommer 2000 musste zweimal im ersten Drittel der Anbauphase bewässert werden.

3.3 Erhobene morphologische Merkmale

Von allen quantitativen Merkmalen wurden fünf Wiederholungen durchgeführt. Alle Unterschiede der evaluierten Eigenschaften innerhalb der Akzession wurden erfasst.

3.3.1 Keimung und Kotyledonen

Ocimum keimt epigäisch, d.h. das Hypokotyl streckt sich, und die Kotyledonen entfalten sich oberhalb der Erde. Die beiden Kotyledonen sind gleich groß, dreieckig, dabei breiter als lang, an der Blattbasis herzförmig gelappt und distal eingebuchtet. Bezüglich der Keimung und der Kotyledonenmorphologie wurden folgende Merkmale festgehalten:

1. Datum des Aussattermins
2. Datum des Erscheinens der Kotyledonen
3. Geschätzte Keimfähigkeit nach drei Wochen Beobachtung in Prozent der ausgesäten Klausen. Dieses Merkmal konnte nicht nach den für *Ocimum basilicum* vorgegebenen Angaben der INTERNATIONALEN VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG (1999) erhoben werden, da der Samenvorrat der Genbankakzessionen nicht erschöpft werden durfte.

<i>Keimfähigkeit</i>	<i>Klasse in Prozent</i>	<i>Kategorie</i>
keine	0	0
schlecht	< 5	1
mittel	5-25	2
gut	25-50	3
hoch	50-75	4
sehr hoch	75-100	5

4. Farbe der Kotyledonen bei Erscheinen der Primärblätter:

<i>Kotyledonenfarbe</i>	<i>Kategorie</i>
Kotyledonen und Primärblätter hellgrün	1
Kotyledonen und Primärblätter dunkelgrün	2
Kotyledonen dunkelgrün , Primärblätter violett	3
Kotyledonen rotviolett gefleckt, Primärblätter violett	4
Kotyledonen und Primärblätter rotviolett	5

5. Länge und Breite der Kotyledonen bei Austrieb der Primärblätter in cm

3.3.2 Morphologie des vegetativen Teils der Sprossachse

Die meisten *Ocimum*-Arten sind einjährige Kräuter oder kurzlebige, mehrjährige Halbsträucher, die jedoch beim Anbau im gemäßigten Klima immer einjährig sind. Der Stängel ist vierkantig und teilweise verholzt, die Blätter sind kreuzgegenständig und meist gestielt. Der Verzweigungstyp ist monopodial.

Folgende Merkmale der Sprossachse wurden im Feldversuch gemessen bzw. evaluiert:

1. Anzahl der Nodien der Hauptachse: Um einen Eindruck zu erhalten, wie viele Seitentriebe zur Hauptachse gebildet werden, wurde die Anzahl der Nodien der Hauptachse gezählt.

2. Höchster erreichter Verzweigungsgrad : Wie stark die Seitentriebe wiederum verzweigen, kommt durch die Bestimmung des höchsten erreichten Verzweigungsgrads bei Vollblüte zur Geltung:

<i>Verzweigungsgrad</i>	<i>Kategorie</i>
bis 1. Ordnung	1
bis 2. Ordnung	2
bis 3. Ordnung	3
bis 4. Ordnung	4
bis 5. Ordnung	5
bis 6. Ordnung	6
bis 7. Ordnung	7

3. Verholzungsgrad : Der Verholzungsgrad zeigt, welche Akzessionen zum Zeitpunkt der Vollblüte bereits zu verholzen beginnen und wie weit diese Verholzung in die Hauptachse hineinreicht:

<i>Verholzungsgrad</i>	<i>Kategorie</i>
nicht verholzend	0
verholzend an der Basis	1
verholzend an der Basis, Epidermis löst sich in Streifen ab	2
verholzend über das 1. Nodium hinaus	3
verholzend über das 2. Nodium hinaus	4
verholzend über das 3. Nodium hinaus	5
usw.	6-

4. Pflanzenhöhe bei Vollblüte in cm
 5. Pflanzendurchmesser bei Vollblüte in cm
 6. Länge und Breite der Blattspreite in cm
 7. Länge des Blattstiels in cm.

Die Messungen wurden an vollentwickelten Blättern der Hauptachse auf mittlerer Ebene durchgeführt.

8. Beschaffenheit der adaxialen Spreitenoberfläche:

<i>Spreitenoberfläche</i>	<i>Kategorie</i>
glatt	1
leicht blasig aufgeworfen	2
blasig aufgeworfen	3
stark blasig aufgeworfen	4

9. Art des Spreitenquerschnitts:

<i>Spreitenquerschnitt</i>	<i>Kategorie</i>
flach	1
gefalzt (V-förmig)	2
an der Blattspitze nach unten geneigt	3
am Blattrand gewellt	4
leicht zurückgerollt	5
zurückgerollt (umgekehrt becherförmig)	6
stark zurückgerollt	7

10. Spreitenrand

<i>Spreitenrand</i>	<i>Kategorie</i>
ganz	0
sehr gering gesägt	1
gering gesägt	2
gesägt	3
stark gesägt	4
sehr stark gesägt	5

11. Farbe der abaxialen und adaxialen Spreitenoberfläche:

Die Farbe auf der adaxiale Seite der Spreite kann von der auf der abaxialen abweichen. Daher wurden die beiden Seiten getrennt betrachtet. Die Farben wurden nach folgender Skala evaluiert:

<i>Blattspreitenfarbe (ad- und abaxial)</i>	<i>Kategorie</i>
hellgrün	1
gelbgrün	2
mittelgrün	3
braungrün	4
dunkelgrün	5
0 bis 20% Anthocyan gefärbt	6
21 bis 40% Anthocyan gefärbt	7
41 bis 60% Anthocyan gefärbt	8
61 bis 80% Anthocyan gefärbt	9
81 bis 100% Anthocyan gefärbt	10



Abbildung 5: Blattspreitenvariabilität innerhalb von *O. basilicum*

*Figure 5: Variability of leafs in *O. basilicum**

3.3.3 Morphologie der Infloreszenz

Der Blütenstand von *Ocimum* ist ein aus gegenständigen, meist 3-blütigen Cymen zusammengesetzter Thyrsus. Je zwei Cymen stehen einander gegenüber und bilden zusammen einen Wirtel, der durch Internodien von den nächsten getrennt ist. Man unterscheidet die Hauptfloreszenz der Hauptachse von den Cofloreszenzen der Parakladien (Seitenzweige).

Folgende Merkmale wurden im Feldversuch festgehalten:

1. Anzahl der Cofloreszenzen
2. Länge der Hauptfloreszenz in cm
3. Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz
4. Farbe der Hauptfloreszenzachse
5. Farbe der Calyxoberlippe
6. Farbe der Calyxunterlippe
7. Farbe der Fruchtcalyxoberlippe
8. Farbe der Fruchtcalyxunterlippe

Die Farbe der Hauptfloreszenzachse und des Blüten- und Fruchtcalyx wurden nach folgender Skala evaluiert:

<i>Farbe der Hauptfloreszenzachse und des Calyx</i>	<i>Kategorie</i>
hellgrün	1
mittelgrün	2
dunkelgrün	3
0 bis 20% Anthocyan gefärbt	4
21 bis 40% Anthocyan gefärbt	5
41 bis 60% Anthocyan gefärbt	6
61 bis 80% Anthocyan gefärbt	7
81 bis 100% Anthocyan gefärbt	8

9. Farbe der Corollaoberlippe
10. Farbe der Corollaunterlippe

Die Farbe der Corollaober- und -unterlippe wurde nach folgender Skala evaluiert:

<i>Farbe der Corolla</i>	<i>Kategorie</i>
weiß	1
creme	2
zartrosa	3
rosa	4
weiß mit violetten Punkten	5
violett mit weißen Punkten	6
violett	7

11. Antherenfarbe:

<i>Antherenfarbe</i>	<i>Kategorie</i>
creme	1
gelb	2
orange	3
zartrosa	4

Für exakte Einzelblütenmessungen wurden fünf Blüten einer Akzession vor dem Aufplatzen der Pollensäcke entnommen und in FAA [50 ml Ethanol (95%) + 5 ml Eisessig + 10 ml Formaldehyd (37-40%) + 35 ml Wasser] fixiert.

Die Einzelblüte ist zygomorph. Die fünf Sepalen des Kelches sind röhren- bzw. trichterförmig verwachsen und teilen sich am Saum in eine einlippige Oberlippe und eine vierlippige Unterlippe. Die mittleren Lappen sind dabei schmaler und länger als die seitlichen und länger als der Oberlippenlappen. Für die Messungen am Kelch wurden die mittleren Unterlippenlappen als längster Teil des Calyx herangezogen. Im Falle der im Feldversuch untersuchten *Ocimum*-Arten ist der Calyx immer offen, kann aber im Innern einen Haarkranz aufweisen oder glatt und unbehaart sein.

Die fünf Petalen der Corolla sind ebenfalls verwachsen und teilen sich am Saum in vier gleich große Lappen der Oberlippe und in eine längere, nach unten geneigte, häufig blasig aufgewölbte Unterlippe. Auch hier wurde für die Messung der Corollalänge der längste Bereich der Corolla, die Unterlippe, ausgewählt.

Die Lippenblüte besitzt vier Staubblätter, ein äußeres und ein inneres Staminapaar. Das innere Staminapaar kann gerade sein und kein Anhängsel an der Basis besitzen oder ein mehr oder minder stark ausgeprägtes Anhängsel aufweisen, das zudem noch behaart oder unbehaart sein kann. Die Staminapaare unterscheiden sich außerdem in der Länge. Das äußere freie Staminapaar ist in der Regel länger als das mit der Krone am Grunde verwachsene innere Staminapaar und wurde daher getrennt gemessen.

Folgende Einzelblütenmessungen wurden unter dem Binokular vorgenommen:

12. Calyxlänge in mm
13. Corollalänge in mm
14. Bestimmung des Vorhandenseins oder Fehlens des inneren Haarrings des Calyx (1/0)
15. Länge des inneren Staminapaars
16. Länge des äußeren Staminapaars
17. Bestimmung des Vorhandenseins oder Fehlens eines Anhängsels an der Basis des inneren Staminapaars (1/0)
18. Bestimmung des Vorhandenseins oder Fehlens von Haaren an der Basis des inneren Staminapaars (1/0)



Abbildung 6: Infloreszenz von *O. basilicum* subsp. *basilicum* var. *thyrsoflorum*
*Figure 6: Inflorescence of *O. basilicum* subsp. *basilicum* var. *Thyrsoflorum**

3.3.4 Weitere agronomisch bedeutsame Merkmale

1. Vorhandene, sofort erkennbare morphologische Typen innerhalb der Akzession: Maß für die Einheitlichkeit einer Akzession. In den späteren Berechnungen wurden nur einheitliche Akzessionen herangezogen.
2. Beginn der Blüte:

<i>Blühbeginn</i>	<i>Kategorie</i>
kein	0
4-5 Wochen nach Aussaat	1
6-7 Wochen nach Aussaat	2
8-9 Wochen nach Aussaat	3
10-11 Wochen nach Aussaat	4
12-13 Wochen nach Aussaat	5
14-15 Wochen nach Aussaat	6
16-17 Wochen nach Aussaat	7
18-19 Wochen nach Aussaat	8

3. Einheitlichkeit des Blühhorizonts: Durch die Bestimmung dieses Merkmals werden Unterschiede im Blühbeginn von Individuen innerhalb der Akzession aufgedeckt.

<i>Einheitlichkeit des Blühhorizonts</i>	<i>Kategorie</i>
einheitlich	1
schwach heterogen	2
heterogen	3

4. Beobachtete Krankheiten im Feld:

<i>Krankheiten</i>	<i>Kategorie</i>
keine	0
Kronenfäule	1
Insektenfraß	2
Welke	3
Nekrosen	4
Chlorosen	5

Auffällig kranke Pflanzen wurden nicht zur Evaluierung und Messung der übrigen Merkmale herangezogen.

3.4 Bestimmung des ätherischen Ölgehalts und der Inhaltsstoffe

Im Durchschnitt wurden 8 g Blattmaterial im ersten Drittel der Blütezeit auf dem Feld geerntet und in der Feintrocknung bei 25 °C 8 Tage lang schonend getrocknet. An der Bundesanstalt für Züchtungsforschung (BAZ) in Quedlinburg wurden 500 mg des getrockneten Blattmaterials jeder Akzession in 4 ml Isooctan homogenisiert. Als interner Standard wurde Carvacrol hinzugefügt, das zu den Cymenolen gehört und häufig in den Labiaten vorkommt. Nach der Zentrifugation wurde der Ölgehalt bestimmt und die Lösung mittels Gaschromatograph analysiert.

GC-Bedingungen:

Gaschromatograph: Hewlett Packard 5890, Serie II

Säule: 50 m HP-5, 0,32 mm Innendurchmesser

Injektortemperatur: 250 °C

Detektortemperatur: 280 °C

Temperaturprogramm:

80 °C-1 min

80-220 °C- 10 °/min

220 °C- 9 min

Trägergas: Stickstoff

Konstante Flussrate: 1 ml/min

Split: 1:40

3.5 Chromosomenzählung

Für die Chromosomenzählungen wurden Klausen der Genbankakzessionen auf Filterpapier mit H₂O_{bidest} in Petrischalen ausgesät. Nach 2-3 Tagen keimten bereits die

ersten Klausen. Drei Vorbehandlungsmethoden wurden praktiziert, wobei die erste Methode in 90% aller Fälle erfolgreich war:

1.) Die frischen Wurzelspitzen wurden um ca. 8 Uhr morgens (bei *O. kilimandscharicum* 15 Uhr nachmittags) mit gesättigtem Paradichlorbenzol 1-2 h vorbehandelt.

2.) Die frischen Wurzelspitzen wurden 24 h in Eiswasser gelegt 3.) Die Wurzelspitzen wurden 1 h mit 0,005% Colchizin vorbehandelt. Andere Vorbehandlungsvarianten wie Hydroxychinolin- und Äsculin- α -Bromnaphthalen-Gemisch-Behandlungen wurden zuvor getestet, ergaben aber keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Anschließend erfolgte eine Fixierung mit einem 96% Methanol-Ameisensäure-Gemisch (3:1). Die Fixierung sollte eine Dauer von drei Tagen nicht überschreiten, da andernfalls keine guten Quetschpräparate mehr möglich waren. Die Hydrolyse fand bei 37 °C in 1 N Salzsäure (10-11 min) statt. Vor dem Anfärben wurden die Wurzelspitzen in 45%iger Essigsäure eingelegt und dann ca. 2-3 Minuten mit gesättigter Karminessigsäure gefärbt.

3.6 Ploidiegradbestimmung mit Flowcytometrie

In der Literatur wird wiederholt die Möglichkeit erwähnt, dass der DNA-Gehalt von Embryonen- und Endosperm-Zellkernen in Angiospermen mit Hilfe der Flowcytometrie messbar ist (GRIMANELLI et al., 1997; KOWLES et al., 1994, NAUMOVA et al., 1999). Diese Messungen sind aber technisch sehr aufwendig. MATZK et al. (2000) verbesserten die Methode dahingehend, dass mit einfachen Präparationsmethoden zeitsparend der proportionale DNA-Gehalt von Zellkernen mit Flowcytometrie bestimmt werden kann.

Präparation der Blattproben:

Von jungen Pflanzen wurde ca. 1 cm² Blattmaterial abgeerntet und sofort mit einem Gemisch aus 9 ml Universal-EDTA-Mercaptoethanol-Puffer, 0,5 ml RNase und 0,5 ml Stammlösung Promidiumiodid (1mg/1ml) benetzt und mit einer scharfen Rasierklinge zerkleinert. Das Extrakt wurde mit einem 35 μ m Siebröhrchen abgefiltert und auf Eis bis zur Messung gekühlt. Die Zeit bis zur Messung durfte nicht mehr als 10 Minuten betragen, da sonst das Signal während der Messung durch Abbauprozesse abfiel.

Der DNA-Gehalt der Kerne wurde mit Hilfe eines FACSTAR^{PLUS} (Becton-Dickson) Flowcytometer bestimmt. Das Prinzip der Flowcytometrie basiert auf Lichtstreuung und Fluoreszenz der fluoreszenzmarkierten Kerne, die mit einem Laserstrahl angeregt und mit einem Photomultiplier verstärkt werden. Pro Probe wurden ca. 10 000 Kerne gemessen. Die Peak-Position zeigt den relativen DNA-Gehalt im Kern. Zur Bestimmung des relativen DNA-Gehalts von *Ocimum* wurde *Pisum* als Referenzpflanze gewählt, da deren bekannter DNA-Gehalt (9,07 pg) im Bereich der für Labiaten angegebenen Werte liegt. Zur Bestimmung des Ploidiegrads von *Ocimum basilicum* wurde eine Akzession (OCI 161) gewählt, deren genaue Chromosomenzahl (48) und damit Ploidiegrad (tetraploid) mit der im vorherigen Kapitel beschriebenen Methode bestimmt wurde. Mit Hilfe der *Pisum*-Referenz konnte der 4 C-DNA-Gehalt von Oci 161 (5,2 pg) bestimmt werden. Erschien ein Peak bei den zu untersuchenden Akzessionen auf der x-Achse auf der Höhe des Peaks der Akzession OCI 161, konnte Tetraploidie nachgewiesen werden.

3.7 DNA-Extraktion

Junge Blätter wurden im Feld geerntet, mit flüssigem Stickstoff eingefroren und zermörsert. Die DNA-Extraktion erfolgte entsprechend dem Standardprotokoll des NucleoSpin® Plant-Kit von Macherey-Nagel. Anschließend wurde mit Hilfe eines TKO 100 Fluorometers die DNA-Menge bestimmt.

Bei einigen Akzessionen blieb die DNA-Ausbeute trotz hoher Ausgangsblattmasse gering. In diesen Fällen wurde die Extraktion mit leicht abgewandeltem Protokoll wiederholt: Die zermörserten Blattproben wurden im NucleoSpin® Plant-Puffer 1 aufgelöst und im Verhältnis 1:1 Chloroform-Isopropanol (24+1) zugegeben, geschüttelt und entlüftet. Nach 15 min Zentrifugation bei 5000 upmin und 8 °C wurde der Überstand abpipettiert und weiter nach Standardprotokoll verfahren.

Die DNA des Herbarmaterials aus Kew wurden mit einem vergleichbaren DNeasy-Plant-DNA-Extraktions-Kit von Qiagen nach Standardprotokoll isoliert.

3.8 Amplifikation und Sequenzierung des Internal Transcribed Spacer (ITS)

Der Internal Transcribed Spacer der nrDNA wurde mit Hilfe der Polymerasen-Kettenreaktion PCR (MULLIS & FALOONA, 1987) amplifiziert. Aufgrund verschiedener Nachteile, wie hoher Degradation und geringer Ausbeute der DNA durch die Extraktion aus Herbarmaterial, hoher G/C-Gehalt und uneindeutigen Signalen bei der Auswertung, stellte sich die Amplifikation und Sequenzierung der Region komplizierter als erwartet heraus.

Verschiedene Optimierungsschritte mussten erfolgen:

1. Entwicklung von längeren Primern, die eine höhere Annealingtemperatur zuließen und damit spezifischere Amplifikate ermöglichten:

Bezeichnung	Sequenz 5'→ 3'	T_m
ITS A _h	ATT TTA GAG GAA GGA GAA GTC GTA ACA AGG	66 °C
ITS B _h	AGT TTC TTT TCC TCC GCC TTA TTG ATA TGC	66 °C
ITS D _h '	AAA CGA CTC TCG GCA ACG GAT ATC TCG	67 °C
ITS C _h	GAT TCA GCA ATT CAC ACC AAG TAT CGC	68 °C
ITS S _{ro}	AAA CTC AGC GGG TAA TCC CGC CTG ACC	71 °C
ITS S _f	CAA CGT TCG TAG GTG AAC CTG CGG	66 °C

2. Erhöhung der Denaturierungstemperatur von 94-96 °C auf 97 °C bei gleichzeitiger Verkürzung der Dauer von 30'' auf 15'', um unvollständiges Aufschmelzen des DNA-Doppelstrangs zu vermeiden.
3. Zugabe von 20% Q-Solution (Qiagen) in das Reaktionsgemisch, welches dazu beiträgt, starke G/C-Bindungen aufzutrennen (POMP & MADRANO, 1991)
4. Erhöhung der Mg⁺⁺-Konzentration von 1,5 mM auf 2 mM, da die Verfügbarkeit von Mg⁺⁺ durch den Elutionspuffer des Templates vermindert und dadurch die Effektivität der PCR beeinträchtigt werden kann.
5. Getrennte Amplifikation von ITS-1 und ITS-2, da keine Fragmente länger als 350 bp amplifiziert werden konnten.
6. Durchführung einer seminested PCR (ZHANG & EHRlich, 1994) in zwei Schritten:

Die erste Reaktion erfolgte in einem 25 µl PCR-Ansatz mit einem GeneAmp PCR System 9700 (PE Biosystems)

µl	Komponente	Konzentration
13,45	H ₂ O _{bidest}	
0,5	MgCl ₂ von Qiagen	25 nmol/µl
2,5	PCR reaction buffer	10 x
0,9	dNTPs	2,5 nmol/µl
0,25	Primer ITS Ah für ITS-1 bzw. Primer ITS Dh' für ITS-2	50 pmol/µl
0,25	Primer ITS Ch für ITS-1 bzw. Primer ITS Bh für ITS-2	50 pmol/µl
5,0	Q-Solution von Qiagen	5 x
0,15	Taq-DNA-Polymerase von Qiagen	5 u/µl
2	genomische DNA	~20 ng

mit Pretreatment: 3min. Denaturierung bei 97 °C und 25 Zyklen mit je 15 sec. Denaturierung bei 97 °C; 30 sec. Annealing bei 65 °C (ITS 2) bzw. 62 °C (ITS 1) und 45 sec. Elongation bei 72 °C und einem Posttreatment von 4 min bei 72 °C.

Die zweite Reaktion erfolgte in einem 50 µl PCR-Ansatz:

µl	Komponente	Konzentration
25,9	H ₂ O _{bidest}	
1	MgCl ₂	25 nmol/µl
5	PCR reaction buffer	10 x
1,8	dNTPs (2,5 mM)	2,5 nmol/µl
0,5	Primer ITS Sf für ITS-1 bzw. Primer ITS Dh' für ITS-2	50 pmol/µl
0,5	Primer ITS Ch für ITS-1 bzw. Primer ITS Sro für ITS-2	50 pmol/µl
10,0	Q-Solution von Qiagen	5 x
0,3	Taq-Polymerase	5 u/µl
3	PCR-Produkt aus der 1. Reaktion	

Das PCR-Protokoll entsprach der 1. Reaktion, wobei die Zyklenzahl auf 30 erhöht wurde.

Trotz dieser Verbesserungen konnten von einigen DNA-Proben keine vollständigen Stücke von ITS 1 und 2 amplifiziert werden. In diesen Fällen wurden durch mehrmaliges Wiederholen der Amplifikation und der anschließenden Sequenzierung überlappende Teile der Sequenz im Programm Sequencher™ Version 4.0.5 aligned und eine Konsenssequenz gebildet, die im Idealfall die vollständige Länge der beiden ITS-Regionen sowie der 5.8- Region umfasste. In wenigen Fällen konnte trotz wiederholter Versuche kein sequenzierbares Amplifikat erreicht werden.

Die PCR-Produkte wurden mit Hilfe eines Agarose-Gels (1,8%ig) getrennt und die von unspezifischen Reaktionsprodukten und Primerresten gereinigte DNA ausgeschnitten. Die DNA aus den Gelstückchen wurde anschließend mit dem

QIAquick™ Gel Extraction Kit nach Standardprotokoll extrahiert und in 30 µl Elutions-Buffer eluiert. Erfolgte die Sequenzierung der amplifizierte DNA nicht sofort, wurde sie bei -20 °C im Gefrierschrank aufbewahrt.

Die Sequenzierung erfolgte in abgewandelter Form nach dem bereits erwähnten Sanger-Verfahren (SANGER et al., 1977). Der Vorteil der Veränderung des Sanger-Verfahrens liegt zum einen in einem Verzicht auf Radioaktivität, zum anderen darin, dass die vier verschiedenen Fluoreszenz-markierten ddNTPS in einer Reaktion und auf einer Gelspur gemeinsam analysiert werden können.

Zweierlei Terminator-Mixe wurden im Versuchszeitraum verwendet:

1. dRhodamin Terminator RR-Mix von Applied Biosystem
2. Big Dye™ Terminator-Mix, in dem vier verschiedene Fluoreszenz-Donor-Farbstoffe mit einem dRhodamin-Akzeptor-Farbstoff verknüpft sind, wodurch 2-3 mal hellere Signale als durch reine dRhodamin-Terminatoren erzeugt werden. Ein Nachteil liegt jedoch darin, dass es durch die zwei Farbstoffmoleküle leichter zu Einbaufehlern und damit zu einem frühzeitigen Sequenzabbruch kommen kann.

Für einen 10 µl-Ansatz wurden in ein 0,5 ml Eppendorf Reaktionsgefäß 4 µl des Big Dye Terminator-Mixes, 0,5 µl Primer ITS Sf (1,2 pmol) für ITS 1 bzw. 0,5 µl Primer ITS Sro (1,2 pmol) für ITS 2, 1-2,5 µl Q-Solution, 1-4,5 µl Template und zum Auffüllen auf 10 µl gegebenenfalls 1-2 µl H₂O_{bidest} pipettiert.

Mit dem Rhodamin-Terminator-Mix musste das Protokoll etwas abgewandelt werden: 3 µl Terminator-Mix, 0,5 µl Primer ITS Sf (10 pmol) für ITS 1 bzw. 0,5 µl Primer ITS Sro (10 pmol) für ITS 2, 1-2,5 µl Q-Solution, 1-5 µl Template und zum Auffüllen auf 10 µl gegebenenfalls 1-2,5 µl H₂O_{bidest} pipettiert.

Um den DNA-Strang auch von der Gegenseite zu sequenzieren, wurden die verdünnten Primer ITS Dh' und ITS Ch in weiteren Reaktionen parallel eingesetzt.

Die Sequenzierreaktionen erfolgten mit einem GeneAmp PCR System 9700 nach folgendem PCR-Protokoll:

Pretreatment: 3 min. 97 °C

2-Schritt-Protokoll mit 60 Zyklen:

Denaturierung: 15 sec. 97 °C

Annealing: 30 sec. 55 °C

Posttreatment: 7 min. 72 °C, ∞ 4 °C

Nach der Sequenzierung wurde die DNA nach folgendem Protokoll gefällt:

Zu den 10 µl Reaktionsgemisch wurden 40 µl H₂O_{bidest}, 5 µl NaAc (3 M) und 140 µl 96%iger EtOH pipettiert, geschüttelt und 45 min. bei 4 °C und 4000 upmin. zentrifugiert. Der Überstand wurde verworfen, dann 180 µl 70%iges EtOH zugegeben und weitere 20 min. bei 4 °C zentrifugiert. Das Pellet wurde sorgfältig getrocknet und 3 µl Ladepuffer für die Gelelektrophorese zugegeben.

Die Sequenzierreaktion wurde durch eine Polyacrylamid-Gel-Elektrophorese (PAGE) mit Hilfe eines automatischen Sequencer von Applied Biosystems (ABI 377) aufgetrennt und die Farbmuster der Fragmente automatisch durch die Sequenziersoftware detektiert. Die Chromatogramme mussten jedoch immer von Hand nacheditiert werden, da Detektionsfehler häufig vorkamen.

Die kompletten ITS-Sequenzen wurden im Programm CLUSTAL W (THOMPSON et al., 1994) aligned, d. h. parallelisiert. Das Alignment musste anschließend noch von Hand nachbearbeitet werden.

Die Daten wurden daraufhin mit PAUP 4.0 b 8 (SWOFFORD, 2001) analysiert. Zunächst wurde eine Neighbor-joining-Analyse basierend auf einer Maximum-Likelihood-Annahme kalkuliert. Die Maximum-Parsimonie-Analyse wurde mit dem heuristischen Suchalgorithmus von PAUP 4.0 b 8 mit 200 "random additon sequences" und "branch swapping" durchgeführt. Aus den gefundenen kürzesten Bäumen wurde ein Strict consensus- und ein Majority rule-Baum berechnet und schließlich eine Bootstrapanalyse mit 20 replicates und 100 random additions durchgeführt.

3.9 AFLP-Analyse

Die Restriktion und Ligation der genomischen DNA erfolgte pro Ansatz nach folgendem Protokoll:

6 µl eines Restriktion-Ligation-Reaktiongemisches wurden mit 4 µl genomischer DNA (100 ng) und 2 µl eines Restriktion-Ligation-Mixes gemischt und über Nacht bei 22 C verdaut und ligiert.

Die Herstellung der Mixe verlief nach folgenden Protokollen:

<i>Restriktions-Ligation Mix für 1 Ansatz</i>		
<i>µl</i>	<i>Komponente</i>	<i>Konzentration</i>
0,2	T4 DNA Ligase	10 x
0,2	Ligasepuffer	
0,2	NaCl	0,5 M
0,1	BSA	1 mg/ml
0,04	MseI	20 U/µl
0,266	EcoRI	15 U/µl
0,00375	T4 DNA Ligase	2000 U/µl
1,17	H ₂ O bidest	

<i>Restriktion-Ligation-Reaktion für 1 Ansatz</i>		
<i>µl</i>	<i>Komponente</i>	<i>Konzentration</i>
1	Ligasepuffer	10 x
1	NaCl	0,5 M
0,5	BSA	1 mg/ ml
0,6	Mse I Adapterpaar	50 pmol/µl
0,6	EcoRI Adapterpaar	5 pmol/µl
2,3	H ₂ O bidest	

Da die DNA-Ausgangskonzentration in vielen Fällen sehr gering war (15-40 ng/µl), musste das Volumen erhöht werden. Daraus folgte, dass für jeden weiteren µl ein Zehntel mehr Ligasepuffer, NaCl und 1/20 mehr BSA dem Reaktionsgemisch beigegeben werden musste.

Die Sequenzen der MseI- und EcoRI-Adapterpaare sind wie folgt:

<i>Adapter</i>	<i>Sequenz</i>
MseI (-)	GAC GAT GAG TCC TGA G
MseI (+)	TAC TCA GGA CTC AT
EcoRI (-)	CTC GTA GAC TGC GTA CC
EcoRI (+)	AAT TGG TAC GCA GTC

Nach Beendigung der Restriktion und Ligation wurde auf 30 µl mit H₂O bidest aufgefüllt.

Die präselektive Amplifikation wurde in 25 µl-Ansätzen durchgeführt:

<i>µl</i>	<i>Komponente</i>	<i>Konzentration</i>
15,4	H ₂ O bidest	
2,5	PCR Puffer	10 x
1,5	dNTPs	2,5 nmol/µl
0,25	Primer M 02	9,6 pmol/µl
0,25	Primer E 01	9,7 pmol/µl
0,1	Taq-Polymerase	5 U/µl
5	Restriktions-Ligations- Produkt	ca. 12 ng DNA

PCR-Protokoll: Pretreatment: 2' 72 °C; 20 Zyklen: 10" 94 °C, 30" 56 °C, 2' 72 °C; Posttreatment: 30' 60 °C.

Bei einem Gelcheck von 7 µl Reaktionsprodukt auf 1,5%igem Agarosegel konnte ein Bandenschmier im Bereich 100 bp-1000 bp nachgewiesen werden. Die Proben wurden bis auf jene, die auf dem Gel schwach ausfielen, 1:100 verdünnt.

Eine anschließende selektive Amplifikation wurde in 15 µl-Ansätzen durchgeführt:

<i>µl</i>	<i>Komponente</i>	<i>Konzentration</i>
6,02	H ₂ O bidest	
1,5	PCR Puffer	10 x
1	dNTPs	2,5 nmol/µl
0,25	Primer M 50	8,6 pmol/µl
0,18	Primer E 35/ E 32/E33/E36 /E37	50 pmol/µl
0,05	Taq-Polymerase	5 U/µl
6	verdünntes präselektives Amplifikationsprodukt	

Primersequenzen:

<i>Primer</i>	<i>Sequenz</i>	<i>Markiert mit Floureszenz- Farbstoff</i>
M 02	GAT GAG TCC TGA GTA AC	
M 50	GAT GAG TCC TGA GTA ACA T	

<i>Primer</i>	<i>Sequenz</i>	<i>Markiert mit Floureszenz- Farbstoff</i>
E 01	GAC TGC GTA CCA ATT CA	
E 32	GAC TGC GTA CCA ATT CAA C	TAMRA(gelb)
E 33	GAC TGC GTA CCA ATT CAA G	JOE (grün)
E 35	GAC TGC GTA CCA ATT CAC A	FAM (blau)
E 36	GAC TGC GTA CCA ATT CAC C	TAMRA
E 37	GAC TGC GTA CCA ATT CAC G	JOE

Touch-Down-PCR-Protokoll (DON et al., 1991; ROUX, 1994) für selektive Amplifikation:

Pretreatment: 2 min. 94 °C

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 65 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 64 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 63 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 62 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 61 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 60 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 59 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 58 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 57 °C, 2 min. 72 °C]₁

[10 sec. 94 °C, 30 sec. 56 °C, 2 min. 72 °C]₂₄

Posttreatment: 30 min. 60 °C

Nach der selektiven Amplifikation wurde die DNA-Konzentration noch einmal auf einem 1,5%igen Agarosegel geprüft.

Anschließend wurde ein Probenmix für die Multiplexanalyse erstellt:

1,5 µl Reaktionsprodukt der selektiven Amplifikation mit E 35 (blau)

+3 µl Reaktionsprodukt der selektiven Amplifikation mit E32 bzw. E 36 (gelb)

+5 µl Reaktionsprodukt der selektiven Amplifikation mit E 33 bzw. E37 (grün)

+1,2 µl Ladepuffer mit Längenstandard

Der Ladepuffer setzte sich aus folgenden Bestandteilen zusammen: 180 µl Formamid+70 µl Ladepuffer für ABI 377+50 µl GS 500 Rox Standard (rot).

1,5 µl des Probenmixes wurden mit einer Polyacrylamid-Gel-Elektrophorese (PAGE) in einem ABI 377 aufgetrennt.

Die Kalibrierung des Standards und die Auswertung der aufgetrennten Fragmente erfolgte mit den Programmen GeneScanAnalysis®3.1 und Genotyper 2.1 unter MAC OS 9. Da die automatische Fragmentlängenzuordnung nur unzureichend war, mussten alle Fragmente aller Akzessionen von Hand editiert werden. Die Fragmente fielen außerdem teilweise sehr schwach aus. Daher wurden zwei Wiederholungen der Akzessionen, die getrennt amplifiziert wurden, gemeinsam mit der ersten Probe ausgewertet.

Die phänetische und kladistische Analyse sowie die Wahrscheinlichkeitsberechnung der resultierenden 1/0-Matrix erfolgte mit PAUP 4.0b8 unter MAC OS 9.

4 Morphologische und chemische Variabilität von Basilikum und weiteren kultivierten *Ocimum*-Arten

Im Vergleichsanbau 1999 wurde die Variabilität von morphologischen Merkmalen und in der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe des ätherischen Öls an 257 Akzessionen von 8 kultivierten Arten von *Ocimum* unter gleichen Umweltbedingungen untersucht. Die Variationsbreiten wurden bei den quantitativen Daten anhand der Minimal- und Maximalwerte in den Tabellen 3-8 dargestellt. Das arithmetische Mittel, hier als Mittelwert bezeichnet, gibt die Summe aller Messwerte geteilt durch die Anzahl aller Messwerte N an. Der Median hingegen halbiert die nach der Größe geordnete Folge der Einzelwerte, so dass gleich viele Messwerte unterhalb und oberhalb des Medians liegen. Bei gerader Anzahl der Werte bildet der Median das arithmetische Mittel zwischen den beiden mittleren Werten. Da es nicht sinnvoll ist, von evaluierten Daten Mittelwert und Median zu berechnen, wurde die gefundene Variationsbreite verbal beschrieben.

4.1 Variabilität von *Ocimum basilicum*

Tabelle 3: Variabilität quantitativer Merkmale von *Ocimum basilicum*

*Table 3: Variability of quantitative traits of *Ocimum basilicum**

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
Breite der Kotyledonen [cm]	0,68	0,99	0,98	1,49	134
Länge der Kotyledonen [cm]	0,50	0,70	0,69	1,03	134
Pflanzenhöhe [cm]	12,20	44,60	44,10	69,60	134
Pflanzendurchmesser [cm]	11,00	26,80	26,90	37,00	134
Länge der Hauptfloreszenz [cm]	4,60	19,75	19,20	30,80	134
Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz	7,00	14,40	14,40	19,00	134
Calyxlänge [mm]	4,20	5,20	5,10	6,90	133
Corollalänge [mm]	7,30	8,30	8,20	10,40	133
Länge des inneren Staminapaars [mm]	6,30	8,10	8,00	9,90	133
Länge der äußeren Staminapaars [mm]	8,60	10,60	10,60	12,50	133
Blattlänge [cm]	3,20	5,40	5,20	8,10	133
Blattbreite [cm]	1,30	2,80	2,70	5,80	133
Blattstiellänge [cm]	0,92	1,79	1,74	3,04	133
Gehalt an ätherischem Öl (ml/100g TM)	0,07	0,29	0,25	1,37	134
Ocimen (% im Öl)	0,00	0,05	0,00	6,24	133
1,8-Cineol (% im Öl)	0,00	7,15	6,70	17,86	133
γ -Terpinen (% im Öl)	0,00	0,00	0,00	0,24	133
Linalool (% im Öl)	0,00	30,09	32,52	71,02	133
Campher (% im Öl)	0,00	0,56	0,24	3,27	133
Estragol (% im Öl)	0,00	20,58	2,48	84,35	133
Neral (% im Öl)	0,00	0,39	0,00	34,22	133
Geraniol (% im Öl)	0,00	0,41	0,00	15,48	133
Geranial (% im Öl)	0,00	0,53	0,00	44,19	133
Thymol (% im Öl)	0,00	0,02	0,00	2,74	133
Zimtsäuremethylester-Z (% im Öl)	0,00	1,62	0,00	12,17	133
Eugenol (% im Öl)	0,00	10,41	1,89	47,30	133
Zimtsäuremethylester-E (% im Öl)	0,00	10,95	0,00	66,96	133
Eugenolmethylether (% im Öl)	0,00	1,48	0,00	36,68	133
β -Elemen (% im Öl)	0,00	0,91	0,88	5,67	133

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
α -Bergamoten (% im Öl)	0,00	3,46	3,42	9,56	133
β -Caryophyllen (% im Öl)	0	0,55	0	12,55	133
β -Bisabolen (% im Öl)	0	0,102	0	13,59	133
nicht bestimmt mit RT 17.48 (% im Öl)	0	0,02	0	1,77	133

Alle untersuchten, quantitativ gemessenen Merkmale weisen bei Basilikum eine sehr große Variabilität auf. Auch die evaluierten Eigenschaften verhalten sich sehr variabel: Die Keimdauer variierte zwischen 5 und 7 Tagen. Die Kotyledonen und Primärblätter waren hellgrün bis rotviolett. Die Verzweigung erfolgte bis zur Ausbildung von Seitentrieben zweiter bis dritter Ordnung. Bei *Ocimum basilicum* subsp. *minimum* konnte eine stärkere Aufgliederung des Sprosssystems bis zur Ausbildung von Seitentrieben fünfter Ordnung beobachtet werden. Die Nodienanzahl der Hauptachse betrug 4 bis 12 Nodien, wobei eine Verholzung vom ersten Nodium bis über das 10 Nodium hinaus vorkommen konnte. Der Blühbeginn lag zwischen der 4. und 11. Woche nach Aussaat. Die Spreitenoberfläche war glatt bis stark blasig aufgeworfen. Alle Kategorien des Spreitenquerschnitts, außer gewellten Spreitenrändern, sind in Basilikum anzutreffen. Der Spreitenrand konnte ganz bis sehr stark gesägt sein. Sehr variabel ist die Farbe der Blattober- und -unterseiten, der Hauptfloreszenz, des Kelchs und der Blütenkrone. Alle unterschiedenen Farbkategorien treten bei Basilikum auf. Die Antherenfarbe ist meist weiß, in seltenen Fällen rosa. In allen *O. basilicum*-Akzessionen zeigte das innere Staminapaar an der Basis ein behaartes Anhängsel und der Kelch im Inneren einen Haarkranz.

4.2 Variabilität von *Ocimum americanum*

Tabelle 4: Variabilität quantitativer Merkmale von *Ocimum americanum*

Table 4: Variability of quantitative traits of *Ocimum americanum*

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
Breite der Kotyledonen [cm]	0,35	0,72	0,75	0,91	12
Länge der Kotyledonen [cm]	0,26	0,46	0,47	0,58	12
Pflanzenhöhe [cm]	30,80	33,20	33,40		12
Pflanzendurchmesser [cm]	26,00	30,90	30,80	37,00	12
Länge der Hauptfloreszenz [cm]	10,40	19,50	20,90	21,40	12
Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz	14,00	18,60	19,30	20,00	12
Calyxlänge [mm]	2,80	3,20	3,20	3,50	12
Corollalänge [mm]	3,80	5,20	5,40	6,00	12
Länge des inneren Staminapaars [mm]	4,00	5,20	5,40	6,10	12
Länge des äußeren Staminapaars [mm]	5,40	7,10	7,40	7,80	12
Blattlänge [cm]	1,80	3,90	3,80	6,20	12
Blattbreite [cm]	0,70	1,90	1,80	3,30	12
Blattstiellänge [cm]	0,87	1,86	2,03	2,04	12
Gehalt an ätherischem Öl (ml/ 100g TM)	0,27	0,40	0,33	0,74	12
Ocimen (% im Öl)	0,00	0,03	0,00	0,21	12
1,8-Cineol (% im Öl)	0,00	18,37	23,49	24,81	12
Linalool (% im Öl)	0,00	0,24	0,00	2,04	12
Estragol (% im Öl)	0,00	7,41	8,86	10,90	12

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
Zimtsäuremethylester-Z (% im Öl)	0,00	1,34	0,00	8,66	12
Eugenol (% im Öl)	0,00	33,49	37,64	48,30	12
Zimtsäuremethylester-E (% im Öl)	0,00	12,72	0,00	77,02	12
α -Bergamoten (% im Öl)	1,03	2,02	1,35	5,86	12
β -Caryophyllen (% im Öl)	1,36	2,27	1,60	5,86	12
β -Bisabolen (% im Öl)	0,00	6,64	7,76	10,01	12
nicht bestimmt mit RT 17.48 (% im Öl)	0,00	5,84	6,90	7,54	12

Die quantitativen Merkmale von *Ocimum americanum* waren ebenfalls sehr variabel. Auffällig ist nur eine geringere Variabilität hinsichtlich der Pflanzenhöhe. *Ocimum americanum*-Akzessionen waren insgesamt kleiner als *O. basilicum*, denn keine Pflanze wurde größer als 35 cm. Die Variabilität der Inhaltsstoffe des ätherischen Öls ist auch hier groß, wobei α -Bergamoten und β -Caryophyllen in allen Akzessionen in geringem Maße vorkamen. Folgende Merkmale ermöglichen eine sichere Unterscheidung der beiden Varietäten *americanum* und *pilosum*: Antherenfarbe, Verholzungsgrad, Blühbeginn, Blütenfarbe, Spreitenrand:

<i>O. americanum</i>	<i>var. pilosum</i>	<i>var. americanum</i>
Antherenfarbe	orange	creme
Nodienzahl	6	8 bis 9
Verholzungsgrad	5	9
Blühbeginn	4-5 Wochen nach Aussaat	8-9 Wochen nach Aussaat
Farbe der Blattoberseite	dunkelgrün	mittelgrün
Spreitenquerschnitt	flach	gefalzt
Spreitenoberfläche	glatt	glatt
Spreitenrand	gesägt	gering gesägt
Farbe der Oberlippe der Krone	violett mit Flecken	weißen weiß
Farbe der Unterlippe der Krone	zartrosa	weiß
Farbe der Oberlippe des Kelchs zur Vollblüte	41-60% rot gefärbt	hellgrün
Farbe der Unterlippe des Kelchs zur Vollblüte	hellgrün	hellgrün
Farbe der Oberlippe des Kelchs während der Fruchtreife	mittelgrün	hellgrün
Farbe der Unterlippe des Kelchs während der Fruchtreife	hellgrün	hellgrün

Alle *Ocimum americanum*-Akzessionen besaßen ein behaartes Anhängsel am inneren Staminapaar und einen Haarkranz innerhalb des Calyx. Die Sprossachse zeigte eine Aufgliederung bis zu Seitentrieben dritter Ordnung.

4.3 Variabilität von *Ocimum x citriodorum*

Tabelle 5: Variabilität quantitativer Merkmale von *Ocimum x citriodorum*

*Table 5: Variability of quantitative traits of *Ocimum x citriodorum**

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
Breite der Kotyledonen [cm]	0,70	0,80	0,80	1,00	17
Länge der Kotyledonen [cm]	0,50	0,60	0,60	0,70	17
Pflanzenhöhe [cm]	34,00	45,70	45,20	62,20	17
Pflanzendurchmesser [cm]	26,00	29,70	30,20	36,00	17
Länge der Hauptfloreszenz [cm]	19,40	23,40	22,40	31,40	17
Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz	11,60	14,30	13,20	21,60	17
Calyxlänge [mm]	4,00	4,50	4,40	5,30	17
Corollalänge [mm]	7,00	7,20	7,30	8,50	17
Länge des inneren Staminapaars [mm]	5,90	6,70	6,70	8,30	17
Länge des äußeren Staminapaars [mm]	8,10	8,90	8,80	11,50	17
Blattlänge [cm]	3,40	4,50	4,30	5,80	13
Blattbreite [cm]	1,20	2,00	1,90	2,80	13
Blattstiellänge [cm]	1,00	1,52	1,55	2,10	13
Gehalt an ätherischem Öl (ml/ 100g TM)	0,20	0,40	0,40	0,70	16
1,8-Cineol (% im Öl)	0,00	1,60	0,00	10,20	16
?-Terpinen (% im Öl)	0,00	0,10	0,00	0,90	16
Linalool (% im Öl)	0,00	9,20	1,90	39,90	16
Campher (% im Öl)	0,00	0,30	0,00	2,70	16
Estragol (% im Öl)	0,00	51,90	79,00	91,80	16
Neral (% im Öl)	0,00	6,20	0,00	32,80	16
Geraniol (% im Öl)	0,00	0,10	0,00	1,90	16
Geranial (% im Öl)	0,00	8,70	0,00	46,80	16
Eugenol (% im Öl)	0,00	2,50	0,00	27,00	16
Eugenolmethylether (% im Öl)	0,00	1,10	0,40	4,40	16
β -Elemen (% im Öl)	0,00	1,00	0,00	7,70	16
α -Bergamoten (% im Öl)	0,00	2,00	0,60	10,10	16
β -Caryophyllen (% im Öl)	0,00	1,60	1,60	3,00	16
nicht bestimmt mit RT 17.48 (% im Öl)	0,00	0,70	0,00	2,80	16

Die Variabilität der quantitativ gemessenen Werte war auch bei *O. x citriodorum* sehr hoch. Erstaunlicherweise enthielten nicht alle Akzessionen Inhaltsstoffe wie Geraniol, Geranial und Neral im ätherischen Öl, die ein Zitronenaroma ausmachen. Neben dem häufigen Vorkommen dieser Inhaltsstoffe sind morphologische Merkmale für dieses Taxon charakteristisch (PATON, 1999). Hauptunterscheidungsmerkmal gegenüber *O. basilicum* und *O. americanum* ist das auf die Nodien konzentrierte Vorkommen langer, abstehender Haare.

Die Keimdauer lag zwischen 5 und 6 Tagen. Die Kotyledonen waren einheitlich hellgrün. Die Verzweigung führte bei allen untersuchten Akzessionen bis zu Seitentrieben 3. Ordnung. Die Nodienanzahl variierte zwischen 4 und 9. Die unteren fünf bis sieben Internodien der Hauptachse waren verholzt. Der Blühbeginn lag zwischen der 4. und 11. Woche nach Aussaat. Die Infloreszenzfarbe lag zwischen hellgrün und 40% Anthocyanfärbung. Die Farbe der Oberlippe des Kelchs variierte während der Blüte zwischen hellgrün und 60% Anthocyanfärbung. Die Farbe der Unterlippe und die der Oberlippe des Kelchs variierte während der Fruchtreife

zwischen hellgrün bis 40% Anthocyanfärbung. Die Farbe der Kelchunterlippe während der Fruchtreife war einheitlich hellgrün. Die Kronenoberlippe variierte zwischen weiß und rosa, die Unterlippe war hingegen konstant weiß. Die Antherenfarbe war einheitlich cremefarben. Eine intermediäre Form mit *O. basilicum* var. *purpurascens* zeigte abweichend zartrosa gefärbte Antheren. Die Blattspreiten waren hell- bis mittelgrün, die Oberfläche glatt, der Spreitenquerschnitt flach, manchmal V-förmig, der Blattrand ganzrandig bzw. gering gesägt. Der Kelchhaarkranz war bei allen Akzessionen vorhanden, das Anhängsel am inneren Staminapaar fehlte in einer Akzession. Aber in allen Akzessionen war eine Behaarung vorhanden.

4.4 Variabilität von *Ocimum gratissimum*

Tabelle 6: Variabilität quantitativer Merkmale von *Ocimum gratissimum*

Table 6: Variability of quantitative traits of *Ocimum gratissimum*

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
Breite der Kotyledonen [cm]	0,60	0,70	0,70	0,90	10
Länge der Kotyledonen [cm]	0,30	0,40	0,40	0,60	10
Pflanzenhöhe [cm]	28,80	47,70	47,80	69,00	12
Pflanzendurchmesser [cm]	15,20	28,40	25,10	47,00	12
Länge der Hauptfloreszenz [cm]	8,50	10,60	10,30	12,60	11
Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz	11,00	14,30	13,50	17,00	12
Calyxlänge [mm]	3,50	3,90	3,80	4,50	9
Corollalänge [mm]	3,50	4,10	4,10	4,40	9
Länge des inneren Staminapaars [mm]	3,50	4,10	4,10	5,30	9
Länge des äußeren Staminapaars [mm]	4,10	5,20	5,40	5,70	9
Blattlänge [cm]	6,10	7,90	8,10	9,40	12
Blattbreite [cm]	3,50	4,60	4,70	5,40	12
Blattstiellänge [cm]	1,40	1,97	1,99	2,50	12
Gehalt an ätherischem Öl (ml/100g TM)	0,33	1,20	1,30	1,95	12
Ocimen (% im Öl)	0,00	12,02	9,87	26,60	12
1,8-Cineol (% im Öl)	0,00	0,27	0,00	1,12	12
?-Terpinen (% im Öl)	0,00	10,06	0,00	34,34	12
Linalool (% im Öl)	0,00	0,51	0,52	1,34	12
Thymol (% im Öl)	0,00	11,20	0,00	35,43	12
Eugenol (% im Öl)	0,00	26,30	0,40	80,40	12
β -Elemen (% im Öl)	0,00	0,16	0,00	0,73	12
α -Bergamoten (% im Öl)	0,00	3,71	0,30	11,59	12
β -Caryophyllen (% im Öl)	1,85	2,77	2,91	3,46	12
Iso-Eugenolmethylether (% im Öl)	0,00	11,49	0,00	36,06	12

Die recht hohe Variabilität der quantitativ messbaren Merkmale von *O. gratissimum* sind der Tabelle 6 zu entnehmen. Auffällig ist das Vorhandensein von β -Caryophyllen in allen untersuchten Akzessionen. Die Keimdauer variierte sehr stark. Sie lag zwischen 7 und 18 Tagen nach Aussaat. Die Kotyledonen und Primärblätter waren hellgrün bis dunkelgrün gefärbt, in einem Ausnahmefall war das Primärblatt rotviolett. Die Verzweigung führte zu Seitentrieben 1. bis 3. Ordnung. Die Anzahl der Nodien lag zwischen 9 und 14. Die Verholzung erreichte das 6. Internodium. Der Blühanfang lag zwischen 12 bis 19 Wochen nach Aussaat. Die Anthocyanfärbung der

Infloreszenz variierte von „leicht“ bis 80%. Die Kelchoberlippe war sowohl in der Blüte als auch während der Fruchtreife zwischen mittelgrün und 60% Anthocyan gefärbt, die Unterlippen zwischen hellgrün und 40% Anthocyan gefärbt. Die Kronenoberlippe war cremefarben, die -unterlippe weiß. Die Antherenfarbe war einheitlich gelb. Die Blattspreitenfarbe variierte zwischen mittelgrün bis 100% Rotfärbung. Der Blattspreitenquerschnitt war flach oder zurückgerollt, der Spreitenrand gesägt bis stark gesägt, die Oberfläche glatt bis leicht blasig aufgeworfen. Im Kelch war kein Haarkranz ausgebildet. Die inneren Stamina waren durchweg behaart und besitzen basale Anhängsel.

4.5 Variabilität von *Ocimum tenuiflorum*

Tabelle 7: Variabilität quantitativer Merkmale von *Ocimum tenuiflorum*

*Table 7: Variability of quantitative traits of *Ocimum tenuiflorum**

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
Breite der Kotyledonen [cm]	0,40	0,60	0,60	0,80	11
Länge der Kotyledonen [cm]	0,30	0,40	0,40	0,50	11
Pflanzenhöhe [cm]	21,00	34,30	31,80	57,00	11
Pflanzendurchmesser [cm]	18,00	26,40	25,40	38,40	11
Länge der Hauptfloreszenz [cm]	10,00	11,40	10,00	12,20	11
Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz	8,80	12,40	8,80	14,00	11
Calyxlänge [mm]	2,60	3,00	2,90	3,60	11
Corollalänge [mm]	3,50	4,00	4,10	4,30	11
Länge des inneren Staminapaars [mm]	3,10	4,20	4,30	5,10	11
Länge des äußeren Staminapaars [mm]	3,80	4,60	4,80	5,50	11
Blattlänge [cm]	2,50	3,90	4,00	5,90	11
Blattbreite [cm]	1,30	2,00	1,90	3,50	11
Blattstiellänge [cm]	0,85	1,49	1,45	2,68	9
Gehalt an ätherischem Öl (ml/100g TM)	0,06	0,40	0,30	0,90	9
Linalool (% im Öl)	0,00	0,31	0,00	1,63	9
Estragol (% im Öl)	0,00	0,03	0,00	0,28	9
Thymol (% im Öl)	0,00	1,20	0,00	7,29	9
Eugenol (% im Öl)	0,00	32,70	51,50	62,60	9
Zimtsäuremethylester-E (% im Öl)	0,00	0,05	0,00	0,45	9
Eugenolmethylether (% im Öl)	0,00	29,70	0,00	79,30	9
β -Elemen (% im Öl)	3,39	8,98	9,09	15,14	9
α -Bergamoten (% im Öl)	0,00	0,28	0,00	2,55	9
β -Caryophyllen (% im Öl)	11,18	21,98	22,90	29,58	9

Ocimum tenuiflorum zeigt in den quantitativen Merkmalen ebenfalls eine hohe Variabilität wie es Tabelle 7 zu entnehmen ist. Bei der Zusammensetzung des ätherischen Öls ist auffällig, dass alle untersuchten Akzessionen, β -Elemen und β -Caryophyllen enthalten.

Die Keimdauer variierte zwischen 7 und 14 Tagen. Die Kotyledonenfarbe war einheitlich hellgrün. Die Verzweigung reichte bis zu Seitentrieben 2. oder 3. Ordnung. Die Anzahl der Nodien schwankte zwischen 9 und 17. Die Verholzung reichte von der Basis bis zum 5., maximal bis zum 9. Nodium. Der Blühbeginn lag zwischen 8 und 15 Wochen nach der Aussaat. Die Infloreszenzfarbe lag zwischen hellgrün und fast 100% Rotfärbung. Die Farbe des Kelchs lag zwischen hellgrün und fast 100%

Anthocyanfärbung, wobei die Unterlippe meist heller war. Die Krone war einheitlich rosa bis violett gefärbt. Die Antherenfarbe war gelb, eine Akzession besaß abweichend cremefarbene Antheren. Die Blattoberseite variierte zwischen hellgrün und 100%iger Anthocyanfärbung. Die Blattunterseite dagegen nur zwischen hellgrün und dunkelgrün. Die Blattspreite war häufig am Rand gewellt, manchmal auch flach. Der Spreitenrand war gering bis stark gesägt.

4.6 Variabilität von *Ocimum campechianum* Mill.

Tabelle 8: Variabilität quantitativer Merkmale von *Ocimum campechianum*

Table 8: Variability of quantitative traits of *Ocimum campechianum*

Merkmal	Min.	Mittelwert μ	Median	Max.	N
Breite der Kotyledonen [cm]	0,60	0,80	0,80	0,90	3
Länge der Kotyledonen [cm]	0,40	0,50	0,50	0,60	3
Pflanzenhöhe [cm]	28,00	30,40	31,20	32,00	3
Pflanzendurchmesser [cm]	25,60	31,80	34,60	35,20	3
Länge der Hauptfloreszenz [cm]				10,20	1
Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz				8,20	1
Calyxlänge [mm]	4,40	4,70	4,80	5,00	3
Corollalänge [mm]	4,20	4,40	4,30	4,60	3
Länge des inneren Staminapaars [mm]	3,00	3,40	3,50	3,60	3
Länge des äußeren Staminapaars [mm]	4,10	4,20	4,10	4,30	3
Blattlänge [cm]	5,50	5,80	5,60	6,20	3
Blattbreite [cm]	3,00	3,20	3,10	3,50	3
Blattstiellänge [cm]	1,20	1,40	1,40	1,60	3
Gehalt an ätherischem Öl (ml/ 100g TM)	0,20	0,50	0,30	1,00	3
Ocimen (% im Öl)	4,60	5,20	4,80	6,20	3
1,8-Cineol (% im Öl)	2,30	13,50	18,20	19,90	3
Linalool (% im Öl)	0,00	3,10	4,00	5,40	3
Eugenol (% im Öl)	10,40	23,60	13,70	46,80	3
β -Elemen (% im Öl)	0,90	7,60	9,00	12,90	3
β -Caryophyllen (% im Öl)	12,60	15,30	16,20	17,20	3
Iso-Eugenolmethylether (% im Öl)	2,90	6,50	4,10	12,60	3
β -Bisabolen (% im Öl)	0,00	4,50	0,00	13,60	3

Die Ausmaß der Variabilität bei *O. campechianum* lässt sich anhand einer Stichprobe von 3 Akzessionen nicht zuverlässig abschätzen. Auffällig ist dennoch der große Unterschied in der Ausbeute an ätherischem Öl. Die Keimung dauerte zwischen 6 und 7 Tagen, bei einer Keimfähigkeit von unter 5 bis 25%, die Kotyledonenfarbe war hellgrün.

Die Verzweigung reichte bis zu Seitentrieben 4. Ordnung, der Spross besaß 4-8 Nodien, die bis über das 4. Nodium hinaus verholzt waren. Der Blühbeginn lag zwischen 10 und 13 Wochen nach Aussaat. Die Hauptfloreszenzfarbe und die Farbe der Kelchoberlippe während der Blüte lag zwischen 1-40% Anthocyanfärbung, die Kelchunterlippe war hellgrün, während der Fruchtreife war die Kelchoberlippe zwischen hell- und mittelgrün. Die Kronenunterlippe war weiß, zartrosa bzw. weiß mit violetten Punkten, die -oberlippe weiß mit violetten Punkten. Die Antherenfarbe war cremefarben. Die inneren Antheren besaßen keine Anhängsel und keine Behaarung. Der Haarkranz im Inneren des Kelchs fehlte. Die Blattspreite war auf der Oberseite

mittelgrün, auf der Unterseite hellgrün bzw. dunkelgrün, flach, glatt und mit gesägten bis stark gesägten Rändern.

Die Variabilität von *O. kilimandscharicum* und *O. selloi* konnte nicht durch Messungen an jeweils nur einer Akzession beschrieben werden. Die Einzelwerte können aber der Tabelle A4 aus dem Anhang entnommen werden.

4.7 Varianzanalyse der Artenmittelwerte der Messwerte

Im vorangegangenen Kapitel konnte eine hohe Variabilität der quantitativen Messdaten innerhalb der verschiedenen Arten beobachtet werden. Hier soll untersucht werden, ob sich trotz großer Variabilität innerhalb der Arten die verschiedenen Arten und Unterarten anhand der einzelnen Merkmale unterscheiden lassen.

Eine einfaktorielle Varianzanalyse beantwortet die Frage, ob mindestens zwei der Mittelwerte der Merkmale, zusammengefasst nach Arten, signifikant voneinander verschieden sind. Anhand der 95%-Konfidenzintervalle für die Mittelwerte kann abgelesen werden, bei welchen Arten sich die Konfidenzintervalle nicht überschneiden. Dies gibt Sicherheit, dass trotz unterschiedlich großer Stichproben dieses Merkmal in 95% der Fälle zur Unterscheidung von Arten geeignet ist. Dabei muss jedoch auch ein evtl. Witterungseffekt und ein sog. Versuchsfehler beachtet werden, wie es im folgenden noch getan wird. Aus Platzgründen wurden die Konfidenzintervalle nicht abgebildet, sondern zu Artengruppen zusammengefasst, bei denen sich Konfidenzintervalle nicht überschneiden.

Der prozentuale Anteil von Inhaltsstoffen im ätherischen Öl und die evaluierten bzw. skalierten Daten sind nicht normal verteilt und können daher nicht mit Hilfe einer Varianzanalyse untersucht werden.

Tabelle 9 gibt die mittlere Abweichungssumme MQ, die Reststreuung und den F-Wert mit dazugehörigem Signifikanzwert P an. In die Analyse gingen die Mittelwerte einzelner Merkmale ein, zusammengefasst nach Arten.

Tabelle 9: Mittlere Abweichungssumme (MQ), Reststreuung und Signifikanz einiger quantitativer Merkmale

Table 9: Mean square deviation (MQ), residual and significance of quantitative traits

<i>Merkmal</i>	<i>MQ</i>	<i>Rest</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Breite der Kotyledonen [cm]	1,42	0,029	49,09	0,000
Länge der Kotyledonen [cm]	2,24	6,19	0,36	0,963
Pflanzenhöhe [cm]	3254,1	95,0	34,26	0,000
Pflanzendurchmesser [cm]	517,6	20,2	25,68	0,000
Länge der Hauptfloreszenz [cm]	1984,8	22,6	87,98	0,000
Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz	651,82	8,37	77,84	0,000
Calyxlänge [mm]	55,08	0,28	194,25	0,000
Corollalänge [mm]	188,94	0,39	473,37	0,000
Länge des inneren Staminapaars [mm]	178,59	0,61	292,26	0,000
Länge des äußeren Staminapaars [mm]	340,69	0,71	481,15	0,000
Blattlänge [cm]	128,84	1,22	105,94	0,000
Blattbreite [cm]	54,01	0,81	66,77	0,000
Blattstiellänge [cm]	9,94	0,34	29,36	0,000
Gehalt an ätherischem Öl (ml/100g TM)	1,58	0,06	25,08	0,000

Die Mittelwerteunterschiede der **Kotyledonenbreite** sind signifikant.

Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte der Kotyledonenbreite sind drei Gruppen von Arten und Unterarten unterscheidbar, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. americanum* var. *americanum* und *O. tenuiflorum* mit Mittelwerten bis maximal 0,56 cm; Gruppe B: *O. americanum* var. *pilosum*, *O. campechianum*, *O. x citriodorum*, *O. gratissimum* subsp. *gratissimum*, *O. gratissimum* subsp. *macrophyllum*, *O. basilicum* subsp. *minimum*, *O. basilicum* var. *purpurascens* mit mittleren Kotyledonenbreiten zwischen 0,76-0,99 cm und Gruppe C mit *O. basilicum* var. *basilicum* und var. *thyrsoiflorum* mit mittleren Kotyledonenbreiten über 1 cm.

Die Mittelwerteunterschiede der **Kotyledonenlänge** sind nicht signifikant, wodurch dieses Merkmal nicht zur Unterscheidung der untersuchten Arten herangezogen werden kann.

Die Mittelwerteunterschiede der **Pflanzenlänge** sind signifikant.

Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte der Pflanzenlänge können fünf Gruppen von Arten unterschieden werden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. campechianum* ($\mu=30,4$ cm); Gruppe B: *O. basilicum* subsp. *minimum* ($\mu=38,3$ cm); Zwischen A und B: *O. americanum* var. *americanum*, *O. gratissimum* var. *macrophyllum*, *O. tenuiflorum*, *O. basilicum* var. *thyrsoiflorum*; Gruppe C: *O. basilicum* var. *basilicum* mit $\mu=41,6$ cm; Gruppe D: *O. x citriodorum* mit $\mu=45,7$ cm; Gruppe E: *O. basilicum* var. *purpurascens* mit $\mu= 50$ cm und Gruppe F: *O. gratissimum* subsp. *iringense* mit $\mu=61.8$ cm und zwischen Gruppe D und E: *O. gratissimum* var. *gratissimum*.

Die Mittelwerteunterschiede des **Pflanzendurchmessers** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden:

Gruppe A: *O. gratissimum* var. *macrophyllum* mit einem mittleren Pflanzendurchmesser von 22 cm ; Gruppe B: *O. basilicum* var. *basilicum*, *O. tenuiflorum*, *O. basilicum* var. *thyrsoiflorum* mit $\mu = 26,4$ cm; dazwischenliegend *O. gratissimum* var. *gratissimum*; Gruppe C: *O. americanum* var. *pilosum*, *O. basilicum* subsp. *minimum*, *O. basilicum* var. *purpurascens*, *O. x citriodorum* mit $\mu = 30,8$ cm; Gruppe D: *O. gratissimum* subsp. *iringense* mit im Mittel 36,7 cm und zwischen Gruppe C und D liegend: *O. campechianum* und *O. americanum* var. *americanum*.

Die Mittelwerteunterschiede der **Hauptfloreszenzlänge** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden:

Gruppe A: *O. basilicum* subsp. *minimum*, *O. basilicum* var. *thyrsoiflorum* mit mittleren Hauptfloreszenzlängen von maximal 6,9 cm, Gruppe B: *O. tenuiflorum*, *O. gratissimum*, *O. americanum* var. *americanum* ($\mu<12,5$), zwischen den beiden Gruppen liegen *O. gratissimum* var. *macrophyllum* und subsp. *iringense* und *O. campechianum*, Gruppe C: *O. basilicum* var. *basilicum*, *O. americanum* var. *pilosum*, *O. x citriodorum*, *O. basilicum* var. *purpurascens* ($\mu<23,4$).

Die Mittelwerteunterschiede der **Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden:

Gruppe A: *O. basilicum* subsp. *minimum* ($\mu=5,4$); Gruppe B: *O. basilicum* var. *thyrsoiflorum* ($\mu=8,5$); Gruppe A und B überschneidend: *O. campechianum* Gruppe C: *O. americanum*, *O. basilicum* var. *basilicum*, *O. x citriodorum*, *O. gratissimum* mit Unterarten, *O. basilicum* var. *purpurascens* und *O. tenuiflorum* ($\mu<15,42$); Gruppe D: *O. americanum* var. *pilosum* ($\mu=19,4$).

Die Mittelwerteunterschiede der **Calyxlänge** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. americanum* und var. *pilosum*, *O. tenuiflorum* ($\mu<3,3$); Gruppe B: *O. gratissimum* und var. *macrophyllum* ($\mu<3,9$); Gruppe C: *O. x citriodorum*, *O. basilicum* subsp. *minimum*, var. *purpurascens* und var. *thyrsoiflorum*, *O. campechianum*, *O. gratissimum* subsp. *iringense* ($\mu<4,9$); Gruppe D: *O. basilicum* var. *basilicum* ($\mu=5,5$ cm).

Die Mittelwerteunterschiede der **Corollalänge** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. americanum*, *O. campechianum*, *O. gratissimum* mit Unterarten und *O. tenuiflorum* ($\mu<4,4$); Gruppe B: *O. americanum* var. *pilosum* ($\mu=5,5$); Gruppe C: *O. x citriodorum* und *O. basilicum* subsp. *minimum* ($\mu<7,5$); Gruppe D: *O. basilicum* var. *basilicum* und var. *purpurascens* ($\mu<8,41$); zwischen C und D: *O. basilicum* var. *thyrsoiflorum* ($\mu=7,8$).

Die Mittelwerteunterschiede der **Länge der inneren Staubblätter** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. americanum*, *O. campechianum*, *O. gratissimum* mit Varietäten und *O. tenuiflorum* ($\mu<4,41$); Gruppe B: *O. americanum* var. *pilosum* ($\mu=5,52$); Gruppe C: *O. x citriodorum*, *O. basilicum* subsp. *minimum* ($\mu<6,73$); Gruppe D: *O. basilicum* var. *basilicum* var. *purpurascens* und var. *thyrsoiflorum* ($\mu<8,4$).

Die Mittelwerteunterschiede der **Länge der äußeren Staubblätter** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. americanum*, *O. campechianum*, *O. gratissimum* mit Varietäten und *O. tenuiflorum* ($\mu<5,6$ mm); Gruppe B: *O. americanum* var. *pilosum* ($\mu=7,5$); Gruppe C: *O. x citriodorum* und *O. basilicum* subsp. *minimum* ($\mu<8,97$); Gruppe D: *O. basilicum* var. *basilicum*, var. *purpurascens* und *thyrsoiflorum* ($\mu<10,74$)

Die Mittelwerteunterschiede der **Blattspreitenlänge** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. americanum* und *O. basilicum* subsp. *minimum* ($\mu<2,04$); Gruppe B: *O. x citriodorum*,

O. tenuiflorum, *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* ($\mu < 4,6$); Gruppe C: *O. basilicum* var. *basilicum*, *O. campechianum* ($\mu < 5,79$); zwischen Gruppe B und C: *O. basilicum* var. *purpurascens*; Gruppe D: *O. gratissimum* mit Varietäten ($\mu < 7,7$). Zwischen Gruppe C und D: *O. americanum* var. *pilosum*.

Die Mittelwerteunterschiede der **Blattspreitenbreite** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. americanum* und *O. basilicum* spp. *minimum* ($\mu < 0,91$); Gruppe B: *O. x citriodorum*, *O. tenuiflorum* ($\mu < 2,05$); Gruppe C: *O. basilicum* var. *purpurascens* und var. *thyrsiflorum* ($\mu < 2,6$), Gruppe D: *O. basilicum* var. *basilicum* ($\mu = 3,22$); zwischen Gruppe C und D liegend: *O. campechianum*; Gruppe E: *O. gratissimum* und Varietäten ($\mu < 4,91$) und zwischen Gruppe D und E liegend: *O. americanum* var. *pilosum*.

Die Mittelwerteunterschiede der **Blattstiellänge** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte lassen sich folgende Gruppen unterscheiden, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden: Gruppe A: *O. basilicum* subsp. *minimum* ($\mu = 0,73$); Gruppe B: *O. tenuiflorum*, *O. campechianum*, *O. x citriodorum*, *O. basilicum* var. *basilicum* und var. *thyrsiflorum* ($\mu < 1,7$); Zwischen Gruppe A und B: *O. americanum*; Gruppe C: *O. gratissimum* und Varietät *macrophyllum*, *O. americanum* var. *pilosum*, *O. purpurascens* ($\mu < 2,21$). Zwischen Gruppe B und C: *O. basilicum* var. *thyrsiflorum* und *O. gratissimum* subsp. *iringense*.

Die Mittelwerteunterschiede des **Gehalts an ätherischem Öl** sind signifikant. Bei Betrachtung der 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte des Gehalts an ätherischem Öl sind drei Gruppen unterscheidbar, deren Konfidenzintervalle sich nicht überschneiden:

Gruppe A: *O. americanum* var. *pilosum*, *O. basilicum* var. *basilicum*, *O. campechianum*, *O. tenuiflorum*, *O. x citriodorum* mit mittleren Ölgehalten bis zu 0,75 ml pro 100 g TM;

Gruppe B: *O. gratissimum* mit mittleren Ölgehalten bis zu 1,2 ml pro 100 g TM;

Das Konfidenzintervall von *O. americanum* var. *americanum* liegt zwischen Gruppe A und B.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass mit Hilfe der untersuchten quantitativen Merkmale mit Ausnahme der Kotyledonenlänge eine signifikante Unterscheidung der Arten und Varietäten möglich ist.

4.8 Chemotypen

Die Ausbeute an ätherischem Öl war bei *O. gratissimum* am höchsten, *O. americanum* var. *americanum* steht an zweiter Stelle, dann die anderen Arten.

Es konnte gezeigt werden, dass die Variationsbreiten der Inhaltsstoffe der verschiedenen Arten sehr hoch waren und teilweise sogar zwischen Null bis über 90% Anteil im ätherischen Öl lagen. Im folgenden soll untersucht werden, ob sog. Chemotypen definierbar sind, die unabhängig von den morphologischen Eigenschaften unterscheidbar sind. Chemotypen werden in der Regel anhand der zwei wichtigsten Inhaltsstoffe im ätherischen Öl beschrieben.

4.8.1 Chemotypen in *O. basilicum*-Akzessionen

In den Basilikum-Akzessionen der Genbank kamen 18 verschiedene Inhaltsstoffe im ätherischen Öl vor (siehe Variabilität von *O. basilicum*). Chemotypen beschreiben die beiden wichtigsten Inhaltsstoffe, die im ätherischen Öl vorkommen, in abnehmender Reihenfolge. In Basilikum konnten 18 verschiedene Chemotypen definiert werden:

- 1.) Estragol (68-84%)-Chemotyp
- 2.) Estragol (36-65%)-Eugenolmethylether (16-37%)-Chemotyp
- 3.) Estragol (31-67%)–Linalool (10-38%)-Chemotyp
- 4.) Estragol (33-53%)-Zimtsäuremethylester (14-30%)-Chemotyp
- 5.) Eugenol (36-47%)-Cineol (13-18%)-Chemotyp
- 6.) Eugenol (33-47%)-Linalool (10-28%)-Chemotyp
- 7.) Eugenolmethylether (25-61%)-Cineol (13-19%)-Chemotyp
- 8.) Eugenolmethylether (38-41%)-Estragol (35-38%)-Chemotyp
- 9.) Linalool (67-71%)-Chemotyp
- 10.) Linalool (58%)-Cineol (16%)-Chemotyp
- 11.) Linalool (32-56%)-Estragol (13-35%)-Chemotyp
- 12.) Linalool (46-63%)-Eugenol (10-39%)-Chemotyp
- 13.) Linalool (56%)-Geraniol (15%)-Chemotyp
- 14.) Linalool (46-48%)-Zimtsäuremethylester (33-35%)-Chemotyp
- 15.) Zimtsäuremethylester (67-86%)-Chemotyp
- 16.) Zimtsäuremethylester (37-72%)-Cineol (10-13%)-Chemotyp
- 17.) Zimtsäuremethylester (40%)-Eugenol (15%)-Chemotyp
- 18.) Zimtsäuremethylester (38-75%)-Linalool (10-30%)-Chemotyp

4.8.2 Chemotypen morphologisch intermediärer Akzessionen zu *O. basilicum*

In *O. basilicum* subsp. *basilicum* L. intermediär *O. x citriodorum* Vis.:
Geraniol (26%)-Neral (18%)-Chemotyp

Die genaue Zusammensetzung des ätherischen Öls der Akzessionen kann aus der Tabelle A 3 im Anhang entnommen werden.

4.8.3 Chemotypen in *O. americanum*

- 1.) Eugenol (32-48%)-Cineol (15-25%)-Chemotyp in *O. americanum* var. *pilosum*.
Alle untersuchten Akzessionen dieser Art wiesen diesen Chemotyp auf und darüber hinaus ungefähr gleich hohen Anteile an Bergamoten, Caryophyllen, Bisabolen und einem unbestimmten Inhaltsstoff mit der Retentionszeit 17.58.
- 2.) Zimtsäuremethylester-Chemotyp mit 83-85% Zimtsäuremethylester-Isomeren im ätherischen Öl

4.8.4 Chemotypen in *O. x citriodorum*

- 1.) Geraniol (43-46%)-Neral (32-35%)-Chemotyp
- 2.) Estragol (86-92%)-Chemotyp
- 3.) Linalool (40%)-Estragol (30%)-Chemotyp

4.8.5 Chemotypen morphologisch intermediärer Akzessionen zu *O. x citriodorum*

Intermediär zu *O. basilicum* var. *purpurascens*:

1. Estragol (89%)-Chemotyp
2. Linalool (64%)-Estragol (16%)-Chemotyp
3. Linalool (48%)-Zimtsäuremethylester-E (32%)-Chemotyp

Intermediär zu *O. americanum*:

1. Estragol (74%)-Linalool (15%)-Chemotyp

4.8.6 Chemotypen in *O. gratissimum*

- 1.) Thymol (31-35%)-?-Terpinen (28-34%)-Chemotyp in *O. gratissimum* subsp. *gratissimum* var. *gratissimum*
- 2.) Iso-Eugenolmethylether (33-36%)-Ocimen (25-27%)-Chemotyp in *O. gratissimum* subsp. *macrophyllum*
- 3.) Eugenol (76-80%)-Ocimen (9-11%)-Chemotyp in *O. gratissimum* subsp. *gratissimum* subsp. *iringense*

4.8.7 Chemotypen in *O. tenuiflorum*

- 1.) Eugenol (51-63%)-Caryophyllen (18-28%)-Chemotyp
- 2.) Eugenolmethylether (55-79%)-Caryophyllen (11-30%)-Chemotyp

4.8.8 Chemotypen in *O. campechianum*

In der Genbank-Sammlung waren nur drei verschiedene Akzessionen von *O. campechianum* vorhanden. Dennoch konnten zwei verschiedene Chemotypen gefunden werden:

- 1.) 1,8- Cineol (18-19%)-Caryophyllen (16-17%)-Chemotyp
- 2.) Eugenol (47%)- β -Bisabolen (14%)-Chemotyp

4.8.9 Chemotyp von *O. kilimandscharicum*

- 1.) Kampher-1,8 (63%)-Eugenol (23%)-Chemotyp

4.8.10 Chemotyp in *O. selloi*

- 1.) Elemicin (47%)-Ocimen (17%)-Chemotyp

4.9 Jahresvergleich 1999/2000

4.9.1 Jahresvergleich der morphologischen Eigenschaften

Tabelle 10: Variabilität einiger Merkmale im Jahresvergleich

Table 10: Variability of traits in different years

Variable	N	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
Pflanzenhöhe [cm] 1999	40	41,0	35,6	21,0	67,6
Pflanzenhöhe [cm] 2000	40	47,6	45,6	25,6	91,0
Pflanzendurchmesser [cm] 1999	40	29,2	30,3	15,2	45,8

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Median</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
Pflanzendurchmesser [cm] 2000	40	39,7	39,9	30,2	53,2
Verzweigungsgrad 1999	40	2,8	3,0	1,0	7,0
Verzweigungsgrad 2000	40	2,9	3,0	1,0	5,0
Verholzungsgrad 1999	40	6,3	5,5	3,0	12,0
Verholzungsgrad 2000	40	5,0	5,0	1,0	10,0
Nodien 1999	40	7,8	7,0	4,0	17,0
Nodien 2000	40	7,2	6,0	3,0	15,0
Blühhorizont 1999	40	1,1	1,0	1,0	3,0
Blühhorizont 2000	37	1,1	1,0	1,0	2,0
Cofloreszenzen 1999	37	9,2	8,0	2,0	27,0
Cofloreszenzen 2000	34	8,8	9,0	3,0	15,0
Hauptfloreszenzlänge 1999	35	18,2	19,6	5,4	28,8
Hauptfloreszenzlänge 2000	36	17,8	18,6	8,0	34,2
Anzahl der Wirtel 1999	35	15,0	14,4	4,0	31,4
Anzahl der Wirtel 2000	36	15,2	14,3	11,0	24,8
Infloreszenzfarbe 1999	38	3,2	2,0	1,0	8,0
Infloreszenzfarbe 2000	38	3,7	2,0	1,0	8,0
Calyxoberlippenfarbe 1999	38	4,2	5,0	1,0	8,0
Calyxoberlippenfarbe 2000	38	4,5	5,0	1,0	8,0
Calyxunterlippenfarbe 1999	38	2,4	1,0	1,0	7,0
Calyxunterlippenfarbe 2000	38	2,5	1,0	1,0	8,0
Fruchtcalyxoberlippenfarbe 1999	38	2,5	1,5	1,0	7,0
Fruchtcalyxoberlippenfarbe 2000	38	3,6	2,0	1,0	8,0
Fruchtcalyxunterlippenfarbe 1999	38	1,6	1,0	1,0	7,0
Fruchtcalyxunterlippenfarbe 2000	38	2,2	1,0	1,0	8,0
Antherenfarbe 1999	38	1,6	1,0	1,0	3,0
Antherenfarbe 2000	38	1,7	1,0	1,0	4,0
Corollaunterlippefarbe 1999	38	2,2	1,0	1,0	7,0
Corollaunterlippefarbe 2000	38	2,1	1,0	1,0	7,0
Corollaoberlippefarbe 1999	38	3,1	2,0	1,0	7,0
Corollaoberlippefarbe 2000	38	2,9	2,0	1,0	7,0
Blattspreitenlänge 1999	35	5,1	4,5	1,2	9,4
Blattspreitenlänge 2000	40	6,0	5,3	1,4	12,1
Blattspreitenbreite 1999	35	2,6	2,2	0,8	5,6
Blattspreitenbreite 2000	40	3,3	3,0	0,9	8,0
Blattstiellänge 1999	35	1,6	1,6	0,6	2,5
Blattstiellänge 2000	40	2,0	2,0	0,9	3,3
Blattoberseitefarbe 1999	40	3,4	3,0	1,0	6,0
Blattoberseitefarbe 2000	40	2,5	2,5	1,0	5,0
Blattunterseitefarbe 1999	40	1,6	1,0	1,0	6,0
Blattunterseitefarbe 2000	40	1,7	1,0	1,0	3,0
Spreitenquerschnitt 1999	40	1,9	1,5	1,0	5,0
Spreitenquerschnitt 2000	40	1,8	1,0	1,0	5,0
Spreitenoberfläche 1999	40	1,3	1,0	1,0	2,0
Spreitenoberfläche 2000	40	1,1	1,0	1,0	2,0
Spreitenrand 1999	40	2,2	2,0	0,0	5,0
Spreitenrand 2000	40	1,8	1,0	0,0	4,0

Hauptfloreszenzlänge:

Bei einer zweifaktoriellen Varianzanalyse zeigt sich, dass der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 auf die Variabilität des Merkmals „Länge der Hauptfloreszenz“ nicht signifikant ist. Hingegen ist der Arteffekt auf die Varianz des Merkmals hoch. Die Wechselwirkung Arten-Jahre ist mit deutlich kleinerem F-Wert signifikant, d.h. die Arten reagieren unterschiedlich auf veränderte Witterungsbedingungen. Die Reststreuung, die weder durch die unterschiedlichen Arten noch durch den Jahreseffekt bzw. Witterungseffekt erklärt werden kann, ist verhältnismäßig gering.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	11,12	2,08	0,15
Arten	312,24	58,51	0,000
Jahr*Arten	19,95	3,74	0,000
Reststreuung	5,34		

Bei der Berechnung des Arten-Jahres-Effekts gingen alle in beiden Jahren untersuchten Arten mit ein. Betrachtet man *O. basilicum* getrennt von den anderen Arten, so ergibt sich bei der einfaktoriellen Varianzanalyse ein nicht signifikanter Jahreseffekt, ein geringerer signifikanter F-Wert für den genotypischen Effekt und eine signifikante (Irrtumswahrscheinlichkeit 2%) genetische Plastizität (Akzessionen-Jahres-Effekt) dieses Merkmals innerhalb von Basilikum:

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	5,54	0,63	0,43
Akz	176,76	20,03	0,000
Jahr*Akz	35,21	3,99	0,002
Reststreuung	2,03		

Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz:

Bei einer einfaktoriellen Varianzanalyse zeigt sich, dass der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 auf die Variabilität des Merkmals "Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz" bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1,3% signifikant ist. Der Einfluss der Arten ist signifikant und liegt höher als der Jahreseffekt. Auch hier ist die Interaktion Jahre-Arten signifikant, aber mit einem geringeren F-Wert. Die Reststreuung ist ebenfalls gering:

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	43,88	6,21	0,013
Arten	243,11	34,10	0,000
Jahr*Arten	38,42	5,43	0,000
Reststreuung	7,07		

Bei einer von den anderen Arten getrennten Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse von *O. basilicum* ergeben sich folgende Mittlere Abweichungsquadrate (MQ) und F-Werte mit deren Signifikanzwert P:

	MQ	F	P
Jahr	7,855	2,09	0,154
Akz	22,20	5,91	0,000
Jahr*Akz	22,43	5,97	0,000
Reststreuung	3,756		

Der Jahreseffekt ist innerhalb von Basilikum nicht signifikant. Der Einfluss der verschiedenen Akzessionen auf die Varianz dieses Merkmals ist signifikant. In gleicher Weise signifikant ist aber auch ein Akzessionen-Jahres-Effekt, d. h. die Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz verändert sich in den beiden Jahren in unterschiedliche Richtungen in Abhängigkeit vom Genotyp. Manche Akzessionen haben also im einen Jahr mehr Wirtel und im anderen Jahr weniger, bei anderen Akzessionen ist es genau umgekehrt.

Länge der äußeren Staubblätter:

Bei einer einfaktoriellen Varianzanalyse zeigt sich, dass der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 auf die Variabilität des Merkmals "Länge der äußeren Staubblätter" nicht signifikant ist. Hingegen ist der Einfluss der Akzessionen sehr hoch und signifikant. Die Interaktion Arten-Jahre ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3,6% noch signifikant. Die Reststreuung ist verhältnismäßig klein.

	MQ	F	P
Jahr	0,006	0,01	0,937
Arten	139,829	140,06	0,000
Jahr*Arten	1,914	1,92	0,036
Reststreuung	0,998		

Bei getrennter Betrachtung von *O. basilicum* ergeben sich folgende Werte:

	MQ	F	P
Jahr	0,044	0,04	0,84
Akzessionen	12,82	11,52	0,000
Jahr* Akzessionen	1,667	1,50	0,173
Reststreuung	1,113		

Innerhalb von Basilikum ist nur der genotypische Effekt signifikant. Der Witterungseffekt spielt bei diesem Merkmal keine Rolle.

Länge der inneren Staubblätter:

Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 auf die Variabilität des Merkmals "Länge der inneren Staubblätter" bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit vom 1,6% signifikant ist. Der Einfluss der Akzessionen ist dagegen hoch und signifikant. Die Wechselwirkung von Jahren und Arten ist bei

einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5% nicht mehr signifikant. Die unerklärte Reststreuung ist gering:

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	4,071	5,83	0,016
Arten	63,340	90,64	0,000
Jahr*Arten	1,225	1,75	0,0611
Reststreuung	0,699		

Bei getrennter Betrachtung der Varianz innerhalb von Basilikum ergeben sich folgende Werte:

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	3,27	4,13	0,046
Akzessionen	5,9198	7,48	0,000
Jahr*Akzessionen	1,3865	1,75	0,101
Reststreuung	0,7915		

Der Einfluss der Jahre ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 4,6% gerade noch als signifikant einzuordnen. Einen klaren, signifikanten Einfluss hat aber der Genotyp auf dieses Merkmal. Die Interaktion Jahr*Akzessionen ist nicht signifikant. Die Mittlere Abweichungsquadrate durch die beiden Merkmale nicht erklärter Reststreuung ist noch deutlich kleiner als die der Faktoren.

Länge des Kelchs:

Eine einfaktorische Varianzanalyse zeigt, dass der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 auf die Variabilität des Merkmals "Länge des Kelchs" bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 1% signifikant ist. Der Einfluss des Genotyps ist höher und ebenfalls signifikant. Die Interaktion Arten-Jahre ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3,9% signifikant, aber deutlich kleiner als der reine Jahreseffekt. Dieser Effekt kann daher nicht als genetische Plastizität interpretiert werden. Die Reststreuung ist geringer als die untersuchten Effekte.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	6,449	8,93	0,003
Arten	19,24	26,65	0,000
Jahr*Arten	1,368	1,89	0,039
Reststreuung	0,722		

Bei getrennter Betrachtung von Basilikum zeigen die Faktoren Jahr und Genotyp folgende Effekte:

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	0,6934	5,29	0,024
Akzessionen	1,4121	10,77	0,000
Jahre*Akzessionen	0,9724	7,41	0,000
Reststreuung	0,1312		

Auch hier überwiegt der genotypische Effekt. Der Jahreseffekt ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2,4% nicht signifikant, der Wechselwirkungseffekt Jahre-Akzessionen ist jedoch stärker, d.h. dieses Merkmal zeigt genetische Plastizität unter verschiedenen Umweltbedingungen.

Länge der Krone:

Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 auf die Variabilität des Merkmals "Länge der Corolla" signifikant ist. Der genotypische Effekt ist jedoch wesentlich höher bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit weit unter 1%. Die Interaktion Arten-Jahre ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3,2% signifikant, jedoch deutlich geringer, als wenn man die Faktoren einzeln analysiert.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	6,410	12,12	0,001
Arten	94,892	179,45	0,000
Jahr*Arten	1,035	1,96	0,032
Reststreuung	0,529		

Bei getrennter Betrachtung von *Basilikum* zeigen die Faktoren Jahr und Genotyp folgende Effekte:

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	6,2938	8,15	0,006
Akzessionen	8,4659	10,96	0,000
Jahre*Akzessionen	1,5850	2,05	0,052
Reststreuung	0,7721		

Der Jahreseffekt und der genotypische Effekt ist signifikant, aber im Vergleich zur Gesamtanalyse, bei der alle Arten berücksichtigt wurden, ist der genotypische Effekt deutlich kleiner. Das heißt, die Variabilität der Corollalänge ist innerartlich deutlich geringer als zwischen den Arten. Die Interaktion Jahr liegt über dem 5% Signifikanzniveau und gilt daher als nicht signifikant. Die Reststreuung ist vergleichsweise gering.

Blattspreitenbreite:

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass sowohl der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 als auch der Einfluss der Arten auf die Variabilität des Merkmals "Blattbreite" hoch signifikant ist. Auch die Interaktion Arten-Jahre ist mit einem wesentlich kleineren F-Wert signifikant. Die unerklärte Reststreuung ist gering.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	50,115	169,12	0,000
Arten	55,253	186,46	0,000
Jahre*Arten	1,628	5,49	0,000
Reststreuung	0,296		

Bei getrennter Analyse von *O. basilicum* ergeben sich folgende Werte: Der signifikante Jahreseffekt nimmt deutlich ab, der Akzessioneneffekt dagegen nimmt

zu, d. h. die Blattbreite unterscheidet sich innerhalb von Basilikum hauptsächlich aufgrund der verschiedenen Genotypen und weniger durch Witterungseffekte. Die Wechselwirkung Akzessionen-Jahre ist jedoch noch signifikant, d.h. die einzelnen Akzessionen reagieren unterschiedlich auf Witterungsbedingungen. Der Jahreseffekt ist aber deutlich höher, so dass keine genetische Plastizität vorliegt.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	7,5690	99,31	0,000
Akzessionen	18,4801	242,48	0,000
Jahre* Akzessionen	0,9347	12,26	0,000
Reststreuung	0,0762		

Blattspreitenlänge:

Sowohl der Einfluss der Jahre 1999 und 2000 als auch der Einfluss der Akzessionen auf die Variabilität des Merkmals "Blattspreitenlänge" ist hoch und signifikant. Auch die Interaktion Jahre-Arten ist signifikant, ergibt aber einen deutlich geringeren F-Wert. Die Reststreuung ist vergleichsweise gering.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	95,596	122,14	0,000
Arten	136,947	174,97	0,000
Jahre*Arten	3,978	5,08	0,000
Reststreuung	0,783		

Bei getrennter Analyse von *O. basilicum* verändern sich die Effekte der Faktoren sehr ähnlich wie bei Blattbreite in Basilikum. Sowohl die Einzeleffekte der Faktoren als auch die Wechselwirkungen sind signifikant. Die Reststreuung ist vernachlässigbar.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	10,582	35,61	0,000
Akzessionen	63,987	215,32	0,000
Jahre* Akzessionen	2,857	9,61	0,000
Reststreuung	0,297		

Blattstiellänge:

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass Einfluss der Jahre und der Akzessionen signifikant ist. Die F-Werte sind jedoch nicht so hoch wie bei Breite und Länge der Blattspreite. Auffällig ist, dass bei diesem Merkmal der Jahreseffekt höher ist als der Arteneffekt. Die Wechselwirkung von Arten- und Jahreseffekt ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2, 1% noch signifikant.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	10,0154	50,25	0,000
Arten	3,4394	17,26	0,000
Jahre*Arten	0,3981	2,00	0,021
Reststreuung	0,1993		

Bei getrennter Analyse von *O. basilicum* zeigt sich wiederum, dass der genotypische Effekt nun stärker ist als der Jahreseffekt. Die Wechselwirkung bleibt aber signifikant.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	1,2344	12,17	0,001
Akzessionen	3,9865	39,29	0,000
Jahre* Akzessionen	0,3847	3,79	0,001
Reststreuung	0,1015		

Pflanzendurchmesser:

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass der Einfluss der Jahre und damit vorrangig der der Witterung höher ist als der genotypische Effekt der verschiedenen Arten. Beide Effekte sind signifikant. Die Wechselwirkung Jahre-Akzessionen ist deutlich kleiner aber signifikant. Die unerklärte Reststreuung ist verhältnismäßig gering.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	4610,28	245,96	0,000
Arten	307,42	16,40	0,000
Jahre*Arten	202,99	10,83	0,000
Reststreuung	18,74		

Die getrennte Analyse von *O. basilicum* zeigt, dass auch innerhalb von Basilikum die in beiden Jahren beobachteten Unterschiede in erster Linie durch geänderte Umweltbedingungen zu erklären sind, wobei auch der deutlich kleinere genotypische Effekt signifikant ist. Auch die Interaktion Jahre-Akzessionen ist signifikant.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	2862,25	283,11	0,000
Akzessionen	143,76	14,22	0,000
Jahre*Akzessionen	42,98	4,25	0,000
Reststreuung	10,11		

Pflanzenlänge:

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse zeigt, dass der Einfluss der Genotypen bei der Ausprägung des Merkmals Pflanzenhöhe größer ist als der der Witterung. Beide Einflüsse sind jedoch signifikant, genau wie die Interaktion Jahre-Akzessionen, die aber kleiner ist als der reine Jahreseinfluss.

	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jahr	2082,5	36,90	0,000
Arten	3616,3	64,08	0,000
Jahre*Arten	309,6	5,49	0,000
Reststreuung	56,4		

Bei getrennter Betrachtung von Basilikum stellt sich heraus, dass der Einfluss der beiden Faktoren innerhalb von Basilikum stärker wird. Die Interaktion Jahre-Akzessionen bleibt aber vergleichsweise niedrig. Alle Effekte sind signifikant.

	MQ	F	P
Jahr	912,75	125,89	0,000
Akzessionen	1252,62	172,76	0,000
Jahre*Akzessionen	56,71	7,82	0,000
Reststreuung	7,25		

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass bei den Merkmalen, auf welche die unterschiedlichen Jahre einen signifikanten Einfluss haben, der genetische Effekt meist deutlich höher als der Jahreseffekt ist und das Merkmal daher zur Unterscheidung von taxonomischen Gruppen dienen kann. Bei den Merkmalen Blattspreitenlänge, -breite und Blattstiellänge (außer innerhalb von Basilikum) sowie ganz deutlich beim Merkmal Pflanzendurchmesser ist der Jahreseffekt so hoch, dass diese Merkmale für eine taxonomische Einteilung der untersuchten Sippen der Gattung *Ocimum* ungeeignet erscheinen.

Ein artabhängiger Jahreseinfluss konnte nur auf das Merkmal Hauptfloreszenzlänge nachgewiesen werden. Genetische Plastizität innerhalb von *O. basilicum* konnte nur bei den Merkmalen Hauptfloreszenzlänge, Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz und Länge des Kelchs gezeigt werden. Die Anthocyanfärbung war im Jahr 2000 in geringem Maße stärker ausgeprägt als im Jahr 1999.

4.9.2 Jahresvergleich der Inhaltsstoffe des ätherischen Öls:

Der prozentuale Anteil der Inhaltsstoffe im ätherischen Öl der 40 ausgewählten Akzessionen in den Jahren 1999 und 2000 ist Tabelle A4 im Anhang zu entnehmen. In *O. basilicum* sind im Linalool-Eugenol-Chemotyp im Jahr 2000 höhere Anteile an Linalool und geringere an Eugenol im ätherischen Öl nachweisbar, so dass Linalool mit 73-86% den Hauptanteil im ätherischen Öl ausmacht:

Jahr	Akz	Cin	Lin	Cam	Est	Thy	Eug	Eugmeth	Ele	Ber
2000	OCI 66	0,73	86,60	0,24		0,35	1,60		0,55	3,95
1999	OCI 66	3,25	63,49	1,23			10,21	7,81		2,87
2000	OCI 102	0,67	75,33		3,11	0,75	3,06		1,56	
1999	OCI 102	1,03	68,96		8,57		7,29		1,44	
2000	OCI 259	3,01	73,01				2,66		1,93	2,48
1999	OCI 259	4,97	65,74				15,07		0,80	4,09

Ähnliches galt für eine Akzession (OCI 99), deren Linalool-Estragol-Chemotyp sich im Jahr 2000 stärker zu einem Linalool-Chemotyp wandelte:

Jahr	Akz	Cin	Lin	Est	Zimt-Z	Zlmt-E	Ele	Cary
2000	OCI 99	1,30	64,97	7,67		3,51	2,79	6,35
1999	OCI 99	4,93	39,38	31,77	0,50	8,00	1,50	7,49

In der Akzession OCI 204 verstärkte sich hingegen im zweiten Jahr die Tendenz zu einem Linalool-Estragol-Chemotyp, d. h. der Linaloolgehalt nahm ab, der Estragolgehalt dagegen zu:

Jahr	Akz	Cin	Lin	Est	Eug	Ele	Ber
2000	OCI 204	1,62	57,19	13,71	0,755	2,745	3,91
1999	OCI 204	2,12	67,21	6,06	3,2	3,94	3,09

Der Zimtsäuremethylester-Eugenol(15%)-Linalool(15%)-Chemotyp (OCI 106) und der reine Zimtsäuremethylester-Chemotyp (OCI 144) verhielten sich in den beiden Jahren weitgehend konstant.

Der Eugenolmethylether-(Eugenol)-Cineol-Chemotyp (OCI 257) müsste im Jahr 2000 anhand der zwei höchsten prozentualen Anteile im ätherischen Öl als Eugenolmethylether-Linalool-Chemotyp bezeichnet werden:

Jahr	Akz	Cin	Lin	Cam	Gero	Eug	Eugmeth	Ele	Ber
2000	OCI 257	11,995	15,97	1,63	0,355	12,44	33,195	1,67	9,66
1999	OCI 257	19,31	6,57	1,47	0,71	18,92	25,04	1,29	5,04

Der Estragol-Eugenolmethylether-Chemotyp der Standardakzession OCI 255 veränderte sich im Jahr 2000 zu einem Eugenolmethylether-Estragol-Chemotyp durch einen deutlich geringeren Anteil an Estragol und entsprechend höherem Gehalt an Eugenolmethylether:

Jahr	Akz	Cin	Lin	Est	Eug	Zimt-E	Eugmeth	Ele	Ber
2000	OCI 255	10,03	0,69	28,77			42,95		8,83
1999	OCI 255	9,55	0,77	49,38	0,19	0,03	25,32	0,16	5,7

Der Eugenol-Cineol-Chemotyp von *O. americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum* veränderte sich im zweiten Jahr zu einem β -Bisabolen-Cineol-Chemotyp:

Jahr	Akz	Oci	Cin	Est	Thy	Eug	Ber	Car	Bis	n.b.
2000	OCI 8		13,71	6,91		8,78	6,90	0,81	45,88	4,69
1999	OCI 8	0,20	23,40	7,47		40,65	1,09	1,59	7,35	7,15
2000	OCI 103		19,38	10,17	8,68	27,12	1,88		23,42	6,49
1999	OCI 103		24,62	10,90		31,66	1,60	1,64	10,01	7,43
2000	OCI 178		16,63	8,43	1,45	14,36	5,41	2,08	37,62	8,19
1999	OCI 178		24,81	9,40		36,91	1,25	1,53	7,99	6,59
2000	OCI 213		15,11	8,20	1,08	15,29	5,72	2,07	38,75	8,69
1999	OCI 213		21,00	7,70		45,74	1,03	1,36	6,81	6,24

Im Zimtsäuremethylester-Chemotyp von *O. americanum* subsp. *americanum* var. *americanum* lassen sich im Jahr 2000 geringere Gehalte an Zimtsäuremethylester und höhere an a-Bergamoten nachweisen:

Jahr	Akz	Lin	Zimt-Z	Eug	Zimt-E	Ber	Car
2000	OCI 121	2,05	6,62		67,19	10,29	8,51
1999	OCI 121	2,04	7,38	0,22	75,66	5,86	5,86

In *O. x citriodorum* verändern sich die Chemotypen in den beiden Jahren nicht. Im Neral-Geraniol-Chemotyp war allerdings der Gehalt an Neral und Geraniol 1999 deutlich höher als im Jahr 2000. Der Anteil anderer zu diesem Chemotyp gehörender Inhaltsstoffe war dagegen im Jahr 2000 höher. Im Jahr 2000 wurde zusätzlich zwischen 8 und 10% Nerol im ätherischen Öl nachgewiesen. Nerol ist das Z-Isomer zu Geraniol:

Jahr	Akz	Cin	Lin	Cam	Est	Ner	Gero	Gera	Thy	Eug-meth	Ele	Ber	Car	N.B.	Ner
2000	OCI 171		7,88			17,21	1,57	27,67	1,48	1,26	0,53	2,74	8,10	7,59	8,09
1999	OCI 171	0,43	3,32		1,73	34,22		44,19				0,82	1,52	1,77	
2000	OCI 179	0,53	8,76	0,40	1,78	16,42	2,15	24,98				2,94	9,12	8,97	9,45
1999	OCI 179		3,83			35,50		44,38				0,84	1,26	1,49	
2000	OCI 184	0,46	9,51			17,88	2,56	27,60				2,40	7,22	6,78	10,7
1999	OCI 184		3,93		2,14	34,73		44,02				0,77	1,21	1,52	
2000	OCI 215	0,43	8,88			16,84	2,32	25,79				2,87	8,54	8,64	10,28
1999	OCI 215		3,25		1,99	34,01		43,15				0,83	1,66	1,69	
2000	OCI 192	0,49	8,89			17,05	2,54	26,27				2,77	8,09	8,07	10,74
1999	OCI 192		3,79			32,79		46,81				1,20	2,93	3,25	

Der Estragol-Chemotyp in *O. x citriodorum* verhält sich sehr stabil hinsichtlich seiner Zusammensetzung. Einzig α -Bergamoten ist 2000 klar nachweisbar, wohingegen es 1999 vermutlich unter der Nachweisgrenze lag.

Die Inhaltsstoffe der einen Akzession von *O. gratissimum subsp. iringense* verhielten sich in den beiden Jahren weitgehend konstant. Im Thymol-Terpinen-Chemotyp von *O. gratissimum subsp. gratissimum var. gratissimum* ist im Jahr 2000 deutlich weniger γ -Terpinen nachweisbar, dafür aber etwas mehr Thymol und p-Cymen, das sich von γ -Terpinen nur durch eine weitere Doppelbindung unterscheidet. Elemicin konnte im Jahr 2000 nicht mehr nachgewiesen werden:

Jahr	Akz	Ter	Lin	Thy	Eug	Eugmeth	Ele	Ber	Car	Ele Cym
2000	OCI 119	13,02	0,95	38,25				0,48	3,01	19,28
1999	OCI 119	28,52	0,85	33,44	0,27		0,35	0,58	3,20	19,28
2000	OCI 42	13,49	0,56	45,77				1,11	5,41	11,21
1999	OCI 42	34,34	0,61	31,42			0,28	0,38	3,44	7,12
2000	OCI 182	7,77	0,72	52,89		0,94		0,75	5,12	10,23
1999	OCI 182	28,21	1,20	35,43	0,25		0,31	0,21	3,36	8,94
2000	OCI 222	13,25	1,28	34,21					2,10	21,63
1999	OCI 222	29,66	1,34	34,08	0,24		0,28		1,85	10,07

Der Eugenolmethylether-Caryophyllen-Chemotyp von *O. tenuiflorum* verändert sich innerhalb der Jahre nicht. Bei einzelnen Akzessionen ist aber zu beobachten, dass der Gehalt an β -Caryophyllen 2000 etwas abnimmt, dafür höhere Gehalte an Eugenolmethylether und Linalool nachweisbar sind.

Jahr	Akz	Lin	Est	Thy	Eug	Eugmeth	Ele	Ber	Car	Bis
2000	OCI 265	0,87		0,38		60,90	7,66	0,30	17,93	
1999	OCI 265	0,54				55,19	4,34		29,58	
2000	OCI 264	0,95				63,46	7,64	0,46	14,84	
1999	OCI 264	0,58	0,28			56,10	5,58		25,14	
2000	OCI 137	0,43		0,54	0,53	77,23	4,31	2,58	11,45	1,87
1999	OCI 137				2,00	79,29	3,39	2,55	11,18	
2000	OCI 139				0,69	71,83	7,71		17,77	
1999	OCI 139				0,76	77,12	6,66		13,59	

Der Eugenol-Caryophyllen-Chemotyp verändert sich im Jahr 2000 zu einem Caryophyllen-Eugenol-Chemotyp.

O. campechianum konnte im Jahr 2000 mangels Samenvorrat in der Genbank nicht angebaut werden.

In **O. kilimandscharicum** konnte im Jahr 2000 weniger Kampher aber höhere Gehalte an 1,8-Cineol nachgewiesen werden:

Jahr	Akz	Cin	Ter	Cam	Car
2000	OCI 188	20,42		53,93	1,27
1999	OCI 188	11,03	0,39	62,86	0,67

In **O. selloi** wurde 2000 mehr Elemicin und weniger Ocimen und Eugenolmethylether nachgewiesen:

Jahr	Akz	Oci	Cin	Lin	Thy	Eug	Eugmet	Ele	Ber	Car	Elemicin
2000	OCI 38	11,84	1,09	0,56	1,51	0,51	7,98	0,64	0,58	4,92	62,08
1999	OCI 38	17,06		0,69		0,35	11,90	1,43	0,44	4,94	47,51

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die Höhe des Anteils einer Komponente des ätherischen Öls sich von einem Jahr zum anderen deutlich verändern kann, aber die Hauptinhaltsstoffe einer Akzessionen, die den Chemotyp ausmachen, die gleichen bleiben.

4.10 Korrelationen zwischen morphologischen und chemischen Merkmalen

Im folgenden soll mit Hilfe einer Korrelationsanalyse die Stärke eines Zusammenhangs zwischen zwei Merkmalen anhand des Pearsonschen Maßkorrelationskoeffizienten r untersucht werden. Die Werte liegen immer zwischen -1 und +1. Wenn mit der Zunahme des einen Merkmals ein Zunahme des anderen verbunden ist, so ist r positiv. Wenn die Zunahme des einen Merkmals mit der Abnahme des anderen Merkmals einhergeht, so ist r negativ. Besteht keinerlei Zusammenhang, nähert sich r Null. Der P-Wert gibt die Signifikanz der Berechnung an. Der p-Wert muss bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% kleiner 0,01 sein,

soll die Hypothese, dass $r=0$ ist, verworfen werden. In den folgenden Tabellen wurde der Übersichtlichkeit halber auf schwache Korrelationen verzichtet.

Die Abkürzungen für die Merkmale, die in den nachfolgenden Tabellen verwendet werden, sind im Anhang nachzulesen.

4.10.1 Hohe Korrelationen von Merkmalen von *Ocimum basilicum*

Korrelationen beschreiben den Zusammenhang zwischen Merkmalen, wobei manche erwartet werden können, wie z. B. eine Korrelation zwischen Länge und Breite von Kotyledonen und Blattspreiten, Pflanzenhöhe und -durchmesser, Länge des äußeren und inneren Staminapaars stehen erwartungsgemäß in einem Zusammenhang, welcher auch nachgewiesen werden konnte (Tabelle 11). Zu den eher unerwarteten Korrelationen sind folgende Zusammenhänge zu rechnen: Ein Gehalt an Ocimen ist positiv korreliert mit einem β -Bisabolen- ($r = 0,99$) und meist auch mit einem β -Caryophyllen-Gehalt ($r = 0,6$) im ätherischen Öl. In praktisch allen Akzessionen, die Neral enthalten, ist auch Geranial enthalten ($r = 0,99$). Der Neralgehalt ist zudem positiv mit dem nicht identifizierbaren Inhaltsstoff mit der Retentionszeit 17.48 korreliert ($r = 0,73$). Geranial und RT 17.48 sind ebenfalls miteinander korreliert ($r = 0,71$). Das heißt, diese drei Inhaltsstoffe kommen häufig zusammen im ätherischen Öl vor. Die Zimtsäuremethylesterisomere sind sehr hoch korreliert ($r = 0,97$).

Sehr viele hohe Korrelationen konnten zwischen den Anthocyanfärbungen der verschiedenen Pflanzenteile nachgewiesen werden. Wichtig sind hier vor allem die nicht korrelierten Anthocyanfärbungen. So ist die Anthocyanfärbung der Kotyledonen nicht mit einer Anthocyanfärbung der Infloreszenz, des Kelchs zur Blütezeit und der Krone korreliert. Die Infloreszenzfarbe ist nicht mit der Kelchunterlippenfarbe während der Fruchtreife, der Kronenunterlippe und der Blattfarbe korreliert. Weitere fehlende Korrelationen bei den Anthocyanfärbungen wären noch zu nennen. Wichtig ist, dass die genaue Unterscheidung der Anthocyanfärbungen der verschiedenen Pflanzenteile bis auf die hochkorrelierten notwendig war, um Übergangsstufen in der Färbung später beschreiben zu können.

Tabelle 11: Hohe, signifikante Korrelationen von Merkmalen von *Ocimum basilicum*

*Table 11: Correlations of traits of *Ocimum basilicum* with high significance*

<i>Merkmale</i>		<i>r</i>	<i>P</i>	<i>Merkmale</i>		<i>r</i>	<i>P</i>
Kot-F	Bloberf	0,87	0	Frucalo	Corof	0,81	0
	Blunterf	0,85	0		Blunterf	0,82	0
	Frucalu	0,8	0		Bloberf	0,8	0
	Frucalo	0,72	0		Frucalu	Bloberf	0,81
Kot-B	Kot-L	0,86	0		Blunterf	0,74	0
Pflhoh	Bush	0,81	0	Corof	Bloberf	0,77	0
Inff	Calo	0,98	0		Blunterf	0,7	0
	Calu	0,93	0	Innstaub	Ausstbl	0,71	0
Calo	Frucalo	0,88	0	Bllang	Blbreit	0,84	0
	Corof	0,83	0	Blbreit	Oberfl	0,7	0
	Calu	0,93	0	Bloberf	Blunterf	0,86	0
	Frucalo	0,86	0	Ocimen	β -Bisabo	0,99	0
	Corof	0,83	0	Neral	Geranial	0,99	0
Calu	Frucalo	0,92	0		RT 17.48	0,73	0

Merkmale	r	P	Merkmale	r	P	
Corof	0,86	0	Geranial	RT 17.48	0,71	0
Bloberf	0,81	0	Zimt-Z	Zimt-E	0,97	0
Blunterf	0,79	0				

4.10.2 Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von *Ocimum americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum*

Von *Ocimum americanum* sind wesentlich weniger Akzessionen in der Sammlung vorhanden als von *O. basilicum*. Die in ihren Merkmalen vorhandene Variabilität ist hauptsächlich durch die sehr unterschiedlichen Varietäten *pilosum* und *americanum* bedingt. Bei einer gemeinsamer Korrelationsanalyse entstehen künstliche Korrelationen zwischen den Merkmalen, die wenig Aussage bringen. Da von *O. americanum* spp. *americanum* var. *americanum* nur zwei Vertreter in der Sammlung waren, ging in die Korrelationsanalyse nur die Varietät *pilosum* ein.

Ähnlich wie in *O. basilicum* gibt es auch hier Korrelationen, die zu erwarten sind, wie eine hohe Korrelation zwischen Kotyledonenbreite und Kotyledonenlänge und Blattlänge und -breite.

Interessanter ist, dass Akzessionen, die einen hohen Ölgehalt haben, mehr Ocimen beinhalten. Je mehr Eugenol vorhanden ist, desto geringer wird tendenziell der Gehalt an 1,8-Cineol. α -Bergamoten und β -Bisabolen sind positiv mit Estragol korreliert. Ein Anstieg von β -Bisabolen ist außerdem häufig mit einem Anstieg an α -Bergamoten verbunden. Die drei letztgenannten Inhaltsstoffe sind immer gemeinsam im ätherischen Öl von *Ocimum* spp. *americanum* var. *pilosum* nachgewiesen worden. Der nicht zu bestimmende Inhaltsstoff mit der Retentionszeit RT 17.48 ist schließlich positiv korreliert mit dem Inhaltsstoff β -Caryophyllen.

Tabelle 12: Hohe, signifikante Korrelationen von Merkmalen von *Ocimum* subsp. *americanum* var. *pilosum*

Table 12: Correlations of traits of *Ocimum* subsp. *americanum* var. *pilosum* with high significance

Merkmale	r	P
Keimf	Keimd	-0,89
Kot.-L.	Kot.-B.	0,96
Ocimen	Ölgeh	0,87 0,001
Eugenol	1,8-Cin	-0,88 0,001
α -Berg	Estragol	0,87 0,001
β -Bisabo	Estragol	0,91 0
	α -Berg	0,93 0
RT 17.48	β -Cary	0,89 0

4.10.3 Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von *Ocimum x citriodorum*

In *O. x citriodorum* sind ähnlich wie bei Basilikum hohe Korrelationen zwischen Merkmalen zu beobachten, die vermutlich genetisch miteinander verknüpft sind, wie Kotyledonenlänge und -breite ($r = 0,9$), Blattbreite und -länge ($r = 0,95$) oder Farbmerkmale der einzelnen Pflanzenteile. Eine hohe positive Korrelation zeigen

auch die Hauptfloreszenzlänge und die Pflanzenhöhe ($r = 0,81$), d. h. große Pflanzen haben häufig auch eine lange Infloreszenz. Die Anzahl der Wirtel ist ebenfalls sehr hoch mit der Hauptfloreszenzlänge korreliert ($r = 0,94$), d. h. es kommen bei *O. x citriodorum* keine gestauchten Infloreszenzinternodien wie bei Basilikum vor. Die Kelchlänge und Blattlänge und -breite nehmen bei zunehmender Hauptfloreszenzlänge zu. Die Blattlänge und -breite ist darüber hinaus mit der Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz positiv korreliert. *Ocimum citriodorum*-Akzessionen, die eine lange Hauptinfloreszenz haben, besitzen tendenziell im ätherischen Öl mehr Eugenolmethylether. Die Verholzung und die Anzahl der Nodien nimmt mit zunehmender Pflanzenhöhe zu. Wenn die Pflanzen stärker verholzt sind, steigt die Anzahl der Cofloreszenzen. Die Länge des äußeren und des inneren Staminapaars und die Corollalänge sind positiv miteinander korreliert. Die Infloreszenzfarbe und Fruchtcalyxoberlippenfarbe tendieren bei langen äußeren Staminapaaren gegen rot. Rote Fruchtcalyxoberlippen stehen auch im Zusammenhang mit längeren Kronblättern. Die Blattoberseitenfarbe ist hingegen positiv korreliert mit der Länge der inneren Staubblätter, aber negativ mit der Anzahl der Cofloreszenzen, d. h. anthocyangefärbte Pflanzen tendieren zu längeren inneren Staubblättern und weniger Cofloreszenzen. Stärker gesägte Blattränder stehen in Zusammenhang mit mehr Cofloreszenzen pro Pflanze. Es besteht eine positive Korrelation zwischen Eugenolgehalt und Kronblattlänge, sofern Eugenol überhaupt im ätherischen Öl vorhanden ist. Ähnliches trifft für Eugenolmethylether zu, welches hohe Korrelationen zur Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz und zur Blattgröße zeigt. Je stärker anthocyangefärbt aber die Blattoberseite ist, um so unwahrscheinlicher ist ein Gehalt an Eugenolmethylether. Wenn β -Caryophyllen vorhanden ist, ist es positiv mit der Corollalänge und roter Fruchtcalyxoberlippe korreliert. Kann im ätherischen Öl β -Caryophyllen nachgewiesen werden, so kann mit großer Wahrscheinlichkeit auch davon ausgegangen werden, dass Neral und Geranial vorhanden sind. Estragol kommt dagegen selten zusammen mit β -Caryophyllen vor.

Auffällig ist, dass kein Zusammenhang zwischen der Farbe der Infloreszenz, der Blütencalyxober- und unterlippe, der Fruchtcalyxoberlippe und der Corollafarbe mit der Farbe der Fruchtcalyxunterlippe und der Blattfarbe besteht. Das heißt, *O. citriodorum* mit roter Infloreszenz und roten Blüten hat dennoch grüne Blätter und auch die Unterlippe des Fruchtcalyx wird wieder grün. Die Pflanzenhöhe ist nicht korreliert mit dem Pflanzendurchmesser, d. h. hohe Pflanzen nehmen tendenziell nicht an Umfang zu.

Tabelle 13: Hohe, signifikante Korrelationen von Merkmalen in *O. x citriodorum*

*Table 13: Correlations of traits of *O. x citriodorum* with high significance*

Merkmale			Merkmale				
	<i>r</i>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>		
Kot.-L.	Kot.-B.	0,90	0	Eugenol	Kronbl	0,98	0,002
Hauptfl	Pflzhoh	0,81	0	Eugmeth	Wirtel	0,95	0
Wirtel	Hauptfl	0,93	0		Bllang	0,94	0,002
Kelchl	Hauptfl	0,70	0,002		Blbreit	0,97	0
Bllang	Hauptfl	0,81	0,001		Bloberf	-0,997	0
	Wirtel	0,87	0	β -Cary	Kronbl	0,98	0

Merkmale		r	P	Merkmale		r	P
Blbreit	Hauptfl	0,68	0,003	Frucalo		0,79	0,001
	Wirtel	0,86	0		Estragol	-0,87	0,001
	Blang	0,96	0		Neral	0,998	0,002
Holz	Pflzhoh	0,68	0,003	Geranial	0,999	0,001	
Nod	Pflzhoh	0,71	0,002	Holz	Cofl	0,75	0
Eugmeth	Hauptfl	0,93	0,001	Calo	Inff	0,86	0
Kronbl	Kelchl.	0,77	0	Calu	Inff	0,98	0
Ausstbl	Kronbl	0,86	0	Calo	Calo	0,83	0
	Innstaub	0,80	0	Corof	Inff	0,87	0
Inff	Ausstbl	0,67	0,003	Calo	Calo	0,88	0
Frucalo	Kronbl	0,78	0	Calu	Calu	0,89	0
	Ausstbl	0,65	0,005	Frucalo	Frucalo	0,72	0,001
	Inff	0,79	0	Blrand	Cofl	0,63	0,006
	Calo	0,70	0,002				
	Calu	0,81	0				
Bloverf	Innstaub	0,75	0,001				
	Cofl	-0,65	0,005				

4.10.4 Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von *O. gratissimum*

Erwartete Zusammenhänge wie Korrelationen zwischen Kotyledonenlänge und – breite, Pflanzendurchmesser und Pflanzenhöhe, Länge der Hauptfloreszenz und Wirtelanzahl können auch bei *O. gratissimum* nachgewiesen werden. Zu den auffälligen Korrelationen gehört aber eine Korrelation von Pflanzenhöhe und Ölgehalt, d. h. je höher die Pflanzen werden, desto höher wird der Ölgehalt nach Extraktion aus den getrockneten Pflanzen. Je später die Akzessionen blühen, um so kürzer bleibt die Hauptfloreszenz. Stärker gewölbte Blattspreiten sind korreliert mit frühem Blühanfang. Es besteht ein Zusammenhang zwischen dunkelgrüner bis anthocyangefärbter Infloreszenzfarbe und Anzahl der Nodien sowie der Blütencalyxunterlippenfarbe. Die Calyxoberlippenfarbe von Blüte und Frucht unterscheiden sich kaum. Ähnliches gilt für die Farbe der Calyxunterlippe in Blüte und Frucht. Eine positive Korrelation besteht hingegen zwischen dunkelgrünen bis anthocyanhaltigen Blattoberseiten und langen Hauptfloreszenzen. Je dunkler die Blattoberseite, desto stärker ist die Tendenz zu verzeichnen, dass die Blätter nicht flach sind und die Blüte früh beginnt. Hohe und breite *O. gratissimum*-Pflanzen haben wenig bis kein Ocimen im ätherischen Öl. Auch der Gesamtölgehalt ist negativ korreliert mit dem Ocimen-Gehalt. Je stärker der Verholungsgrad, um so höher ist tendenziell der Gehalt an Eugenol im ätherischen Öl; der Gehalt an Ocimen nimmt dagegen bei Vorhandensein bzw. Zunahme von Eugenol stark ab und geht gegen Null. Ocimen- und β -Caryophyllen kommen häufig gemeinsam im ätherischen Öl vor. Blattfarben und Infloreszenz- und Blütenfarben korrelieren wie bei *O. x citriodorum* nicht. Blattbreite und -länge sind ebenfalls nicht korreliert.

Tabelle 14: Hohe, signifikante Korrelationen von Merkmalen von *O. gratissimum*

*Table 14: Correlations of traits of *O. gratissimum* with high significance*

Merkmale		r	P	Merkmale		r	P
Kot.-L.	Kot.-B.	0,81	0,005	Inflf	Nod	0,96	0
Bush	Pflzhoh	0,84	0,001		Caluf	0,90	0,002
Wirtel	Hauptfl	0,97	0	Frucalo	Calof	0,92	0,001
Ölgeh	Pflzhoh	0,81	0,001	Blwoelb	Bluea	-0,83	0,001
Bluea	Hauptfl	-0,91	0	Eugenol	Holz	0,86	0,003
Bloberf	Hauptfl	0,84	0,002		Ocimen	-0,998	0
	Blwoelb	0,84	0,001	Frucalu	Caluf	0,93	0,001
	Bluea	-0,95	0	β-Cary	Ocimen	0,89	0,003
Ocimen	Pflzhoh	-0,93	0,001				
	Bush	-0,91	0,002				
	Ölgeh	-0,98	0				

4.10.5 Hohe Korrelationen quantitativer Merkmale von *O. tenuiflorum*

Sowohl Kotyledonenbreite und -länge als auch Hauptfloreszenzlänge und Wirtelanzahl sind hoch positiv korreliert. Mit steigendem Verzweigungsgrad nimmt allerdings die Länge der Hauptfloreszenz ab. Eine längere Hauptfloreszenz korreliert ihrerseits mit einer stärkeren Verholzung. Durch einen Anstieg der Anzahl der Cofloreszenzen nimmt der Pflanzendurchmesser tendenziell zu. Höhere Pflanzen korrelieren mit einer größeren Anzahl an Wirteln der Hauptfloreszenz. Die Länge des inneren Staminapaars korreliert mit der Länge des äußeren Staminapaars stark positiv. Pflanzen mit höheren Ölgehalten in der Blattockenmasse haben geringere oder fehlende Gehalte an Eugenolmethylether. Infloreszenzfarbe, Blütencalyx und Fruchtcalyxoberlippenfarbe stehen in einem deutlichen Zusammenhang zueinander. Insgesamt unterscheiden sich in *O. tenuiflorum* die Farben der Kelchlippen in Blüte und Frucht nicht so stark wie in den anderen untersuchten Arten. Sie korrelieren relativ stark positiv miteinander. Dies gilt allerdings nicht für die Farbe der Blattspreiten. Auffällig ist, dass keine Korrelationen zwischen Blattspreitenlänge und -breite sowie Pflanzenhöhe und -durchmesser bestehen.

Tabelle 15: Hohe, signifikante Korrelationen von Merkmalen von *O. tenuiflorum*

*Table 15: Correlations of traits of *O. tenuiflorum* with high significance*

Merkmale		r	P	Merkmale		r	P
Kot.-L.	Kot.-B.	0,934	0	Calu	Inflf	0,807	0,005
Wirtel	Hauptfl-	0,981	0	Calo	Inflf	0,95	0
Verzw	Hauptfl-	-0,813	0,004	Calu	Calo	0,89	0,001
Cofl	Bush	0,81	0,005	Frucalo	Calo	0,965	0
Holz	Hauptfl-	0,85	0,002		Calu	0,922	0
Wirtel	Pflzhoh	0,793	0,004	Frucalu	Calo	0,816	0,004
Ausstaubl	Innstaub	0,839	0,001		Calu	0,892	0,001
Eugmeth	Ölgeh	-0,996	0,004		Frucalo	0,878	0,001
Frucalo	Inflf	0,915	0				

4.11 Morphologische und chemische Abgrenzung der kultivierten Arten innerhalb der Sektion *Ocimum*

Aufgrund der sehr hohen Variabilität, welche in den morphologischen und chemischen Eigenschaften gefunden wurde, ist es schwierig, nicht nur einen Überblick über bifaktorielle Korrelationen zu bekommen, sondern auch bei Betrachtung aller gemessenen und beobachteten Eigenschaften Beziehungen und Gruppierungen zwischen den Akzessionen zu erkennen.

Von den untersuchten, kultivierten Arten gehören *O. basilicum*, *O. americanum* und *O. x citriodorum* zur Sektion *Ocimum* und sind morphologisch schwer voneinander zu trennen. Im folgenden soll daher herausgefunden werden, ob diese Arten getrennte Gruppen bilden oder aufgrund ihrer ähnlichen Eigenschaften ein Kontinuum darstellen. Diese Information ist wichtig für eine spätere taxonomische Einordnung. Mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse können hochkorrelierte Parameter zu wenigen Hauptkomponenten zusammengefasst werden, wobei die ersten die meiste Variabilität, die im Datensatz steckt, beschreiben. In diesem Fall wurden 174 Akzessionen von *O. basilicum*, *O. americanum* und *O. x citriodorum* gemeinsam auf Basis einer Korrelationsmatrix in einer Hauptkomponentenanalyse analysiert. Tabelle 16 gibt die ersten 5 Hauptkomponenten und deren Varianz (Eigenwert) an. Diese Varianz kann auch in Prozent der gefundenen Gesamtvariabilität mathematisch ausgedrückt werden. Darüber hinaus wird der kumulativ durch die entsprechende Hauptkomponente einschließlich der ranghöheren Komponenten prozentuale Anteil an der Gesamtvariabilität aufgeführt.

In Abbildung 7 werden die ersten drei Komponenten graphisch dargestellt. Die Lage der einzelnen Akzessionen wird als Punkt im dreidimensionalen Raum gezeichnet. Dieser Raum wurde so lange gedreht, bis die beste Aufsicht auf die Lage der einzelnen Akzessionen gewährleistet war. Die drei Arten, ihre Unterarten und intermediäre Formen wurden unterschiedlich markiert. Es zeigt sich, dass nur *O. basilicum* und *O. americanum* klar voneinander getrennte Gruppen bilden. Das in der Literatur als Hybride von *O. basilicum* und *O. americanum* beschriebene *O. x citriodorum* liegt nicht zwischen den beiden Arten, sondern direkt unterhalb der grünen *O. basilicum*-Varietäten gruppiert. Die roten und grünen Unterarten von Basilikum trennen sich deutlich. Die Varietät *O. basilicum* var. *thyrsoiflorum* wird nicht von den übrigen grünen Akzessionen von Basilikum getrennt.

Überraschend ist die Lage von *Ocimum basilicum* subsp. *minimum*, welches sich deutlich von *O. basilicum* subsp. *basilicum* trennt und intermediär zwischen *O. basilicum* und *O. americanum* var. *americanum* liegt.

Bei der taxonomischen Bestimmung der Akzessionen während des Feldversuchs konnte bei einigen nicht klar entschieden werden, welcher Unterart bzw. - in seltenen Fällen - welcher Art (*O. basilicum*, *O. americanum* oder *O. x citriodorum*) sie zuzuordnen sind. Diese Akzessionen zeigten in ihren Merkmalsausprägungen intermediäre Zwischenstufen. Um diese Information nicht zu verlieren, wurden diese als intermediär bezeichnet, wobei die dominierende Unterart oder Art vorangestellt wurde. In der Hauptkomponentenanalyse finden sich diese intermediären Akzessionen tatsächlich als dazwischenliegend wieder.

Aus Tabelle 16 ist zu entnehmen, welche Merkmale mit den Hauptkomponenten hoch korreliert waren und zu einer Trennung führten. Es wurden die Beträge der

Korrelationskoeffizienten angegeben und die Vorzeichen den Merkmalsabkürzungen vorangestellt.

Die erste Hauptkomponente, die die höchste Variabilität beschreibt, zeigt Farbausprägungen der Infloreszenz, der Blütencalyxober- und -unterlippe, der Fruchtcalyxoberlippe, der Corollaoberlippe, der Kotyledonen und der Blattober- und -unterseite. Diese Komponente beschreibt außerdem die Ausprägung der Blattrandes.

Die zweite Hauptkomponente ist korreliert mit zwei Inhaltsstoffen des ätherischen Öls, die nur in *O. americanum* var. *pilosum* vorkommen: β -Bisabolen und ein weiterer Inhaltsstoff, von dem nur die Retentionszeit bei der HPLC angegeben werden kann, eine genaue Bestimmung aber nicht möglich war. Die Antherenfarbe unterscheidet sich nur bei *O. americanum* var. *pilosum* von den anderen Akzessionen: Sie ist orangerot im Gegensatz zu cremefarben.

Diese Komponente beschreibt darüber hinaus die Länge der Corolla, des Blütenkelchs, der äußeren und inneren Staubblätter und der Kotyledonen. Das bedeutet *O. americanum* und *O. basilicum* subsp. *minimum* haben kleinere Blüten und kürzere Kotyledonen als *O. basilicum* und lassen sich anhand dieser Merkmale leicht unterscheiden. Blütenmerkmale sind zudem die wichtigsten morphologisch erkennbaren Parameter zur Unterscheidung von Arten. Über die taxonomische Stellung von *O. basilicum* subsp. *minimum* sollte daher nachgedacht werden. Diese wird aber noch innerhalb der Arbeit mit anderen „Markern“ überprüft werden.

Die dritte Komponente ist korreliert mit Merkmalen, welche die Sprossachse beschreiben: Anzahl der Nodien, Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz, Länge der Hauptfloreszenz, Verholzungs- und Verzweigungsgrad. Außerdem sind mit dieser Komponente die Inhaltsstoffe γ -Terpinen und β -Elemen korreliert. γ -Terpinen wurde besonders bei *O. basilicum* subsp. *minimum* gefunden.

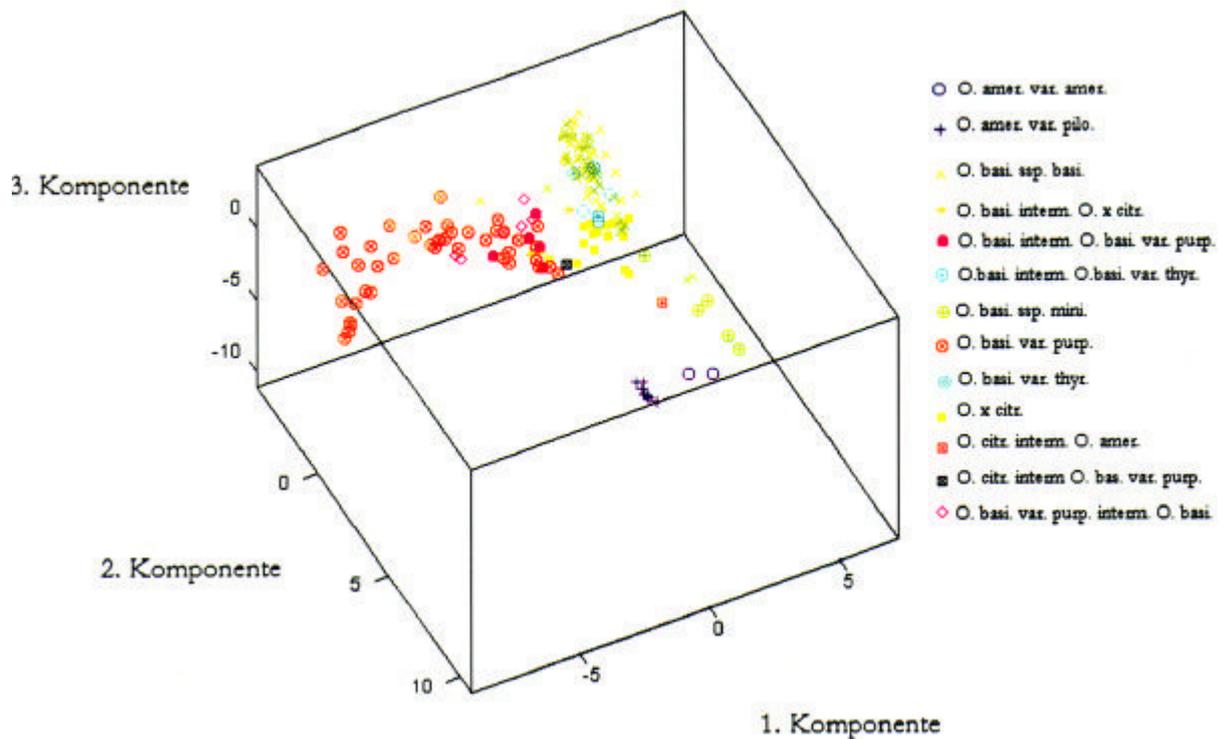


Abbildung 7: PCA von *Ocimum basilicum*-, *Ocimum americanum*- und *Ocimum x citriodorum*-Akzessionen unter Berücksichtigung der Inhaltsstoffe

*Figure 7: Principal component analysis of *Ocimum basilicum*-, *Ocimum americanum*- and *Ocimum x citriodorum*-accessions with compounds of the essential oil*

Tabelle 16: Anteil der ersten fünf Komponenten an der Gesamtvariabilität mit korrelierten Eigenschaften

Table 16: Proportion of the first main components of variability and correlated traits

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigenwert	9,05	7,05	4,23	3,63	3,24
% Gesamtvariab.	16,8	13,1	7,8	6,7	6,0
% kumulativ	16,8	29,8	37,7	44,4	50,4
$r = 0,4-0,31$		RT 17.48 -Kronbl	-Nod Wirtel	Zimt-E Zimt-Z	
$r = 0,3-0,21$	-Frucalo	-Ausstbl	Hauptfl-	-Eugenol	Bush
	-Calu	β -Bisabo	-Verzw	-a-Berg	Pflzhoh
	-Calo	-Kelchl.	-Holz	-Linalool	Keimf.
	-Bloverf	-Innstaub	β -Elemen		-Zimt-Z
	-Inffl	-Kot.-L.	-g-Terpin		Cofl_no
	-Blunterf	Anth_far			-Zimt-E
	-Corof				-1,8-Cine
	-Kot.-F.				-Keimd
	-Bl_rnd1				Neral
	-Frucalu				Geranial

4.12 Intraspezifische Analyse von *Ocimum basilicum*

Im vorangegangenen Abschnitt konnte eine klare Differenzierung von *O. basilicum* subsp. *basilicum* zu *O. americanum* und zu der Unterart *O. basilicum* subsp. *minimum* gezeigt werden. *Ocimum* x *citriodorum* erwies sich als eigene Gruppe in nächster Nähe von *O. basilicum*. Um zu sehen, welche Eigenschaften über die Farbmerkmale hinaus zu einer weiteren intraspezifischen Gliederung der Basilikum-Akzessionen führen könnten, wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) mit 130 homogenen Akzessionen nur von *O. basilicum* durchgeführt (vgl. Abb. 8). In die Analyse gingen die erhobenen morphologischen Merkmale und Inhaltstoffspektren ein. Aus Tabelle 17 kann entnommen werden, dass mit jeder weiteren Hauptkomponente die Eigenwerte stark abnehmen und mit den ersten fünf Hauptkomponenten bereits schon 47% der Gesamtvariabilität beschrieben werden können. Auch bei dieser auf Basilikum beschränkten Analyse stellt sich heraus, dass die größte Variabilität innerhalb der Akzessionen in der Färbung verschiedener Pflanzenteile liegt, denn die erste Hauptkomponente ist eng mit der Farbe der Infloreszenz, der Blütencalyxober- und unterlippe, der Fruchtcalyxoberlippe, der Corollaoberlippe, der Kotyledonen und der Blattober- und -unterseite korreliert. In Hauptkomponente 2 werden hingegen Merkmale wie Blattlänge und -breite, Kotyledonenlänge und -breite, Beschaffenheit der Blattoberfläche und der Gehalt an Zimtsäuremethylester-Z und Zimtsäuremethylester-E im ätherischen Öl zusammengefasst. Die dritte Hauptkomponente ist gekennzeichnet durch die Merkmale Pflanzenhöhe, Buschdurchmesser, Länge der Hauptfloreszenz, Länge der inneren und äußeren Staubblätter, Farbe der Blattoberseite sowie Neral- und Geraniolgehalt des ätherischen Öls. Die vierte ist mit dem Ölgehalt, mit Ocimen, β -Bisabolen und β -Caryophyllen korreliert. In der fünften Komponente sind die Inhaltsstoffe Ocimen, β -Bisabolen, β -Caryophyllen, Eugenol, Zimtsäuremethylester und β -Elemen hoch korreliert. Das Vorzeichen der Eigenvektoren gibt die Lage auf der Achse an.

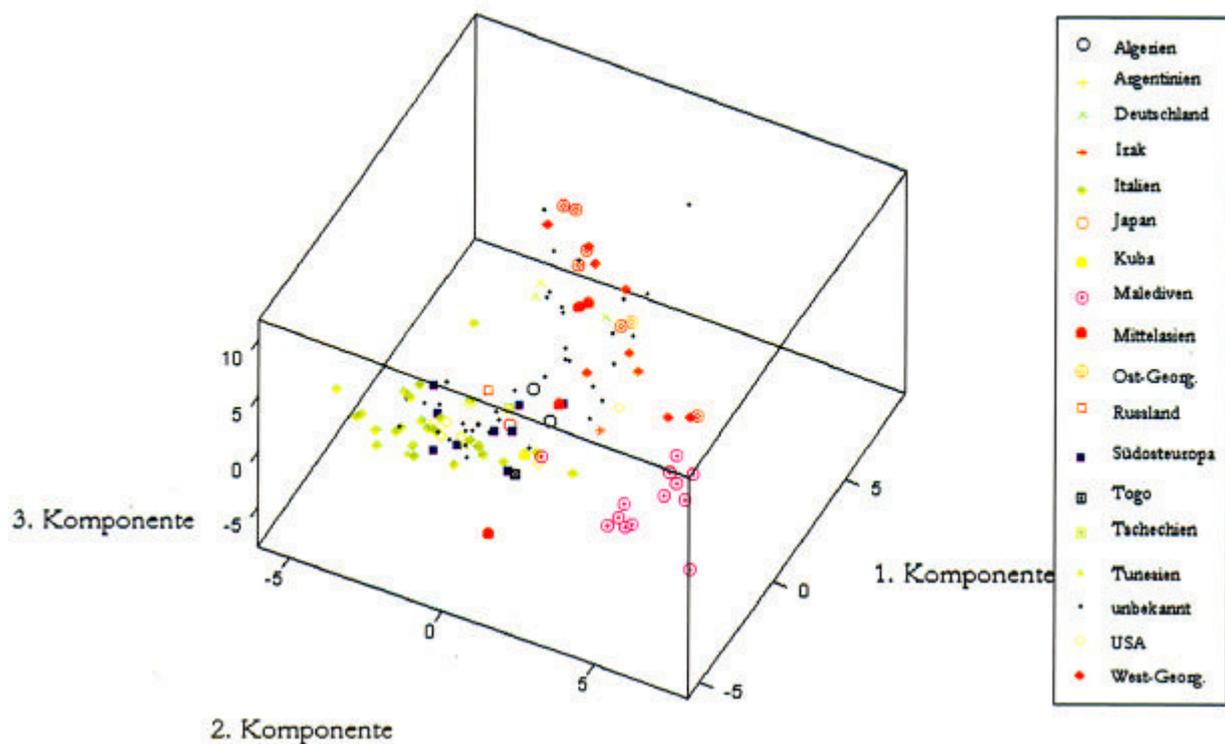


Abbildung 8: PCA von *O. basilicum*-Akzessionen mit Inhaltsstoffen

Figure 8: PCA of *O. basilicum*-accessions with compounds of the essential oil

Tabelle 17: Anteil der ersten fünf Hauptkomponenten an der Gesamtvarianz und Eigenvektoren erhobener Merkmale

Table 17: Proportion of the first main components of the variability and Eigen-values

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Eigenwerte	0,187	0,105	0,071	0,054	0,052
Kumulativ (%)	0,187	0,292	0,364	0,417	0,47
Eigenvektoren					
0,4-0,31		-Blbreit			
		Zimt-Z			Ocimen
		Zimt-E			β -Bisabo
0,3-0,21	Frucalo	Kot.-B.	Hauptfl-	-Ölgeh	β -Cary
	Calu	Holz	-Frucalu	-Ocimen	Eugenol
	Inflf	-Oberfl	Ausstbl	- β -Bisabo	-Zimt-E
	Calo	-Kot.-L.	Pflzhoh	- β -Cary	-Zimt-Z
	Blunterf	-Bllang	-Bloverf		β -Elemen
	Corof		Innstaub		-Bllang
	Bloverf		Neral		
	Kot.-F.		Geranial		
	Bl_rnd		-Kot.-F.		
			Bush		

4.12.1 Geographische Zusammenhänge innerhalb *Ocimum basilicum*

Die geographischen Herkünfte der Akzessionen wurden nicht nominal skaliert und in die Analyse einbezogen, da die Voraussetzung für eine Korrelationsmatrix nicht gegeben wäre. Die Daten müssten mindestens intervallskaliert sein. Dennoch ist es von Interesse, ob sich die gefundene Variabilität und eine Trennung in Gruppen auch durch die verschiedenen geographischen Herkünfte erklären lässt.

Die Verteilung der Akzessionen in einem durch die ersten drei Hauptkomponenten aufgespannten Raum entspricht der vorangegangenen PCA in Abbildung 8.

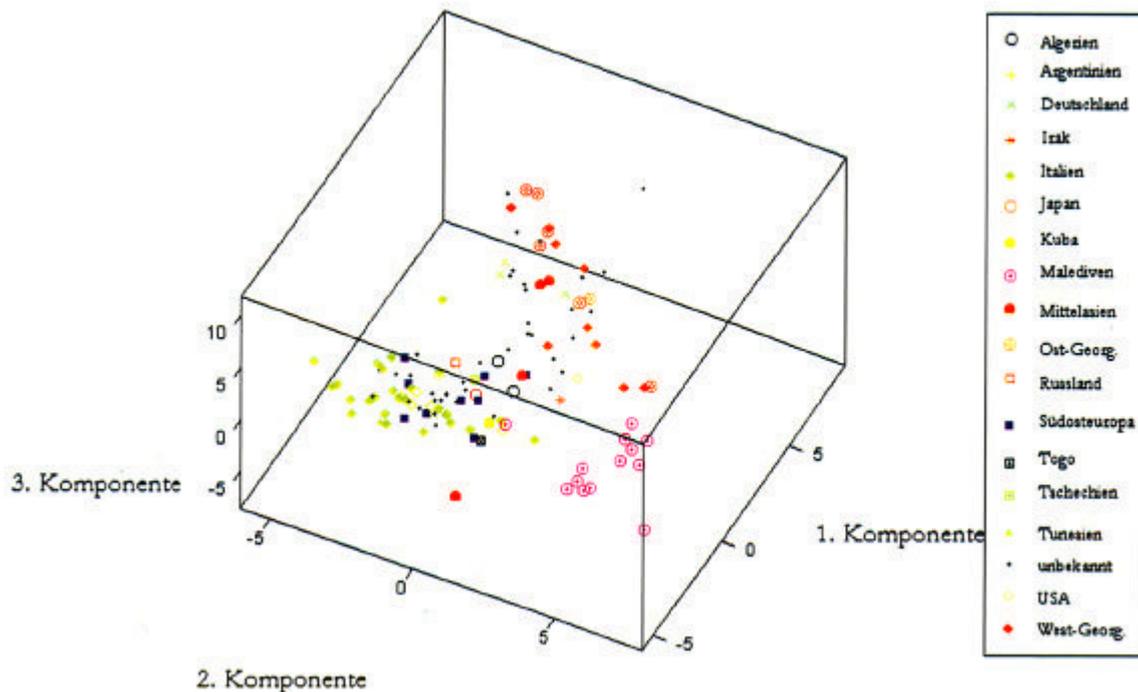


Abbildung 9: PCA von *O. basilicum*-Akzessionen mit Inhaltsstoffen, markiert nach Herkunftsländern

Figure 9: PCA of *O. basilicum*-accessions with compounds of the essential oil. Different symbols mark different countries

In Abbildung 9 sind lediglich die Akzessionen entsprechend ihrer geographischen Herkunft durch verschiedene Symbole und Farben zusammengefasst, und der Blickwinkel in den Raum ist etwas verändert. Akzessionen, deren Herkunft unklar ist, weil sie beispielsweise aus botanischen Gärten oder von Züchtern stammen, wurden als kleine schwarze Punkte dargestellt. Eine deutliche Gruppe bilden Akzessionen, die von den Malediven stammen. Akzessionen aus Italien, Tschechien, Tunesien, Togo, Amerika und Südosteuropa bilden gemeinsam ein "Cluster" und Akzessionen aus Georgien, Mittelasien und Deutschland ein weiteres. Die beiden Akzessionen aus Algerien stellen zusammen mit einer Akzession aus Südosteuropa die Verbindung zwischen den beiden Gruppierungen her.

Auffallend ist, dass alle Akzessionen der Varietät *thyrsiflorum* mit gestauchter Infloreszenz aus Südosteuropa sind.

Die maledivische Gruppe fällt zusammen mit der morphologischen Gruppe, welche einen hohen Gehalt an ätherischem Öl mit den Inhaltsstoffen Zimtsäuremethylester und α -Bergamoten sowie einen hohen Verholungsgrad besitzt.

4.12.2 Verteilung der Chemotypen auf die geographischen Gruppen

In die Hauptkomponentenanalyse gingen zwar bereits schon alle Inhaltsstoffe des ätherischen Öls ein, die Chemotypen beschreiben aber nur die beiden wichtigsten Inhaltsstoffe der Akzessionen. Im folgenden sollte untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen Chemotypen und geographischen Herkünften gibt.

In Abbildung 10 wurden, genauso wie in 4.12.1 die geographischen Gruppen, nun die Chemotypen auf die bestehende Hauptkomponentenanalyse von *Basilikum* projiziert. Auffällig ist die Gruppierung des Zimtsäuremethylester-Cineol-Chemotyps, die mit der Malediven-Gruppe des vorangegangenen Kapitels übereinstimmt. Auch der Zimtsäuremethylester-Linalool-Chemotyp gruppiert locker. Hier besteht ein Zusammenhang zur georgischen Gruppe. Jene Akzessionen, die als Hauptinhaltsstoff im ätherischen Öl Eugenol beinhalten, gruppieren ebenfalls. Eine eindeutige geographische Zuordnung ist hier allerdings nicht möglich. Der Estragol-Bergamoten-Chemotyp liegt im Bereich der mittelasiatischen georgischen Gruppe. Der Geranial-Neral-Chemotyp liegt deutlich getrennt von den restlichen Gruppierungen. Die Linalool- und Estragol-Chemotypen werden nicht getrennt und zeigen keine geographischen Entsprechungen.

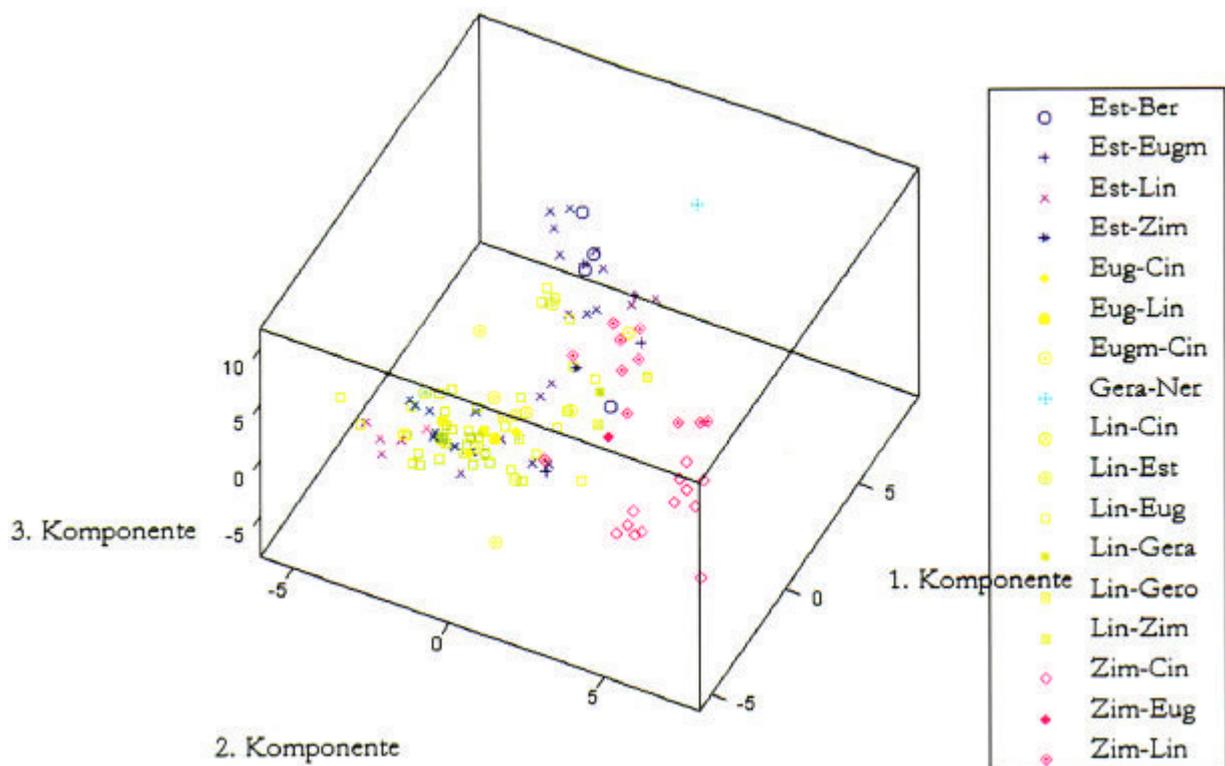


Abbildung 10: PCA von *O. basilicum*-Akzessionen mit Inhaltsstoffen, markiert nach Chemotypen

Figure 10: PCA of *O. basilicum*-accessions with compounds of the essential oil. Different symbols mark different chemotypes

4.13 Chromosomenzahlen und Ploidiegrade der kultivierten Arten von *Ocimum*

Alle untersuchten Akzessionen von *O. basilicum* mit Unterarten und Intermediären erwiesen sich entweder durch exaktes Zählen unter dem Mikroskop oder mit Hilfe der Flowcytometrie als polyploid. Die meisten sind dabei tetraploid, wenn man von einer Chromosomengrundzahl von 12 ausgeht. Eine intermediäre Form zeigt sogar Hexaploidie. Die mit einem „+“ nachgestellte Ziffer deutet auf zusätzliche über den Ploidiegrad hinausgehende Chromosomen hin. VIJ & KASHYAP (1972) und KHOSLA (1993) fanden auch solche zusätzlichen Chromosomen in *O. basilicum* und interpretierten sie als sog. B-Chromosomen. Ein genaues Karyogramm, um diese Hypothese zu überprüfen, konnte aufgrund der Größe der Chromosomen (0,5-2,8 µm) in dieser Arbeit nicht erstellt werden.

Ocimum americanum var. *pilosum* ist ebenfalls tetraploid. Auch hier wurden überzählige Chromosomen gezählt, die B-Chromosomen sein könnten. *Ocimum americanum* subsp. *americanum* ist hingegen nur diploid: $2n=24$.

Ocimum x citriodorum zeigt Hexaploidie ($2n=72$). Von *O. campechianum* sind bisher keine Chromosomenzahlen bekannt. Eine genaue Zählung der Chromosomen war aufgrund von Präparationsschwierigkeiten nicht möglich. Eine hinreichende Schätzung ergab 48 Chromosomen, so dass von einer Grundzahl 12 wie bei Basilikum ausgegangen werden kann und auch hier Tetraploidie vorliegt. Die zusätzlichen Chromosomen könnten ebenfalls B-Chromosomen sein.

Ocimum gratissimum ist vermutlich auch tetraploid mit einer Grundzahl von 10. Bei *O. gratissimum* var. *macrophyllum* wurden 36 Chromosomen gezählt. Mehrere Möglichkeiten zur Erklärung dieser Chromosomenzahl könne in Betracht gezogen werden: Entweder sind hier einige Chromosomen nicht sichtbar gewesen oder die Grundzahl ist neun oder es liegt Triploidie vor.

Ocimum kilimandscharicum gehört wie Basilikum zur Sektion *Ocimum* und hat daher auch vermutlich die gleiche Grundzahl. Eine Chromosomenzahl von ca. 72 deutet auch hier auf Hexaploidie hin. In *O. selloi* wurden in 2 Akzessionen 60 Chromosomen gefunden. Eine Grundzahl von 10 ist wahrscheinlich, so dass auch hier hexaploide Formen vorkommen.

In *O. tenuiflorum* wurden 36 Chromosomen gezählt. Bei einer Grundzahl von 9 kann auch hier Tetraploidie angenommen werden.

Tabelle 18 : Chromosomenzahlen von kultivierten Arten von *Ocimum*

*Table 18: Number of chromosomes of cultivated species of *Ocimum**

OCI/D	Botanischer Name	2 n	n
Kew 74061	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>americanum</i>	24+3	12
103	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i>	48+4	12
110	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i>	48+1	12
178	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i>	~44	12
121	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>americanum</i>	24	12
61/1	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i>	43-45	12
106	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i>	48	12
248	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i>	48+3	12

OCI/D	Botanischer Name	2 n	n
223	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> interm.	48+2	12
	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>		
224	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i>	48+4	12
254	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i>	48+4	12
281	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i>	48	12
D 7679	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i>	~48	12
5	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~48	12
15	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~48	12
33	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~48	12
34	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~48	12
43	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	48	12
49	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~48	12
168/2	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	48+4	12
133	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~44	12
168	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	48+3	12
208	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	44	12
255	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	48	12
D 7994	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~48	12
Kew 7711	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	48+3	12
175 /1	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>minimum</i>	48	12
204	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>minimum</i>	46-48	12
199	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>minimum</i> interm. <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i>	48	12
51	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>difforme</i>	48	12
158	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i>	48+2-3	12
161	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i>	48	12
D 7294 A	<i>O. basilicum</i> var. <i>purpurascens</i>	48	12
26	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> interm. <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>	~48	12
D 7309 A	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> interm.	48	12
	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>		
D 7656	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> interm. <i>O. x citriodorum</i>	~72?	12
41	<i>O. campechianum</i>	48-53	12
200	<i>O. campechianum</i>	42-47	12
189	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>iringense</i>	40	10
119	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>gratissimum</i>	40	10
211	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>macrophyllum</i>	36	9 ?
Kew 99493	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>macrophyllum</i>	36+2	12
188	<i>O. kilimandscharicum</i>	66-72	12
D 7651	<i>O. kilimandscharicum</i>	72+3	12
22	<i>O. selloi</i>	~72	12
38	<i>O. selloi</i>	~60	12
40	<i>O. tenuiflorum</i>	36	9
111	<i>O. tenuiflorum</i>	36	9
139	<i>O. tenuiflorum</i>	36	9
108	<i>O. x citriodorum</i>	72+3	12

5 Sequenzanalyse der Gattung *Ocimum*

Die Sequenzierung der kompletten ITS-Region (ITS1 +5.8 S rDNA+ITS 2) konnte bei 39 Taxa erfolgreich durchgeführt werden, wobei in den meisten Fällen eine getrennte Amplifikation von ITS 1 und 2 der Einzelstränge notwendig war. Diese mussten teilweise mehrfach sequenziert werden, wodurch im Endeffekt aber auch größere PCR- und Sequenzierfehler auszuschließen sind und eine gute Reproduzierbarkeit gewährleistet ist. Nach mehrfachen erfolglosen Versuchen, eine Akzession von *O. kilimandscharicum* zu sequenzieren, wurde Akzession OCI 188 kloniert und PCR-Produkte der sechs verschiedenen Klone in die Analyse einbezogen. Die Vertreter der Sektionen wurden anlehnend an die morphologische Parsimonieanalyse von PATON (2000) ausgewählt. *Catoferia chiapensis* wurde als Außengruppe gewählt, da diese Sippe im Gegensatz zu den meisten *Ocimum*-Arten zu den Neuweltarten gehört, die zudem keine nahen Beziehungen zu anderen Neuweltlabiaten zeigt. Eine Beziehung zur altweltlichen Gattung *Orthosiphon* vermutete RAMAMOORTHY (1986).

In Tabelle 19 sind die Längen der ITS-Regionen und die G/C-Gehalte aufgeführt und nach der Länge von ITS-Gesamt sortiert. Die ITS-Gesamtlänge ohne 5,8 S rDNA der Sektion *Ocimum* liegt zwischen 391 und 398 Basenpaaren mit Ausnahme von *O. basilicum* subsp. *basilicum*, welche mit 408 Basenpaaren deutlich länger ist als die anderer Vertreter der Sektion *Ocimum*. Weitere Zusammenhänge zwischen Sektionszugehörigkeit und ITS-Gesamtlänge zeigt die Sektion *Gratissima*, deren ITS-Länge zwischen 400 und 406 Basenpaaren liegt. Bei Vertretern des Subgenus *Nautochilus* war dieser Bereich 409 bis 411 bp lang, bei Vertretern der Sektion *Hiantia* 410 bis 421 bp lang. Die ITS-Längen der beiden *Plectranthus*-Arten variierten zwischen 411 und 413 bp, *Catoferia* hatte mit 367 bp die kürzeste ITS-Region, *Syncolostemon*- und *Orthosiphon*-Arten zeigten eine relativ lange ITS-Region von 416 bis 419 bp.

Der G/C-Gehalt des ITS-Bereichs ist sehr hoch, wobei der Anteil im ITS 2 meist höher liegt als im ITS 1. In Abbildung 7 wurde der G/C-Gehalt von ITS 1 gegen den G/C-Gehalt von ITS 2 aufgetragen. Dabei wird deutlich, dass der ITS 1-G/C-Gehalt nicht proportional zum ITS 2-Gehalt variiert. Eine deutliche Korrelation zwischen morphologischen Sektionen und dem G/C-Gehalt ist bei den Vertretern des Subgenus *Nautochilus* (*O. serratum*, *O. labiatum*, *O. tubiforme*, *O. lamiifolium*) zu erkennen. Innerhalb der Sektion *Ocimum* variiert der G/C-Gehalt besonders im ITS 2-Bereich. Den höchsten G/C-Gehalt hat *O. tenuiflorum* aus dem Subgenus *Gymnocimum*.

Das vollständige Alignment der ITS-Sequenzen hat eine Gesamtlänge von 664 bp mit 222 bp ITS 1, 167 bp 5,8 S und 275 bp ITS 2. Es kann Tabelle A 5 im Anhang entnommen werden.

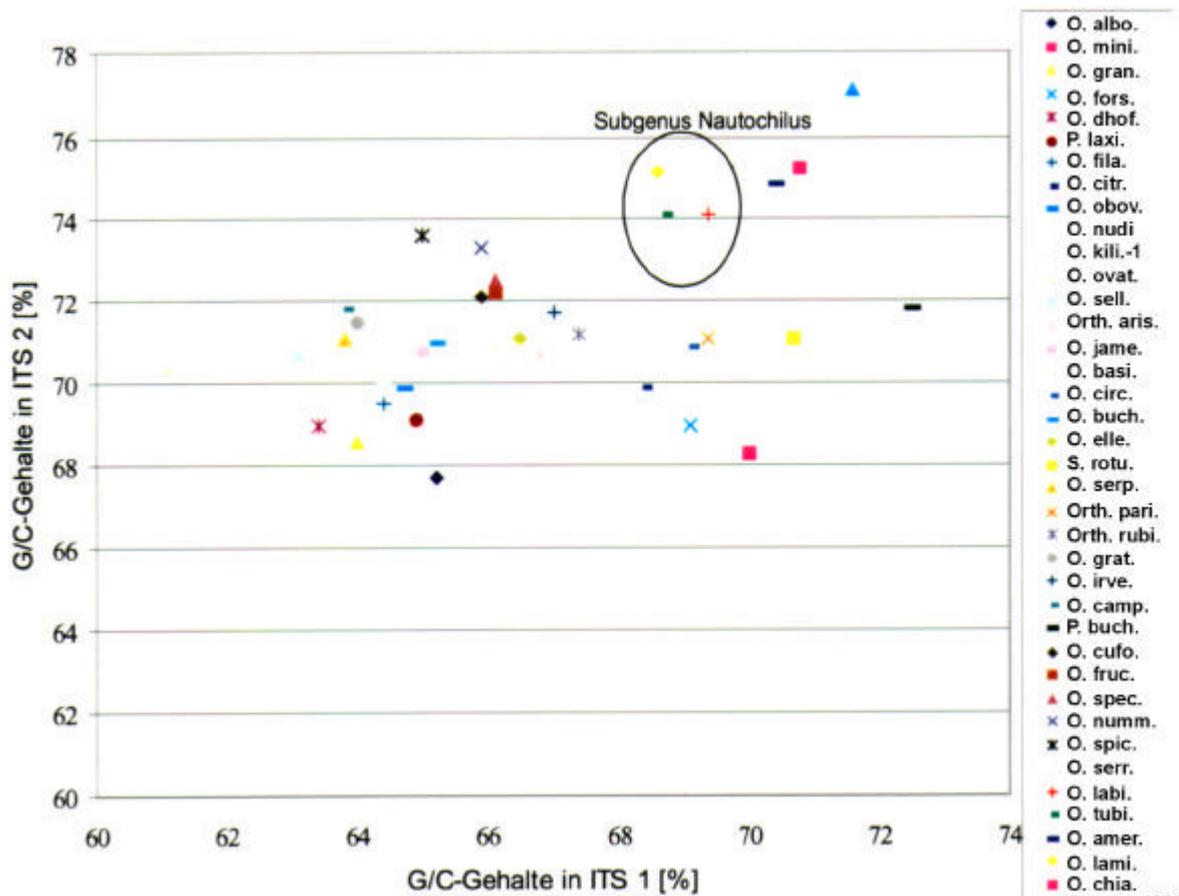


Abbildung 11: Histogramm der G/C-Gehalte der sequenzierten *Ocimum*-Arten, getrennt nach ITS 1 und ITS 2

Figure 11: Histogram of G/C-contents of sequenced *Ocimum* species, separated in ITS 1 and ITS 2

Tabelle 19: Basenlänge der sequenzierten ITS-Bereiche mit G/C-Gehalten. Die Abkürzung *O.* steht für *Ocimum*, *Orth.* für *Orthosiphon*, *Sync.* für *Syncolostemon*, *Plec.* für *Plectranthus*, *Cato.* für *Catoferia*

Table 19: Base length of sequenced ITS regions with G/C contents. (*O.* =*Ocimum*; *Orth.*=*Orthosiphon*; *Sync.*=*Syncolostemon*; *Plec.*=*Plectranthus*; *Cato.*=*Catoferia*)

Taxon	ITS gesamt	G/C	ITS 1	G/C	ITS 2	G/C	5.8 S	G/C
	bp	%	bp	%	bp	%	bp	%
<i>Ocimum filamentosum</i>	421	67,2	188	64,4	233	69,5	161	54,7
<i>O. irvenii</i>	420	69,5	194	67	226	71,7	161	54,7
<i>Orth. rubicundus</i>	419	69,5	193	67,4	226	71,2	161	54,7
<i>O. grandiflorum</i>	418	66,5	189	64	229	68,6	161	54,7
<i>Orth. aristatus</i>	418	68,9	193	66,8	225	70,7	161	54,7
<i>Orth. parishii</i>	418	70,3	193	69,4	225	71,1	161	54,7
<i>O. obovatum</i>	416	67,5	187	64,7	229	69,9	161	54,7
<i>O. serpyllifolium</i>	416	67,8	188	63,8	228	71,1	161	54,7
<i>Sync. rotundifolium</i>	416	70,9	191	70,7	225	71,1	162	54,3
<i>O. burchellianum</i>	415	68,4	184	65,2	231	71	161	54,7
<i>O. dhofarense</i>	415	66,5	186	63,4	229	69	161	54,7
<i>Ocim albostellatum</i>	413	66,6	184	65,2	229	67,7	161	54,7
<i>Plec. buchaniani</i>	413	72,2	200	72,5	213	71,8	161	55,3
<i>O. lamiifolium</i>	411	72	194	68,6	217	75,1	161	54,7
<i>O. tubiforme</i>	411	71,5	195	68,7	216	74,1	161	54,7
<i>Plec. laxifolia</i>	411	67,2	194	64,9	217	69,1	161	55,3

Taxon	ITS gesamt		ITS 1		ITS 2		5.8 S	
	bp	G/C %	bp	G/C %	bp	G/C %	bp	G/C %
<i>O. ellenbechii</i>	410	69	185	66,5	225	71,1	161	54,7
<i>O. serratum</i>	410	71,7	194	69,6	216	73,6	161	54,7
<i>O. labiatum</i>	409	71,9	193	69,4	216	74,1	161	54,7
<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i>	408	68,6	189	66,1	219	70,8	161	54,7
<i>O. spectabile</i>	406	70,9	177	68,9	229	72,5	162	54,3
<i>O. tenuiflorum</i> (Oci 269)	406	74,6	183	71,6	223	77,1	161	54,7
<i>O. campechianum</i>	404	68,3	177	63,8	227	71,8	162	54,3
<i>O. nudicaule</i>	404	67,6	177	64,4	227	70	161	54,7
<i>O. spicatum</i>	404	69,8	177	65	227	73,6	162	54,3
<i>O. gratissimum</i>	403	68,7	178	64	228	71,5	161	54,7
<i>O. jamesii</i>	403	68,2	177	65	226	70,8	161	54,7
<i>O. ovatum</i>	403	66,3	180	61,1	223	70,4	162	53,7
<i>O. cufodontii</i>	402	69,4	176	65,9	226	72,1	161	54,0
<i>O. nummularia</i>	401	70,1	176	65,9	225	73,3	161	54,7
<i>O. selloi</i>	401	67,3	176	63,1	225	70,7	161	54,7
<i>O. fruticosum</i>	400	69,5	177	66,1	223	72,2	161	54,7
<i>O. forskolei</i>	398	69,1	188	69,1	210	69	161	54,7
<i>O. americanum</i>	396	72,7	186	70,4	210	74,8	161	54,7
<i>O. x citriodorum</i>	396	69,2	187	68,4	209	69,9	161	54,7
<i>O. kilimandscharicum</i> (188.3)	394	70,1	186	69,9	208	70,2	161	54,7
<i>O. basilicum</i> subsp. <i>minimum</i>	392	69,1	190	70	202	68,3	161	54,7
<i>O. circinatum</i>	391	70,1	188	69,1	203	70,9	161	54,7
<i>O. kilimandscharicum</i> (188.1)	391	70,6	186	69,9	208	70,2	162	54,3
<i>Cato. chiapensis</i>	367	73,3	161	70,8	206	75,2	161	55,3

5.1 Phänetische Analyse der gesamten ITS-Region mit 5.8 S

Die Topologie einer Neighbor-Joining-Analyse zeigt Abbildung 12. Die Astlängen sind proportional zu den berechneten Maximum-Likelihood-Distanzen.

Ocimum erweist sich als eine paraphyletische Gruppe, da die Gattungen *Plectranthus*, *Orthosiphon*, *Syncolostemon* und *Catoferia* innerhalb der Gattung *Ocimum* gruppieren. Alle Vertreter der Sektion *Ocimum* bilden einen mit hohem Bootstrapwert von 91% gestützten Zweig im Neighbor-Joining-Baum. In die Sektion ist aber auch *Ocimum nudicaule* integriert, ein Vertreter der Sektion *Hiantia*, wodurch die Sektion paraphyletisch wird. Das Subgenus *Nautochilus* stellt eine natürliche Gruppe dar.

Eine zweite große Gruppe wird von vielen Vertretern der Sektion *Hiantia* gebildet. Sie ist aber nicht monophyletisch, weil zum einen innerhalb dieser Gruppe *O. ovatum*, ein Vertreter des Subgenus *Gymnocimum*, liegt und zum anderen weitere Vertreter mit anderen morphologischen Gruppen im Baum gruppieren. Weitere Gruppen, die aufgrund morphologischer Merkmale definiert wurden, konnten nicht als molekulare Gruppen bestätigt werden, wobei einzelne Vertreter der Subsektion *Gratissima* miteinander gruppieren.

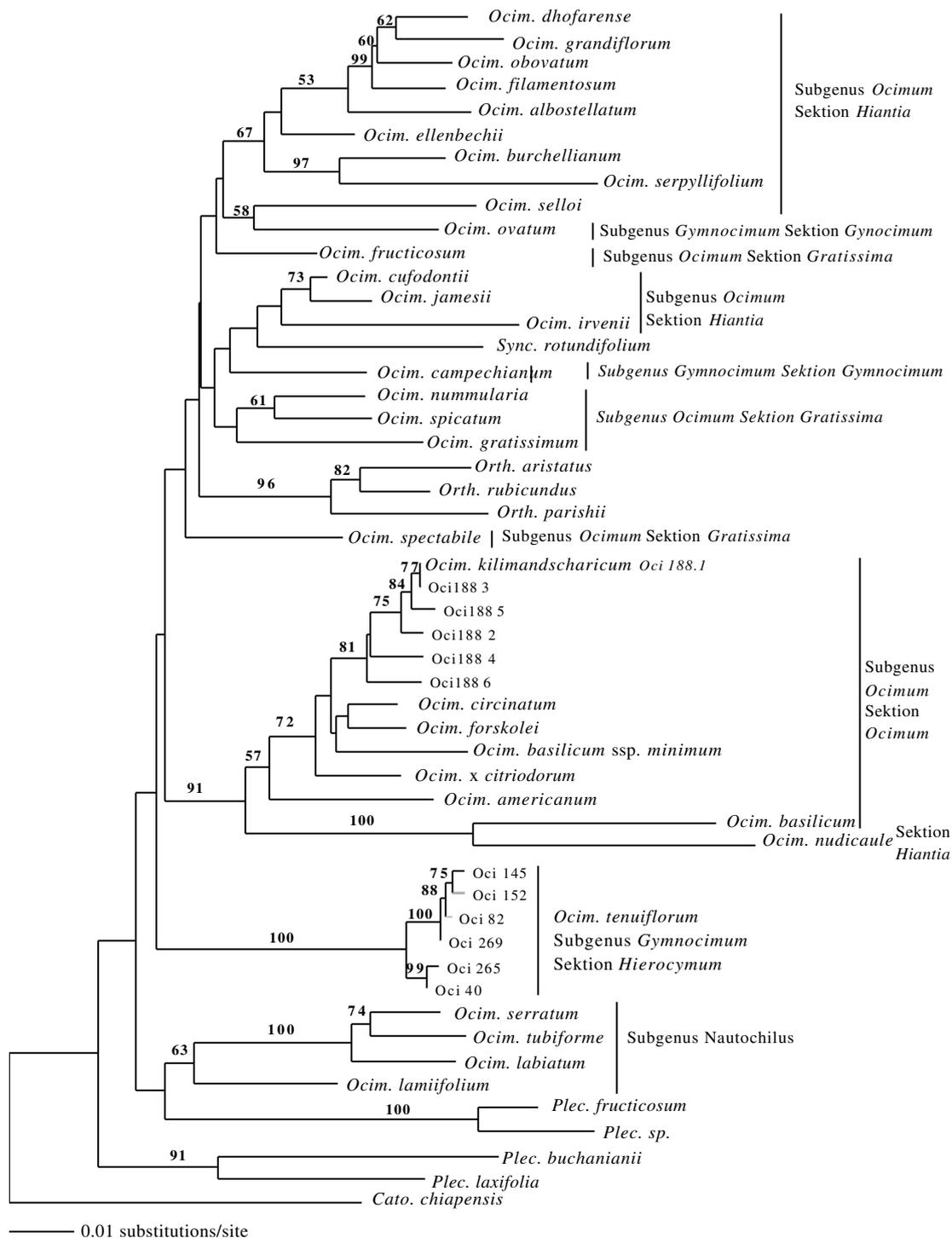


Abbildung 12: Neighborjoining-Analyse von ITS-Gesamt auf der Basis einer Maximum Likelihood-Distanzmatrix. Die angefügten Ziffern beschreiben, mit welchen Bootstrapwerten (>50%) die Äste unterstützt werden

Figure 12: Neighborjoining analysis of complete ITS region using Maximum Likelihood distances. Numbers for Bootstrap values >50 %

5.2 Sequenzdetails der Sektion *Ocimum*

Diese Sektion ist von besonderem Interesse weil, sie die meisten kultivierten Arten beinhaltet. Wie im morphologischen Teil dieser Arbeit gezeigt werden konnte, sind diese zum Teil schwer zu unterscheiden.

Sequenzdetails geben Aufschluss sowohl über homologe Sequenzabschnitte als auch über Mutationen wie Insertionen, Deletionen, Transitionen und Transversionen, die die Sektion charakterisieren und einen tieferen Einblick in die molekularen Beziehungen der Arten untereinander erlauben. Aus dem vollständigen Alignment, das dem Anhang zu entnehmen ist, wurden die Mitglieder der morphologischen Sektion *Ocimum* entnommen und Autapomorphien hellgrau und Synapomorphien für Artengruppen innerhalb der Sektion dunkelgrau markiert (Abbildung 13):

```
Ocim.amer.      TCGAAACCTGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTT- AACATCAATCCCGCCGC
Ocim.citr.      TCGAAACCTGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTT- AACTCTAATCCCGCCGC
Ocim.basi.      TCGAAACCTGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTTAACTCTAATCCCGCCGC
Ocim.mini.      TCGAGACCCGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTT- AACTCTAATCCCGCCGC
Oci 188.1.     TCGAGACCTGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTT- AACTCTAATCCCGCCGC
Oci 188.2.     TCGAGACCTGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTT- AACTCTAATCCCGCCGC
Ocim.fors.      TCGAAACCTGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTT- AACT- TAATCCCGCCGC
Ocim.circ.      TCGAAACCTGCAAAGAGACC GCGAACACGTGTTT- AACTCTAATCCCGCCGC
```

```
Ocim.amer.      GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCCAACGAACCCCGGCGCGGAACGCGCCAAGGA
Ocim.citr.      GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGCGCGGAAAGCGCCAAGGA
Ocim.basi.      GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGCGCGGAAAGCGCCAAGGA
Ocim.mini.      GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGCGCGGAAAGCGCCAAGGA
Oci 188.1.     GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGCGCGGAAAGCGCCAAGGA
Oci 188.2.     GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGCGCGGAAAGCGCCAAGGA
Ocim.fors.      GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGCGCGGAAAGCGCCAAGGA
Ocim.circ.      GGCCCCGGTGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGCGCGGAAAGCGCCAAGGA
```

```
Ocim.amer.      AAACCCAA--CGTCGGCGCCGGCCCC--CACCCCGTCCGCGGGTTCGT YGG
Ocim.citr.      AAACCTCAA--CGTCGGCGCCGGCCCC--TACCCCGTCCGCGGGTTCGT CGG
Ocim.basi.      AAACCTCAAAA TGTCGGCGCCGGCCCC--CACCCCGTCCGCGGGTTCGT CGG
Ocim.mini.      AAACCTCAAAA CGTCGGCGCCGGCCCC--CACCCCGTCCGCGGGTTCGT CGG
Oci 188.1.     AAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCC--CACCCCGTCCGCGGGTTCGT CGG
Oci 188.2.     AAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCC--CACCCCGTCCGCGGGTTCGT CGG
Ocim.fors.      AAACCCAAA- CGTCGGCGCCGGCCCC--TACCCCGTCCGCGGGTTCGT CGG
Ocim.circ.      AAACCTGAAA- CGTCGGCGCCGGCCCC--TCGCCCCGTCCGCGGGTTCGT CGG
```

```
Ocim.amer.      G-GGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
Ocim.citr.      G-GGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
Ocim.basi.      G-GGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
Ocim.mini.      GGGGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
Oci 188.1.     G-GGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
Oci 188.2.     G-GGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
Ocim.fors.      G-GGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
Ocim.circ.      G-GGGCGCGGCGTCTCTGACGAATGTCAAAACGACTCTCGGCAACGGATATC
```

```
Ocim.amer.      TCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
Ocim.citr.      TCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
Ocim.basi.      TCGGSTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
Ocim.mini.      TCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
Oci 188.1.     TCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
Oci 188.2.     TCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
Ocim.fors.      TCGGCTCTSGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
Ocim.circ.      TCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAAATGCGATACTTGGTGTGAATT
```

```
Ocim.amer.      GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCAT
Ocim.citr.      GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCAT
```

Ocim.basi.	GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCGAAGCCAT
Ocim.mini.	GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCGAAGCCAT
Oci 188.1.	GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCGAAGCCAT
Oci 188.2.	GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCGAAGCCAT
Ocim.fors.	GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCGAAGCCAT
Ocim.circ.	GCAGAACCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCCGAAGCCAT
Ocim.amer.	CAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG
Ocim.citr.	CAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG
Ocim.basi.	TTGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG
Ocim.mini.	CAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG
Oci 188.1.	CAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG
Oci.188.2.	CAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG
Ocim.fors.	CAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG
Ocim.circ.	CAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCACG

Abbildung 13: Alignment des ITS 1+5,8 S-Bereichs der Sektion *Ocimum* (Autapomorphien hellgrau, Synapomorphien zwischen mindestens 2 Arten dunkelgrau markiert)

*Figure 13: Alignment of ITS 1 +5.8 S region of section *Ocimum* (autoapomorphisms= bright grey; synapomorphisms between more than 2 species=dark grey)*

Ocim.amer.	CATCGCGTCGCCCCCCATCCCCGCGCACC GCGCTC---GCTTG----GGGG
Ocim.citr.	CATCGCGTCGCCCCCC-ATCCCCGCGCAATGCGCTC---GCTTG---GGGGG
Ocim.basi.	CATCGCGTCGCCCCC---TC-----GCA---CGCCGCAAGCTTTAGCGCGGG
Ocim.mini.	CATCGCGTCGCCCCCCATCCCCGCGCAATGCGCTC---GCTTG----GGGG
Oci188.1.	CATCGCGTCGCCCCCCATCCCCGCGCACC GCGCTC---GCTTG----GGGG
Oci188.2.	CATCGCGTCGCCCCCCATCCCCGCGCACC GCGCTC---GCTAG----GGGG
Ocim.fors.	CATCGCGTCGCCCCCAATCCCCGCGCACC GCGCTC---GCTTG----GGGG
Ocim.circ.	CATCGCGTCGCCCCCCATCCCCGCGCACC GCGCTC---GCTTG----GGGG
Ocim.amer.	GGCGGACTGCCCCCGTGCGCCCGT-CGCGCGGCCGGCCCCAAATGCGA
Ocim.citr.	GGCGGATACTGGCCTCCCGTGCGCCCGC-CGCGCGGCCGGCCCCAAATGCGA
Ocim.basi.	GGCGGAAGTGGCCTCCCGTGCGCCCGAGCGCGGCCGGCCCTAAATGCGA
Ocim.mini.	GGCGGATACTGGCCTCCCGTGC-CGCCGT-TGCGCGGCCGGCCCCAAATGCGA
Oci188.1.	GGCGGATACTGGCCTCCCGTGCGCCCGC-CGCGCGGCCGGCCCCAAATGCGA
Oci188.2.	GGCGGATACTGGCCTCCCGTGCGCCCGC-CGCGCGGCCGGCCCCAAATGCGA
Ocim.fors.	GGCGGATACTGGCCTCCCGTGCGCCCGT-CGCGCGGCCGGCCCCAAATGCGA
Ocim.circ.	GGCGGATACTGGCCCCCGTGCGCCCGT-CGCGCGGCCGGCCCCAAATGCGA
Ocim.amer.	TCCCCCGGCGACCCGCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAG-C CAATCAA--TTC
Ocim.citr.	TCCCCCGGCGACCCGCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CTCATCAA-TTTC
Ocim.basi.	GTCCACGTCGACGGACGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAAAC---TCAACTCTC
Ocim.mini.	TCCCCCGGCGACCCGCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTTATCAA--TTC
Oci188.1.	TCCCCCGGCGACCCGCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTCGTCAA-TTTC
Oci188.2.	TCCCCCGGCGACCCGCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTCATCAA-TTTC
Ocim.fors.	TCCCCCGGCGACCCGCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CTCATCGA-TTTC
Ocim.circ.	TCCCCCGGCGACCCTCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CTCGTCAA--TTC
Ocim.amer.	CCCGTCCCGTCGCGCCCCGG---GTCGTCCGTGGGGTCCGA---TAGAC-
Ocim.citr.	CC-----CGTCGCGC-CCCGG---GTCGTCCGCGGGACCC TAGTAAAAAC-
Ocim.basi.	TC-TTGTGTCGCGGCTACAGCCCGTCGCGCGTCGGA--CTC-CCC----C-
Ocim.mini.	CC-----CGTCGCGC-CCCGT---GTCGTCCGTGGGATCC TT----TAGAC-
Oci188.1.	CC-----CGTCGCGC-CCCGG---GTCGTCCGTAGGATCC TT-TGAAAAAT-
Oci188.2.	CC-----CGTCGCGC-CCCGG---GTCGTCCGTAGGATCC TT-TGAAAAAT-
Ocim.fors.	CC-----CGTCGCGC-CCCGG---GTCGTCCGTGGGATCC TT-TGAAAAACA
Ocim.circ.	CC-----TGTCGCGC-CCCGG---GTCGTCCGTGGGATCC TT-TGA---AC-

Ocim. amer.	G-ACCC-AA-----GCCCCT-CGACC
Ocim. citr.	GAACCC-AA-----GCTCCT-CGACC
Ocim. basi.	G-ACCCTACCGCGCCACAGGCGCTCCGACC
Ocim. mini.	-AACCC-AA-----GTACCT-CGACC
Oci188.1.	GAACCC-AA-----GCTCCT-CGACT
Oci188.2.	GAACCC-AA-----GCTCCT-CGACC
Ocim. fors.	GAACCC-AA-----GTACCT-CGACC
Ocim. circ.	-AACCC-GA-----GTACCT-CGACC

Abbildung 14: Alignment des ITS 2 -Bereichs der Sektion *Ocimum* (Autapomorphien hellgrau, Synapomorphien zwischen mindestens zwei Arten dunkelgrau markiert)

Figure 14: Alignment of ITS 2 region of section *Ocimum* (autoapomorphisms= bright grey; synapomorphisms between more than 2 species=dark grey)

Innerhalb der Sektion *Ocimum* sind im ITS 1-Bereich nur fünf synapomorphe (homologe, abgeleitete Merkmale einer Untergruppe) und in der ITS 2-Region 22 synapomorphe Merkmale enthalten. Diese synapomorphen Merkmale können zur Rekonstruktion von Abstammungsverhältnissen dienen. Auffällig ist, dass die Information in ITS 2 deutlich höher ist als in ITS 1.

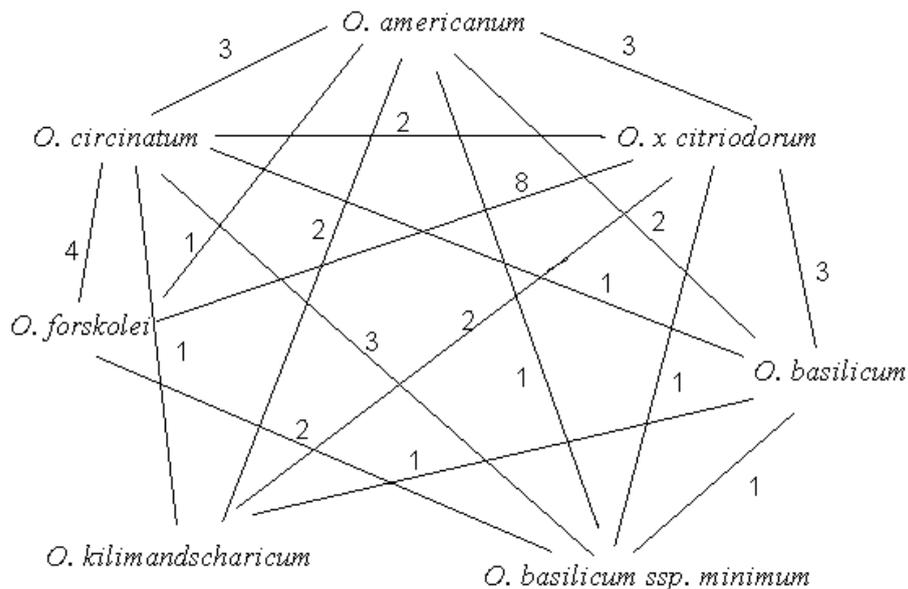


Abbildung 15: Anzahl der homologen, abgeleiteten Merkmale zwischen den Mitgliedern der morphologischen Sektion *Ocimum*

Figure 15: Number of synapomorphic bases between members of the morphology based section *Ocimum*

Unter der Annahme, dass Synapomorphien Verwandtschaftsbeziehungen ausdrücken, können interessante Schlüsse über die Beziehungen bekannter Kulturarten aus Abbildung 15 geschlossen werden. Die nächsten Verwandten zu *O. basilicum* sind demnach in abnehmender Reihenfolge: *O. citriodorum*, *O. americanum*, *O. basilicum* subsp. *minimum*, *O. kilimandscharicum* und *O. circinatum*. Am damaligen Institut für Kulturpflanzenforschung in Gatersleben wurde 1958 *O. minimum* L. von DANERT (1962) neu kombiniert zu *O. basilicum* subsp. *minimum* (L.)

Danert. In der neuen Revision der Gattung von PATON et al. (1999) wird diese Sippe von Basilikum wieder als eigenständige Art (*O. minimum* L.) geführt. In dieser Arbeit wurde zunächst die Nomenklatur von DANERT (1962) vorgezogen. Aufgrund dieses Ergebnisses kann aber mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden, dass die Trennung von "*minimum*" von *Ocimum basilicum* nicht auf Unterartenebene liegt, sondern auf Artebene. Nach den Synapomorphien zu schließen, hat "*minimum*" große Ähnlichkeit zu *O. circinatum* und *O. forskolei* und weiter entfernt zu *O. basilicum*, *O. citriodorum* und *O. americanum*.

Ocimum x citriodorum wurde in der Vergangenheit als Hybride zwischen *O. americanum* und *O. basilicum* bezeichnet. Aufgrund der hohen Anzahl von Synapomorphien zu *O. forskolei* besteht zwischen *O. citriodorum* und *O. forskolei* vermutlich eine nähere verwandtschaftliche Beziehung als zu *O. basilicum* und *O. americanum*.

Ocimum kilimandscharicum hat die meisten Synapomorphien mit *O. americanum* und *O. x citriodorum*, darüber hinaus mit *O. basilicum* und *O. circinatum*.

5.3 Phänetische Analyse der ITS 1-Region inklusive 5.8 S rDNA

Die Sequenzdetails der oben genannten Beispiele zeigen, dass die Variabilität der ITS-Regionen unterschiedlich groß sein kann. Aus diesem Grund wurde eine getrennte phänetische Analyse von ITS 1 + 5,8 S rDNA und 5,8 S rDNA + ITS 2 durchgeführt, um die sich bildenden Gruppen vergleichen zu können. Von *O. tenuiflorum* wurden mehrere Genbankakzessionen in die Analyse aufgenommen. Dadurch kann der Umfang infraspezifischer Variabilität einer kultivierten *Ocimum*-Art dokumentiert werden. Unsichere Positionen im Alignment könnten die Diskrepanzen zwischen den morphologischen und molekularen Gruppen in den phänetischen und kladistischen Analysen verursacht haben. Deshalb wurden diese bei der getrennten Analyse von ITS 1 und ITS 2 sicherheitshalber ausgeschlossen.

In einer Neighbor-Joining-Analyse sind dies folgende Basenpositionen: Position 45-52, Position 61-70 und Position 81-88 (siehe Anhang). Abbildung 16 zeigt das resultierende Phylogramm mit Bootstrap-Werten. Die Astlängen sind proportional zu den berechneten Maximum-Likelihood-Distanzen.

Im Vergleich zu der Neighbor-Joining-Analyse der vollständigen ITS-Region ist die Gattung *Ocimum* hier klar monophyletisch. Die drei *Orthosiphon*-Arten bilden zusammen mit *Syncolostemon rotundiflorum* die am nächsten Schwestergruppe. *Plectranthus* ist molekular etwas weiter entfernt, trennt sich jedoch klar in zwei Gruppen auf, die Bootstrap unterstützt sind und ist weiter paraphyletisch.

Die Sektion *Ocimum* ist ebenfalls monophyletisch und mit über 80% Bootstrap unterstützt. *Ocimum nudicaule* gruppiert mit dem nächsten Verwandten aus der morphologischen Einteilung *O. selloi*. Innerhalb der Sektion *Ocimum* ist besonders die Position von *O. minimum* auffällig, welches zwischen den Klonen von OCI 188 gruppiert. Die Sequenzdetails im vorangegangenen Kapitel zeigen zwar viele plesiomorphe Merkmale zwischen *O. minimum* und den *O. kilimandscharicum*-Klonen, aber keine spezifischen Synapomorphien zwischen diesen beiden Arten. Die relativ schlechte Bootstrapunterstützung von 62% weist auch darauf hin, dass diese Beziehung nicht gesichert ist. Die größte Ähnlichkeit zu *O. basilicum* weist *O. x citriodorum* auf, wie schon in den Sequenzdetails gezeigt wurde.

Die drei Arten *O. serratum*, *O. tubiforme* und *O. labiatum* des Subgenus *Nautochilus* gruppieren Bootstrap unterstützt entsprechend der Analyse der gesamten ITS-Region wieder zusammen. *O. lamiifolium* liegt jedoch außerhalb. Die verschiedenen Akzessionen von *O. tenuiflorum* zeigen erwartungsgemäß eine geringe Variabilität und bilden eine 100% Bootstrap gestützte Gruppe, die ihrerseits eine Schwestergruppe zu den meisten Vertretern der Sektion *Hiantia* ist. Sektion *Gratissima* ist eine paraphyletische Gruppe, wobei die fünf Vertreter *O. jamesii*, *O. spicatum*, *O. gratissimum*, *O. cufodontii* und *O. nummularia* einen relativ langen gemeinsamen Ast bilden und getrennt davon die Vertreter *O. irvenii*, *O. spectabile* und *O. fruticosum* ebenfalls gruppieren.

Viele Gruppen sind trotz der eingeschränkten Merkmalsauswahl nicht Bootstrap unterstützt.

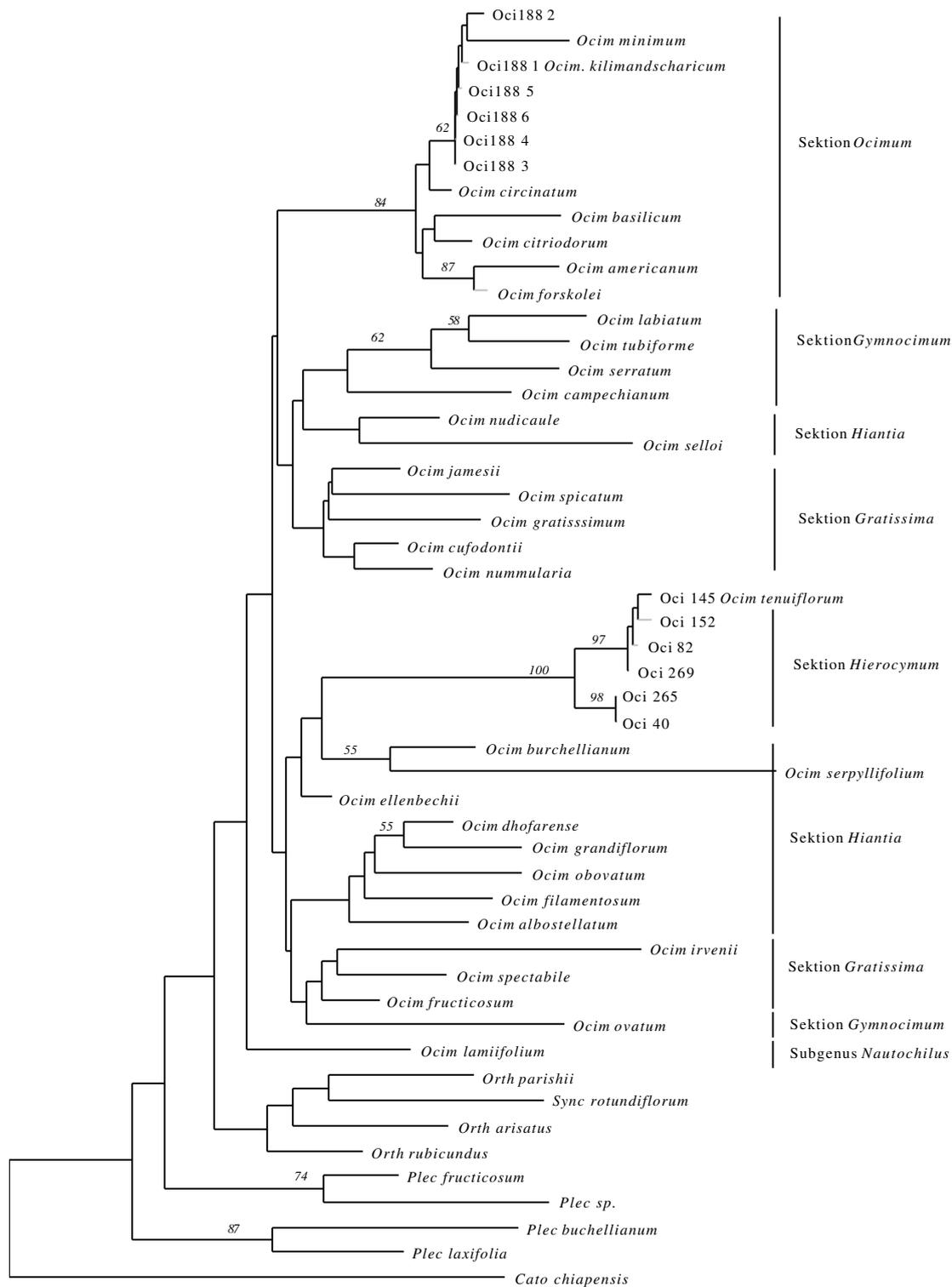


Abbildung 16: Neighborjoining-Analyse von ITS 1 auf der Basis einer Maximum-Likelihood-Distanzmatrix. Die angefügten Ziffern beschreiben mit welchen Bootstrapwerten (>50%) die Äste unterstützt werden.

Figure 16: Neighborjoining analysis of ITS 1 using Maximum Likelihood distances. Numbers for Bootstrap values >50 %

5.4 Kladistische Analyse der ITS 1-Region mit 5.8 S

Abbildung 17 zeigt einen 50%-Majority-Rule-Consensus-Baum aus 261100 Bäumen, die bei einer heuristischen Parsimonie-Analyse mit Stepwise-Random-Addition-Option gefunden wurden. Die Datenmatrix entspricht der aus der phänetischen Analyse, bei der 26 Basenpositionen nicht berücksichtigt wurden.

Die Gattung ist paraphyletisch. Im Vergleich zur phänetischen Analyse ist die Sektion *Ocimum* eine eigene Gruppe, welche als Schwestergruppe zu allen anderen *Ocimum*-Arten erscheint. Eine Ausnahme bilden die in der phänetischen Analyse gruppierten drei Vertreter des Subgenus *Nautochilus*. Diese befinden sich einzeln an der Basis des Baumes. *Ocimum lamiifolium* bildet im Gegensatz zur phänetischen Analyse mit *O. tenuiflorum* und den beiden Vertretern der Sektion, *Hiantia O. burchellianum* und *O. serpyllifolium*, einen gemeinsamen Ast.

5.5 Phänetische Analyse der ITS 2-Region mit 5.8 S

In einer Neighbor-Joining-Analyse wurden folgende Basenpositionen ausgeschlossen, da Alignmentfehler nicht auszuschließen sind: Position 189-201, Position 207-209, Position 222-230, Position 343-346, Position 380-401 und Position 421-426 (siehe Anhang). Abbildung 18 zeigt das resultierende Phylogramm mit Bootstrap-Werten. Die Astlängen sind proportional zu den berechneten Maximum-Likelihood-Distanzen.

Das auffallendste Ergebnis ist, dass im Gegensatz zu ITS 1 die Gattung *Ocimum* als paraphyletische Gruppe in der Analyse herauskommt. Sogar die Vertreter der Gattung *Plectranthus* erweisen sich als nicht monophyletisch: Zum einen bilden *P. buchellianum* und *P. laxifolia* eine Schwestergruppe zur Sektion *Ocimum* mit *O. nudicaule*, zum anderen bilden *P. fruticosum* und *P. spec.* mit einer 54%igen Bootstrap-Unterstützung eine Schwestergruppe zum monophyletischen Subgenus *Nautochilus*. Die drei *Orthosiphon*-Arten bilden zusammen eine Schwestergruppe zu *O. selloi* und *O. ovatum*, die verschiedenen morphologisch definierten Sektionen angehören. Die Vertreter der Sektion *Hiantia* bilden eine weitgehend monophyletische Gruppe, wie schon in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt werden konnte. Sektion *Gratissima* ist durch die Integrierung von *Syncolostemon rotundiflorum* (88% Bootstrap gestützt) und *O. campechianum* (nicht Bootstrap gestützt) paraphyletisch. Die Akzessionen von *O. tenuiflorum* bilden eine 100% Bootstrap gestützte Gruppe an der Basis des Baumes, getrennt von den bereits beschriebenen Gruppen.

Durch die getrennte Analyse von ITS 1 und ITS 2 wird deutlich, dass Diskrepanzen zwischen morphologischen Gruppen und molekularen Gruppen besonders durch die ITS 2-Region verursacht werden, in der andere evolutionäre Ereignisse stattgefunden haben müssen.

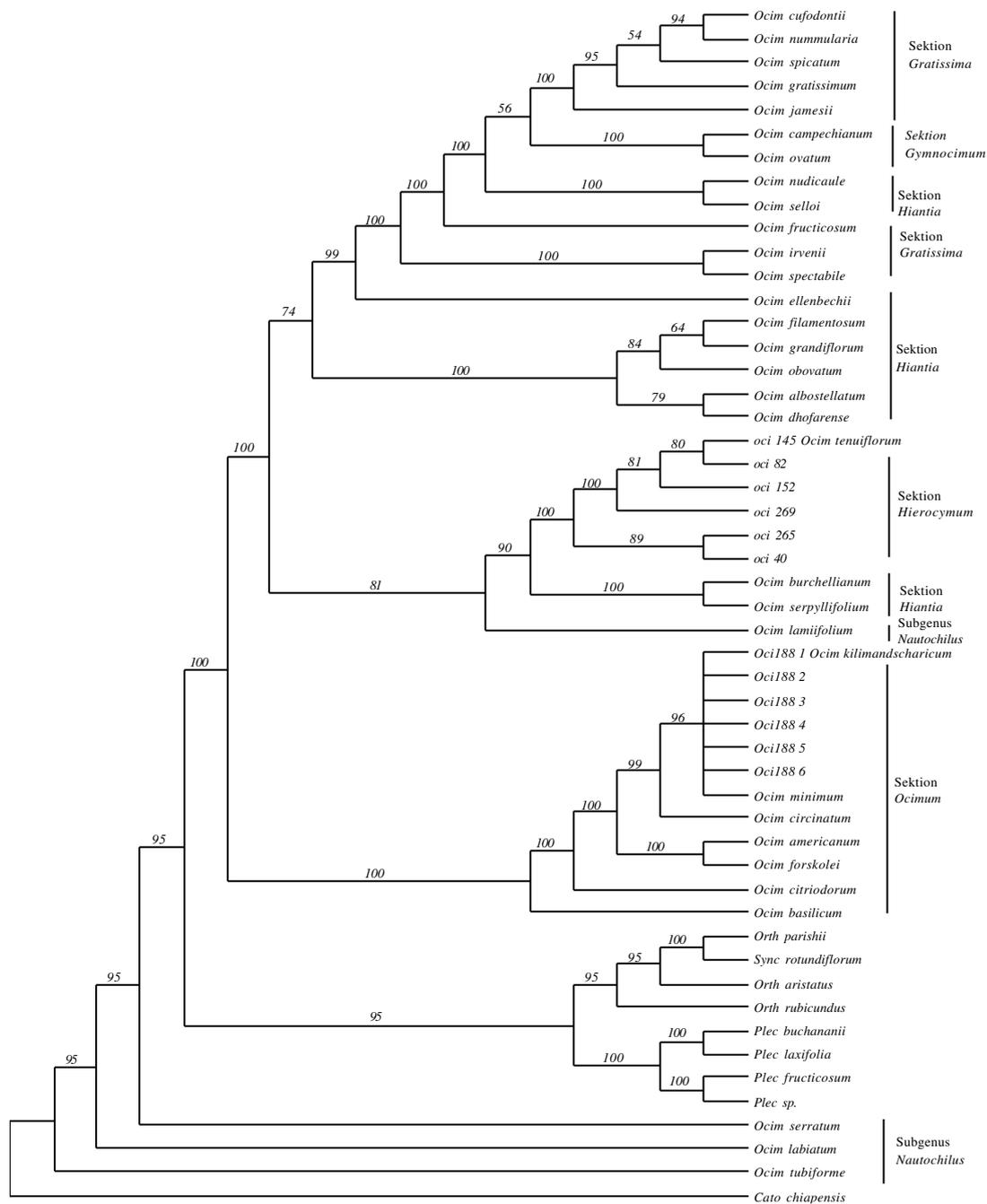


Abbildung 17: 50%-Majority-Rule-Consensus-Baum aus 261100 Bäumen der ITS 1-Region (heuristische Parsimonieanalyse mit Stepwise-Random-Addition-Option)

Figure 17: 50%-Majority-Rule-Consensus-Tree of 261100 trees of ITS 1 region (heuristic parsimonious Stepwise-Random-Addition option)

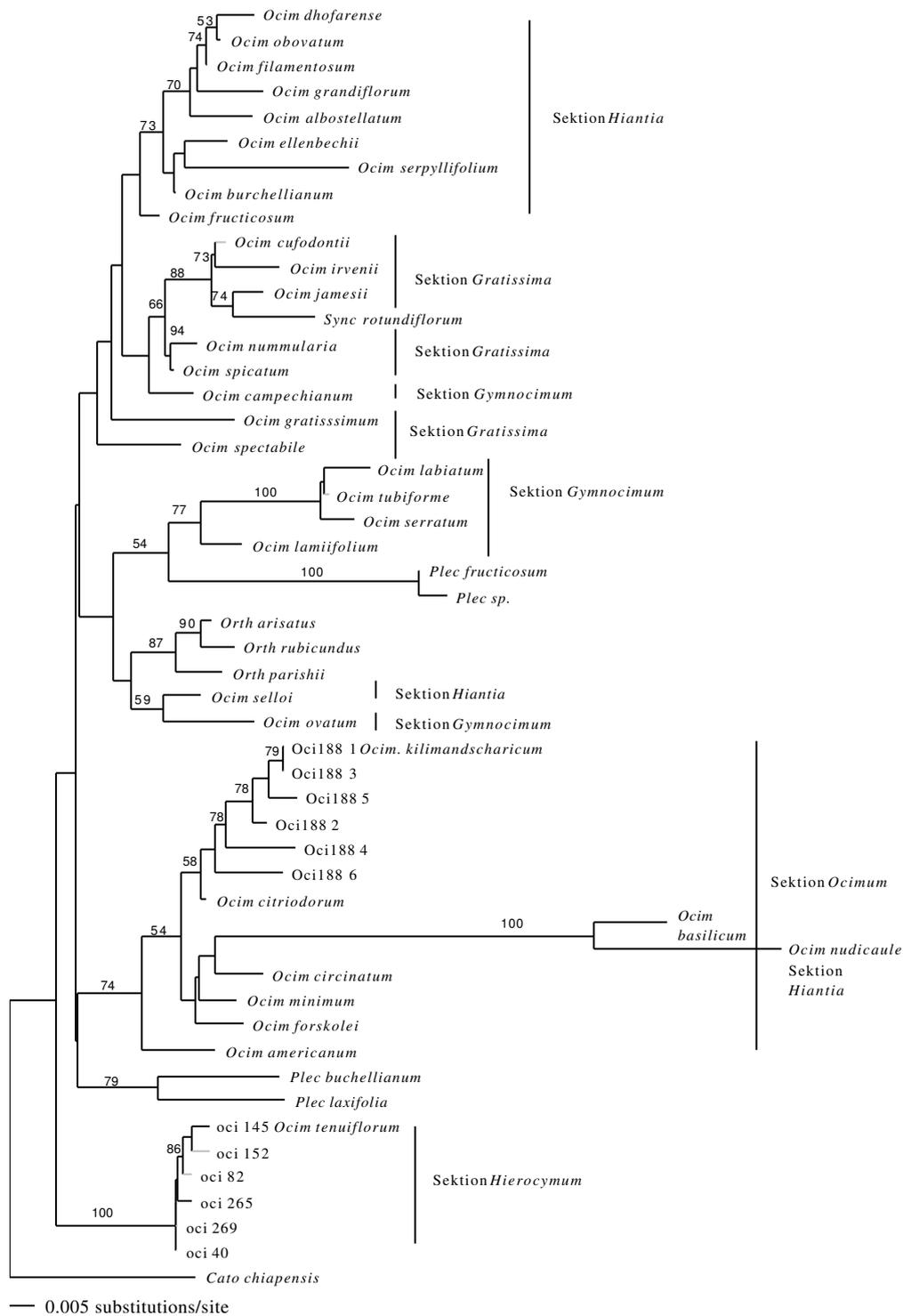


Abbildung 18: Neighbor-Joining-Analyse von ITS 2 auf der Basis einer Maximum-Likelihood-Distanzmatrix. Die angefügten Ziffern beschreiben, mit welchen Bootstrapwerten (>50%) die Äste unterstützt werden.

Figure 18: Neighborjoining analysis of ITS 2 using Maximum Likelihood distances. Numbers for Bootstrap values >50 %.

5.6 Kladistische Analyse der ITS 2-Region mit 5.8 S

Abbildung 19 zeigt einen 50%-Majority-Rule-Consensus-Baum aus 325121 ITS 2-Bäumen, die bei einer heuristischen Parsimonie-Analyse mit Stepwise-Addition-Option in PAUP gefunden wurden. Entsprechend der phänetischen Analyse wurden 57 Basenpositionen aufgrund möglicher Unsicherheiten im Alignment ausgeschlossen.

Im Vergleich zur phänetischen Analyse gruppieren *O. selloi* und *O. ovatum* nicht zu den *Orthosiphon*-Arten, sondern zu *Plectranthus fruticosum* und *Plectranthus sp.*

Ocimum spectabile fällt ganz aus der Sektion *Gratissima* heraus und gruppiert mit der Sektion *Ocimum/Plectranthus*-Gruppe.

5.7 Vergleich der Gruppen aus ITS 1 und ITS 2 der Majority-Rule-Consensus-Bäume

Die Unterschiede in den Baumtopologien der ITS 1- und ITS 2-Regionen sind äußerst ungewöhnlich. In Abbildung 20 wurden die beiden Majority-Rule-Consensus-Bäume einander gegenübergestellt und gleiche Arten miteinander verbunden um herauszufinden, welche Arten ihren Platz in der Baumtopologie zwischen ITS 1 und ITS 2 wechseln. Gruppierungen, die in beiden Baumtopologien gefunden werden konnten, wurden mit Buchstaben über den Ästen gekennzeichnet. Der Übersichtlichkeit halber wurden die Artbezeichnungen erst wieder in Abbildung 21 angefügt. Es wird deutlich, dass vermutlich nur wenige Arten die Diskrepanz in der Aussage von ITS 1 und ITS 2 verursachen.



Abbildung 19: 50%-Majority-Rule-Consensus-Baum aus 325121 Bäumen der ITS 2-Region (heuristische Parsimonieanalyse mit Stepwise-Random-Addition-Option)

Figure 19: 50%-Majority-Rule-Consensus-Tree of 325121 trees of ITS 2 region (heuristic parsimonious Stepwise-Random-Addition option)

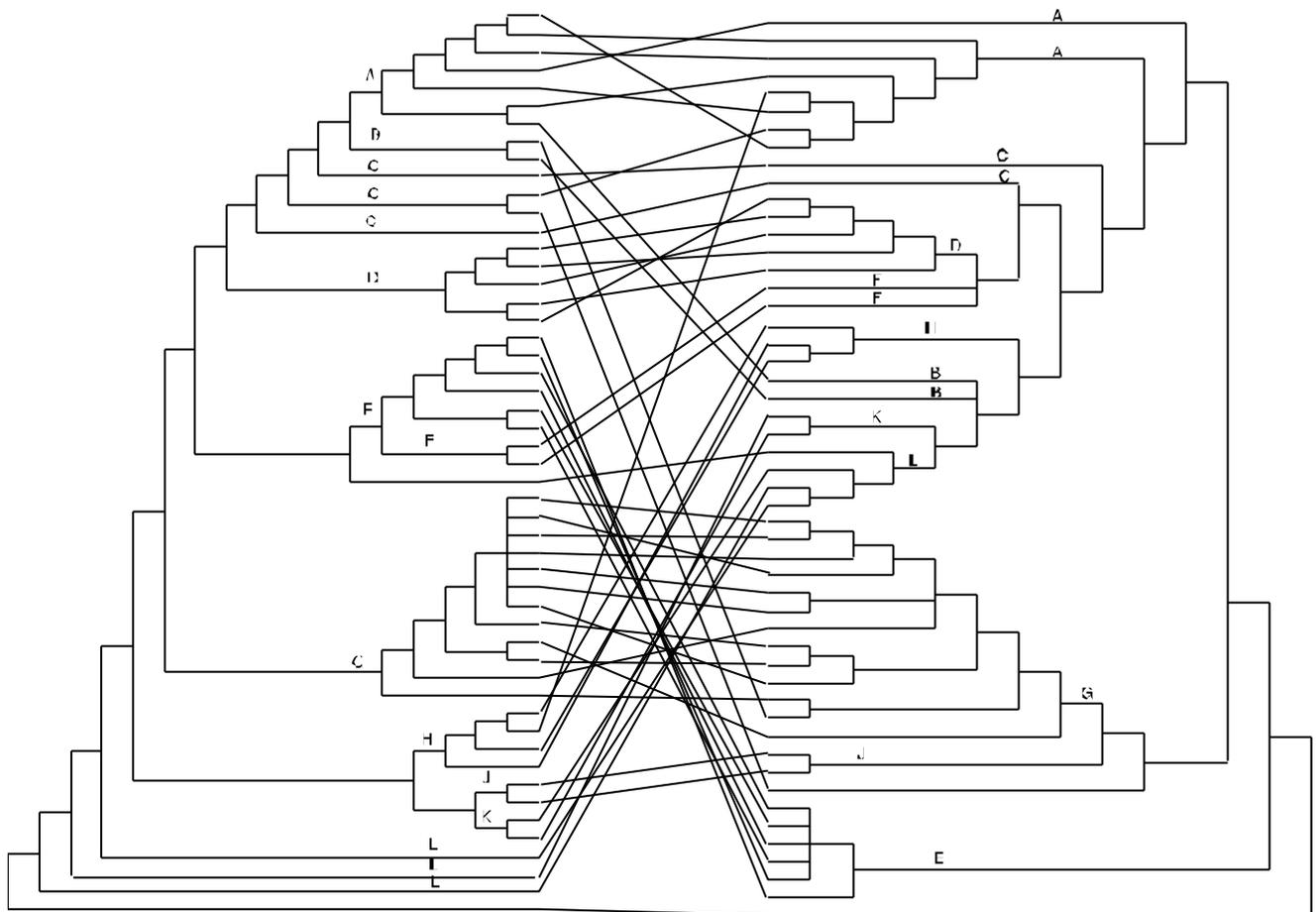


Abbildung 20: Gegenüberstellung der 50% Majority-Rule-Consensus-Bäume aus ITS 1 und ITS 2 mit Verknüpfung der Arten und Gruppen A-L.

Figure 20: Comparison of 50% Majority-Rule-Consensus-Trees of ITS 1 and ITS 2 by connecting species and introducing groups: A-L.

Abbildung 21 kann unter folgender URN (Deutsche Bibliotheken) eingesehen werden:

Figure 21 is available under the following URN (German Libraries):

http://www.genres.de/infos/rei-bd19/eckelmann_abb21.pdf

Abbildung 21: Gegenüberstellung der 50% Majority-Rule-Consensus-Bäume aus ITS 1 und ITS 2 mit Artenbezeichnungen und Gruppen A-L.

Figure 21: Comparison of 50% Majority-Rule-Consensus-Trees of ITS 1 and ITS 2 with species names and groups: A-L.

5.8 Sequenzdetails der hypothetischen Hybriden

Die Unterschiede in den Baumtopologien der ITS 1- und ITS 2-Regionen beruhen auf wenigen Arten, die zwischen den Gruppen springen. Auffällig ist, dass mit Ausnahme von *O. lamiifolium* die Gruppierungen im ITS 1-Baum stärker den Einteilungen in morphologische Sektionen entsprechen. Eine mögliche Erklärung ist, dass diese Verwirrung stiftenden Arten in Wirklichkeit Hybriden sind, in welchen die ITS-Sequenzen von Eltern aus zwei verschiedenen Gruppen rekombinierten. Diese verschiedenen ITS-Sequenzen wurden durch crossing-over vermischt, und nach Homogenisierung zwischen den rDNA-Kopien entstand eine Mosaiksequenz statt zwei verschiedener Eltern-Sequenzen. Diese crossing-over zwischen rekombinierten ITS-Sequenzen fanden außer bei *O. lamiifolium* vermutlich innerhalb der ITS 2-Region statt. Erkennbar sind solche crossing-over-Regionen an Synapomorphien des hypothetischen Hybriden wechselnd mit der einen oder der anderen Gruppe. Im folgenden sollen anhand der Sequenzdetails solche wechselnde Synapomorphien mit unterschiedlichen Gruppen bei den "springenden" Arten gesucht werden.

5.8.1 *Ocimum ovatum*

Ocimum ovatum gehört in ITS 1 zur Gruppe A, in ITS 2 hingegen fällt es mit den Gruppen B und K sowie L zusammen.

Um eine mögliche Rekombination zu finden, wurde eine Konsensussequenz aller Arten aus Gruppe A und eine aller Arten aus den Gruppen B, K und L generiert. Diese Konsensussequenzen wurden mit *O. ovatum* aligned. Synapomorphien in der ITS 2-Region zwischen *O. ovatum* und Gruppe BKL sind dunkel und zwischen *O. ovatum* und Gruppe A hell markiert:

Gruppe A	CATCGCGTCGCCCCCTCCCCGCGCACCGCGCTCGGGACGGGGGGCGGATATTG
<i>Ocim. ovatum</i>	CATCGCGTCGCCCCC-TCCCCGCGCACCGCGCTCGGGACGGGGG--CGGAGATTG
Gruppe BKL	CATCGCGTCGCCCCC-TCCCCGCGCTCCGCGCTCGGGWCGGGGG--CGGATGTTG
Gruppe A	GCCCCCGTGCGCCCCGGCGCGGGYCGGCCAAATGCGATCCCCCGGCGACCCG
<i>Ocim. ovatum</i>	GCCTCCCGTGCGCCCCGACGTGCGGCCGGCCAAATACGATCCCCCGGCGACTCG
Gruppe BKL	GCCTCCCGTGCGCCCCGGCGCGCGGCCGGCCAAATACGATCCCCCGGCGACTCG
Gruppe A	YGTGCGGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTCGCGTCTCGTTCGCGCTCCCGG
<i>Ocim. ovatum</i>	TGTGCGGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTCGCGTCTCGTTCGCGCTGCCGA
Gruppe BKL	CATGCGGACAAGTGGTGGTTGAACKTGTCAATCTCGCGTCCCGTTCGCGCTGCCGA
Gruppe A	ATCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAATGACCCAAAGGCGCGGCCGATCCGCCGCGCCC
<i>Ocim. ovatum</i>	GTCRTCCGTGCGGGCTCCGAAAACGACCCAACGGCGCGGAC-AACTGGCGCGCTC
Gruppe BKL	GTCGKCCGCMGGGCATCRACCAACGACCCAACGGCGCCGCCRCGCCCTCGACCTC
Gruppe A	TCGACC
<i>Ocim. ovatum</i>	TCGACC
Gruppe BKL	TCGACC

Auffällig ist bei dieser Art, dass Synapomorphien zu beiden Gruppen auch nach dem ersten Erscheinen einer Synapomorphie von *O. ovatum* zur Gruppe BKL auftreten. Es kann vermutet werden, dass crossing-over mehrfach stattfanden und so eine Mosaik-Sequenz aus zwei Gruppen in ITS 2 in *O. ovatum* entstand.

5.8.2 *Ocimum nudicaule*

Ocimum nudicaule gruppiert in ITS 1 mit *O. selloi* in Gruppe A, in ITS 2 hingegen mit *O. basilicum* in Gruppe G. Im Folgenden wurden die drei Arten aligned und Synapomorphien in ITS 2 zwischen *O. nudicaule* und *O. selloi* hell und zwischen *O. nudicaule* und *O. basilicum* dunkel markiert:

```
Ocim.basi.   CATCGCGTCGCCCCC-TC-----GCA---CGCCGCAA-----GGCTTT----AG
Ocim.nudi.   CATCGCGTCGCCCCCCTC-----GCATCGCGC CCAAATCACGGGGCGTGCTGTCTG
Ocim.sell.   CATCGCGTCGCCCCCCTCCCCGCGCACCGCGCTC---GGGA-----

Ocim.basi.   CGCGGGGGCGGAAGCTGGCCTCCCGTGCGCCCGAGCGCGCGGCCGGCCTAATGC
Ocim.nudi.   TCGCGGGGGCGGATACTGGCCTCCCGTGCGCCCGAGCTCGCGGCTGGCCTAATAC
Ocim.sell.   -CGGGGGGGCGGATATTGGCCTCCCGTGCGCCCG-GCGCGCGGCCGGCCCAATAC

Ocim.basi.   GAGTCCACGTCGACGCGACGTCGCGGCAAGTGGTGGTTGAAA---CTCAACTCTCT
Ocim.nudi.   GAGTCCACGTCGACGCGACGTCGCGGCAAGTGGTGGTTGCAA---CTCAACTCTCT
Ocim.sell.   GATCCCCGGCGACTCGTGTGCGGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCG

Ocim.basi.   -CTTGTTGTGCGGGCTACAGCCCGTGC GCGTCCGACTCCCC----GACCCTCA
Ocim.nudi.   TCG--TCGTGCGGGCTACGGCCCGTGC GCGTTCGGACTCCAG----GACCC-CT
Ocim.sell.   -CGTCTGTGCGGCTGCCGA---GTCGTTGTCGCGGGCTCCATAAATGACCC-AA

Ocim.basi.   CGCGCC---TCA--CCAGGCGCTC-CGACC
Ocim.nudi.   CGCGCT-----CAGGCGTCTC-CGACC
Ocim.sell.   GGCGCGGCC-AAGCCGTGCGCCTCTCGACC
```

Schon nach 18 Basenpositionen in ITS 2 treten die ersten Synapomorphien zwischen *O. basilicum* und *O. nudicaule* auf. In dieser Region könnten crossing-over stattgefunden haben, die eine Mosaiksequenz in *O. nudicaule* verursachten.

5.8.3 *Ocimum irvenii*

Ocimum irvenii gruppiert im ITS 1-Baum in Gruppe C, in ITS 2 hingegen in Gruppe A. Aus den Vertretern der Gruppe A und der Gruppe C wurde jeweils eine Konsenssequenz erstellt und diese mit *O. irvenii* aligned. Synapomorphie zwischen *O. irvenii* und Gruppe C wurde hell und zwischen *O. irvenii* und Gruppe A dunkel markiert:

```
Ocim.irve   CATCGCGTCGCCCCC-TCCCCGCGCACCGGGTTGGGAACGGGGGGCGGATA
GruppeA    CATCGCGTCGCCCCCCTCCCCGCGCACCGCGCTCGGGACGGGGGGCGGATA
GruppeC    CATCGCGTCGCCCCC-TCCCCGCGCACCGCGCTGGGGAYGGGGG-CGGATA

Ocim.irve   TTGGCCCCCGTGCGCCCGGCGCGCGGTGGGCCCAAATGCGATCCCCCGGCG
GruppeA    TTGGCCCCCGTGCGCCCGGCGCGCGGCGGCCCAAATGCGATCCCCCGGCG
GruppeC    TTGGCCTCCCGTGCGCCCGGCGCGCGGCGGCCCAAATGCGATCCCCCGGCG

Ocim.irve   ACCCGTGTGCGGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTCGCGTCTCGTCCG
GruppeA    ACCCGTGTGCGGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTCGCGTCTCGTCCG
GruppeC    ACCCGTGTGCGGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTCGCGTCTCGTCCG

Ocim.irve   CTCCCGGATCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAATAACCCAAAGGCGCGGCCGATCC
GruppeA    CTCCCGGATCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAATGACCCAAAGGCGCGGCCGATCC
GruppeC    CTCCCGAGTCTCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAATGACCCAACGGCGCGGCCGAGCC

Ocim.irve   CCCGCGCCCTCGACC
GruppeA    GCCGCGCCCTCGACC
GruppeC    GCCGCGCTCTCGACC
```

Nach 39 Basenpaaren tritt in ITS 2 das erste Mal eine Synapomorphie zwischen *O. irvenii* und Gruppe A auf. Synapomorphien zwischen *O. irvenii* und Gruppe C fehlen ab dieser Stelle vollständig. Basenpaar 40 kann daher als einzige crossing-over-Stelle zwischen *O. irvenii* und einem Vertreter der Gruppe A angesehen werden.

5.8.4 *Ocimum spectabile*

Ocimum spectabile gruppiert in ITS 1 mit *O. irvenii* in Gruppe C, in ITS 2 mit Gruppe J bzw. G. Aus den Vertretern der Gruppe C und der Gruppe J mit *O. americanum* aus G wurde jeweils eine Konsensussequenz erstellt und diese mit *O. spectabile* aligned. Synapomorphien zwischen *Ocimum spectabile* und Gruppe C wurden hell und zwischen *O. spectabile* und Gruppe JG dunkel markiert:

Gruppe C	CATCGCGTCGCCCCCTCCCCGCGCACCGCGCTGGGGAKGGGGGGCGGATAT
<i>Ocim. spectabile</i>	CATTGCGTYGCCCCCTCCCCGSGCMCCGCGCTTGGGACGGGGGGCGGAAAT
Gruppe JG	CATCGCGTCGCCCCCTCCCCCGCACBGCTCGGGACKGRGGGGCGGAGAT
Gruppe C	TGGCCTCCCGTGCGCCCGGCGCGCGGCGGCCAAATGCGATCCCCGGCG
<i>Ocim. spectabile</i>	TGGCCTCCCGTGCGCCCGGCGCGCGGCGGCCAAATGCGATCCCCGGCG
Gruppe JG	TGGCCTCCCGTGCGCCCGGCGCGGCGGCCAAATGCGATCCCCGGCG
Gruppe C	ACCCGTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTCGCGTCT-CGTCG
<i>Ocim. spectabile</i>	ACCCGCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAACGCTCTCAATCTCGCGTCTTCGTCG
Gruppe JG	ACCCGTGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAACHHCTCAATCTCGCGTCC-CGTCG
Gruppe C	CGCTCCCGRTCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAA-TGACCCAACGGCGCGGCCGA
<i>Ocim. spectabile</i>	CGCCCCGGTCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAAATGACCCAACGGCGCGGCCGA
Gruppe JG	CGCCCCYGGTCGTCCGTGCGGGCATCGARCA---CRYMAAAGACCCMAACGG
Gruppe C	T--CCSCCGCGCCCTCGACC
<i>Ocim. spectabile</i>	CAGCCGCGCGCTCTCGACC
GruppeJG	C-----GAAWGCCTTCGACC

Hier treten nur drei Synapomorphien zwischen *O. spectabile* und Gruppe JG auf, die offenbar die Gruppierung an der Basis der Gruppe JG ausmachten. Eine Rekombination von *O. spectabile* mit Gruppe JG ist in diesem Fall nicht gesichert.

5.8.5 *Syncolostemon rotundiflorum*

Syncolostemon rotundiflorum ist in ITS 1 innerhalb der Gruppe H mit *Orthosiphon* gruppiert, in ITS 2 in Gruppe A angesiedelt.

Aus den Vertretern der Gruppe A und der Gruppe H wurde jeweils eine Konsensussequenz erstellt und diese mit *Syncolostemon rotundiflorum* aligned. Synapomorphien zwischen *Syncolostemon rotundiflorum* und Gruppe H wurden hell und zwischen *Syncolostemon rotundiflorum* und Gruppe A dunkel markiert:

Gruppe A	CATCGCGTCGCCCCCTCCCCGCGCACCGCGCTCGGGACGGGGGGCG
<i>Sync. rotundiflorum</i>	CATCGCGTCGCCCCCTCCCCGGGCACCGCGCTTAGGACGGGGGGCG
Gruppe H	CATCGCGTCGCCCCCTCCCCGCGCTCTGCGCTCGGGACGGGGGA-CG
Gruppe A	GATATTGGCCCCCGTGGCCCCGGCGCGCGGYCGGCCAAATGCGATC
<i>Sync. rotundiflorum</i>	GATATTGGCCCCCGTGGCCCCGGCGCGCGGTCGGGCCAAATGCGATC
Gruppe H	GATATTGGCCTCCCGTGGCCCCGTCGTGCGGCCGGGCCAAATGCGATC
Gruppe A	CCCCGGCGACCCGTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTC

Sync. rotundiflorum	CCC-GGCGACCCGTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTC
Gruppe H	CCCCGGCGACTCGCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAACATCTCAATCTC
Gruppe A	GCGTCTCGTCGCGCTCCGGATCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAATGACC
Sync. rotundiflorum	GCGTCTCGTCGCGCTCCGAATCGTCCGAGCGGGCTCCGAAAATAACC
Gruppe H	GCGTCTCGTCGCGCCGCCGAATCGTCCGTGCGGGCATCGAAAATCGACC
Gruppe A	CAAAGGCGCGGCCGATCCGCCGCGCCCTCGACC
Sync. rotundiflorum	CAAAGGCGCGGCCGATCCGCCGCGCCCTCGACC
Gruppe H	CAACGGCGTGGCCCCCGAGCCGCGCTCTCGACC

Nach 26 Basenpaaren tritt in ITS 2 die erste Synapomorphie zwischen *Syncolostemon rotundiflorum* und Gruppe A auf. Vor dieser Stelle fand mit relativ großer Wahrscheinlichkeit ein crossing-over zwischen der rDNA eines Mitglieds der Gruppe A und der rDNA eines Mitglieds der Gruppe H statt.

5.8.6 *Ocimum lamiifolium*

Ocimum lamiifolium ist eine der wenigen Arten, bei der aufgrund ihrer Position im ITS 1-Baum ein crossing-over innerhalb von ITS 1 angenommen werden kann und ITS 2 die ursprünglichen Merkmale beinhaltet.

Ocimum lamiifolium wechselt daher aus der Gruppe L in ITS 2 in Gruppe EF in ITS 1. Die Konsenssequenzen der Gruppen L und EF wurden daher entsprechend aus der gesamten ITS-Region gebildet und mit *O. lamiifolium* aligned. Hell markiert sind hier die Synapomorphien zwischen Gruppe L und *O. lamiifolium* und dunkel jene zwischen *O. lamiifolium* und Gruppe EF.

Gruppe L	TCGAAACCTGCAAAGCAGACCGCGAACACGTGTTTAACTCAATCTCCCGC
<i>Ocim. lamiifolium</i>	TCGAAACCTGCACAGCAGACCGNGAACACGTGCTTAACTCAATCCCCCGC
Gruppe EF	TCGAAACCTGCAAAGCAGACCGCGAACACGTGTTTAACTCAAACCCCCCG
Gruppe L	CGCCGCGCGCGCCCCGTGCGCGCCGCGACGCGCGGGCTAACGAACCCCCG
<i>Ocim. lamiifolium</i>	CGCCGCGCGCGCCCCGTGCGCGTCGCGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCCG
Gruppe EF	CGTCCGGCCGGCCTCGGBCGDGTC-----GCGGGCTAACGAACCCCCG
Gruppe L	-CGCGGCACGCGCCAAGGAAAACCTAACGTAGCGTCGGCCCCCCTCACCC
<i>Ocim. lamiifolium</i>	-CGCGAACGCGCCAAGGAAAACGAAACGTAGCGTCGGCCCCCCTCGTNC
Gruppe EF	GCGCGGAATGCGCCAAGGAAAACGTAACGTAGCGCCGGCCCCCCTCATCC
Gruppe L	CGTGC GCGGGCTGTGCGGGGGCGCGGGCGTCTATCGAATGTCAAACGA
<i>Ocim. lamiifolium</i>	CGTGC GCGGGAATTGCGGGGGCGCGGGCGTCTATCGAATGTCAAACGA
Gruppe EF	CGTTCGCGGGCBTTGCGGGGGCGCGGGCGTCTATBGAATGTCAAACGA
Gruppe L	CTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCGAA
<i>Ocim. lamiifolium</i>	CTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCGAA
Gruppe EF	CTCTCGGCAACGGATATCTCGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCGAA
Gruppe L	ATGCGATACTTGGTGTGAATTGCWGAATCCCGTGAACCATCGAGTCTTTG
<i>Ocim. lamiifolium</i>	ATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTCTTTG
Gruppe EF	ATGCGATACTTGGTGTGAATTGCAGAATCCCGTGAACCATCGAGTCTTTG
Gruppe L	AACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGC
<i>Ocim. lamiifolium</i>	AACGCAAGTTGCGCCCGAAGYCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGC
Gruppe EF	AACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGC
Gruppe L	GTCACGCATCGCGTCGCCCCC-TCCCCGCGCTCCGCGCTCGGGTCGG--
<i>Ocim. lamiifolium</i>	GTCACGCATCGCGTCGCCCCC-TCCCCGCGCTC-----GGGTCGG--
Gruppe EF	GTCACGCATCGCGTCGCCCCCCTCCCCGCGCACCTTGCTCGGGACGGAS

Gruppe L	---GGGCGGATGTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGGCGCGCGGCCGGCCCAAA
Ocim. <i>lamiifolium</i>	---GGGCGGATGTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGGCGCGCGGCCGGCCCAAA
Gruppe EF	GGGGGGCGGATACTGGCCTCCCGTGCGCCACGGCGCGCGGCCGGCCCAAA
Gruppe L	TACGATCCCCCGGCGACTCGCATCGCGACGTGTGGTGGTTGAACTGTCA
Ocim. <i>lamiifolium</i>	TACGATCCCCCGGCGACTCGCATCGCGACAAGTGGTGGTTGAACGCTCA
Gruppe EF	TGCGATCCCCCGGCGACCCGTGTGCGGACAAGTGGTGGTTGAAATC-TCA
Gruppe L	ATCTCGCGTGCCGTGCGCTGCCGAGTCGGCCGAGG--A-----AAGG
Ocim. <i>lamiifolium</i>	ATCTCGCGTCTCGTGCCTGCCGAGCCCGCCGGGGCATCGAGCAACG
Gruppe EF	ATCTCGCGTCTCGTGCCTGCCGAGTCGTCCGAGCGGGCTCCBAHAACG
Gruppe L	ACCCAACGGCGCGGCCACGCCGCGCTCTCGACC
Ocim. <i>lamiifolium</i>	ACCCAACGGCGCGGCCCGACGCCGCGCTCTCGACC
Gruppe EF	ACCCAACGGCGCGGCCAAGACGCCGCGCTCTCGACC

Nach 42 Basenpositionen treten in ITS 1 die ersten Synapomorphien zwischen *O. lamiifolium* und Gruppe L auf. In ITS 2 sind jedoch ebenfalls zahlreiche Synapomorphien zwischen ihnen und auch zwischen *O. lamiifolium* und Gruppe EF vorhanden. Nach diesen Sequenzdetails zu schließen, besteht eine große Ähnlichkeit von *O. lamiifolium* zu beiden Gruppen, die auch durch Rekombination erklärt werden kann.

5.8.7 Die Vertreter der Gattung *Plectranthus*

Die Vertreter der Gattung *Plectranthus*, Gruppe J mit *Plec. buchianianii* und *Plec. laxifolia* und Gruppe K mit *Plec. fruticosum* und *Plec. sp.* gruppieren in ITS 1 zusammen. In ITS 2 gruppiert hingegen Gruppe K mit Gruppe L. Auch hier kann ein Hybridisierungsereignis in ITS 2 angenommen werden. Die Konsenssequenzen aus den Gruppen wurden miteinander aligned und Synapomorphien zwischen Gruppe K und Gruppe J hell und zwischen Gruppe K und L dunkel markiert.

Gruppe K	CATCGCGTCGCCCCC-TCCCCGCGCAATGCGCTCGGGACG---GGGGCGGATACTG
Gruppe J	CATCGCGTCGCCCCCTCCSSYGCWCKRM--TCGGGACGAGGGGGCGGAGATTG
Gruppe L	CATCGCGTCGCCCCCTCCCCGCGCTCCGCGCTCGGGTCG---GGGGCGGATGTTG
Gruppe K	GCCTCCCGTGCCTCGGCGCGCGGCCGGCCAAATACGATCCCCCGGCGACTCGC
Gruppe J	GCCTCCCGTGCCTCGGCGCGCGGCCGGCCAAATGCGATCCCCCGGCGACCCGT
Gruppe L	GCCTCCCGTGCCTCGGCGCGCGGCCGGCCAAATACGATCCCCCGGCGACTCGC
Gruppe K	ATCGCGGCAAGTGGTGGTTGAACGCTTCAATCTCGCATCC-GCCGTGTGTTGAGT
Gruppe J	GTCGCGGCAAGTGGTGGTTGAACWYCTCAATCTCGYKTSYYGYCGCGSCCYGGRY
Gruppe L	ATCGCGACGTGTGGTGGTTGAACTTGTCAATCTCGCGTGCCGTGCGCTGCCGAGT
Gruppe K	TGTCCGCGCGGGCATCGAACA-----ATGACCCAA--CGGCCATAAGGCCTTCGACC
Gruppe J	CGTYCGKGMKGGCATCGAGCACGTAAAAGACCCAA--ACGGCGAAWG-CCTTCGACC
Gruppe L	CGGCCG--CAGGAAAGGACCC----AACGGCGCGGCCACGCCGCCGCGCTCTCGACC

Die erste Synapomorphie zwischen Gruppe K und Gruppe L tritt nach 30 Basenpaaren in ITS 2 auf. Gegen Ende von ITS 2 häufen sich aber auch Synapomorphien zwischen Gruppe K und J, so dass auch hier von einer Mosaiksequenz, entstanden aus mehreren crossing-overs, ausgegangen werden kann.

5.8.8 *Ocimum selloi*

Ocimum selloi gruppiert in ITS 1 mit *O. nudicaule* und Gruppe A, in ITS 2 hingegen gruppiert es mit *O. ovatum* und Gruppe K. Im folgenden soll auch hier überprüft werden, ob crossingover zwischen diesen Gruppen die Ursache für diesen Unterschied in der Aussage des ITS 1- und des ITS 2-Baumes ist. Hierzu wurden Konsenssequenzen aus Gruppe K mit *O. ovatum* und aus Gruppe A mit *O. nudicaule* erstellt und mit *O. selloi* aligned. Dunkel markiert sind Synapomorphien zwischen *O. selloi* und Gruppe K mit *O. ovatum*, hell jene zwischen *O. selloi* und Gruppe A mit *O. nudicaule*.

```
O. selloi          CATCGCGTCGCCCCCTC--CCC GCGCACCGCGCTCGGGACGGGGGG--
Gruppe K ovatum   CATCGCGTCGCCCCCTC--CCC GCGCAMYGCGCTCGGGACGGGGGG--
Gruppe A nudicaule CATCGCGTCGSCCCCYCKCMYCGCGCMCCRMKCWGGGRCGKGSK GK
```

```
O. selloi          -----CGGATATTGGCCTCCCGTGC GCCCCG-GCGCGCGGCCG
Gruppe K ovatum   -----CGGAKAYTGGCCTCCCGTGC GCCCYCG-RCGYGCGGCCG
Gruppe A nudicaule CGKMKMGGGKYGGATACTGGCCTCCCGTGC GCCCCGAGCKCGCGGCY G
```

```
O. selloi          GCCCAAATACGATCCCCCGGCGACTCGTGTGCGGACAAGTGGTGGTTG
Gruppe K ovatum   GCCCAAATACGATCCCCCGGCGACTCGYRTGCGRCAAGTGGTGGTTG
Gruppe A nudicaule GCCYAAATRCGAKYCCMCGKCGACS SRYGTGCGRCAAGTGGTGGTTG
```

```
O. selloi          AACATCTCAATCTCGCGTC-TCGTGCGGCTGCCGAGTCGTTTCGTGCGG
Gruppe K ovatum   AACRYYTCAATCTCGCRTC-TCGYCGYGTGYGAGTYGTCCGYGCGG
Gruppe A nudicaule AACAWCTCAATCTCKKCTCGTTCGTGCGGSYYMCGGMYCGTCCGMGCGK
```

```
O. selloi          GCTCCATA-AATGACCC--AACGGCGCGGCCAAGCCGTC-GCGCTCTCGACC
Gruppe K ovatum   GCWYCGAACAAYGACCC--AACGGCSMKRASRM-CTGKC-GMSCTCTCGACC
Gruppe A nudicaule KCKSMSWM-MAKGACCCWMMGGCGCKCRGSCGMTCCGACCGCGCCCTCGACC
```

Ab Position 21 in der ITS 2- Region sind Synapomorphien zwischen *O. selloi* und Gruppe K mit *O. ovatum* nachweisbar. Vor dieser Stelle fand mit großer Wahrscheinlichkeit ein crossing-over zwischen einer Elter-ITS-Sequenz aus Gruppe K mit einer Elter-ITS-Sequenz aus Gruppe A statt.

5.9 Vergleich der phänetischen Baumtopologien nach Entfernung der hypothetischen Hybriden aus dem Datensatz

Rekombinate Sequenzen von Arten müssen aus einer phylogenetischen Analyse ausgeschlossen werden, weil sie sonst große topologische Veränderungen im Baum verursachen (MCDADE, 1992). Aus diesem Grund wurden alle hypothetischen Hybriden aus der Datenmatrix entfernt, und es wurde erneut eine Neighbor-Joining-Analyse auf Basis einer Maximum-Likelihood-Distanzmatrix der ITS 1- und der ITS 2-Region durchgeführt. Dieses Mal wurden keine Basenpositionen aus der Analyse ausgeschlossen.

Die resultierenden Neighbor-Joining-Bäume wurden zum Vergleich in Abbildung 22 einander gegenübergestellt.

Abbildung 22 kann unter folgender URN (Deutsche Bibliotheken) eingesehen werden:

Figure 22 is available under the following URN (German Libraries):

http://www.genres.de/infos/rei-bd19/eckelmann_abb22.pdf

Abbildung 22: Gegenüberstellung der Neighbor-Joining-Bäume auf der Basis von Maximum-Likelihood-Distanzmatrizen aus ITS 1 und ITS 2 mit Artenbezeichnungen und den Gruppenbezeichnungen A-L.

Figure 22: Comparison of Neighbor-Joining -Trees using Maximum-Likelihood-Distances of ITS 1 and ITS 2 with species names and groups: A-L.

Die Gruppen, die in den beiden Bäumen gefunden werden, sind nun größtenteils kongruent und entsprechen auch den morphologischen Einteilungen. Zwei Arten sind aber dennoch in unterschiedlichen Gruppen zu finden: *O. tubiforme* und *O. campechianum*. Die erstgenannte Art gruppiert in ITS 1 mit *Orthosiphon aristatus* und *Orthosiphon parishii*, in ITS 2 mit den anderen Vertretern des Subgenus *Nautochilus*. Da das Subgenus ursprünglich zur Gattung *Orthosiphon* zählte, stehen diese Arten vielleicht doch in einer engeren Beziehung als bisher angenommen oder auch hier fand Rekombination statt.

O. campechianum gruppiert in ITS 1 neben Mitgliedern des Subgenus *Nautochilus* und in ITS 2 innerhalb der Sektion *Gratissima*. Diese Gruppierung kann aber auch zufällig entstanden sein, weil *O. campechianum* als einziger Vertreter der Sektion *Gymnocimum* nach der Entfernung der hypothetischen Hybriden übrigblieb. Dennoch ist eine retikulate Evolution dieser Art, also eine Entstehung durch Hybridisierung, nicht ausgeschlossen.

Sabine Eckelmann

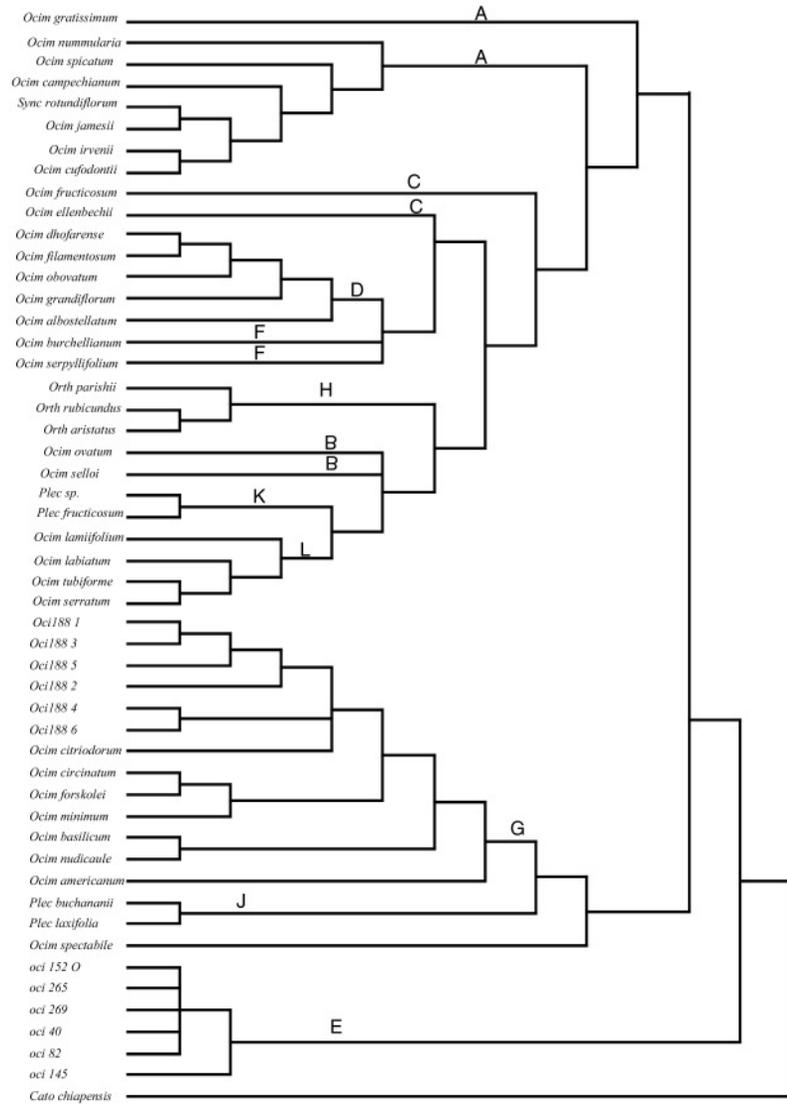
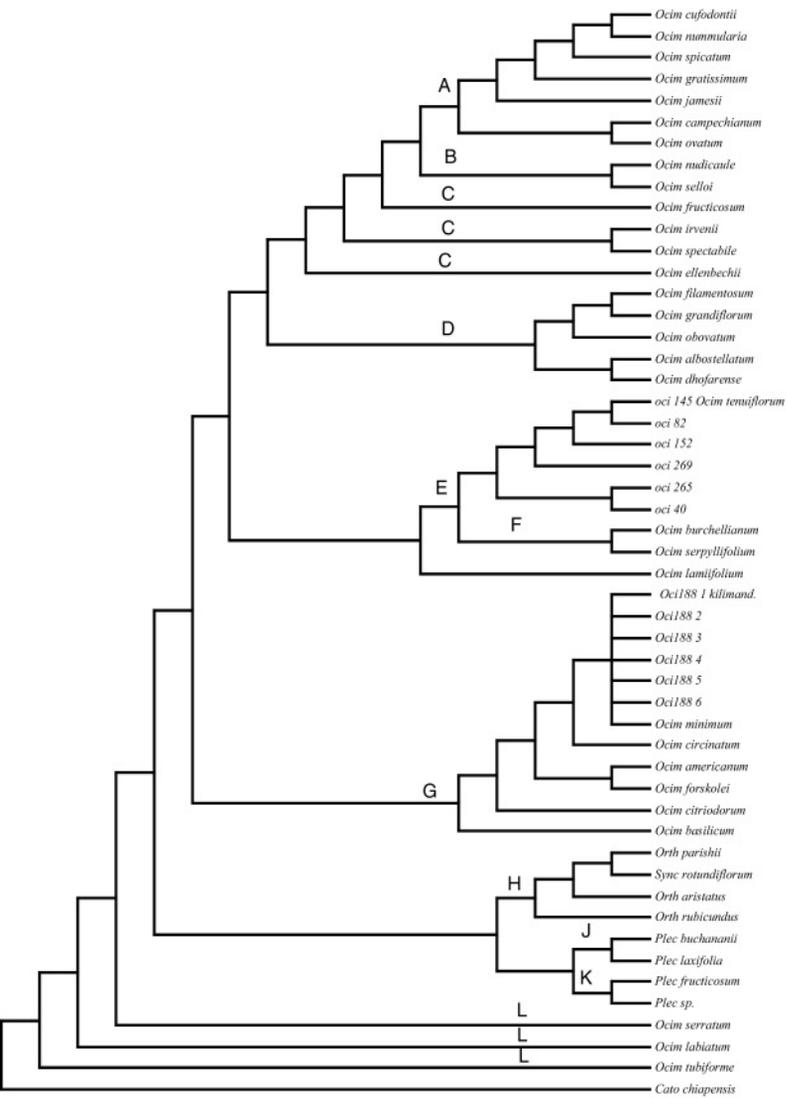
**Biodiversität der Gattung *Ocimum* L.,
insbesondere der Kultursippen**

Kasseler Dissertation 2002

Erschienen in "Schriftenreihe Genetische Ressourcen", Band 19, 2003
Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)

**Abbildung 21: Gegenüberstellung der 50% Majority-Rule-Consensus-Bäume
aus ITS 1 und ITS 2 mit Artenbezeichnungen und Gruppen A-L.**

*Figure 21: Comparison of 50% Majority-Rule-Consensus-Trees of ITS 1 and ITS 2 with species names
and groups: A-L.*



Sabine Eckelmann

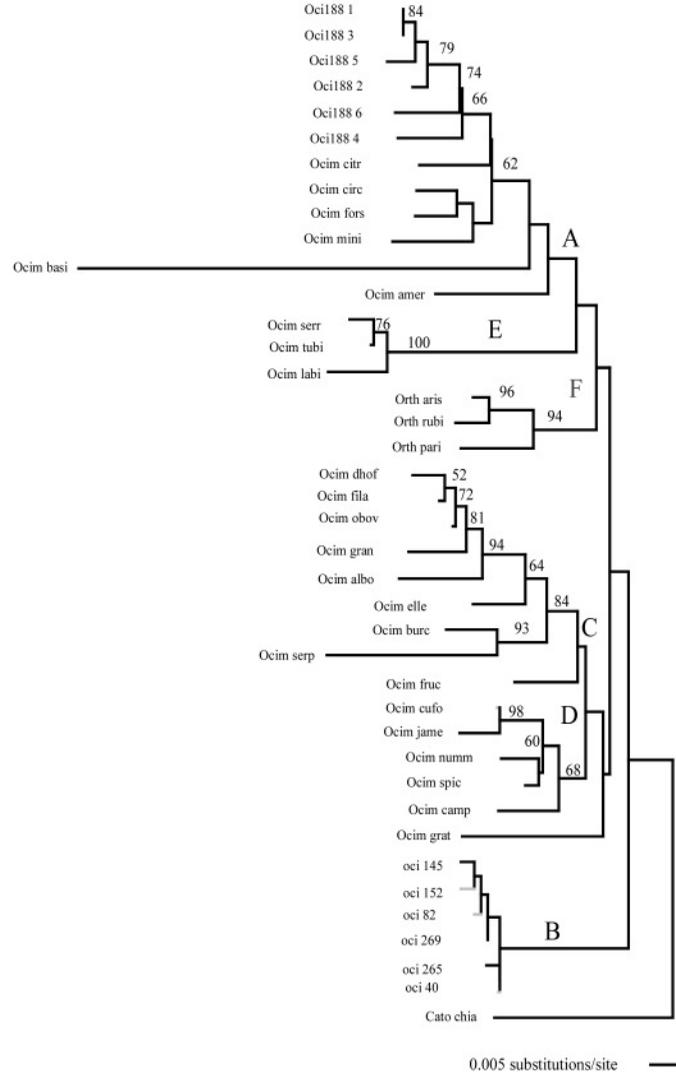
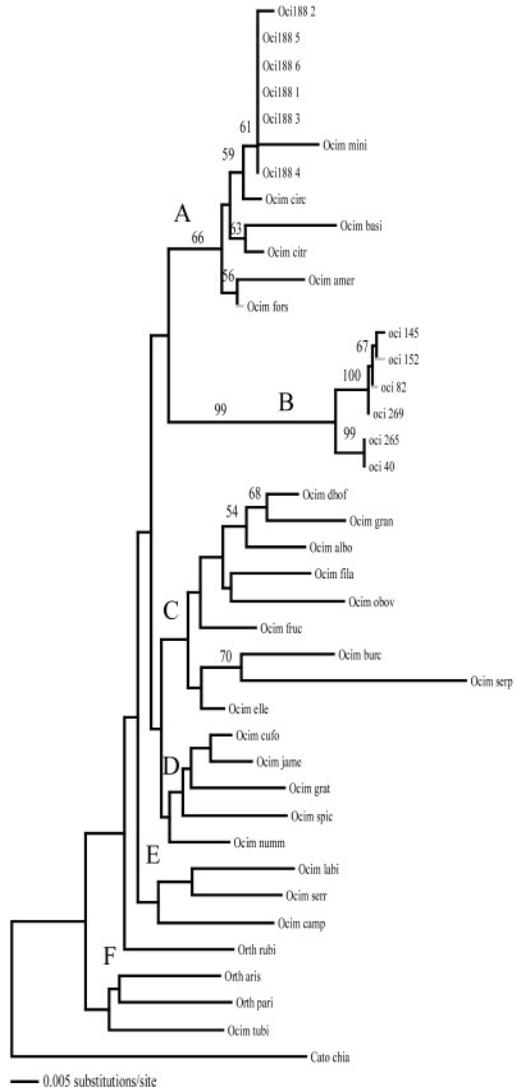
**Biodiversität der Gattung *Ocimum* L.,
insbesondere der Kultursippen**

Kasseler Dissertation 2002

Erschienen in "Schriftenreihe Genetische Ressourcen", Band 19, 2003
Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)

Abbildung 22: Gegenüberstellung der Neighbor-Joining-Bäume auf der Basis von Maximum-Likelihood-Distanzmatrizen aus ITS 1 und ITS 2 mit Artenbezeichnungen und den Gruppenbezeichnungen A-L.

Figure 22: Comparison of Neighbor-Joining -Trees using Maximum-Likelihood- Distances of ITS 1 and ITS 2 with species names and groups: A-L.



6 AFLP-Analysen von *Ocimum basilicum* und anderen kultivierten Arten

6.1 AFLP-Details

Mit Hilfe der Primerkombinationen E35/M50, E36/M50 und E37/M50 konnten 770 polymorphe Banden in 228 Akzessionen von *O. basilicum*, *O. americanum*, *O. x citriodorum*, *O. minimum*, *O. gratissimum* und jeweils einer Akzession von *O. campechianum*, *O. kilimandscharicum* und *O. selloi* gefunden werden. Wie häufig Fragmente in den Akzessionen vorkommen, zeigt Abbildung 23. Die Abbildung zeigt eine zweigipfelige Verteilung, d.h. viele Fragmente kommen nur in ganz wenigen Akzessionen vor, und einige sind in fast jeder Akzession vorhanden. Für die Gruppenbildung sind diese allerdings nicht so sehr entscheidend.

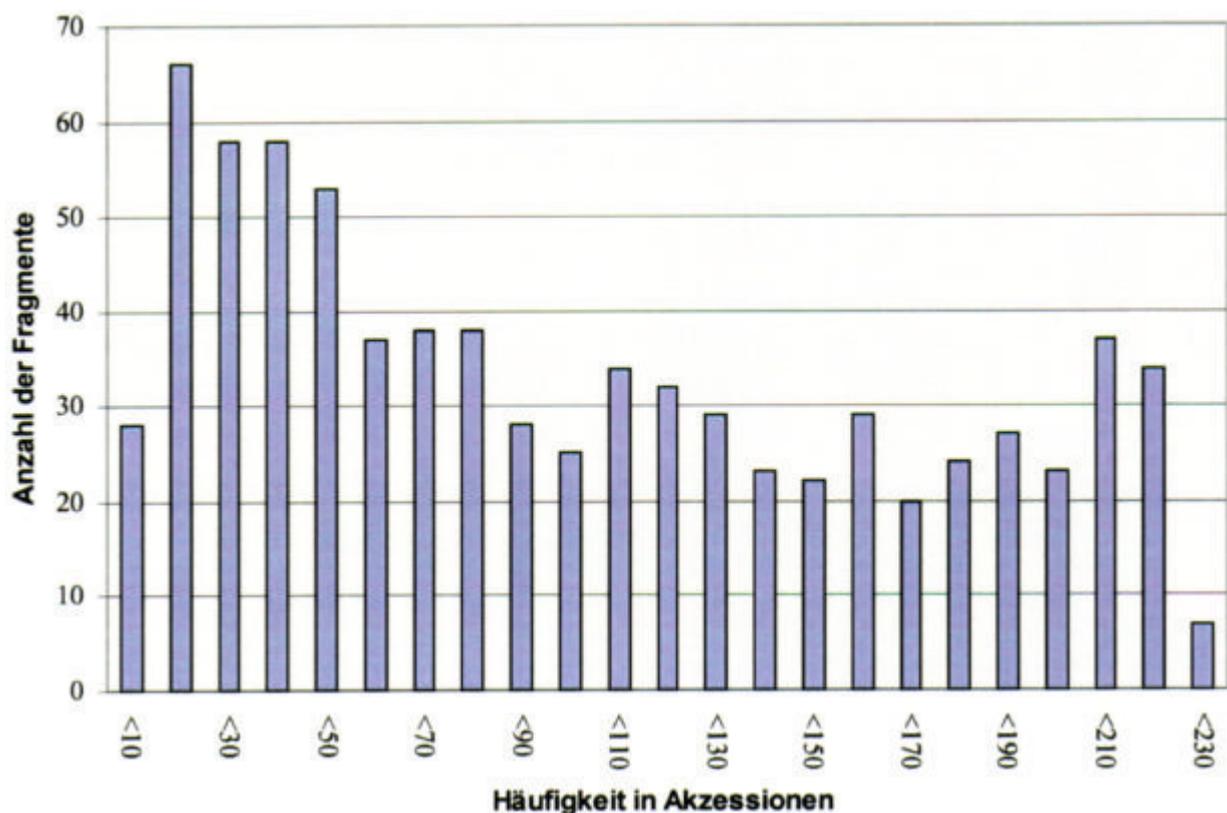


Abbildung 23: Verteilung der amplifizierten Fragmente auf Akzessionen

Figure 23: Distribution of amplified fragments of accessions

Interessant sind vor allem Fragmente, die zur Identifizierung von Arten dienen könnten. Aus diesem Grund wurde nach Fragmenten gesucht, die nur in *O. basilicum*-Akzessionen vorkommen, in den anderen untersuchten Kulturarten jedoch nicht. Solche Fragmente werden auch als Privatallele bezeichnet. Wie Tabelle 20 zu entnehmen ist, kommen solche Fragmente in dieser Analyse nicht eindeutig vor. Jedoch gibt es einige Allele, die in *O. basilicum* häufiger auftreten als in anderen Arten. Die Stichprobe von *O. basilicum* ist jedoch auch größer, so dass dies auch als Zufallseffekt gewertet werden könnte. Da auch Hybridisierung zwischen einigen

dieser Arten recht wahrscheinlich ist, ist dadurch evtl. die Information über Privatallele verlorengegangen.

Tabelle 20: Anteil von Fragmenten in *O. basilicum* und den anderen untersuchten Arten, die als Privatallele dienen könnten.

Table 20: Proportion of fragments in *O. basilicum* and further species which may be used as private alleles.

Fragment	% in <i>O. basilicum</i>	% in anderen <i>Ocimum</i> -Arten	Fragment	% in <i>O. basilicum</i>	% in anderen <i>Ocimum</i> -Arten
36	8	37	422	46	8
44	6	31	437	8	35
55	69	37	481	14	41
176	58	29	512	5	24
202	56	16	534	22	53
205	45	16	651	91	29
207	3	22	669	90	45
224	7	24	683	97	67
266	7	35	710	8	39
274	62	31	734	0	10
279	75	33	735	0	16
310	47	22	751	0	10
370	15	47	756	53	18
387	71	37	764	7	37
411	100	9			

6.2 Abgrenzung der kultivierten Arten innerhalb der Sektion *Ocimum* anhand von Längenpolymorphismen von amplifizierten Fragmenten (AFLPs)

In der kombinierten Analyse von Morphologie und chemischer Zusammensetzung des ätherischen Öls konnte gezeigt werden, dass die Abgrenzung von *O. americanum* von *O. basilicum* deutlich ist. *Ocimum minimum* befindet sich zwischen den beiden Arten. *Ocimum x citriodorum* liegt verbindend zwischen einer Basilikumgruppe mit Anthocyanfärbung und einer ohne Anthocyanfärbung. In wieweit diese Arten genetisch verknüpft oder getrennt sind, kann auch mit Hilfe der AFLPs analysiert werden.

Eine phänetische Neighbor-Joining-Analyse, beruhend auf einer Nei-Li-Distanzmatrix, wurde mit *O. kilimandscharicum* als Außengruppe durchgeführt, da diese Art nur mit einer Akzession in der Analyse vertreten ist (vgl. Abbildung 24).

Die *O. americanum* var. *pilosum*-Akzessionen, die schon morphologisch getrennt waren, clustern mit 98% Bootstrapunterstützung als eigene Gruppe, getrennt von den Akzessionen von *O. basilicum*, *O. x citriodorum*, *O. americanum* var. *americanum* und *O. minimum*. Die zweite große Gruppe, die 90% Bootstrapunterstützung zeigt, unterteilt sich weiter in zwei kleine Gruppen und zwei große Gruppen. In der ersten kleinen Gruppe von sechs Akzessionen sind beide *O. americanum*-Akzessionen, welche analysiert werden konnten, enthalten. Ihre Beziehung zueinander ist darüber hinaus mit 62% Bootstrapunterstützung gesichert.

Die Integration von *O. basilicum*-Akzessionen in diese Gruppe deutet auf eine genetische Ähnlichkeit zwischen den beiden Arten hin. In der zweiten der beiden großen Untergruppen fällt eine Konzentration der *O. x citriodorum*-Akzessionen auf.

Abbildung 24 kann unter folgender URN (Deutsche Bibliotheken) eingesehen werden:

Figure 24 is available under the following URN (German Libraries):

http://www.genres.de/infos/rei-bd19/eckelmann_abb24.pdf

Abbildung 24: Neighbor-Joining-Analyse der untersuchten Akzessionen der Sektion *Ocimum*, basierend auf einer Nei-Li-Distanzmatrix. Die angeführten Ziffern sind die Bootstrapwerte >50%, mit welchen die Äste gestützt sind.

*Figure 24: Neighbor-Joining-analysis of used accessions of section *Ocimum* using Nei-Li-Distances. Numbers for bootstrap values >50%.*

Da diese Beziehung nicht Bootstrap gesichert ist, kann keine weitere Aussage daraus abgeleitet werden. Die fehlende Trennung von *O. basilicum* und *O. x citriodorum*-Akzessionen weist aber darauf hin, dass zwischen ihnen ein genetischer Austausch stattgefunden haben muss.

6.3 Innerartliche, phänetische Analyse von *O. basilicum*

In die Neighbor-Joining-Analyse gingen nur Akzessionen von *O. basilicum* ein. Die Astlängen sind proportional zu den berechneten Nei-Li-Distanzen (Abbildung 25). In der Analyse sind einige Akzessionen mehrfach vorhanden, wobei die mit nachgestellten Ziffern bezeichneten Akzessionen Wiederholungen sind und die mit verschiedenen Buchstaben bezeichneten verschiedene Typen innerhalb einer Akzession darstellen.

Das resultierende Phänogramm zeigt in den meisten Fällen sehr kurze Astlängen, die die Akzessionen verknüpfen. Die Äste der einzelnen Akzessionen sind dagegen auffällig lang. Wenige Fragmente stützen also die Gruppenbildung. Dies zeigt auch die Bootstrap-Analyse, nach welcher die meisten Gruppen nicht statistisch abgesichert sind. Die erste große Gruppe, die 63 Akzessionen beinhaltet, ist immerhin mit 60% Bootstrap unterstützt. Sie beinhaltet vor allem Akzessionen von *O. basilicum* subsp. *basilicum* var. *basilicum*, aber auch von *O. basilicum* subsp. *basilicum* var. *purpurascens* und *O. basilicum* subsp. *minimum*, sowie intermediäre Formen zwischen grünem und rotem Basilikum und Basilikum und *O. x citriodorum*.

Innerhalb dieser Hauptgruppe sind mehrere einzelne Akzessionen in einer Bootstrapanalyse in über 50% der Fälle immer zusammengefallen. Diese Bootstrap gestützten Akzessionspaare können bei der Suche nach Duplikaten in der Genbanksammlung helfen. Erst durch den Vergleich mit den morphologischen und chemischen Merkmalen kann entschieden werden, ob diese Akzessionen tatsächlich identisch sind und damit auf eine der beiden verzichtet werden kann.

Eine gute Kontrolle, ob die gefundenen Gruppierungen nur zufällig zustande kommen oder ob eine Aussage über genetische Gemeinsamkeiten überhaupt getroffen werden kann, ist die Einbeziehung von Wiederholungen: So gruppieren z.B. 2 unabhängige Proben von OCI 30 in der phänetischen Analyse mit einer

Bootstrapunterstützung von 100%. Verschiedene Typen einer Akzession gruppieren dagegen nicht zwangsläufig.

Eine größere, ebenfalls Bootstrap gestützte Gruppe liegt in der Mitte des Baumes: OCI 238, D7656, OCI 262; OCI 231; OCI 266r; OCI 237 und OCI 239gl, deren morphologische und chemischen Ähnlichkeiten noch diskutiert werden.

Abbildung 25 kann unter folgender URN (Deutsche Bibliotheken) eingesehen werden:

Figure 25 is available under the following URN (German Libraries):

http://www.genres.de/infos/rei-bd19/eckelmann_abb25.pdf

Abbildung 25: Neighbor-Joining-Analyse der untersuchten *O. basilicum*-Akzessionen, basierend auf einer Nei-Li-Distanzmatrix. (Bootstrapwerte ab 50%).

Figure 25: Neighbor-Joining-analysis of used accessions of O. basilicum using Nei-Li-Distances. (Bootstrap values >50%).

6.4 Innerartliche Hauptkomponentenanalyse von *O. basilicum*

Mit Hilfe der graphischen Darstellung der ersten drei Komponenten einer Hauptkomponentenanalyse auf Basis einer Korrelationsmatrix, welche aus der AFLP-Datenmatrix generiert werden konnte, kann der Bezug der Akzessionen zueinander räumlich dargestellt werden (Abb. 26). Ähnlich wie in der phänetischen Neighbor-Joining-Analyse bilden sich drei Gruppen mit Akzessionen hoher Ähnlichkeit in ihren Merkmalsausprägungen, deren Grenzen jedoch fließend verlaufen. Darüber hinaus fallen einzelne Akzessionen aus diesen Clustern heraus, da sie sich offenbar stärker von den Gruppen unterscheiden. Bei genauerer Betrachtung der Eigenvektoren dieser Ausreißer und Zuordnung zu Akzessionsnummern fällt auf, dass diese in der phänetischen Analyse besonders lange Astlängen haben: OCI 30 aus der phänetischen Hauptgruppe 1 erscheint, gelb markiert, am äußersten linken Rand des aus den Hauptkomponenten aufgespannten Raums. Darüber liegen zwei grün markierte Akzessionen D7656 und OCI 262, sowie rot markiert: OCI 238. Die noch isoliert stehenden OCI 266 r, OCI 263, OCI 237 g, OCI 49 und OCI 31 mit höherem Eigenvektorwert der zweiten Komponente bilden auch in der phänetische Analyse lange Äste aus, jedoch haben sie unterschiedliche Positionen und gruppieren nicht zwangsläufig. Um die genetische Ähnlichkeit und Distanz darzustellen, eignet sich in diesem Fall vermutlich die Hauptkomponentenanalyse besser, da die phänetische Darstellung neben dem Nachteil der hierarchischen Darstellung eine schlechte statistische Absicherung durch Bootstrapwerte hat.

Um Korrelationen zwischen der genetischen Diversität und der geographischen Herkunft zu finden, wurden die Akzessionen anhand ihrer Herkunftsregion unterschiedlich markiert. Die mitteleuropäische Gruppe zeigt keine Gruppenzugehörigkeit und erweist sich als genetisch sehr divers. Die osteuropäische Gruppe zeigt zwar auch noch eine hohe genetische Diversität, Akzessionen dieser Herkunft sind getrennt von einer Gruppe, in der maledivische und ostgeorgische Akzessionen eng clustern, aber auch mitteleuropäische und amerikanische Akzessionen zu finden sind. Letztere verteilen sich darüber hinaus auf die ganze

Variationsbreite. Die westgeorgische Gruppe ist hingegen deutlich von der ostgeorgischen isoliert und gruppiert zudem relativ stark.

Aus Tabelle 21 kann entnommen werden, dass anhand der ersten drei Hauptkomponenten nur 17% der Gesamtvarianz beschrieben werden kann. Gewöhnlich fassen Hauptkomponenten hochkorrelierte Merkmale zusammen. Anhand der Ergebnisse wird aber deutlich, dass die Fragmente kaum miteinander korreliert sind, es gibt also wenig Fragmente, die gemeinsam eine Trennung der Akzessionen in Gruppen bedingen.

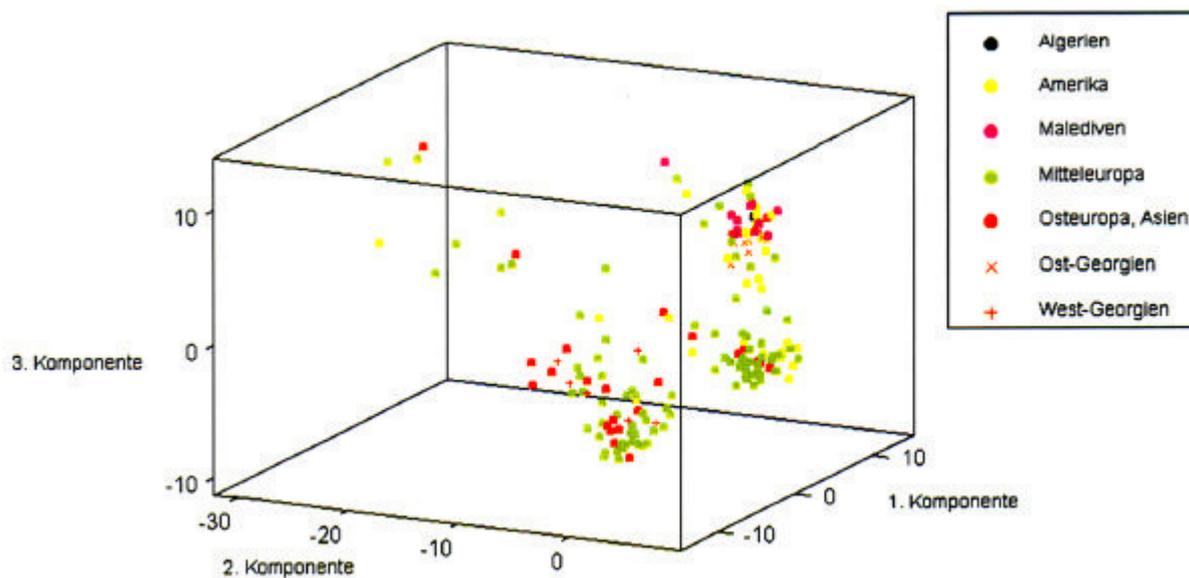


Abbildung 26: Die ersten drei Hauptkomponenten einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) der AFLP-Fragmente. Die Akzessionen wurden nach geographischer Herkunft zusammengefasst und markiert.

Figure 26: First three principal components of Principal-Component-Analysis of AFLP-fragments. Accessions are summarized and marked by geographic regions.

Tabelle 21: Anteil der ersten Hauptkomponenten an der Gesamtvarianz und Eigenvektoren einzelner AFLP-Fragmente. Die Vorzeichen geben Auskunft über negative bzw. positive Korrelationen der Fragmente zu den Hauptkomponenten.

Table 21: Proportion of first principal components of complete variance and "Eigenvectors" of single AFLP-fragments. Signs signalize if fragments are positive or negative correlated with principal components.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Eigenwerte	61,492	36,139	32,086	15,334	14,19
Anteil %	0,08	0,047	0,042	0,02	0,019
Kumulativ %	0,08	0,127	0,169	0,189	0,208
Eigenvektoren					
n			Fragmente		
0,10-0,14	+241	-560	-159	+689	-65
	-145	+26	+245	+634	+37
	-189	+148	+64	+595	-32
	-248	+40	-331	+632	-150
	+238	-36	-24	-506	-541
	+593		505	+647	-194
	-133		-108	-490	+559
	-237		-514	+682	+279
				+34	-53
				+37	
				+211	
				-652	
				+614	
				+97	
				+575	
				+650	
				+8	
				-752	

Sabine Eckelmann

**Biodiversität der Gattung *Ocimum* L.,
insbesondere der Kultursippen**

Kasseler Dissertation 2002

Erschienen in "Schriftenreihe Genetische Ressourcen", Band 19, 2003
Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)

Abbildung 24: Neighbor-Joining-Analyse der untersuchten Akzessionen der Sektion *Ocimum*, basierend auf einer Nei-Li-Distanzmatrix. Die angeführten Ziffern sind die Bootstrapwerte >50%, mit welchen die Äste gestützt sind.

*Figure 24: Neighbor-Joining-analysis of used accessions of section *Ocimum* using Nei-Li-Distances. Numbers for bootstrap values >50%.*



0.01 changes

Sabine Eckelmann

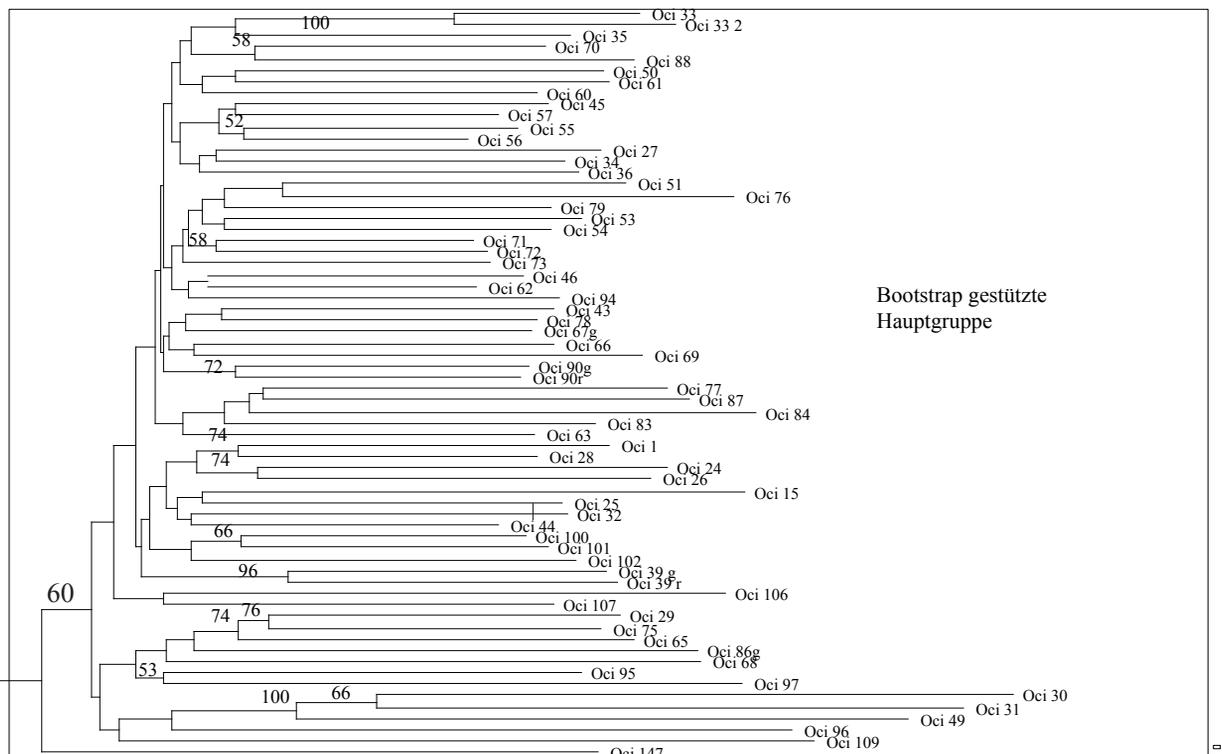
**Biodiversität der Gattung *Ocimum* L.,
insbesondere der Kultursippen**

Kasseler Dissertation 2002

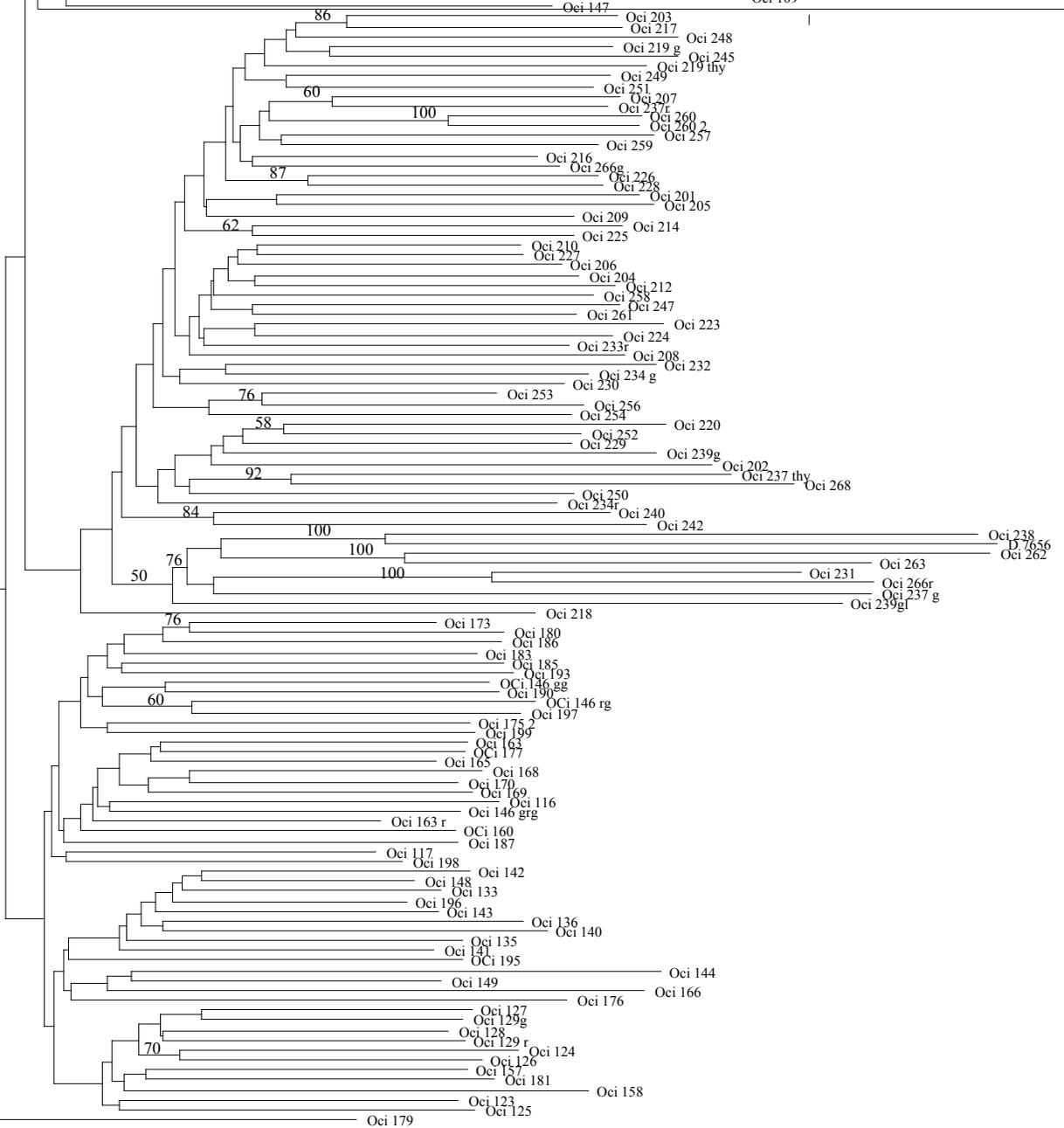
Erschienen in "Schriftenreihe Genetische Ressourcen", Band 19, 2003
Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)

**Abbildung 25: Neighbor-Joining-Analyse der untersuchten *O. basilicum*-
Akzessionen, basierend auf einer Nei-Li-Distanzmatrix.
(Bootstrapwerte ab 50%).**

*Figure 25: Neighbor-Joining-analysis of used accessions of *O. basilicum*
using Nei-Li-Distances. (Bootstrap values >50%).*



Bootstrap gestützte
Hauptgruppe



0.05 changes

7 Die Gattung *Ocimum*

7.1 Monophylie der Gattung der *Ocimum*?

Das Zusammenfassen von Arten in der Gattung *Ocimum* basierte auf einem phylogenetischen Ansatz, d. h. man nahm an, dass diese Arten eine gemeinsame evolutionäre Geschichte haben. Voraussetzung für eine natürliche Gruppe ist vor allem die Monophylie einer Gattung, d.h. alle Mitglieder der Gattung bilden einen einzigen, einheitlichen Zweig in der evolutionären Geschichte und stammen damit von einem gemeinsamen nächsten Vorfahren ab. Ist diese Voraussetzung nicht gegeben, handelt es sich um eine sog. paraphyletische bzw. polyphyletische Gruppe, und die Einteilung ist nicht natürlich, sondern formal. Mit anderen Worten: In die Gruppe sind manche, aber nicht alle Nachkommen eines gemeinsamen Vorfahrens integriert und Informationen über nahe Verwandtschaft gehen durch eine solche Klassifikation verloren.

PATON (1999) stellte schon durch die Berücksichtigung neuer morphologischer Merkmale, die von früheren Bearbeitern nicht erfasst wurden, fest, dass die Gattung *Ocimum* nur dann monophyletisch ist, wenn die Gattungen *Becium*, *Erythroclamys* und *Orthosiphon* Subgenus *Nautochilus* in die Gattung mit einbezogen werden. Durch diese neuen Merkmale konnte er also Gemeinsamkeiten zwischen *Ocimum* und morphologisch ähnlichen Gattungen feststellen, die nur durch eine Abstammung von einem gemeinsamen Vorfahren zu erklären sind und vorher noch nicht erkannt wurden. Bei einer späteren Betrachtung der Gattung *Plectranthus* vermutete er, dass auch diese Gattung eine monophyletische Gruppe mit der Gattung *Ocimum* bilden könnte (persönliche Mitteilung).

Diese Ergebnisse lassen erkennen, dass durch Hinzunahme neuer Merkmale die phylogenetische Geschichte der taxonomischen Gruppe *Ocimum* plötzlich ganz anders verstanden werden kann und ihre Grenze neu definiert werden muss.

Mit dem Zugang zu molekularen Merkmalen steht eine ganz neue Informationsquelle zur Verfügung, die es möglich macht, noch tiefer in die Beziehungen von Arten und ihrer Entstehung hineinzuschauen. Auch bei *Ocimum* bot es sich an, mit molekularen Methoden zunächst die bestehende taxonomische Einteilung auf Monophylie zu überprüfen und die Gattungsgrenzen festzulegen. Die ITS-Region der nrDNA ist aus den im Abschnitt "Material und Methoden" bereits genannten Gründen für solche Fragestellungen besonders geeignet.

Nach der Sequenzierung gingen in die anschließende phänetische und cladistische Analyse Sequenzen der wichtigsten Vertreter der Gattung *Ocimum* unter Berücksichtigung der Revision von PATON (1999) ein sowie Vertreter der Gattungen *Orthosiphon*, *Syncolostemon* und *Plectranthus* und als Außengruppe *Catoferia chiapensis*. Von den resultierenden Bäumen zeigte nur der phänetische Neighbor-Joining-Baum der ITS 1-Region *Ocimum* als monophyletische Gruppe. Hier gruppierten die Vertreter der Gattungen *Orthosiphon*, *Syncolostemon* und *Plectranthus* außerhalb von *Ocimum*. Phänetische Bäume spiegeln aber im Vergleich zu cladistischen Bäumen nicht immer die Phylogenie der Arten wider, sondern beschreiben zunächst nur, welche Arten sich am ähnlichsten sind. In den phylogenetisch aussagekräftigeren cladistischen Baumtopologien von ITS ist die Gattung *Ocimum* eine paraphyletische Gruppe, weil die Vertreter der Gattungen

Orthosiphon, *Syncolostemon* und *Plectranthus* zusammen mit *Ocimum* einen gemeinsamen Zweig im phylogenetischen Baum bilden. Darüber hinaus konnte sogar retikuläre Evolution zwischen *Syncolostemon* und Sektion *Gratissima* sowie zwischen *Plectranthus* und Subgenus *Nautochilus* nachgewiesen werden. Es fand demnach mit hoher Wahrscheinlichkeit Hybridisierung zwischen den Gattungen *Syncolostemon* und *Ocimum* sowie zwischen *Plectranthus* und *Ocimum* statt. Da diese Gattungen auch sympatrisch mit einem gemeinsamen Verbreitungsgebiet in Afrika sind, ist ein genetischer Austausch theoretisch möglich gewesen. Auf die Hintergründe von retikulärer Evolution soll noch im folgenden Unterkapitel näher eingegangen werden.

Die Konsequenzen aus diesen Ergebnissen könnten einschneidende Veränderungen innerhalb der Taxonomie der Labiaten bringen. Bevor diese eingeleitet werden, müssten die Ergebnisse jedoch mit einer größeren Stichprobe auch aus weiteren, der Gattung *Ocimum* nahe stehenden Gattungen, überprüft werden. Auch andere molekulare Marker könnten noch zur Absicherung hinzugezogen werden. Für die morphologische Unterscheidung der Gattungen könnte dies bedeuten, dass bisher Merkmale vom gemeinsamen Vorfahren noch nicht gefunden worden sind. Die Merkmale, die in taxonomische Unterscheidungsschlüssel eingehen, beruhen stattdessen evtl. auf Homoplasie, d. h. sie spiegeln Übereinstimmungen der Merkmale innerhalb der Gattung *Ocimum* wider, die nicht durch einen gemeinsamen Vorfahren bedingt sind, sondern parallel entstanden sind.

7.2 Retikuläre Evolution innerhalb des ITS von *Ocimum*

Retikuläre Evolution innerhalb des internal transcribed spacers (ITS) konnte schon in zahlreichen anderen Genera, wie z. B. in *Gossypium* (WENDEL et al., 1995 b), *Microseris* (VAN HOUTEN et al., 1993; ROELOFS et al., 1997), *Paeonia* (SANG et al., 1995), in *Hedera* (VARGAS et al., 1999), in *Cucurbita* (JOBST et al., 1998) und in *Amelanchier* (CAMPBELL et al., 1997) dokumentiert werden. Erkennbar ist diese entweder an verschiedenen nachweisbaren ITS-Kopien oder an einzelnen Basenpositionen, die trotz wiederholter Sequenzierung polymorph bleiben oder an Mosaiksequenzen bestehend aus Teilen der ITS-Sequenz des einen und des anderen Elter.

Die DNA der hexaploiden Akzession OCI 188 war die einzige von *O. kilimandscharicum*, die für die ITS-Sequenzierung zur Verfügung stand. Wiederholte Sequenzierungsversuche waren jedoch vergebens, da die Basenpositionen so uneindeutig waren, dass sie in einer späteren phänetischen oder cladistischen Analyse nur Verwirrung erzeugt hätten. Da diese Art sowohl zu den kultivierten Arten als auch zu der Sektion *Ocimum* gehört, war die Gewinnung dieser Sequenz besonders wichtig. Durch Klonierung konnten schließlich sechs verschiedene Klone von ITS-Kopien erhalten und sequenziert werden. Normalerweise ist die Variabilität innerhalb der Kopien der nrDNA sehr gering, weil Vorgänge wie die sog. „concerted evolution“ Mutationen in den Kopien eines Chromosoms und sogar zwischen den Chromosomen sehr schnell homogenisieren können (ARNHEIM, 1983). Es gibt aber auch wenige Ausnahmen, bei welchen die Artbildung schneller ist als die Homogenisierung der Kopien. In solchen Fällen sind verschiedene ITS-Kopien nachweisbar (BALDWIN et al., 1995), wie hier bei *O. kilimandscharicum*. Sicher ist aufgrund dieser Ergebnisse, dass *O. kilimandscharicum* allohexaploid ist. Da aber

alle ITS-Kopien von *O. kilimandscharicum* in den phänetischen und cladistischen Analysen zusammen gruppieren, sind die hypothetischen Eltern entweder schon seit langer Zeit isolierte Populationen von *O. kilimandscharicum* oder nahe Verwandte aus der Sektion *Ocimum*, wie *O. americanum*, *O. basilicum* oder *O. circinatum*.

In einigen Arten von *Ocimum* konnten jedoch Mosaiksequenzen nachgewiesen werden, die ITS-Abschnitte von Eltern aus nach der bisherigen taxonomischen Einteilung weit entfernten Gruppen beinhalten. Aufgefallen sind diese Arten aufgrund folgender Beobachtungen:

Die internal transcribed spacer (ITS)-Region zwischen 18 S und 26 S der nrDNA erfüllt in *Ocimum* einige Eigenschaften nicht, die innerhalb der Angiospermen normalerweise charakteristisch sind. So beschreiben BALDWIN et al. (1995), dass die Variation im ITS-Bereich hauptsächlich durch Punktmutationen bedingt und durch eine kombinierte Analyse des ITS 1 und ITS 2 eine größere Auflösung der Gruppen zu erzielen sei. Die große Ähnlichkeit der Länge, der Variabilität und des G/C-Gehalts mache die Aussage der beiden Spacer komplementär.

Die ITS 2-Region ist in *Ocimum* hingegen zwischen 12 und 52 Basenpaare länger, wesentlich variabler - wie es im Alignment sehr gut zu erkennen ist - und hat in den meisten Fällen einen höheren G/C-Gehalt als die ITS 1-Region.

Bei einer getrennten Analyse der ITS 1+ 5.8 S rDNA und der ITS 2+5.8 S rDNA entstanden unterschiedliche Baumtopologien, die verschiedene Hypothesen zur Phylogenie der Arten zuließen. Durch den genauen Vergleich der Majority-Rule-Baumtopologien von ITS 1 und 2 zeigte sich aber, dass Diskrepanzen in der Aussage der beiden ITS-Regionen durch einzelne Arten verursacht wurden, die besonders in ITS 2 in Gruppen clusterten, die den bisherigen taxonomischen Einteilungen nicht entsprachen.

Aufgrund dieser Beobachtungen ist die wahrscheinlichste Erklärung für die gefundenen Mosaiksequenzen, dass retikulate Evolution zwischen Mitgliedern der verschiedenen Gruppen stattgefunden hat und die für Verwirrung sorgenden Arten in Wirklichkeit Hybriden sind, deren verschiedene ITS-Kopien vor allem in der ITS 2-Region durch crossing-over rekombiniert wurden. Prädestiniert für crossing-over sind Bereiche mit hohen Anteilen an repetitiver DNA, besonders in Genfamilien (RASMUSSEN & PHILLIPS, 1997), wie z. B. sechs- bis siebenfache Wiederholungen von Cytosin in der ITS 2-Region. In manchen Fällen, wie bei *O. ovatum*, kann sogar davon ausgegangen werden, dass mehrfach crossing-over stattfand. Die rekombinierten ITS-Kopien wurden durch "concerted evolution" schnell innerhalb der nrDNA homogenisiert, so dass nur noch rekombinierte ITS-Kopien sequenziert wurden.

Eine wesentliche Voraussetzung für das Auftreten von Mosaiksequenzen nach Rekombination durch crossover ist, dass die verwandten Sippen sympatrisch sind, d.h. in einem Gebiet zusammen auftreten. Damit engt sich z. B. bei *Ocimum ovatum*, in welchem Hinweise für crossing over mit anderen Gruppen gefunden werden konnten, der Kreis der möglichen Eltern stark ein: Vertreter aus der Gruppierung K und L können nicht in Frage kommen, weil diese wild in Afrika vorkommen, aber *O. ovatum* seine Verbreitung in Südamerika hat. Damit ist anhand dieser sequenzierten Stichprobe nur *Ocimum selloi* aus Südamerika möglicher Elter. Es könnten aber auch nahe Verwandte von *O. selloi* sein, die nicht sequenziert wurden. Besonders

erschwert wird die Rekonstruktion der möglichen Hybridisierungsereignisse, da *O. selloi* selbst mit großer Wahrscheinlichkeit eine Hybride ist.

Mit *O. nudicaule* tritt ein Sonderfall ein, weil *O. basilicum*, der hypothetische Elter der Hybride, nicht gemeinsam mit *O. nudicaule* natürlich in Südamerika vorkommt. Durch die Kultivierung von *O. basilicum* schon seit Jahrtausenden und die Einführung während der Kolonialzeit nach Südamerika ist hier ein genetischer Austausch dennoch denkbar. Sicherheit würden vor allem Kreuzungsversuche bringen.

Die hypothetischen Hybriden *O. lamiifolium* und *O. irvinei* sind sympatrisch mit den Gruppierungen EF bzw. A, aus welchen die Eltern stammen könnten. Alle diese Arten haben ihre Verbreitung in Afrika.

7.3 Natürliche Gruppen in der Gattung *Ocimum*

Rekombinanten aus ITS-Kopien von weit entfernten Arten müssen aus phylogenetischen Studien entfernt werden, weil sie Fehler in den zu rekonstruierenden Phylogenien verursachen (MCDADE, 1992).

Nach Ausschluss der Hybriden können mit Hilfe der ITS-Sequenzanalyse folgende morphologische Sektionen als natürliche Gruppen bestätigt werden. Die Arten der Gruppen sind also höchstwahrscheinlich sehr nah miteinander verwandt und bilden eine abgegrenzte Einheit gegenüber anderen Sektionen:

- Sektion *Ocimum* mit den Vertretern *O. basilicum*, *O. kilimandscharicum*, *O. x citriodorum*, *O. circinatum*, *O. forskolei*, *O. minimum* und *O. americanum*: Diese Gruppe zeichnet sich morphologisch durch nicht abfallende Tragblätter, einen offenen Kelch mit Haarring und lanzettförmigen, symmetrischen Unterlippenlappen aus.
- Sektion *Gratissima* mit den Vertretern *O. cufodontii*, *O. jamesii*, *O. gratissimum*, *O. spicatum* und *O. nummularia*: Diese Gruppe zeichnet sich morphologisch durch nicht abfallende Tragblätter, einen geschlossenen Kelch ohne Haarring und asymmetrischer Stellung der äußeren Lappen der Kelchunterlippe aus.
- Sektion *Hiantia* mit den Vertretern *O. dhofarensis*, *O. grandiflorum*, *O. albostellatum*, *O. filamentosum*, *O. obovatum*, *O. fruticosum*, *O. burchellianum*, *O. serpyllifolium* und *O. ellenbeckii*: Diese Gruppe zeichnet sich morphologisch durch abfallende Tragblätter, einen offenen Kelch, der nur während der Fruchtreife seitlich zusammengepresst sein kann, einen fehlenden Haarring und asymmetrische, gestutzte Seitenlappen der Unterlippe des Kelchs aus.

Die Sektion *Hierocymum* besteht nur aus *O. tenuiflorum*. Die gewählten sechs verschiedenen Akzessionen von *O. tenuiflorum* bilden in allen Analysen eine eigene Gruppe, die mit hohen Bootstrapwerten gestützt ist.

Subgenus *Nautochilus* ist auch nach Entfernung der Hybriden aus der Analyse durch die gemeinsame Gruppierung von *O. labiatum* und *O. serratum* mit *O. campechianum* in ITS 1 paraphyletisch. Diese Gruppierung kann aber auch zufällig entstanden sein, da *O. campechianum* nach Entfernung der Hybriden als einziger Vertreter der Sektion *Gymnocimum* übrigblieb.

8 Variabilität der kultivierten Arten der Gattung *Ocimum*

Die hohe infraspezifische Variabilität in Kulturarten ist bereits schon Darwin aufgefallen, der annahm, dass die Kulturpflanzen variabler sind als ihre wildwachsenden Ausgangsformen (SCHWANITZ, 1960). COX & WOOD (1999) schätzen heute, dass im Durchschnitt von einer Wildart über 220 genetisch verschiedene Populationen existieren, dagegen von den Hauptkulturarten durchschnittlich mehrere Tausend. Kritiker halten dem aber entgegen, dass häufig die Variationsbreite in Wildsippen einfach nicht bekannt ist bzw. umfangreiche, vergleichende Studien der Variabilität von Kultur- und Wildsippen fehlen (HAMMER, 1998). Am Beispiel des Leinens konnte gezeigt werden, dass generative Pflanzenmerkmale bei den Kultursippen variabler waren, vegetative hingegen bei den Wildpflanzen (DIEDERICHSEN & HAMMER, 1995). Wie groß der Unterschied der Diversität von Kultursippen im Vergleich zu Wildsippen ist, bedarf demnach noch weiterer Klärung. Die Fülle an genetischer Diversität in Kulturpflanzen hängt im allgemeinen von der Häufigkeit von Selbst- oder Fremdbefruchtung, von der Vorgehensweise der Züchter und Landwirte zur Verbesserung der Kultivare und von der Höhe des natürlichen Genaustausches ab (FRANKEL et al., 1995). Generell kann gesagt werden, dass die Vielfalt innerhalb einer Kulturpflanze höher bei Allogamen als bei Autogamen ist, größer in Landrassen als in Kultivaren aus modernen Züchtungsprogrammen und bei freier Bestäubung im Vergleich zu kontrollierter Bestäubung (beispielsweise zur Erzeugung von F1-Hybriden).

Der natürliche Genfluss, der zwar außerhalb der Tropen nicht mit Wildpflanzen stattfindet, spielt innerhalb von *Ocimum* vermutlich eine relativ große Rolle. Alle untersuchten *O. basilicum*-, *O. x citriodorum*-, *O. kilimandscharicum*-, *O. americanum* var. *pilosum*-Akzessionen der Genbank mit Ausnahme von *O. americanum* var. *americanum* zeigten Tetra- bzw. Hexaploidie! Darüber hinaus wurden zusätzliche Chromosomen gefunden, die nicht zum normalen Chromosomensatz gehören. Auch PATON & PUTIEVSKY (1996) fanden sehr unterschiedliche Chromosomenzahlen in *O. basilicum* (50-72), die bei einer Grundzahl von $n=12$ nicht allein durch Polyploidie zu erklären sind. Sie lehnten aber die Hypothese von VIJ & KASHYAP (1972) und KHOSLA (1993) ab, welche die zusätzlichen Chromosomen für sog. B-Chromosomen hielten. B-Chromosomen sind kleine, heterochromatische Chromosomen, die nicht zum normalen Chromosomensatz gehören und auch nicht anwesend sein müssen (TRAUT, 1991). Auch in *Mentha* wurde eine hohe Variabilität der Chromosomenzahlen beobachtet, die erst in höheren Ploidiestufen vorkommt. Eine Mischung von generativer und vegetativer Vermehrung spielt hier vermutlich eine Rolle (TYAGI & NAQVI, 1987, TYAGI & AHMAD, 1989). Eine weitere Theorie ist besser auf *Ocimum* übertragbar, nach der aufgrund interspezifischer Hybridisierung reduzierte und nicht reduzierte Pollen in einer Reihe von Kreuzungen und Rückkreuzungen Quellen für die Variabilität der Chromosomenzahlen sind (HARLEY & BRIGHTEN, 1977, TUCKER & FAIRBROTHERS, 1981).

Auch wenn dieses Phänomen im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter geklärt werden konnte, kann davon ausgegangen werden, dass die enorm hohe infraspezifische Variabilität, die bei den Genbankakzessionen gefunden wurde, nicht zuletzt durch die Polyploidie und evtl. auch durch die zusätzlichen Chromosomen bedingt ist. Die hohe

intraspezifische Variabilität ist auch ein Indiz dafür, dass es sich um Allopolidie handelt, weil sich autoploide Nachkommen einer diploiden Art in der Regel nur quantitativ vom Phänotyp der Eltern unterscheiden (RIEGER et al., 1991). Aufgrund der kleinen Chromosomengröße konnte mit Mühe die Chromosomenzahl, aber kein genaueres Karyotyp, mit welchem sich Allopolidie nachweisen ließe, bestimmt werden. Kreuzungsversuche von PATON & PUTIEVSKY (1996) zeigten jedoch, dass Kreuzungen zwischen Varietäten von *O. basilicum* und zwischen *O. basilicum* und *O. x citriodorum* fertile Nachkommen hervorbringen. Auch NATION et al. (1992) stellten bei grünem Basilikum eine Fremdbefruchtungsrate mit der roten Sorte 'Dark Opal' als Marker von bis zu 61% fest.

Neben Polyploidie liegt ein weiterer Grund für die hohe Variabilität in der Herkunft der Akzessionen: Viele Akzessionen aus der Genbank stammen nicht direkt von Züchtern, sondern von Landwirten, die Landsorten in ihren eigenen Gärten erhalten und vermehren. Basilikum und ganz besonders die weniger bekannten Kulturarten aus der Gattung standen in der Vergangenheit unter keinem großen züchterischen Selektionsdruck. Hierzu fehlten sowohl die Kenntnisse zur Vererbung der Merkmale als auch das wirtschaftliche Potential.

Eine wesentliche Voraussetzung, um Arten für Züchtungsprogramme nutzen zu können, ist die Kenntnis des primären und sekundären Genpools einer Kulturpflanze nach HARLAN & DE WET (1971). Zum primären Genpool einer Art gehört alles Material, das bei der Hybridisierung mit ihr vollfertile Kreuzungsprodukte ergibt (im Sinne der evolutionären Artdefinition). Zum sekundären Genpool gehören Sippen, bei denen bestimmte Kreuzungsbarrieren auftreten. Und schließlich umfasst der tertiäre Genpool Sippen, die sich mit dem Zielmaterial nur unter Ausnutzung radikaler neuer Techniken kreuzen lassen. Die Ergebnisse, die sowohl aus einer kombinierten Hauptkomponentenanalyse von morphologischen und chemischen Merkmalen als auch aus der Sequenzierung der ITS-Region und der AFLP-Analyse entnommen werden können, lassen folgendes Genpool-Modell für *O. basilicum* abgewandelt nach HARLAN & DE WET (1971) zu (Abbildung 27).

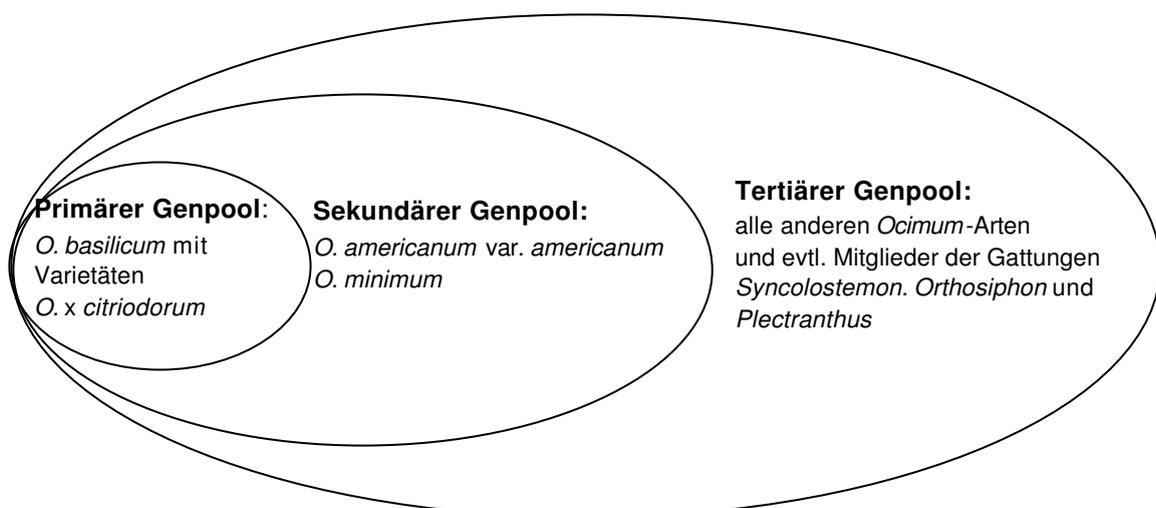


Abbildung 27: Genpool-Modell nach HARLAN & DE WET (1971) von *O. basilicum*
 Figure 27: Model of Genepool of *O. basilicum* (HARLAN & DE WET, 1971)

Dieses aus Morphologie, Biochemie und Molekularbiologie hergeleitete Genpool-Modell sollte z. T. noch durch Kreuzungsversuche bestätigt werden.

Die Kreuzbarkeit von *O. basilicum* und *O. x citriodorum* konnten PATON & PUTIEVSKY (1996) nachweisen. Sie vermuteten aber eine Kreuzungsbarriere zwischen *O. basilicum* und *O. minimum*. Die segregierende Akzession OCI 24 von *O. minimum* lässt aber Zweifel daran aufkommen, weil hier intermediäre Formen zwischen *O. minimum* und *O. basilicum* vorkommen. Die Definition des tertiären Genpools beruht auf den Ergebnissen der ITS-Analyse, in der Hinweise für interspezifische Hybridisierung zwischen verschiedenen Sektionen von *Ocimum* und zwischen *Ocimum* und Gattungsgliedern von *Syncolostemon*, *Orthosiphon* und *Plectranthus* gefunden wurden.

Bevor der Versuch einer sinnvollen Klassifikation der Vielfalt innerhalb der kultivierten Arten in *Ocimum* unternommen wird, sollen die soweit bekannten Hintergründe der variabelsten Merkmale erläutert werden:

Die höchste infraspezifische Variabilität wurde in folgenden Merkmalen gefunden:

- Anthocyanfärbung
- Chemische Zusammensetzung des ätherischen Öls
- Blattquerschnitt, Blattoberfläche, Blattrand
- Größenausprägungen der einzelnen Pflanzenorgane
- AFLP-Fragmentlängen

8.1 Anthocyanfärbung

Mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse konnte gezeigt werden, dass die höchste gefundene Variabilität innerhalb der *O. basilicum*-Akzessionen in der Färbung von Pflanzenteilen besteht. Die Übergänge in der Anthocyanfärbung zwischen den Subspezies *basilicum* und *purpurascens* sind fließend mit Ausnahme der rein grünen und rein roten Akzessionen. Es können ca. 10 Übergangsstufen in der Anthocyanfärbung beschrieben werden:

- Rotfärbung ist zuerst in der Infloreszenz sichtbar, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe während der Blüte sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe und Calyxunterlippe während der Blüte sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe, Calyxunterlippe während der Blüte und Calyxoberlippe während der Fruchtreife sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe, Calyxunterlippe während der Blüte, Calyxoberlippe während der Fruchtreife und Corollaoberlippe sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe, Calyxunterlippe während der Blüte, Calyxoberlippe während der Fruchtreife, Corollaoberlippe und

Blattoberseite sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.

- Infloreszenz, Calyxoberlippe, Calyxunterlippe während der Blüte, Calyxoberlippe während der Fruchtreife, Corollaoberlippe und Blattoberseite sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe, Calyxunterlippe während der Blüte, Calyxoberlippe während der Fruchtreife, Corollaoberlippe sowie Blattoberseite und Blattunterseite sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe, Calyxunterlippe während der Blüte, Calyxoberlippe während der Fruchtreife, Corollaoberlippe, Blattoberseite und Blattunterseite sowie Kotyledonen sind rot gefärbt, die übrigen Teile der Pflanze erscheinen grün.
- Infloreszenz, Calyxoberlippe, Calyxunterlippe während der Blüte, Calyxoberlippe während der Fruchtreife, Corollaoberlippe, Blattoberseite und Blattunterseite, Kotyledonen und Calyxunterlippe während der Fruchtreife sind rot gefärbt, die Corollaunterlippe ist noch weiß.

Im Jahresvergleich war die Ausprägung der Anthocyanfärbung bei den durch Selbstung erhaltenen Genbankvarietäten weitgehend witterungsstabil.

In der kürzlich erschienenen Publikation von PHIPPEN & SIMON (2000) wird nachgewiesen, dass die Expression der Anthocyanfärbung bei *Ocimum basilicum* von zwei dominanten Genen vererbt wird, die von regulatorischen Genen gesteuert werden. Durch eine Blockade dieser Gene kann die Bildung von Anthocyan gehemmt werden. Damit erklärten sie, dass ganz rote Sorten dennoch auch nach mehreren Generationen Selbstung oder vegetativer Vermehrung grüne Blätter bilden, in welchen diese regulatorischen Gene blockiert werden. Durch erhöhte Lichteinstrahlung konnte die Blockade wieder aufgehoben werden. Dennoch wurden grüne Pflanzen, die aus einer Kreuzung mit einer anthocyanbildenden Varietät entstanden sind, innerhalb einer Vegetationsperiode niemals rot (von einzelnen roten Punkten abgesehen). Auch wenn dieser "Silencing"-Mechanismus nicht weiter geklärt ist, erklärt diese Beobachtung von PHIPPEN & SIMON (2000) doch die nur geringfügige Änderung der Anthocyanfärbung der Akzessionen in den unterschiedlichen Jahren. Der Einfluss der Sonneneinstrahlung kann nicht allein ausschlaggebend für die Aufhebung der Blockade der regulatorischen Gene sein. Die Beobachtung, dass in der Hauptkomponentenanalyse die geographische Verteilung der grün bis rot gefärbten Akzessionen einem West-Ost-Gradienten folgt, lässt die Annahme zu, dass die Richtung Osten zunehmend kontinentalere Klima eine stärkere Anthocyanfärbung begünstigt. Evtl. spielt DNA-Methylierung hier eine Rolle.

PHIPPEN & SIMON (2000) stellten außerdem fest, dass Anthocyanpigmente in den Vakuolen der Zellen gebildet und gespeichert werden. Die Beobachtungen aus dem Feldversuch, dass Pflanzen mit einer roten Infloreszenz und Blütenmerkmalen grüne Blätter aufweisen, bedeutet demnach nicht, dass in den Blättern kein Anthocyan gebildet wird, sondern dass eines der beiden Gene nicht vererbt wurde und dadurch

insgesamt die Anthocyanbildung gehemmt ist. In den Blättern überdeckt das Chlorophyll die Anthocyane und bewirkt ein optisch dunkleres Grün als in rein grünen Varietäten von Basilikum. Wie stark die Anthocyanfärbung ist, hängt nach den Ergebnissen von Phippen und Simon sowohl vom Vorhandensein der beiden Anthocyan exprimierenden Gene als auch vom Vorhandensein und der Aktivität der regulatorischen Gene ab. Dies erklärt die enorm hohe Zahl an intermediären Zwischenstufen zwischen grünen und roten *O. basilicum*-Akzessionen.

Aus der komplexen Vererbung der Anthocyanfärbung und der Kenntnis der vielen verschiedenen Übergangsstufen im eigenen Versuch entstehen Schwierigkeiten für die taxonomische Klassifikation, da Diskontinuität nur zwischen anthocyanfreien und Pflanzen, deren Infloreszenz- und Blattorgane vollständig Anthocyan gefärbt sind, besteht. Man müsste sich daher bei der Varietätsnamensvergebung darauf einigen, entweder nur rein rote *Ocimum*-Pflanzen oder Pflanzen mit vorhandener Anthocyanfärbung als Varietät *purpurascens* zu bezeichnen. Die Zwischenstufen, die für Nutzer interessant sein könnten, können nicht allein mit dem Varietätsnamen beschrieben werden, sondern müssten entweder als solche benannt oder in Form von Deskriptorenlisten festgehalten werden.

8.2 Chemische Zusammensetzung des ätherischen Öls

HILTUNEN & HOLM (1999) fassten die umfangreiche Literatur, die seit den 30iger Jahren über Basilikumöl verfasst wurde, zusammen: Insgesamt sind ca. 140 Komponenten des ätherischen Öls von *O. basilicum* bekannt. Davon sind mehr als 30 Monoterpene, ca. 30 Sesquiterpene, über 20 Carboxylsäuren, elf aliphatische Aldehyde, sechs aliphatische Alkohole, über 20 aromatische Komponenten und 20 Komponenten, die keiner der genannten Gruppen zuzuordnen sind. Die allermeisten Komponenten konnten aber nur in Spuren nachgewiesen werden.

Die Kenntnisse der Biosynthesewege der Komponenten des ätherischen Öls der Gattung *Ocimum* sind jedoch noch recht fragmentarisch.

Das ätherische Öl vieler Gattungen innerhalb der Labiatae, wie z. B. *Salvia*, *Mentha*, *Origanum* und *Thymus*, besteht vorrangig aus Mono- und Sesquiterpenen (LAWRENCE, 1993). Das interessante an der Gattung *Ocimum* ist, dass sowohl Monoterpenderivate als auch Phenolderivate im ätherischen Öl vorkommen. Man geht von zwei getrennten Synthesewegen aus: Dem Shikimisäuresyntheseweg über Phenylalanin, über den aromatische Phenolderivate wie Estragol (Methylchavicol), Eugenol, Methyleugenol und Zimtsäuremethylester gebildet werden und dem Melvalonsäuresyntheseweg über Geranylpyrophosphat, auf dem Monoterpenderivate wie Kampher, Thymol, Citral, Cineol, Geraniol und Linalool synthetisiert werden (LAWRENCE, 1988). Neuerdings fand man heraus, dass die Bildung von Estragol bzw. Methyleugenol von einer substratspezifischen O-Methyltransferase abhängt, die entweder Chavicol oder Eugenol als Substrat oder beide akzeptieren kann. Wird dagegen kein Methyleugenol und Estragol gebildet, fehlt dieses Enzym vollständig (LEWINSOHN et al., 2000).

Die in der Gaterslebener Genbankkollektion gefundenen Chemotypen sind entstanden, indem entweder beide Synthesewege oder einer von beiden eingeschlagen wurde. Am deutlichsten wird die große Variabilität der chemischen Zusammensetzung des ätherischen Öls am Beispiel von *O. basilicum* und seinen Varietäten. Elf verschiedene Inhaltsstoffe (ohne Spurenkomponenten) konnten

innerhalb der Genbankakzessionen gefunden werden. Alle diese Inhaltsstoffe konnten entweder komplett fehlen oder sogar Anteile von über 80% im ätherischen Öl ausmachen. Die Unterschiede der Anteile der wichtigsten Inhaltsstoffe im ätherischen Öl zwischen den Jahren lassen vermuten, dass auch hier ähnlich wie bei der Anthocyan synthese Umweltfaktoren bestimmte Synthesewege, evtl. sogar genotypspezifisch, begünstigen oder hemmen können. So wurden jahresabhängig verschiedene Isomere von Geraniol bzw. Derivate von Thymol gebildet.

Verglichen mit der Literatur ist die Anzahl der verschiedenen gefundenen Chemotypen erstaunlich hoch. In *O. basilicum* fanden GUILLAUMIN (1930) und GÜNTHER (1949) unabgänglich voneinander vier verschiedene Chemotypen, die sich weitgehend entsprachen. Später fanden SOBTI & PUSHPANGADAN (1982) fünf verschiedene Chemotypen, genau wie LAWRENCE (1988), der allerdings einen eugenolreichen Chemotyp vermisste. Diesen konnten PUSHPANGADAN & BRADU (1995) ergänzen. Obwohl diese Autoren auch nicht nur die Komponente des ätherischen Öls berücksichtigten, die den höchsten Anteil ausmachte, ist in der vorliegenden Studie die Zahl der Chemotypen (18) wesentlich höher. Interessant ist dabei, dass die Anteile und die Kombinationen weniger Komponenten - und nicht etwa völlig neue Hauptkomponenten des ätherischen Öls - diesen Reichtum an Chemotypen entstehen lassen. Dies kann als weiterer Hinweis gedeutet werden, dass die hohe Variabilität der Genbankakzessionen durch Hybridisierung verschiedener kultivierter Populationen entstanden ist. Bei anderen untersuchten Arten konnten ebenfalls bisher nicht in der Literatur beschriebene Chemotypen nachgewiesen werden. So wurde erstmals in *O. americanum* ein Eugenol-Cineol-Chemotyp gefunden, der charakteristisch für die Varietät *pilosum* ist. Dagegen konnten von den sechs in *O. americanum* (*O. canum*) bekannten Chemotypen (HILTUNEN & HOLM. 1999) nur zwei in dieser Studie gefunden werden.

In *O. gratissimum* wurde ein unterarten- und varietätsspezifisches Vorkommen verschiedener Chemotypen nachgewiesen. Diese Korrelation zwischen morphologischen und chemischen Merkmalen ermöglicht anhand der morphologischen Bestimmung eine sichere Vorhersage über das Vorkommen bestimmter Inhaltsstoffe.

In *O. kilimandscharicum* fand schon HEGNAUER (1966) hohe Gehalte an Kampher. Ein Kampher-Eugenol-Chemotyp ist allerdings in der Literatur bisher noch nicht beschrieben worden. Während in der vorliegenden Studie nur zwei Chemotypen, bestehend aus Eugenol und Eugenolmethylether sowie Caryophyllen, beschrieben werden konnten, berichtet HEGNAUER (1966) von vier Chemotypen in *O. sanctum*, dem Synonym von *O. tenuiflorum*. Neben hohen Gehalten an Eugenol fand er citral-, estragol- und chavibetonolreiche Typen in *O. sanctum*. Von *O. campechianum*, *O. selloi* und *O. x citriodorum* wurden noch keine Chemotypen in der Literatur beschrieben.

Im folgenden werden die einzelnen Komponenten, die im ätherischen Öl der Genbankakzessionen gefunden wurden, diskutiert:

- **Ocimen:** Über die Verwendung dieses Inhaltsstoffes konnte nichts herausgefunden werden. Es handelt sich um ein ungesättigtes, acyclisches Monoterpen, das im ätherischen Öl der untersuchten *Ocimum*-Arten in Anteilen zwischen 0 und 26,6% vorkommt. In *O. citriodorum*, *O.*

kilimandscharicum und *O. tenuiflorum* fehlte diese Komponente ganz. Zwar wiesen auch schon ZAMUURENKO et al. (1986) im *O. gratissimum*-Öl Ocimen zwischen 0,3-14,5% nach, aber Anteile von 25-27%, wie sie in *O. gratissimum* var. *macrophyllum* gefunden wurden, sind bisher in der Literatur nicht bekannt. Interessant ist zudem, dass ein hoher Ocimen-Gehalt mit einem geringen Eugenol-Gehalt und umgekehrt korreliert. Bisher wurde im ätherischen Öl von *O. campechianum* (4,6-6,2%) und *O. selloi* (17%) auch noch kein Ocimen nachgewiesen. Aus einer Korrelationsanalyse ging hervor, dass Ocimen in *O. basilicum* hoch positiv mit einem β -Bisabolen-Gehalt ($r = 0,99$) und auch mit einem β -Caryophyllen-Gehalt ($r = 0,6$) im ätherischen Öl korreliert ist. Beides sind Sesquiterpene, die mit dem Syntheseweg des Monoterpens Ocimen in Zusammenhang stehen könnten. In *O. americanum* var. *pilosum* konnte eine Korrelation mit hohem Ölgehalt ($r=0,87$) gefunden werden. In *O. gratissimum* besteht hingegen eine hohe negative Korrelation zum Ölgehalt ($r=-0,98$) und zur Größe der Pflanzen ($r=-0,9$).

- **Cineol:** Cineol ist ein bicyclisches Monoterpen-Epoxid und wird als Exspektorans bei Bronchialkatarrh und als Aromastoff in der Parfümindustrie verwendet (FUGMANN, 1997). Es wurde im ätherischen Öl von der untersuchten Arten mit Anteilen zwischen 0 und 24, 8% nachgewiesen. In *O. tenuiflorum* und *O. selloi* wurde kein Cineol gefunden. Die drei Akzessionen von *O. campechianum* enthielten hingegen Cineol zwischen 2,3-19,9%. Alle *O. gratissimum*-Akzessionen der Genbank sind arm an Cineol. CHENG & LIU (1983) fanden in *O. gratissimum* aus Taiwan aber auch hohe Gehalte von über 40%. Eine solche Akzession fehlt derzeit noch in der Genbank. Die hohen Gehalte zwischen 15 und 25% in *O. americanum* var. *pilosum* sind bisher in der Literatur unbekannt. Auch vom Cineol-Gehalt in *O. basilicum* wurde bisher gesagt, dass er generell unter 10% liege (HILTUNEN & HOLM, 1999). In der Genbank konnten jedoch einige Akzessionen mit Cineolgehalten über 10% bis zu 18% gefunden werden.
- **Terpinen:** Terpinen oder auch Menthadien, ein zweifach ungesättigtes, monocyclisches Monoterpen, ist eine licht-, luft- und wärmeempfindliche Flüssigkeit. Zur Verwendung speziell von γ -Terpinen konnten keine Angaben gefunden werden. In den untersuchten Arten wurden Anteile im ätherischen Öl zwischen 0 und 34% im ätherischen Öl gefunden, wobei nur *O. gratissimum* var. *gratissimum* höhere Gehalte zwischen 28 und 34% aufwies. Die anderen Arten zeigten, wenn überhaupt, nur Spuren dieses Inhaltsstoffes. In der Literatur wurde Terpinen immer gemeinsam mit Cymen in *O. gratissimum* gefunden (NTEZURUBANZA et al., 1987; PINO et al., 1996). Der Unterschied zwischen Cymen und Terpinen ist, dass Cymen im Gegensatz zum zweifach ungesättigten Terpinen dreifach ungesättigt ist. Cymen wurde in dieser Analyse jedoch nur im Jahr 2000 zusammen mit Terpinen in *O. gratissimum* gefunden.

- Thymol:** Thymol ist ein aromatischer Monoterpenalkohol, der wie Cymen zu den Cymenolen gehört. Eine Mischung aus Thymol und N-Methylantranilsäuremethyl-ester ergibt im geeigneten Verhältnis einen typischen Mandarinengeruch, der auf verschiedene Weise genutzt werden kann. Er konnte im ätherischen Öl von *O. basilicum* (0-2,7%), in *O. gratissimum* (0-35%) und *O. tenuiflorum* (0-7,3%) nachgewiesen werden. Die Isolation von Thymol aus *O. tenuiflorum* ist bisher noch nicht in der Literatur erwähnt worden. Neu ist auch, dass Thymol nur in der Varietät *gratissimum* von *O. gratissimum* vorkommt, in den anderen Varietäten hingegen nicht. Damit stellt Thymol ein wichtiges taxonomisches Merkmal zur infraspezifischen Gliederung von *O. gratissimum* dar.
- Linalool:** Linalool ist ein ungesättigter, acyclischer Monoterpenalkohol, der hauptsächlich den charakteristischen Geschmack von Basilikum ausmacht. Er riecht nach Maiglöckchen und wird in der Parfümindustrie und zur Synthese von radikalfangenden Tocopherolen verwendet. Er wurde im ätherischen Öl von *O. basilicum* zwischen 0 und 71% nachgewiesen, in *O. americanum* zwischen 0 und 25%, in *O. x citriodorum* zwischen 0 und 40%, in *O. gratissimum*, *O. tenuiflorum*, *O. campechianum* und *O. selloi* machte der Anteil dieses Inhaltsstoffs nie mehr 6% aus. In *O. kilimandscharicum* wurde kein Linalool analysiert. In Basilikum bildet Linalool allein oder zusammen mit Estragol, Cineol, Eugenol, Geraniol und Zimtsäuremethylester wichtige Chemotypen.
- Kampher:** Kampher ist ein bicyclisches Monoterpen mit Boranstruktur. Es dient der Behandlung von Rheuma, Schmerzen, Neuralgien und Entzündungen. Darüber hinaus wird es als analeptisches bzw. sekretlösendes Mittel und zur Bekämpfung von Motten eingesetzt. Es wurde im ätherischen Öl nur von *O. basilicum* und *O. x citriodorum* mit Anteilen zwischen 0 und 4% gefunden. Reich an Kampher war nur *O. kilimandscharicum* mit 63%. Der Kamphergehalt veränderte sich allerdings jahresabhängig. Im Jahr 2000 konnten nur noch 54% gefunden werden, dafür aber mehr Cineol. Dies könnte als wichtiger Hinweis für die Aufklärung der Synthesewege der Komponenten des ätherischen Öls sein. In der Literatur tauchen immer wieder Kampherchemotypen von *O. canum*, dem Synonym von *O. americanum*, auf (HEGNAUER, 1966; HOPPE, 1975; XAASAN et al. 1981). Alle zwölf untersuchten Akzessionen von *O. americanum* und der Varietät *pilosum* hatten jedoch kein Kampher im ätherischen Öl.
- Estragol:** Estragol, auch Methylchavicol genannt, ein Phenylpropanderivat, das anisartig riecht und als Aromastoff in der Lebensmittelindustrie sowie bei der Likör- und Parfümherstellung verwendet wird (FUGMANN, 1997). Es ist wie Linalool charakteristisch für das Basilikumaroma. GÜNTHER (1949) und LAWRENCE (1978, 1989) berichteten von Populationen verschiedener Herkünfte, in welchen ungefähr gleiche Anteile von Linalool und Estragol nachgewiesen wurden. In den in dieser Studie untersuchten Arten wurden im

ätherischen Öl Anteile zwischen 0 und 92% gefunden. *O. gratissimum*, *O. campechianum*, *O. selloi* und *O. kilimandscharicum* enthielten kein Estragol, *O. tenuiflorum* nur in Spuren. Sechs Chemotypen von *O. basilicum* werden aus Estragol allein oder zusammen mit Bergamoten, Eugenolmethylether, Linalool und Zimtsäuremethylester gebildet. Besonders bemerkenswert ist der Estragol- bzw. Linalool-Estragol-Chemotyp in *O. citriodorum*. Er ist ein deutliches Beispiel für die verschwimmenden Grenzen zwischen *O. basilicum* und *O. citriodorum*.

- **Neral, Geraniol, Geranial:** Neral, Geraniol und Geranial sind ungesättigte, acyclische Monoterpene. Geraniol mit einem Alkoholrest sowie Neral und Geranial sind Isomere mit einer Aldehydgruppe. Sie duften nach Zitrone und werden in der Riechstoffindustrie als Rohstoff verwendet (FUGMANN, 1997). Sie konnten im ätherischen Öl nur von *O. basilicum* zwischen 0 und 44% und von *O. x citriodorum* zwischen 0 und 47% nachgewiesen werden. Dies widerspricht der Publikation von HEGNAUER (1966), der über 75% in *O. canum* (Synonym von *O. americanum*) und 65% in *O. gratissimum* nachgewiesen haben will. In diesem Zusammenhang sind Bestimmungsfehler früherer Autoren nicht auszuschließen. Erstaunlich ist außerdem, dass nicht in allen Akzessionen von *O. x citriodorum*, dessen Name schon auf den Zitronenduft hinweist, wenigstens einer der drei Inhaltsstoffe nachzuweisen war. Die bisherige Abgrenzung von *O. x citriodorum* zu *O. basilicum* erscheint daher eher künstlich zu sein.
- **Zimtsäuremethylester:** Zimtsäuremethylester ist ein Phenylpropanderivat, das einen zimtigen bis fruchtigen Geruch hat und als Zusatz von Parfüms und Lebensmitteln bzw. in Sonnenschutzmitteln eingesetzt wird (FUGMANN, 1997). Es wurden zwei Isomere gefunden: Zimtsäuremethylester-(Z) und Zimtsäuremethylester-(E), die sehr hoch miteinander korreliert sind ($r=0,97$). Sie konnten im ätherischen Öl von *O. basilicum* zwischen 0 und 67% und in *O. americanum* zwischen 0 und 77% nachgewiesen werden. In der Hauptkomponentenanalyse der Merkmale von *O. basilicum* wurden in der zweiten Hauptkomponente mit Zimtsäuremethylester korrelierende Merkmale zusammengefasst. Danach haben Pflanzen mit hohem Zimtsäuremethylestergehalt im ätherischen Öl tendenziell breite aber kurze Kotyledonen, kleinere Blattspreiten mit meist glatter Oberfläche und einem höheren Verholzungsgrad des Sprosses. Die Korrelationen sind aber verhältnismäßig niedrig, so dass mit einem hohen Zimtsäuremethylestergehalt nicht zwangsläufig diese morphologischen Merkmale verknüpft sind. Außerdem besteht ein geographischer Zusammenhang: Fast alle Akzessionen mit hohem Zimtsäuremethylestergehalt stammen von den Malediven. In der Literatur finden sich jedoch auch zimtsäuremethylesterreiche Populationen von Basilikum von den Fiji-Inseln (BROPHY & JOGIA, 1986), aus Portugal (LAWRENCE, 1988) und aus Indien (SOBTI & PUSHAGADAN, 1982). Vermutlich wurde Basilikum auf den Malediven nicht als Gewürzpflanze kultiviert und selektiert. Als guter Lieferant von Zimtsäuremethylester würde sich auch der Chemotyp von *O. americanum* eignen, der insgesamt bis zu 85% der

Zimtsäuremethylesterisomere enthält. Im Vergleich zu *O. basilicum* bildet er zwar relativ wenig Biomasse, der Ölgehalt ist aber verhältnismäßig hoch (ca. 0,7 mg pro 100 g Trockenmasse).

- **Eugenol und Eugenolmethylether:** Eugenol und Eugenolmethylether sind Phenylpropanderivate, die nelkenartig riechen und damit einen wichtigen Duft- und Aromastoff darstellen. In der Zahnheilkunde wird Eugenol als Anästhetikum und als Komponente von Zahnfüllungen verwendet (FUGMANN, 1997). Von den untersuchten Pflanzen enthielten alle Eugenol und bis auf *O. americanum* auch Eugenolmethylether. In *O. basilicum* beinhalten zwei Chemotypen Eugenol als wichtigsten Inhaltsstoff mit 33 bis 47% Anteil im ätherischen Öl. Bei den Eugenolmethylether-Chemotypen liegt der Anteil zwischen 25 und 61%. Zusammen mit Eugenol sind in diesen Chemotypen Linalool, Cineol oder Estragol wichtigste Bestandteile. GÜNTHER (1949) zählt einen Eugenol-Typ zu den vier Chemotypen, die in Basilikum anzutreffen sind. Mit anderen Inhaltsstoffen assoziierte Eugenol(methylether)-Chemotypen waren noch nicht bekannt. Eugenol ist vielfach schon als Inhaltsstoff des ätherischen Öls in *O. gratissimum* gefunden worden (ZAMUREENKO et al., 1986; LAWRENCE, 1987; WU et al., 1990; YU & CHENG, 1986; KHANNA et al., 1988). Bisher unbekannt war, dass nur die Unterart *iringense* von *O. gratissimum* hohe Gehalte an Eugenol besitzt. Die Varietät *macrophyllum* von *O. gratissimum* subsp. *gratissimum* enthält dagegen Isoeugenolmethylether zwischen 32 und 36%. Die hohe Korrelation zwischen Eugenolgehalt und Verholungsgrad ($r=0,86$) könnte von Bedeutung für das Ernteverfahren sein, bzw. gibt es einen Hinweis über die Ausdauerfähigkeit dieses Chemotyps. In *O. americanum* var. *pilosum* wurden sehr hohe Gehalte an Eugenol zwischen 31 und 48% mit einer negativen Korrelation zum Cineolgehalt ($r=-0,88$) gefunden. Auch in *O. x citriodorum* wurden Eugenol-Gehalte zwischen 0 und 27% und Eugenolmethylether-Gehalte zwischen 0 und 4,4% gefunden. Die hohen Korrelationen von Eugenolmethylether mit morphologischen Merkmalen sind aufgrund der geringen Anteile des Eugenolmethylethers von geringer Bedeutung. Wichtiger, wenn auch schwer zu erklären, ist die positive Korrelation des Eugenol-Gehalts mit der Kronblattlänge ($r=0,98$).
- **β-Element:** β-Element ist ein Sesquiterpen, über dessen Verwendung keine Angaben gefunden werden konnten. Im ätherischen Öl von *O. basilicum* und *O. x citriodorum* wurden Anteile unter 8%, in *O. gratissimum*, *O. kilimandscharicum* und *O. selloi* nur Spuren, in *O. tenuiflorum* zwischen 3 und 15% und in *O. campechianum* zwischen 1 und 13% gefunden. In *O. gratissimum* wurden von FUN & BAERHEIM SVENDSEN (1990) auch schon höhere Gehalte von 11,8% β-Element und von GAYDOU et al. (1989) in *O. basilicum* von 18% gefunden. Die relativ hohen Gehalte in *O. tenuiflorum* und *O. campechianum* sind in der Literatur bisher noch nicht beschrieben worden.

- **a-Bergamoten:** a-Bergamoten ist ein Sesquiterpen, dessen Isomer β -Bergamoten eine biosynthetische Vorstufe von den Antibiotika Ovalicin und Fumagillin ist (FUGMANN, 1997). Es kommt im ätherischen Öl der untersuchten Arten mit Anteilen zwischen 0 und 12% vor, in *O. campechianum* fehlt das Sesquiterpen völlig. Diese Ergebnisse entsprechen weitgehend den Angaben, die in der Literatur gefunden wurden (LAWRENCE et al., 1971; XAASAN et al., 1981; FUN & BAERHEIM SVENDSEN, 1990).
- **β -Caryophyllen:** Dieses Sesquiterpen ist eine farblose Flüssigkeit von nelken- bis terpentinähnlichem Geruch. Es findet als Riechstoffkomponente z. B. in Kaugummi und als Fixativ Verwendung (FUGMANN, 1997). Gehalte im ätherischen Öl von über 10% wurden in *O. basilicum* (bis 12%), in *O. tenuiflorum* (11-30%) und *O. campechianum* (13-17%) gefunden. CHARLES et al. (1990) fanden auch in *O. micranthum*, einem Synonym von *O. campechianum*, Gehalte zwischen 18,9 und 19,3% β -Caryophyllen. Während in dieser Arbeit nur geringe Gehalte an Caryophyllen in *O. gratissimum* nachgewiesen wurden, fanden FUN & BAERHEIM SVENDSEN (1990) in Populationen aus Aruba 45,5% Caryophyllen.
- **β -Bisabolen:** β -Bisabolen ist ein Sesquiterpen, das als Riechstoff Verwendung findet. Es konnte im ätherischen Öl nur in *O. basilicum* bis zu 14%, in *O. americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum* bis zu 10% und in *O. campechianum* bis zu 14% nachgewiesen werden. GAYDOU et al. (1989) fanden neben zahlreichen anderen Sesquiterpenen auch Bisabolen im ätherischen Öl von *O. basilicum*. Über den Bisabolengehalt von *O. americanum* und *O. campechianum* konnten keine Hinweise in der Literatur gefunden werden.
- **Elemicin:** Elemicin wurde im ätherischen Öl nur in *O. selloi* (47%) nachgewiesen. Es ist ein Phenylpropanderivat, das insektizide Eigenschaften hat und synergistisch mit anderen Insektiziden wirkt (FUGMANN et al., 1997).

8.3 Blattquerschnitt, Blattoberfläche, Blattrand

Die Blattspreiten konnten vor allem innerhalb von *O. basilicum* sehr unterschiedlich sein: Die Oberfläche variierte zwischen glatt bis stark blasig aufgeworfen, der Querschnitt zwischen flach und stark zurückgerollt und der Spreitenrand konnte ganzrandig bis stark gesägt sein. Zur Vererbung dieser Merkmale ist noch nicht viel bekannt, jedoch zeigten PHIPPEN & SIMON (2000), dass die glatte Beschaffenheit der Spreitenoberfläche dominant gegenüber der blasigen Spreitenoberfläche vererbt wird. Die Vererbung dieser Blattmerkmale folgt trotz Polyploidie einem diploiden Schema. Die intermediären, heterogenen Stadien dieser Gene bringen einen abweichenden Phänotyp hervor, der eine glatte Blattoberfläche aufweist.

Die Annahme von PHIPPEN & SIMON (2000), dass die Vererbung der blasigen Blattoberfläche mit der Säugung des Blattrands korreliert, kann in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. Eine blasige Spreitenoberfläche ist vielmehr mit einer

großen Blattfläche korreliert, hingegen nicht mit der Sägung des Blattrands. Vermutlich sind getrennte Gene für die Ausprägung der Spreitenoberfläche und für die Sägung der Spreiten verantwortlich.

8.4 Größenausprägungen der einzelnen Pflanzenorgane

Im taxonomischen Schlüssel für *Ocimum* von PATON et al. (1999) dienen Längen- und Breitenangaben verschiedener Pflanzenteile der Unterscheidung von Arten. Tab. 22 vergleicht die Angaben des taxonomischen Schlüssels mit den im Feldversuch gemessenen Werten der einzelnen Arten.

Tabelle 22: Vergleich der Angaben aus einem taxonomischen Schlüssel (PATON et al., 1999) mit den gemessenen Werten

Table 22: Comparison of values of taxonomic key of PATON et al. (1999) with examined values in field experiment

	<i>im taxonomischen Schlüssel</i> (PATON et al., 1999)	<i>im Feldversuch</i>
	<i>O. gratissimum</i>	
Blattlänge	> 35 mm	61-94 mm
Blattstiellänge	> 5 mm	14-25 mm
	<i>O. campechianum</i>	
Corollalänge	< 5 mm	4,2-4,6 mm
	<i>O. basilicum</i>	
Corollalänge	> 7 mm	7,3-10,4 mm
Pflanzenhöhe	< 60 cm	12-69,9 cm

Da die Messwerte aus dem Feldversuch, ausgenommen der maximal erreichten Pflanzenhöhe in *O. basilicum*, in den taxonomischen Schlüssel einzuordnen sind, können die Längen- und Breitenangaben trotz hoher innerartlicher Variabilität zur Unterscheidung von Arten herangezogen werden. Inwieweit diese Merkmale auch zur Unterscheidung von weiteren Arten, Unterarten und Varietäten dienen können, wurde mit Hilfe einer Varianzanalyse der gemessenen Merkmale überprüft. Diese können in eine weitere inter- und infraspezifische Klassifikation eingehen, die in den folgenden Abschnitten aufgeführt wird.

8.5 AFLP-Fragmentlängen

Eine Vielzahl von molekularen Marker-Methoden sind schon verwendet worden, um genetische Diversität und die verwandtschaftlichen Beziehungen von Kulturpflanzenarten zu charakterisieren. Häufig lagen die Grenzen dieser Techniken im geringen Grad an Polymorphismen. Darin liegt der große Vorteil der AFLP-Methode, weil eine hohe Anzahl potentiell polymorpher Genloci identifiziert werden kann bzw. der "multiplex ratio" sehr hoch ist (vgl. Kapitel 2.1 der Einführung). Ein weiterer Vorteil ist, dass Längenpolymorphismen von amplifizierten Fragmenten (AFLPs) schon erfolgreich bei hybridogenen Material, z.B. von *Gossypium hirsutum*,

einer Malvaceae, (VROH et al., 1999) bzw. *Onopordum*-Arten (Compositae), verwendet wurden (O'HANLON et al., 1999).

Mit nur drei Primerkombinationen konnten 770 polymorphe AFLP-Banden von 228 *Ocimum*-Akzessionen dokumentiert werden. Die Zahl der variablen Banden erscheint ungewöhnlich hoch, wobei sie schwer mit anderen Studien zu vergleichen sind, da entweder die Zahl der untersuchten Stichproben deutlich geringer oder die Stichproben aus mehreren Vertretern einer Population zusammengestellt sind. Trotz der hohen Zahl an polymorphen Banden fehlen eindeutige Marker, welche ausschließlich nur in *O. basilicum* vorkommen und in anderen fehlen. Die zweigipfelige Verteilung der Häufigkeit der AFLP-Fragmente in den Akzessionen ließ schon ahnen, was später in der phänetischen Neighborjoininganalyse der Sektion *Ocimum* deutlich wurde: Die Astlängen der einzelnen Akzessionen sind durch einige Fragmente bzw. Merkmale, die nur in diesen Akzessionen oder in wenigen anderen vorkommen, sehr lang. Die Länge der Äste, die Akzessionen miteinander verbinden, sind dagegen meist relativ kurz. Das heißt, die Gemeinsamkeit beruht auf wenigen Fragmenten, die sie gegenüber anderen Akzessionen abtrennen. Klar getrennt sind aber dennoch *O. americanum* var. *pilosum*-Akzessionen von den anderen Akzessionen mit einer 98%igen Bootstrapunterstützung. Dies entspricht den Ergebnissen aus der Morphologie. Die AFLP-Methode kann daher als ein gutes Werkzeug zur Beschreibung der Beziehungen der kultivierten Arten innerhalb der Sektion *Ocimum* angesehen werden: Zwischen *O. basilicum*-, *O. citriodorum*-, *O. basilicum* subsp. *minimum*- und *O. americanum* var. *americanum*- Akzessionen besteht eine große genetische Ähnlichkeit, die durch Hybridisierung zwischen diesen Arten erklärt werden kann. *Ocimum americanum* var. *pilosum* ist genetisch deutlich von den oben genannten Arten getrennt, so dass weiter geprüft werden muss, ob es sich evtl. um eine eigene Art handelt.

Ein Problem liegt in der Möglichkeit, dass Fragmente unterschiedlicher Herkunft die gleiche Länge besitzen könnten. Damit würde eine Ähnlichkeit zwischen den Akzessionen beschrieben werden, die nicht auf genetischer Ähnlichkeit basiert. Der hohe Polymorphismegrad innerhalb von *Ocimum* lässt einen technischen Zweifel an der Zuverlässigkeit dieser Methode aufkommen, denn die wiederholten Amplifikationen einer Akzession haben gezeigt, dass die Fragmente unterschiedlich stark vervielfacht werden. So ist nicht auszuschließen, dass vorhandene Fragmente trotz dreifacher Wiederholung so schlecht amplifiziert wurden, dass sie im Bearbeitungsprogramm visuell nicht erkannt werden konnten. Damit wären künstliche Polymorphismen erzeugt worden. Es gibt allerdings zahlreiche Studien, in welchen die Vergleichbarkeit der verschiedenen Fingerprint-Methoden dokumentiert wurden. So fanden HILL et al. (1996) eine starke Korrelation zwischen AFLP- und RFLP-Markern in *Lactuca*. Eine umfassendere Studie von LU et al. (1996) zeigte vergleichbare Ergebnisse in *Pisum sativum* L. bei der Verwendung von RFLP-, RAPD-, Mikrosatelliten- und AFLP-Methoden. Damit scheinen "falsche" Fragmente in ihrer Verteilung so zufällig zu sein, dass das Grundsignal nicht deutlich gestört wird. In dieser Studie war es aufgrund des hohen Zeitaufwands nicht möglich, noch weitere molekulare Fingerprint-Methoden anzuwenden. Es besteht jedoch neben der Gruppierung der *O. americanum* var. *pilosum*-Akzessionen eine weitere interessante Korrelation zwischen den Ergebnissen der AFLP-Methode und den morphologischen Ergebnissen: Die in der innerartlichen Hauptkomponentenanalyse von *O. basilicum*

klar zu erkennende Gruppierung der Akzessionen aus den Malediven. Man kann daraus rückschließen, dass auf die Malediven nur wenige Pflanzen eingeführt wurden, die Grundstock der heutigen angebauten Akzessionen sind. Morphologisch nicht so deutlich ist die genetische Trennung zwischen Ost- und West-Georgischen Basilikum-Akzessionen. Sie steht vermutlich in Zusammenhang mit klimatischen Bedingungen: So ist Ostgeorgien durch ein kontinentales Klima mit trockenen Sommern, kalten Wintern und einem Niederschlagsmaximum im Frühjahr geprägt, wohingegen Westgeorgien zur feuchten, warmtemperierten Klimazone zählt (WALTER, 1974). Dieses Ergebnis könnte hinsichtlich der Trockenheitsresistenz züchterisch sehr interessant sein, da diese in Basilikum normalerweise nicht vorhanden ist. Die ostgeorgischen Akzessionen könnten sich an trockenere Umweltbedingungen angepasst haben.

Diese Entsprechungen zwischen morphologischen und molekularen Ergebnissen sichern die Anwendbarkeit der AFLP-Marker-Methode zur innerartlichen Charakterisierung von *Ocimum*-Arten ab. Die verwendeten statistischen Auswertungsmethoden haben verschiedene Vorteile. Anhand der in der Neighborjoininganalyse proportional dargestellten Nei-Li-Distanzen können nicht nur Cluster, sondern auch direkt Akzessionspaare von großer Ähnlichkeit abgelesen werden. Auffällig ist, dass von den drei großen Clustern nur einer statistisch durch einen Bootstrapwert größer 50% gesichert ist. Homogene Akzessionen, die zweimal unabhängig voneinander verdaut und amplifiziert wurden, gruppieren mit 100%iger Bootstrapunterstützung. Damit ist eine hohe Reproduzierbarkeit der AFLP-Marker nachgewiesen. Proben segregierender Akzessionen wie OCI 219, OCI 237, OCI 234, OCI 239, OCI 146, OCI 163 und OCI 129 können zwar in dem selben Cluster wiedergefunden werden, haben aber keine Bootstrap gestützte Ähnlichkeit. Das heißt, die verschiedenen Typen einer Akzession tragen unterschiedlich große Anteile der genetischen Information der Eltern.

Für ein effektives Genbankmanagement sind auch statistisch gestützte Ähnlichkeiten verschiedener Akzessionen wichtig, da diese Duplikate darstellen können. Sinnvoll wäre, wenn möglich, vor allem eine Reduktion der *O. basilicum*-Akzessionen, denn diese nehmen den Großteil der Genbanksammlung bei *Ocimum* ein. In Tab. 23 werden die Akzessionen, die in der AFLP-Analyse statistisch gestützte Ähnlichkeit aufweisen, hinsichtlich ihrer morphologischen und chemischen Ähnlichkeit verglichen.

Tabelle 23: Untersuchung der Ähnlichkeitspaare der innerartlichen AFLP-Analysen von *Ocimum basilicum* auf morphologische und chemische Ähnlichkeit

*Table 23: Analysis of similar accessions of AFLP-Analysis of *Ocimum basilicum* concerning morphological and chemical similarity*

Ähnlichkeitspaar	Bootstrap	Morphologie	Inhaltsstoffe
OCI 70-88	58	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 55-56	52	unterschiedlich	ähnlich
OCI 71-72	58	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 1-28	74	unterschiedlich	ähnlich
OCI 24-26	74	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 100-101	66	sehr ähnlich	sehr ähnlich

Ähnlichkeitspaar	Bootstrap	Morphologie	Inhaltsstoffe
OCI 29-75	76	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 95-97	53	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 30-31	66	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 203-217	86	ähnlich	ähnlich
OCI 207-237r	60	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 226-228	87	ähnlich	unterschiedlich
OCI 214-225	62	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 253-256	76	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 220-252	58	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 237thy-268	92	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 240-242	84	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 238-D7656	100	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 262-263	100	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 231-266r	100	unterschiedlich	ähnlich
OCI 173-180	76	ähnlich	ähnlich
OCI 146 rg-197	60	unterschiedlich	unterschiedlich
OCI 124-126	70	unterschiedlich	unterschiedlich

Nur bei den Ähnlichkeitspaaren OCI 100-101, OCI 226-228, OCI 203-217 und OCI 173-180 kann davon ausgegangen werden, dass die Akzessionen genetisch, morphologisch und chemisch so ähnlich sind, dass sie als Duplikate behandelt werden können.

Die Akzessionen, die in Hauptgruppe 1 des innerartlichen Baums mit 60% Bootstrapunterstützung aufgrund ihrer genetischen Ähnlichkeit zusammengefasst wurden, haben folgende chemische Eigenschaften gemeinsam: All diese Akzessionen enthalten kein Ocimen, β -Bisabolen und den unbestimmten Stoff (RT 17.484) im ätherischen Öl. Diese Bestandteile des ätherischen Öls sind allerdings ohnehin nie Hauptinhaltsstoffe in *Basilikum* und von nicht allzu großer Relevanz. Zu den morphologischen Eigenschaften konnten keine eindeutigen Zusammenhänge für die gesamte Gruppe gefunden werden.

Es wird deutlich, dass anhand der genetischen Ähnlichkeit, die durch gemeinsame Fragmentlängen ausgedrückt wird, keine Vorhersagen über morphologisch sichtbare und chemisch relevante Eigenschaften gemacht werden können.

Die Hauptkomponentenanalyse stellt zwar im Gegensatz zu der Clusteranalyse nicht so gut Einzelbeziehungen zwischen Akzessionen dar, aber durch die nicht-hierarchische räumliche Darstellung wird die Beziehung der Gruppen zueinander deutlich. Ein weiterer wichtiger Vorteil liegt in der Darstellung von Ausreißern, die als genetisch seltenes Material züchterisch sehr interessant sein können. Zu diesen zählen die im Phänogramm der Abbildung 20 mit langen Astlängen dargestellten Akzessionen: OCI 30, 31, 49, 238, 262, 263, 231, 266r, 237g, 239gl und D7656. Sie lösen sich in der Hauptkomponentenanalyse in Abbildung 21 deutlich von den drei Hauptgruppen ab. Die ersten drei Hauptkomponenten beschreiben jedoch nur 17% der Gesamtvariabilität. Die Korrelationswerte der Fragmente zu den Hauptkomponenten sind äußerst gering. Daran wird noch einmal deutlich, dass der AFLP-Marker in *O. basilicum* so variabel ist, dass keine deutlichen Gruppen nachweisbar sind, mit denen Zusammenhänge einer gemeinsamen

Entstehungsgeschichte zwischen den Akzessionen näher charakterisiert werden könnten.

8.6 Intraspezifische Klassifikation kultivierter *Ocimum*-Arten

In die nachfolgende intraspezifische Klassifikation gehen die Beobachtungen und Ergebnisse des Feldversuchs, der chemischen und karyologischen Analysen sowie der molekularen Versuche ein. Die Schwierigkeit einer sinnvollen Klassifikation liegt allgemein in der Tatsache, dass allogame Kulturpflanzen schwieriger als autogame zu klassifizieren sind (HANELT & HAMMER, 1995) und speziell daran, dass zwischen *O. basilicum*, *O. citriodorum*, *O. americanum* und *O. minimum* auch interspezifische Hybridisierung vorkommen kann. Es erscheint sinnvoll, in diesem Fall eine gemischte Klassifikationsform zu wählen, in der bereits bestehende Gruppierungen durch weitere diagnostisch-morphologische, phänetisch-numerische und ökogeographische Differenzierungen zu ergänzen. Aufgrund der retikulaten Entstehung der Vielfalt vor allem in *O. basilicum* wird darauf verzichtet, ein detailliertes intraspezifisches System zu errichten.

8.6.1 *Ocimum americanum*

Die Beschreibung der Varietäten *americanum* und *pilosum* von *O. americanum* subsp. *americanum* kann PATON (1992) entnommen werden. Das Hauptunterscheidungsmerkmal ist die Behaarung, die im Falle von Varietät *americanum* kurz und anliegend ist, an den Nodien, Blattvenen und Blattstielen hingegen etwas länger. Die Blattlänge geht nicht über 2,5 cm hinaus.

Die Varietät *pilosum* hat dagegen dichte, lange Haare entlang der Sprossachse. Die Blattlänge kann mehr als 2,5 cm betragen.

Ergänzend können folgende Merkmale hinzugefügt werden:

Morphologische Merkmale:

Varietät *pilosum*: Antherenfarbe orange, leicht verholzende Sprossachse, Blattspreitenrand gesägt, Farbe der Corolla violett mit weißen Flecken bis rosa, Anthocyanfärbung der Calyxoberlippe zur Blütezeit, frühblühend.

Varietät *americanum*: Antherenfarbe weiß, stark verholzende Sprossachse, Blattspreitenrand gering gesägt, Farbe der Corolla weiß, keine Anthocyanfärbung des Calyx, spätblühend.

Inhaltsstoffe des ätherischen Öls:

Varietät *pilosum*: Eugenol-Cineol-Chemotyp mit Bisabolen, Bergamoten, Caryophyllen und unbekanntem Inhaltsstoff mit Retentionszeit 17.58. Unter veränderten Umweltbedingungen können die Anteile der Inhaltsstoffe sich so weit ändern, dass z.B. ein Bisabolen-Cineol-Chemotyp entsteht.

Varietät *americanum*: Geranial-Neral-Chemotyp, Estragol-Chemotyp, Linalool-Estragol-Chemotyp. GUPTA & SOBTI (1990) berichteten darüber hinaus von einem Citral-Chemotyp

Karyologie:

Varietät *pilosum*: tetraploid

Varietät *americanum*: diploid

AFLPs:

Varietät *pilosum*: deutliche Trennung von var. *americanum* auf der Basis einer Nei-Li-Distanzberechnung

Aufgrund dieser Ergebnisse, die eine auf der Varietätsebene ungewöhnlich klare Trennung deutlich machen, wird für die Sippe *O. americanum* var. *pilosum* das Artniveau vorgeschlagen, *O. pilosum* Willd. Enum. Pl.: 629 (1809).

8.6.2 *Ocimum tenuiflorum*

DARRAH (1980) unterschied zwei Typen von *O. sanctum* (*O. tenuiflorum*): Das rote Sanctum "Krishna tulsi" und das grüne Sanctum "Sri tulsi".

Dies entspricht auch den im Feldversuch gemachten Beobachtungen. Ähnlich wie in *Ocimum basilicum* ergibt sich hier das Problem, ab welcher Intensität der Anthocyanfärbung von einem roten *O. tenuiflorum* gesprochen werden kann. Die Varietätsbezeichnung *purpurascens* ist in *Ocimum tenuiflorum* im Gegensatz zu *O. basilicum* noch nicht verwendet worden, wäre aber mit den Einschränkungen wie bei *Ocimum basilicum* (s. Kapitel 8.6.4) sinnvoll.

8.6.3 *Ocimum gratissimum*

Die Beschreibung der Unterarten und Varietäten von *Ocimum gratissimum* können PATON (1992) entnommen werden. Diese können durch folgende Beobachtungen und Ergebnisse innerhalb dieser Arbeit ergänzt werden:

Morphologische Merkmale:

Subspecies *gratissimum* var. *macrophyllum*: Pflanzenlänge 24-36 cm (genetischer Effekt auf dieses Merkmal in allen Varietäten nur doppelt so hoch wie der Umwelteinfluss), Calyxlänge 3,5-4,5 mm (genetischer Effekt bei allen Varietäten dreimal so hoch wie umweltbedingter)

Subspecies *iringense*: Pflanzenlänge 54-68 cm, Calyxlänge 4-5 mm

Subspecies *gratissimum* var. *gratissimum*: Pflanzenlänge 37-61 cm, Calyxlänge 3-4,5 mm

Die 95%-Konfidenzintervalle der Mittelwerte dieser Merkmale überschneiden sich nicht.

Inhaltsstoffe des ätherischen Öls:

Subspecies *gratissimum* var. *gratissimum*: Tymol-Terpinen-Chemotyp

Subspecies *gratissimum* var. *macrophyllum*: Iso-Eugenolmethylether-Ocimen-Chemotyp

Subspecies *iringense*: Eugenol-Ocimen-Chemotyp

Karyologie:

Subspecies *gratissimum* var. *gratissimum* und subsp. *iringense*: Vermutlich Chromosomengrundzahl: 10

Subspecies *gratissimum* var. *macrophyllum*: Vermutlich Chromosomengrundzahl: 9

8.6.4 *Ocimum basilicum*

Die infraspezifische Klassifikation von *O. basilicum* von DANERT (1962) umfasst zwei Subspezies und 7 Varietäten:

Subspecies *basilicum*

var. *basilicum*

var. *pilosum*

var. *glabratum*

var. *purpurascens*

var. *majus*
var. *difforme*
Subsp. *minimum*
var. *minimum*
var. *chamaeleonticum*

Die Varietät ***pilosum*** (Willd.) Benth. gilt heute als Synonym von *O. americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum* (Willd.) Paton.

Die Varietät *glabratum* Benth. ist ein Synonym der Varietät ***thyrsiflorum*** (L.) Benth. und zeigt als Hauptmerkmal eine gestauchte Infloreszenz. Aufgrund der Beobachtungen und Ergebnisse dieser Arbeit können diese Varietät folgende Merkmale charakterisieren:

Verbreitung: vor allem Osteuropa

Morphologische Merkmale: Pflanzenlänge 28-40 cm (genetischer Effekt allerdings nur doppelt so hoch wie der Umwelteinfluss), Hauptfloreszenzlänge 3-10 cm, Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz 7-11, Blattspreitenlänge 4-5,8 cm (genetischer Effekt nur 10% höher als der Umwelteinfluss).

Die Varietät ***purpurascens*** Benth. ist charakterisiert durch rote Blattspreiten, Tragblätter, Corolla und Calyx. Aufgrund der zahlreichen intermediären Stufen der Anthocyanfärbung, die im Feldversuch beobachtet werden konnten, und der neueren Kenntnisse der Vererbung aus der Literatur, erscheint es sinnvoll, auch bei nicht vollständiger Anthocyanfärbung diese Information für den Nutzer zu erhalten. Dies kann geschehen, indem die intermediären Stufen auch als solche benannt werden. So wurden in dieser Arbeit Akzessionen, welche nur in wenigen Bereichen der Infloreszenzachse und Blüten Anthocyanfärbung aufwiesen, als *O. basilicum* subsp. *basilicum* intermediär *O. basilicum* subsp. *basilicum* var. *purpurascens* bezeichnet. Diejenigen Akzessionen, in welchen nur die Blätter nicht eindeutig rot gefärbt waren, wurden hingegen mit der Bezeichnung *O. basilicum* subsp. *basilicum* var. *purpurascens* intermediär *O. basilicum* subsp. *basilicum* gekennzeichnet.

Um noch feinere Abstufungen festzuhalten, könnten auch Deskriptorenlisten angelegt werden, die schon für zahlreiche Kulturpflanzen zum besseren Genbankmanagement bestehen. Zur Beschreibung der Anthocyanfärbung könnten die Merkmale und Kategorien aus Kapitel 3.3 übernommen werden.

Der Varietätsname ***majus*** Benth. wurde in dieser Arbeit nicht verwendet, da die Blattspreitenlänge und –breite, auf die sich dieser Varietätsname bezieht, sehr stark umweltabhängige Merkmale sind. Sie können damit nicht zur eindeutigen Unterscheidung dienen.

Unter der Varietät ***difforme*** Benth. werden all jene Akzessionen zusammengefasst, deren Blattspreite durch starke bis sehr starke Sägung, zurückgerollten Spreitenquerschnitt und blasig bis stark blasig aufgeworfene Spreitenoberfläche charakterisiert sind.

Subsp. ***minimum*** (L.) Danert wurde von Danert neu kombiniert und zwischenzeitlich wieder zu *O. minimum* L. revidiert (PATON et al., 1999). Die vorliegende Arbeit zeigt

morphologische und in der ITS-Analyse Ergebnisse, die für eine Trennung von *Ocimum basilicum* zu der eigenen Art *O. minimum* sprechen. In der Hauptkomponentenanalyse der morphologischen und chemischen Merkmale basiert die Trennung auf einer kürzeren Corolla, einem kürzeren Blütenkelch und Staubblättern sowie einer tendenziell geringeren Länge der Kotyledonen als bei *O. basilicum*. Die Einzelmessungen können aber dennoch Überschneidungen aufweisen. Die Verzweigung reicht vom vierten bis zum siebenten Grad, die Blattspreitenlänge liegt zwischen 0,8-2,8 cm, die Blattspreitenbreite zwischen 0,4-1,5 cm und die Blattstiellänge zwischen 0,3-1,2 cm.

Interspezifische Hybridisierung zwischen *O. basilicum* und *O. minimum* ist wahrscheinlich, da zwei Typen morphologisch unterschieden werden können: Ein kleinwüchsiges "*minimum*" mit einer Pflanzenlänge zwischen 10 und 34 cm, tendenziell stärker verzweigend bis siebten Grad und frühblühend und ein "*minimum*", welches zwischen 41 und 72 cm Pflanzenlänge erreichen kann, tendenziell weniger verzweigt ist (bis zum fünften Grad) und später blüht. Letzterer ist vermutlich aufgrund seiner Pflanzenlänge durch Hybridisierung mit *O. basilicum* entstanden.

Die Varietät ***chamaeleonticum*** Alef. trägt der Tatsache Rechnung, dass auch in *O. minimum* Anthocyanfärbung auftreten kann. In der Genbanksammlung ist eine solche Akzession nicht vorhanden.

Ökogeographische Klassifikation von *O. basilicum*:

Solche Klassifikationen wurden von der Vavilov-Schule unter der Annahme entwickelt, dass in einem Gebiet, in dem der Selektionsdruck durch Umweltfaktoren, Anbau- und Vermehrungsmethoden relativ einheitlich ist, eine Kulturpflanze eine bestimmte genetische Integrität entwickelt (VAVILOV, 1940). Drei ökogeographische Gruppen konnten in der vorliegenden Arbeit in *O. basilicum* gefunden werden:

- Maledivische Gruppe: Kotyledonenfarbe grün, 25-42 cm Pflanzenlänge, stark verholzend, teilweise Infloreszenz, Calyxoberlippe und Corollaoberlippe bis 60% Anthocyan gefärbt, Blätter oberseitig dunkelgrün, unterseitig hellgrün, Spreitenquerschnitt gefalzt, Oberfläche glatt, Blattrand sehr gering bis gering gesägt, hoher Gehalt an ätherischem Öl, das Zimtsäuremethylester und a-Bergamoten enthält.
- Westgeorgische Gruppe: Kotyledonenfarbe und Primärblätter meist hellgrün, sehr stark verholzend, Infloreszenz und Blüten weniger anthocyangefärbt als ostgeorgische Gruppe, Blätter überwiegend grün, Blattunterseite heller.
- Ostgeorgische Gruppe: Kotyledonen dunkelgrün oder anthocyangefärbt, Primärblätter anthocyangefärbt, verholzend, Infloreszenz und Blüten 20-60% anthocyangefärbt, Besonderheit: Blattunterseite ist deutlich stärker anthocyangefärbt als Oberseite.

8.7 Taxonomischer Bestimmungsschlüssel der *Ocimum*-Arten nach PATON et al. (1999) mit Ergänzungen

Folgender Bestimmungsschlüssel dient der Identifikation der in der Arbeit angesprochenen Sippen. Aufgrund der Ergebnisse der ITS-Analyse, nach der noch weitere Gattungen mit der Gattung *Ocimum* Monophylie zeigen, hat dieser Schlüssel keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ein neuer Schlüssel kann erst nach einer umfangreichen Revision der Gattung *Ocimum* und naher verwandter Gattungen entwickelt werden.

Bestimmungsschlüssel zur Identifikation der *Ocimum*-Arten:

1. Tragblätter vorhanden, keine kreisrunde Narbe unterhalb der Wirtel erkennbar.....2
Tragblätter abgefallen, kreisrunde Narbe unterhalb der Wirtel erkennbar.....30
2. Unterlippe des Calyx während der Fruchtreife deutlich vergrößert, abgerundet, in der Mitte am breitesten, den Rest des Calyx überdeckend.....3
Unterlippe des Calyx während der Fruchtreife nicht deutlich vergrößert, eiförmig, an der Basis am breitesten, nicht den Rest des Calyx überdeckend.....7
3. Innere Staubblätter steril mit kleinen, unterentwickelten Antheren.....***O. circinatum***
Innere Staubblätter fertil.....4
4. Innere Staubblätter mit Anhängsel.....5
Innere Staubblätter ohne Anhängsel..... ***O. (x) spectabile***¹
5. Pflanzen filzig behaart, bedeckt mit baumähnlich verzweigten Haaren; Unterlippe des Calyx dick.....6
Pflanzen flaumig behaart mit hauptsächlich einfachen und wenigen baumähnlich verzweigten Haaren; Unterlippe des Calyx membranartig..... ***O. fruticosum***
6. Blätter kürzer als 15 mm; Klausen kahl.....***O. nummularium***
Blätter länger als 15 mm; Klausen flaumig behaart..... ***O. cufodontii***
7. Pflanzen dicht bedeckt mit baumähnlich verzweigten Haaren.....8
Pflanzen, flaumig behaart mit einfachen, nicht baumähnlich verzweigten Haaren.....9
8. Infloreszenz dicht, Calyces stark geneigt gegen die Infloreszenzachse, die Calyces der nächsten Wirtel berührend..... ***O. spicatum***
Infloreszenz locker, Wirtel im Abstand von 5-15 mm, Calyx horizontal oder leicht nach unten geneigt, aber weder an die Infloreszenzachse gepresst noch die Calyces der nächsten Wirtel berührend..... ***O. jamesii***
9. Hals des Fruchtcalyx geschlossen, mittlere Lappen der Unterlippe gegen die Oberlippe gepresst, die seitlichen Lappen auf gleicher Höhe oder tiefer als die mittleren Lappen der Unterlippe; im Inneren des Calyx Haare nur unterhalb der Oberlippe; Klausen annähernd kugelförmig.....10

- Hals des Fruchtcalyx offen, Ober- und Unterlippe weit voneinander entfernt, mit Zähnen der äußeren Lappen, die zwischen der Oberlippe und den mittleren Lappen der Unterlippe liegen; innerhalb des Calyxhalses kahl oder mit einem dichten Haarring; Klausen oval.....11
10. Blätter meist größer als 35 mm, gesägt, die meisten Blattstiele länger als 5 mm.....**O. gratissimum**
 Blätter meist kleiner als 35 mm, gering gesägt oder am distalen Ende gesägt, Blattstiele kürzer als 5 mm.....**O. natalense**
11. Calyx kahl im Inneren des Halses; Tubus der Corolla parallel; innere Staubblätter mit einem Bündel von Härchen an der Basis; Klausen braun, nicht bzw. ganz wenig schleimbildend bei Befeuchtung.....12
 Calyx mit einem dichten Haarring innerhalb des Halses; Tubus der Corolla tunnelförmig; innere Staubblätter mit einem fransigen oder ganzem, kahlem oder behaartem Auswuchs nahe der Basis; Klausen schwarz, schleimbildend bei Befeuchtung.....21
12. Corolla kürzer als 5 mm.....13
 Corolla länger als 5 mm.....14
13. Fruchtcalyx 6,5 –10 mm mit hoch gebogenen Rändern der Oberlippe, die einen aufwärts gerichteten Flügel bilden; innere Staubblätter kahl.....**O. campechianum**
 Fruchtcalyx 4-6 mm mit hochgebogenen Rändern der Oberlippe, aber keinen Flügel bildend; äußere Staubblätter mit wenigen Härchen an der Basis.....**O. tenuiflorum**
14. Corolla zum Hals hin erweitert; Südamerikanische Pflanzen.....15
 Corolla parallel zum Hals, nicht erweitert; Afrikanische Pflanzen.....16
15. Blätter sessil, Blattstiele selten 1 mm lang.....**O. hassleri**
 Blätter mit Blattstielen gewöhnlich länger als 3 mm, selten 1 - 3 mm.....**O. (x) ovatum**¹
16. Unterlippe der Corolla 8-12 mm lang.....**O. labiatum**
 Unterlippe der Corolla weniger als 8 mm.....17
17. Corollatubus länger als 20 mm lang.....**O. tubiforme**
 Corollatubus 5-16 mm lang.....18
18. Wirtel gewöhnlich streng 3-blütig.....19
 Wirtel mit unterschiedlicher Anzahl von Blüten zwischen 2 und 7, aber nicht einheitlich 3-blütig..... 20
19. Blütencalyces 2-3 mm lang; Blattstiele der unteren Blätter genauso lang oder länger als die Blattspreite; Blattspreiten meist dreieckig.....**O. masaiense**
 Blütencalyces 4-5 mm lang; Blattstiele der unteren Blätter kürzer als die Blattspreite; Blattspreiten oval.....**O. (x) lamiifolium**¹
20. Blattspreite gewöhnlich größer als 40 x 20 mm; Staubblätter 4-6 mm aus dem Corollahals hervor ragend.....**O. serratum**
 Blattspreite gewöhnlich kleiner als 40 x 20 mm; Staubblätter 7-8 mm aus dem Corollahals hervor ragend.....**O. pseudoserratum**
21. Tragblätter groß, mindestens 6 mm breit, membranartig, hellrot oder rosa, junge Triebe bedeckend.....**O. fischeri**

- Tragblätter klein, weniger als 5 mm breit, mehr oder weniger dick, grünlich, selten rosa und junge Triebe bedeckend.....22
22. Halbstrauch mit Seitenästen, die mit einem Winkel von weniger als 30° zu den Hauptästen stehen; Blätter meist kleiner als 20 x 10 mm.....**O. minimum**
- Kraut, Halbstrauch oder Strauch, dessen Seitenäste einen weiteren Winkel als 30° zu den Hauptästen bilden; Blätter unterschiedlich groß.....23
23. Corolla größer als 7 mm; Calyx während der Fruchtreife 6 mm oder länger...24
Corolla bis zu 7 mm; Calyx während der Fruchtreife weniger als 6 mm.....25
24. Kraut bis 70 cm hoch; Sprossachse kahl oder behaart mit Härchen konzentriert auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Sprossachse; Calyx mit kurzen, weichen Haaren oder flaumig behaart.....**O. basilicum**
- Strauch bis 1 m Höhe; flaumig behaart mit um die Sprossachse gepressten, zurückgebogenen Haaren; Calyx dicht flaumig oder filzig-grau behaart.....**O. forskolei**
25. Blätter mit Blattspitzen meist stumpf oder abgerundet; Sprossachse mit abstehenden Haaren.....26
Blätter mit Blattspitzen meist spitz oder scharf; Sprossachse mit abstehenden oder angepressten Haaren.....27
26. Strauch bis 2 m Höhe; Blätter meist ausladend; Blattstiele länger als 3 mm.....**O. kilimandscharicum**
- Kraut bis 30 cm Höhe; Blätter meist aufrecht; Blattstiele bis 3 mm.....**O. kenyense**
27. Sprossachse kahl oder behaart mit Härchen konzentriert auf zwei gegenüberliegende Seiten der Sprossachse.....**O. basilicum**
- Sprossachse flaumig behaart mit zurückgebogenen oder abstehenden Haaren, die auf die ganze Sprossachse verteilt sind.....28
28. Calyx während der Fruchtreife 6-8 mm lang; Staubblätter 3-6 mm herausragend; Strauch.....**O. forskolei**
- Calyx während der Fruchtreife 4-6 mm lang; Staubblätter 1-3 mm herausragend; Kraut.....29
29. Calyx während der Fruchtreife 5-6 mm lang, trockene Antheren mit einem Durchmesser über 0,6 mm.....**O. (x) citriodorum²**
- Calyx während der Fruchtreife 4-6 mm lang, trockene Antheren mit einem Durchmesser um 0,5 mm.....30
30. Sprossachse mit kurzen, anliegenden Haaren, stark verholzend; an Nodien, Blattvenen und Blattstielen lange, abstehende Haare; Blattspreitenlänge 2,5 cm oder weniger, Antherenfarbe weiß; Corollafarbe weiß.....**O. americanum**
- Sprossachse dicht mit langen Haaren bedeckt, leicht verholzend; Blattspreitenlänge mehr als 2,5 cm; Antherenfarbe orange; Corollafarbe violett mit weißen bis rosa Flecken.....**O. pilosum**
31. Calyx während der Fruchtreife am Hals nach unten geneigt, einen Haken bildend, Oberlippe nierenförmig erweitert.....**O. transamazonicum**
- Calyx während der Fruchtreife gerade, Oberlippe nicht deutlich erweitert, eiförmig.....32
32. Antheren rund bis nierenartig mit abweichenden Theken; Neuweltarten.....33
Antheren länglich mit parallelen Theken; Altweltarten.....34
33. Blätter hauptsächlich auf Blattrosette konzentriert.....**O. (x) nudicaule¹**

- Blätter regelmäßig auf die Pflanze verteilt..... **O. (x) selloi**
34. Wirtel mit nur einer Blüte..... **O. (x) irvenei**
Wirtel mit drei Blüten.....35
35. Spalte zwischen den seitlichen und mittleren Lappen der Calyxunterlippe.....36
Keine Spalte zwischen den seitlichen und mittleren Lappen der
Calyxunterlippe.....40
36. Halbstrauch mit krautigen Trieben, die aus einem holzigen Wurzelstock
entspringen.....37
Sträucher oder Halbsträucher mit verholzter Sprossachse.....38
37. Blätter ausladend oder aufsteigend, nicht den Stängel
umfassend..... **O. fimbriatum**
Blätter aufrecht, den Stängel an der Basis umfassend..... **O. amicorum**
38. Strauch 1-3 m hoch; Blätter 10-30 mm lang; endemisch in
Äthiopien..... **O. ellenbeckii**
Halbstrauch oder Strauch weniger als 1 m hoch; Blätter 5-20 mm lang.....39
39. Staubblätter 10-14 mm herausragend; Blütenstiel selten länger als 3 mm;
endemisch in Arabien und Nordsomalia..... **O. serpyllifolium**
Staubblätter 6-9 mm herausragend; Blütenstiel häufig länger als 3 mm;
endemisch in Südafrika..... **O. burchellianum**
40. Innere Staubblätter ohne Anhängsel; endemisch im Oman..... **O. dhofarensis**
Innere Staubblätter mit Anhängsel.....41
41. Corolla 5 mm lang oder weniger.....42
Corolla länger als 5 mm.....44
42. Einjähriges Kraut; Staubblätter ragen aus Corolla nur 2 mm
heraus..... **O. minutiflorum**
Mehrjähriges verholzendes Kraut oder Halbstrauch; Staubblätter ragen
mindestens 4 mm aus der Corolla heraus.....43
43. Aufrechtes, verholzendes Kraut oder Halbstrauch; Blätter linear oder schmal-
eiförmig, immer mit jungen Trieben in den Blattachseln..... **O. angustifolium**
Kriechender, teppich- oder polsterartiger Halbstrauch; Blätter oval, eiförmig
oder elliptisch, nur gelegentlich mit jungen Trieben in den
Blattachseln..... **O. mearnsii**
44. Behaarung des Stängels und der Blätter mit baumähnlich verzweigten oder
gemischt baumähnlich verzweigten und einfachen Haaren.....45
Behaarung des Stängels und der Blätter nur mit einfachen Haaren.....49
45. Blätter ericoid, linear-lanzettlich..... **O. monocotyloides**
Blätter flach, oval, eiförmig, elliptisch.....46
46. Blätter kürzer als 30 mm..... **O. metallorum**
Blätter meist länger als 30 mm.....47
47. Stängel und Blätter mit einfachen und baumähnlich verzweigten Haaren;
baumähnliche Haare nur an der Basis verzweigt; Lappen der Corollaoberlippe
gefranst..... **O. obovatum subsp. crystallinum**
Stängel und Blätter nur mit baumähnlich verzweigten Haaren, die sich über die
ganze Länge verzweigen; Lappen der Corollaoberlippe mit winzigen
Zähnen.....48
48. Behaarung mit viel verzweigten, baumähnlichen, weißen Haaren; Strauch 0,5
–2 m hoch..... **O. albostellatum**

- Behaarung mit leicht verzweigten, baumähnlichen, oft gelblichen Haaren;
 Halbstrauch 30-45 cm hoch..... **O. vanderystii**
49. Blätter linear bis schmal-lanzettlich, Scheinwirtel bildend.....50
 Blätter gewöhnlich breiter, ohne Scheinwirtel.....52
50. Halbstrauch mit krautigen Stängeln, die aus einem verholztem Wurzelstock
 entspringen; endemisch in Zaire..... **O. ericoides**
 Strauch mit verholzter Sprossachse; endemisch in Äthiopien und
 Somalia.....51
51. Corolla 12-15 mm lang; Staubblätter 20-30 mm herausragend.... **O. formosum**
 Corolla 8-11 mm lang; Staubblätter 10-18 mm
 herausragend..... **O. verticillifolium**
52. Seitliche Lappen der Calyxunterlippe distal, aber nicht am Rand filzig
 behaart..... **O. centraliafricanum**
 Seitliche Lappen der Calyxunterlippe einheitlich flaumig behaart oder nur
 Wimpern am Rand.....53
53. Blattnerven weitgehend parallel, endemisch in Zaire.....54
 Blattnerven deutlich auseinanderweichend; überall im tropischen Afrika und
 Südafrika vorkommend.....55
54. Blätter leicht flaumig behaart, herzförmig; Oberlippe des Calyx
 eiförmig..... **O. mitwabense**
 Blätter mit rauen Haaren, dünn; Calyxoberlippe
 elliptisch..... **O. hirsutissimum**
55. Blattspreiten gefalzt und mindestens die Spitze nach unten gebogen,
 Blattspreite manchmal an der Basis ausladend bis aufsteigend.....56
 Blattspreiten ausladend bis aufrecht, Spitze flach, selten gefalzt.....62
56. Oberlippe des Calyx elliptisch, Spitze scharf..... **O. waterbergense**
 Oberlippe des Calyx eiförmig, Spitze abgerundet bis dornähnlich
 zulaufend.....57
57. Blätter länger als 35 mm..... **O. pyramidatum**
 Blätter kürzer als 35 mm.....58
58. Blätter mit umgedrehtem Rand.....59
 Blätter mit flachem Rand.....60
59. Obere Tragblätter auffällig; Infloreszenz verdichtet..... **O. vandenbrandei**
 Obere Tragblätter nicht auffällig; Infloreszenz locker..... **O. urundense**
60. Blätter aufsteigend, grau; Stängel schlank.....61
 Blätter ausladend oder nach unten gebogen, selten aufsteigend, grün; Stängel
 krautig, manchmal verholzt an der Basis..... **O. decumbens**
61. Lappen der Corollaoberlippe gefranst oder gezähnt; endemisch in
 Tanzania..... **O. canescens**
 Lappen der Corollaoberlippe glatt bis gewellt..... **O. dolomiticola**
62. Corollatubus allmählich sich erweiternd, mittlere Lappen der Corollaoberlippe
 ganz oder gesägt..... **O. filamentosum**
 Corollatubus abrupt am Hals sich erweiternd, mittlere Lappen der
 Corollaoberlippe gezähnt oder gefranst, selten gewellt.....63
63. Zahn an der Oberlippe des Calyx elliptisch, Spitze scharf.....64
 Zahn an der Oberlippe des Calyx eiförmig, Spitze abgerundet oder eine
 dornähnliche Spitze bildend.....65

64. Strauch 1-1,5 m hoch, gewöhnlich entwickelt sich ein einziger Stängel aus dem Boden..... ***O. vihpense***
 Halbstrauch mit mehreren Trieben, die aus einem holzigen Wurzelstock entspringen, kleiner als 1 m..... ***O. dambicola***
65. Strauch 1-2,5 m hoch, Blätter etwa dreimal so lang wie breit..... ***O. grandiflorum***
 Halbstrauch oder Strauch bis 1,5 m Höhe, Blätter mehr als dreimal so lang wie breit.....66
66. Sprossachse liegend, eine Matte bildend.....67
 Sprossachse meist aufrecht oder aufsteigend.....68
67. Blattstiele 3-5 mm lang, etwa halb so lang wie die Blattspreite vollentwickelter Blätter..... ***O. reclinatum***
 Blattstiele 0-2 mm lang, viel kleiner als halb so lang wie die Blattspreite vollentwickelter Blätter..... ***O. mearnsii***
68. Blattstiele meist länger als 3 mm..... ***O. coddii***
 Blattstiele weniger als 3 mm..... ***O. obovatum***

¹Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine Hybride.

²Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit kann nicht mit Sicherheit von einer Hybride ausgegangen werden

Nähere Informationen zu den verschiedenen Sippen können PATON et al. (1999) entnommen werden.

8.7.1 Intraspezifischer Bestimmungsschlüssel von *Ocimum gratissimum* nach PATON (1992) mit Ergänzungen

1. Calyces während der Fruchtreife horizontal oder leicht nach unten geneigt, niemals stark gegen die Infloreszenzachse gedrückt; Wirtel der Infloreszenz mehr als 1 cm voneinander entfernt; Thymol-Terpinen-Chemotyp, der etwas nach Thymian duftet..... **subsp. *gratissimum***
 Calyces während der Fruchtreife gegen die Infloreszenzachse gedrückt; Wirtel der Infloreszenz 0,7-1 cm weit voneinander entfernt; Eugenol-Ocimen-Chemotyp, dessen Duft an Nelken erinnert..... **subsp. *iringense***

Subspecies *gratissimum*

1. Stängel überall haarig, Blätter gewöhnlich flaumig behaart; Infloreszenz locker oder dicht; Pflanzenlänge gewöhnlich 37-61 cm; Thymol-Terpinen-Chemotyp, der etwas nach Thymian duftet; vermutlich n=10..... **var. *gratissimum***
 Stängel unten kahl; Blätter kahl oder mit Härchen an den Blattnerven der Blattunterseite; Infloreszenz locker; Iso-Eugenolmethylether-Ocimen-Chemotyp; vermutlich n=9..... **var. *macrophyllum***

Nähere Informationen zu diesen Unterarten und Varietäten können PATON (1992) entnommen werden.

8.7.2 Intraspezifischer Bestimmungsschlüssel von *Ocimum basilicum* subsp. *basilicum*

1. Blattspreiten, Tragblätter, Corolla und Calyx grün.....2
Blattspreiten, Tragblätter, Corolla und Calyx
anthocyangefärbt.....**var. purpurascens**
2. Hauptfloreszenz gewöhnlich länger als Cofloreszenzen und länger als 10 cm,
Infloreszenz locker, Calyces nicht die der folgenden Wirtel berührend.....3
Hauptfloreszenz und Cofloreszenzen erreichen ungefähr die gleiche Höhe,
Hauptfloreszenz gewöhnlich zwischen 3 und 10 cm, Infloreszenz dicht,
Calyces berühren die der folgenden Wirtel.....**var. thyrsoflorum**
3. Blattspreiten ganzrandig oder leicht gesägt, Spreitenoberfläche flach oder
leicht blasig aufgeworfen.....**var. basilicum**
Blattspreitenrand stark bis sehr stark gesägt, Spreitenoberfläche blasig bis
stark blasig aufgeworfen.....**var. difforme**

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass es sinnvoll ist, Deskriptorenlisten von *O. basilicum* anzulegen. Diese können die große Variabilität der Basilikumakzessionen auch in weiteren wichtigen Eigenschaften, insbesondere der Inhaltsstoffe, näher charakterisieren. Grundlage können die im Feldversuch verwendeten Merkmale und Evaluierungstabellen sein.

Unter Vorbehalt können auch diejenigen Pflanzenmerkmale in eine Deskriptorenliste eingehen, die in den beiden Versuchsjahren signifikante Abweichungen zeigten, die als Witterungseffekt bewertet werden können. Zu diesen zählen:

- Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz (genetischer Effekt 5-6 mal so hoch wie Witterungseffekt)
- Länge des Kelchs (genetischer Effekt 3 mal so hoch wie Witterungseffekt)
- Länge der Krone (genetischer Effekt 15 mal so hoch wie Witterungseffekt)
- Länge der Blattspreite (genetischer Effekt nur 10% höher als Witterungseffekt)
- Breite der Blattspreite (genetischer Effekt nur 45% höher als Witterungseffekt)
- Länge des Blattstiels (witterungsbedingter Effekt 3 mal so hoch wie genetischer)
- Pflanzendurchmesser (witterungsbedingter Effekt 20 mal so hoch wie genetischer)
- Pflanzenlänge (genetischer Effekt doppelt so hoch wie Witterungseffekt)
- Höhe der Anteile eines einzelnen Inhaltsstoffs im ätherischen Öl

9. Zusammenfassung

Die Gattung *Ocimum* ist eine paraphyletische Gruppe, da die Gattungen *Syncolostemon*, *Plectranthus*, *Orthosiphon* und *Ocimum* vermutlich Nachkommen eines gemeinsamen Vorfahren sind. Darüber hinaus fand mit großer Wahrscheinlichkeit retikuläre Evolution zwischen *Syncolostemon* und der Sektion *Gratissima* sowie zwischen *Plectranthus* und dem Subgenus *Nautochilus* statt, wodurch fertile Hybriden entstanden. Die Grenzen der Gattung *Ocimum* müssten daher noch einmal durch Hinzunahme weiterer Taxa und Merkmale überprüft werden um auszuschließen, dass die taxonomischen Unterscheidungsmerkmale, die die Gattung *Ocimum* von nahe verwandten Gattungen abgrenzen, nicht auf Homoplasie beruhen.

Innerhalb des internal transcribed spacers (ITS) der nrDNA konnte weitere retikuläre Evolution nachgewiesen werden; anhand verschiedener nicht homogener ITS-Kopien bei einer Genbankakzession von *O. kilimandscharicum* und anhand von Mosaiksequenzen, die ITS-Abschnitte von Eltern verschiedener Sektionen der Gattung *Ocimum* beinhalten. Zu diesen hypothetischen Hybriden zählen *Ocimum ovatum*, *Ocimum nudicaule*, *Ocimum irvenii*, *Ocimum lamiifolium* und *Ocimum selloi*. Nach Ausschluss der Hybriden aus den phylogenetischen Bäumen konnten folgende Sektionen innerhalb von *Ocimum* als natürliche Gruppen nachgewiesen werden: Sektion *Ocimum*, Sektion *Gratissima*, Sektion *Hiantia* und Sektion *Hierocymum*.

Die hohe infraspezifische Variabilität von *O. basilicum* sowie weiterer kultivierter Arten von *Ocimum* konnte anhand der Genbankkollektion von 257 Akzessionen in Gatersleben dokumentiert werden. Hierzu dienten Feldversuche, Inhaltsstoffanalysen, karyologische Untersuchungen und molekulare Fragmentlängenpolymorphismen.

Als Erklärung für die hohe Diversität wird vor allem Allopolyploidie und das Auftreten von zusätzlichen Chromosomen betrachtet. Die wahrscheinlichste Ursache für diese zusätzlichen Chromosomen ist das Mitwirken von reduzierten und nicht reduzierten Pollen in einer Reihe von Kreuzungen und Rückkreuzungen. Alle untersuchten Akzessionen der Genbank von *O. basilicum*, *O. citriodorum*, *O. kilimandscharicum* und *O. americanum* var. *pilosum* mit Ausnahme von *O. americanum* var. *americanum* zeigten Tetra- bzw. Hexaploidie. Fließende Übergänge zwischen *O. basilicum* und *O. citriodorum*, wie sie in der Hauptkomponentenanalyse der morphologischen und chemischen Merkmale und in der AFLP-Analyse gezeigt werden konnten, sind ein Indiz dafür, dass Hybridisierung zwischen diesen Arten vor dem Zeitpunkt des Sammelns frei stattfinden konnte. Dagegen scheinen leichte Kreuzungsbarrieren zwischen *O. basilicum* und *O. americanum* zu bestehen. Es ist daher unwahrscheinlich, dass *O. citriodorum* eine Hybride zwischen *O. basilicum* und *O. americanum* ist, wie dies häufig in der Literatur angegeben wurde. *O. minimum* erwies sich aufgrund zahlreicher Merkmale als getrennt von *O. basilicum*. Es wurde in der Vergangenheit auch als Unterart von *O. basilicum* betrachtet. Ähnliches gilt für die Varietät *pilosum* von *O. americanum* subsp. *americanum*: Sie ist morphologisch, chemisch und genetisch so deutlich von *O. americanum* getrennt, dass sie zu einer eigenen Art, nämlich *O. pilosum*, revidiert werden kann.

Zu den Merkmalen mit der höchsten Variabilität zählen die Anthocyanfärbung, die chemische Zusammensetzung des ätherischen Öls, Blattquerschnitt, Blattoberfläche und Blattrand, Größenausprägungen der einzelnen Pflanzenorgane und AFLP-Fragmentlängen.

Zehn Übergangsstufen in der Anthocyanfärbung von rein roten zu rein grünen Akzessionen konnten definiert werden, wobei die Rotfärbung zuerst in der Infloreszenz auftritt und zuletzt in den Blattspreiten. Die Ausprägung ist abhängig von der Vererbung von zwei dominanten Genen und deren regulatorischen Genen sowie von Umweltfaktoren. Ein kontinentaleres Klima scheint die Anthocyanfärbung zu begünstigen.

Über zwei Synthesewege wurden die Inhaltsstoffe des ätherischen Öls der Genbankakzessionen gebildet: Dem Shikimisäureweg und dem Mevalonsäuresyntheseweg. Insgesamt wurden elf verschiedene Inhaltsstoffe (ohne Spurenkomponenten) gefunden, deren Anteile von 0-80 % reichten. 18 unterschiedliche Chemotypen wurden in *O. basilicum* nachgewiesen. Ein für *O. americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum* (*O. pilosum*) charakteristischer Eugenol-Cineol-Chemotyp wurde dokumentiert. Auch in *O. gratissimum* wurde eine unterarten- und varietätsspezifische Korrelation zwischen morphologischen Merkmalen und Vorkommen bestimmter Chemotypen gefunden. Chemotypen in *O. campechianum*, *O. citriodorum* und *O. selloi* sind erstmalig beschrieben worden.

Die Größenausprägungen des Sprosses und der Blattspreiten sind teilweise stark witterungs- bzw. umweltabhängige Merkmale. Diagnostischen Wert haben hingegen die Beschaffenheit der Blattoberfläche und des Blattrandes.

Anhand von 770 polymorphen AFLP-Banden in 228 Akzessionen konnte eine der morphologischen Variabilität entsprechende hohe genetische Variabilität in *O. basilicum* und seinen nahe verwandten Arten gezeigt werden. *O. americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum* ist deutlich genetisch von *O. basilicum*, *O. citriodorum*, *O. minimum* und *O. americanum* getrennt, wohingegen letztere eine große Ähnlichkeit aufwiesen, die durch interspezifische Hybridisierungsereignisse erklärt werden können. Morphologisch und vor allem genetisch zeichneten sich drei geographische Gruppen ab: Eine maledivische, eine ostgeorgische und eine westgeorgische Gruppe, die sich zum Teil durch Isolation oder aufgrund besonderer klimatischer Bedingungen bildeten. Eine infraspezifische Klassifikation in *O. basilicum* war aufgrund der Vermutungen einer retikulaten Entstehung der Akzessionen nur bedingt möglich. Es wurden nur vier verschiedene Varietäten der Unterart *basilicum* unterschieden sowie drei ökogeographische Gruppen. Abschließend wurde auf die Notwendigkeit von zusätzlichen Deskriptorenlisten verwiesen, um die enorm hohe Vielfalt, die in dieser Kulturpflanze steckt, dem Nutzer der Genbankkollektion vollständig zur Verfügung zu stellen.

10. Summary

The genus *Ocimum* has to be considered as a paraphyletic group because the genera *Syncolostemon*, *Plectranthus*, *Orthosiphon* and *Ocimum* are very likely descendants of a common ancestor. Furthermore reticulate evolution within *Syncolostemon* and section *Gratissima* as well as within *Plectranthus* and *Nautochilus* has very likely taken place. Producing fertile hybrids. To exclude the possibility that taxonomic determination of *Ocimum* from closely related genera is based on homoplasy the limits of the genus *Ocimum* should be checked again using further taxa and traits.

Within internal transcribed spacers (ITS) of nrDNA further reticulate evolution was proved by several non-homogenized ITS-copies of a genebank accession of *O. kilimandscharicum* and "mosaic sequences" which included ITS-parts of parents of different sections of the genus *Ocimum*. *Ocimum ovatum*, *Ocimum nudicaule*, *Ocimum irvenii*, *Ocimum lamiifolium* and *Ocimum selloi* can be counted to these hypothetical hybrids. Excluding those hybrids from phylogenetic trees the following sections within *Ocimum* were proved as monophyletic groups: Section *Ocimum*, section *Gratissima*, section *Hiantia* and section *Hierocymum*.

The high infraspecific variability of *O. basilicum* as well as further cultivated species of *Ocimum* was documented by a collection of 257 accession of the genebank in Gatersleben using field experiments, essential oil analysis, karyological methods and molecular fragment length polymorphisms.

The high variability can be explained by allopolyploidy and additional chromosomes. Reduced and unreduced pollens in a number of crossings and back crossings can be considered as the most evident cause for these additional chromosomes. All examined accessions of the genebank of *O. basilicum*, *O. citriodorum*, *O. kilimandscharicum* and *O. americanum* var. *pilosum* except *O. americanum* var. *americanum* showed tetra- or hexaploidy. Successions between *O. basilicum* and *O. citriodorum* were shown in Principal Component Analysis of morphological and chemical traits and in AFLP-analysis. This indicates that hybridization between these species could have taken place before collecting for genebanks. In contrast, weak crossing barriers between *O. basilicum* and *O. americanum* seem to exist. So it is improbable that *O. citriodorum* is a hybrid of *O. basilicum* and *O. americanum* as often mentioned in literature.

O. minimum is separated from *O. basilicum* by several traits. In past the it has been considered as a subspecies of *O. basilicum*. Similar conditions exist for the variety *pilosum* of *O. americanum* subsp. *americanum*: It is morphologically, chemically and genetically very clearly separated from *O. americanum* and thus should be considered as to an own species: *O. pilosum*.

The most variable traits are: Anthocyanin content, chemical composition of essential oils, leaf shapes, leaf surface, leaf margin, length and width of the single parts of the plant and AFLP fragment lengths.

Ten successions in coloration by anthocyanin from red to green were defined. Red colour appears at first in inflorescence and at last in leaves. The intensity depends on the heredity of two dominant genes and regulative genes as well as environmental

factors. Continental climate seems to support the intensity of the anthocyanic coloration.

The components of the essential oil in the genebank accessions are produced by two chemical pathways: Shikimat- and Melvalonacid-pathway.

All together eleven different components (except traces) were found. Their proportions reach from 0-80%. 18 different chemotypes were found in *O. basilicum*. A characteristic Eugenol-Cineol-chemotype of *O. americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum* (*O. pilosum*) was documented. Furthermore in *O. gratissimum* a subspecies- and variety-specific correlation between morphological traits and appearance of specific chemotypes was found. Primarily chemotypes of *O. campechianum*, *O. citriodorum* and *O. selloi* were described.

Length and width of plant and leaves depend mainly on climatic and environmental conditions. In contrast leaf surface and leaf margin are of diagnostic value.

Using 770 polymorphic AFLP fragments of 228 accessions a high genetic variability correlating to morphological variability in *O. basilicum* and related species were shown. *O. americanum* subsp. *americanum* var. *pilosum* is clearly separated from *O. basilicum*, *O. citriodorum*, *O. minimum* and *O. americanum*. In contrast *O. minimum* and *O. americanum* showed high similarity, which can be explained by interspecific hybridisation. Three geographic groups were found by morphological and genetic traits: Groups of Maldives, East Georgia and West Georgia, which developed partly by isolation or specific climatic conditions.

An infraspecific classification of *O. basilicum* was limited by possible reticulate origin of accessions. Only four different varieties of subspecies *basilicum* as well as three ecogeographic groups were defined. At last descriptors were emphasised to make high variability of this cultivated plant completely available for users of genebank collection.

11. Literaturverzeichnis

- ALBUQUERQUE, U.P., ANRADE, L.H.C. (1998) Etnobotánica del género *Ocimum* L. (Lamiaceae) en las comunidades afrobrasileñas. *Anales Jard Bot* **56**: 107-118.
- APPELS, R., HONEYCUTT, R.L. (1982) rDNA: Evolution over a billion years. *In* S.K. DUTTA. DNA systematics. CRC Press. Boca Raton, FL **2**: 81-135.
- ARNHEIM, N. (1983) Concerted evolution in multigene families. *In* M. NEI & R. KOEHN. Evolution of genes and proteins. Sinauer Associates, Sunderland. Massachusetts, 38-61.
- ARUNA K., SIVARAMAKRISHNAN V.M. (1990) Plant products as protective agents against cancer. *Indian J Exp Biol* **28**: 1008-1011.
- AZIBA, P.I., BASS, D., ELEGBE Y. (1999) Pharmacological investigation of *Ocimum gratissimum* in rodents. *Phytother Res* **13**: 427-429.
- BACHMANN, K. (1997) Nuclear DNA markers in plant biosystematic research. *Opera Bot* **132**: 137-148.
- BALDWIN, B.G., SANDERSON, M.J., PORTER, J.M., WOJCIECHOWSKI, M.F., CAMPBELL, C.S., DONOGHUE, M.J. (1995) The ITS region of nuclear ribosomal DNA-a valuable source of evidence on angiosperm phylogeny. *Ann Mo Bot Gard* **82**: 247-277.
- BECKMANN, J.S., SOLLER, M. (1983) Restriction fragment length polymorphisms in genetic improvement: methodologies, mapping and costs. *Theor Appl Genet* **67**: 35-43.
- BENTHAM, G. (1832) *Ocimum*. Labiatarum genera and species. Ridgway & Sons, London, 1-19.
- BENTHAM, G. (1848) *Ocimum*. *In* A.P. DE CANDOLLE (ed.). *Prodomus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*. Treuttel & Wurtz, Paris, **12**: 31-44.
- BOTSTEIN, D., WHITE, R.L., SKOLNICK, M.H., DAVIS, R.W. (1980) Construction of a genetic map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am J Hum Genet* **32**: 314-331.
- BRANCH, L.C., DA SILVA, M.F. (1983) Folkmedicine of Alter do Chão, Pará, Brazil. *Acta Amaz* **13**: 737-797.
- BREMER, K. (1988) The limits of amino acid sequence data in angiosperm phylogenetic reconstruction. *Evolution* **42**: 794-803.
- BRIQUET, J. (1897) *Ocimum*. *In* A. ENGLER & K.A.E. PRANTL. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. **4 & 3 a**: 369-372.
- BROPHY, J.J., JOGIA, M.K. (1986) Essential oils from Fijian *Ocimum basilicum* L. *Flav Fragr J* **1**: 53-55.
- BURKILL, I. H. (1966) A dictionary of the economic products of the malay peninsula. Ministry of Agriculture and Co-operatives, Kuala Lumpur: 1597-1603.
- CAMPBELL, C.S., WOJCIECHOWSKI, M.F., BALDWIN, B.G., ALICE, L.A., DONOGHUE, M.J. (1997) Persistent nuclear ribosomal DNA sequence polymorphism in *Amelanchier* agamic complex (*Rosaceae*). *Mol Biol Evol* **14**: 81-90.
- CANTINO, P.D., HARLEY, R.M., WAGSTAFF, S.J. (1992) Genera of Labiatae: Status and classification. *In* R.M. HARLEY & T. REYNOLDS. *Advances in Labiate Science*. Royal Botanic Gardens, Kew, 511-522.

- CARNEIRO MARTINS, J.E. (1989) Plantas medicinais de uso na Amazônia. Edições CEJUP, Belém **4**.
- CAVALLI-SFORZA, L.L., EDWARDS, A.W.F. (1967) Phylogenetic analysis: Models and estimation procedures. *Evolution* **32**: 550-570.
- CHATTERJEE, A., SUKUL, N. C., LAKSAL, S., GHOSHMAJUMDAR, S. (1982) Nematicidal principles from two species of Lamiaceae. *J Nematol* **14**: 118-120.
- CHENG, Y.S. LIU, M.L. (1983) Oils of *Ocimum basilicum* L., *Ocimum basilicum* var. *minimum* L. and *Ocimum gratissimum* L. grown in Taiwan. In Proceedings 9 th International Congress of Essential Oils, Singapore 1983. Essential Oil Technical Papers Book **4**.
- CORRIVEAU, J.L., COLEMAN, A.W. (1988) Rapid screening method to detect potential biparental inheritance of plastid DNA and results for over 200 angiosperm species. *Amer J Bot* **75**: 1443-1458.
- COX, T.S., WOOD, D. (1999) The nature and role of crop biodiversity. In D. WOOD & J.M. LENNÉ. *Agrobiodiversity. Characterization, utilization and management*. CABI Publishing, Wallingford, U.K.
- DANERT, S. (1962) *Ocimum*. In R. MANSFELD. *Vorläufiges Verzeichnis landwirtschaftlich oder gärtnerisch kultivierter Pflanzenarten. Die Kulturpflanze, Beiheft 2*, Akademie Verlag, Berlin.
- DARRAH, H.H. (1980) *The cultivated basils*. Buckeye Printing, Independence, Missouri.
- DEMISSEW, S., ASFAW N. (1994) Some useful indigenous Labiates from Ethiopia. *Lamiales Newsletter* **3**: 5-6.
- DEVI, P.U., GANASOUNDARI, A. (1999) Modulation of glutathione and antioxidant enzymes by *Ocimum sanctum* and its role in protection against radiation injury. *Indian J Exp Biol* **37**: 262-268.
- DIEDERICHSEN, A., HAMMER, K. (1995) Variation of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L. subsp. *usitatissimum*) and its wild progenitor pole flax (subsp. *angustifolium* (Huds.) Thell.) *Gen Res Crop Evol* **44**: 447-470.
- DIEDERICHSEN, A. (1996) Charakterisierung und Evaluierung von Koriander (*Coriandrum sativum* L.) und taxonomische Implikationen. *Schriften zu genetischen Ressourcen* **6**.
- DON, R.H., COX, P.T., WAINWRIGHT, B.J., BAKER, K., MATTICK, J.S. (1991) "Touchdown" PCR to circumvent spurious priming during gene amplification. *Nucleic Acids Res* **19**: 4008.
- DONOGHUE, M.J., OLMSTEADT, R.G., SMITH, J.F., PALMER, J.D. (1992) Phylogenetic relationships of *Dipsacales* based on *rbcl* sequences. *Ann Mo Bot Gard* **79**: 333-345.
- DOVER, G.A. (1982) Molecular drive: A cohesive mode of species evolution. *Nature* **299**: 111-117.
- DOVER, G.A. (1986) Molecular drive in multigene families: How biological novelties arise, spread, and are assimilated. *Trends Genet* **2**: 159-165.
- FARRIS, J.S. (1970) Methods of computing Wagner trees. *Syst Zool* **34**: 21-34.
- FARRIS, J.S. (1977) Phylogenetic analysis under Dollo's law. *Syst Zool* **26**: 77-88.
- FARRIS, J.S. (1989) The retention index and rescaled consistency index. *Cladistics* **5**: 417-419.

- FELSENSTEIN, J. (1981a) Evolutionary trees from DNA sequences: A maximum likelihood approach. *J Mol Evol* **17**: 368-376.
- FELSENSTEIN, J. (1985) Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* **39**: 783-791.
- FITCH, W.M. (1971) Toward defining the course of evolution: Minimal change for a specific tree topology. *Syst Zool* **20**: 406-416.
- FRANKEL, O.H., BROWN, A.H.D., BURDON, J.J. (1995) The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, Cambridge.
- FUENTES, V. (1992) Plants in afro-cuban religions. In K. HAMMER, M. ESQUIVEL & H. KNÜPFER. „y tienen faxones y fabas muy diversos de los nuestros...“- Origin, evolution and diversity of Cuban plant genetic resources **1**: 110-137.
- FUGMANN, B., LANG-FUGMANN, S., STEGLICH, W. (1997) Römpp Lexikon-Naturstoffe. Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- FUN, C.E., BAERHEIM-SVENDSEN, A. (1990) Composition of the essential oils of *Ocimum basilicum* var. *canum* Sims and *O. gratissimum* L. grown in Aruba. *Flav Fragr J* **5**: 173-177.
- GAYDOU, E.M., FAURE, R., BIANCHINI, J.-P., LAMATY, G., RAKOTONIRAINY, O. RANDRIAMIHARISOA, R. (1989) Sesquiterpene composition of basil oil. Assignment of the ¹H and ¹³C NMR spectra of β-elemene with two-dimensional NMR. *J Agric Food Chem* **37**: 1032-1037.
- GRIMANELLI, D., HERÁNDEZ, M., PEROTTI, E., SAVIDAN, Y. (1997) Dosage effects in the endosperm of diplosporous apomictic *Tripsacum* (Poaceae). *Sex Plant Reprod* **10**: 279-282.
- GÜNTHER, E. (1949) The essential oils **3**. Van Nostrand Company, New York.
- GUPTA, S.C., SOBTI, S.N. (1990) Inheritance pattern of methyl chavicol and cital in *Ocimum americanum*. *Indian Perfumer* **34**: 253-259.
- HAMMER, K., GÄDE, H., KNÜPFER, H. (1994) 50 Jahre Genbank Gatersleben - eine Übersicht. *Vortr Pflanzenzüchtg* **27**: 333-383.
- HAMMER, K. (1995) Die großen Sammlungen von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland - eine vergleichende Sichtung. *Drogenreport* **12**: 11-16.
- HAMMER, K. (1998) Agrarbiologische Diversität und pflanzengenetische Ressourcen-Herausforderung und Lösungsansatz. *Schriften zu genetischen Ressourcen* **10**.
- HAMMER, K., GLADIS, T. (1996) Funktionen der Genbank des IPK Gatersleben bei der *In-situ*-Erhaltung *on farm*. *Schriften zu genetischen Ressourcen* **2**: 83-89.
- HAMMER, K., KNÜPFER, H., XHUVELI, L., PERRINO, P. (1996) Estimating genetic erosion in landraces-two case studies. *Gen Res Crop Evol* **43**: 329-336.
- HANELT, P., HAMMER, K. (1995) Classification of intraspecific variation in crop plants. In L. Guarino, V. Ramanatha & R. Reid. *Collecting plant genetic diversity technical guidelines*. CAB International: 113-120.
- HARLEY, R.M. & BRIGHTEN, C.A. (1977) Chromosome numbers in the genus *Mentha*. *Jour Linn Soc Bot* **74**: 71-96.
- HARRIS, S.A. (1995) Systematics and randomly amplified polymorphic DNA in the genus *Leucaea* (Leg. ,Mimos.). *Plant Syst Evol* **197**: 195-208.
- HASEGAWA, M., KISHINO, H., YANO, T. (1985) Dating the human-ape splitting by a molecular clock of mitochondrial DNA. *J Mol Evol* **22**: 160-174.

- HEGNAUER, R. (1966) Chemotaxonomie der Pflanzen **4**. Birkhäuser Verlag, Basel & Stuttgart.
- HENNIG, W. (1950) Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik. Deutscher Zentralverlag, Berlin.
- HILL, M., WITSENBOER, H., ZABEAU, M., VOS, P., KESSELI, R., MICHELMORE, R. (1996) PCR-based fingerprinting using AFLPs as tool for studying genetic relationships in *Lactuca* spp. Theor Appl Genet **93**: 1202-1210.
- HILLIS, D.M., BULL, J.J. (1993) An empirical test of bootstrapping as a method for assessing confidence in phylogenetic analysis. Syst Bot **42**: 182-192.
- HILTUNEN, R., HOLM, Y. (1999) Essential oil of *Ocimum*. In: R. HILTUNEN & Y. HOLM: Basil: The genus *Ocimum*. Harwood Academic Press, Amsterdam 77-111.
- HOOKE, J.D. (1885) Flora of British India. Reeve & Co, London **4**.
- HOPPE, H.A. (1975) Drogenkunde. Walter de Gruyter Verlag, Berlin.
- INTERNATIONALE VEREINIGUNG FÜR SAATGUTPRÜFUNG 1999. Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut-Vorschriften Seed Sci & Technol **27** Supplement: 194.
- JOBST, J., KING, K., HEMLEBEN, V. (1998) Molecular evolution of the internal transcribed spacers (ITS 1 and ITS2) and phylogenetic relationships among species of the family *Curcubitaceae*. Mol Phylogenet Evol **9**: 204-219.
- JUKES, T.H., CANTOR, C.R. (1969) Evolution of protein molecules. In H.N. MUNRO. Mammalian Protein Metabolism. Academic Press, New York, 21-132.
- JUNGHANN, W., HAMMER, K. (1994) Vergleichende Untersuchungen bei *Ocimum*-Herkünften. Herba Germanica **2**: 92-94.
- KADEREIT, J.W. (1994) Molecules and morphology, phylogenetics and genetics. Bot Acta **107**: 369-472.
- KEGLER, H., PLESCHER, A., SIEBECKE, E. (1996) Zur Resistenz von Arten der Gattung *Ocimum* gegen verschiedene Pflanzenviren. Drogenreport **15**: 19-21.
- KHANNA, R.K., SHARMA, O.S., SHARMA, M.L., MISRA, P.N., SINGH, A. (1988) Essential oil of *Ocimum*. A strain of *O. gratissimum* L. raised on alkaline soils. Parfümerie und Kosmetik **69**: 564-568.
- KHOSLA, M.K. (1993) Study of inter-relationship, phylogeny and evolutionary tendencies in genus *Ocimum*. Indian J Genet **55**: 71-83.
- KIMURA, M. (1980) A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J Mol Evol **16**: 111-120.
- KISHINO, H., MIYATA, T., HASEGAWA, M. (1990) Maximum likelihood inference of protein phylogeny and the origin of chloroplasts. J Mol Evol **31**: 151-160.
- KLUGE, A.G., FARRIS, J.S. (1969) Quantitative phyletics and the evolution of anurans. Syst Zool **18**: 1-32.
- KOWLES, R.V., YERK, G.L., SCHWEIZER, L., SRIENC, F., PHILLIPS, R.L. (1994) Flow cytometry for endosperm nuclear DNA. In M. Freeling, V. Walbot. The maize handbook. Springer, New York, 400-406.
- LACHOWICZ K.J., JONES G.P., BRIGGS D. R., BIENVENU F. E., WAN J., WILCOCK A., COVENTRY M.J. (1998) The synergistic preservative effects of the essential oils of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) against acid-tolerant food microflora. Lett Appl Microbiol **26**: 209-214.

- LAMPMAN, R.L., METCALF, R.L., ANDERSEN, J.F. (1987) Semiochemical attractants of *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber, southern corn rootworm, and *Diabrotica vigifera vigifera* Leconte, the western corn rootworm (*Coleoptera: Chrysomelidae*). *J Chem Ecol* **13**: 959-975.
- LANGE, K. (1997) Mathematical and statistical methods for genetic analysis. Springer, New York.
- LAWRENCE, B.M., TERHUNE, S.J. HOGG, J.W. (1971) Essential oils and their constituents. VI. The so-called "exotic" oil of *Ocimum basilicum* L. *Flavour Ind* **2**: 173-176.
- LAWRENCE, B.M. (1978) Progress in essential oils. *Perfumer & Flavorist* **3**: 36-41.
- LAWRENCE, B.M. (1987) Progress in essential oils. *Perfumer & Flavorist* **12**: 69-80.
- LAWRENCE, B.M. (1988) A further examination of the variation of *Ocimum basilicum* L. In B.M. LAWRENCE, .B.D. MOOKHERJEE & B.J. WILLIS. *Flavors and fragrances: A world perspective*. Elsevier Science Publ., Amsterdam, 161-170.
- LAWRENCE, B.M. (1989) Progress in essential oils. *Perfumer & Flavorist* **14**: 45-55.
- LAWRENCE, B.M. (1992) Chemical components of labiate oils and their exploitation. In R. M. HARLEY UND T. REYNOLDS. *Advances in labiate science*. Royal Botanic Gardens, Kew, U.K., 399-436.
- LAWRENCE, B.M. (1993) Labiate oils-mother nature's chemical factory. In *Essential Oils*. Allured Publishing, Carol Stream, IL, 188-206.
- LEWINSOHN, E., ZIV-RAZ, I., DUDAI, N., TADMOR, Y. LASTOCHKIN, E., LARKOV, O., CHAIMOVITSH, D., UZI, R., PUTIEVSKY, E., PICHERSKY, E. & Y. SHOHAM. (2000) Biosynthesis of estragole and methyl-eugenol in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Developmental and chemotypic association of allylphenol O-methyltransferase activities. *Plant Sci* **160**, 27-35.
- LINNÉ, C. (1753) *Ocimum*. In *Species Plantarum*. 1. Holmiae, Laurentii Salvii, Stockholm, 597-598.
- LU, J., KNOX, M.R., AMBROSE, M.J., BROWN J.K.M., ELLIS , T.H.N. (1996) Comparative analysis of genetic diversity in pea assessed by RFLP- and PCR-based methods. *Theor Appl Genet* **93**: 1103-1111.
- LUX, H., HAMMER, K. (1994) Molecular markers and genetic diversity - some experience from the genebank. In F. BALFOURIER & M.R. PERRETANT. *Evaluation and exploitation of genetic resources*. Proceedings of the genetic resources section meeting of Eucarpia, Clermont-Ferrand, 49-54.
- MANNICHE, L. (1989) An ancient Egyptian herbal. British Museum Publications, London.
- MATZK, F., MEISTER, A., SCHUBERT, I. (2000) An efficient screen for reproductive pathways using mature seeds of monocots and dicots. *Plant Journal* **21** (1): 97-108.
- MCDADE, L. A. (1992) Hybrids and phylogenetic systematics II. The impact of hybrids on cladistic analysis. *Evolution* **46**: 1329-1346.
- MILBOURNE, D., MEYER, R., BRADSHAW, J.E., BAIRD, E., BONAR, N., PROVAN, J., POWELL W., WAUGH, R. (1997) Comparison of PCR-based marker systems for the analysis of genetic relationships in cultivated potato. *Mol Breed* **3**: 127-136.
- MONTES-BELMONT, R. , CARVAJAL, M. (1998) Control of *Aspergillus flavus* in maize with plant essential oils and their components. *J Food Prot* **61**: 616-619.

- MORTON, J. F. (1981) Atlas of medicinal plants in Middle America. Charles C. Thomas, Springfield, USA.
- MULLIS, K. B., FALOONA, F.A. (1987) Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalyzed chain reaction. *Meth Enzym* **155**: 335-350.
- NATION, R.G., JANICK, J., SIMON, J.E. (1992) Estimation of outcrossing in basil. *Hortscience* **27**: 1121-1222.
- NAUMOVA, T.N., HAYWARD, M.D., WAGENVOORT, M. (1999) Apomixis and sexuality in diploid and tetraploid accessions of *Brachiaria decumbens*. *Sex Plant Reprod* **12**: 43-52.
- NTEZURUBANZA, L., SCHEFFER, J.J.C., BAERHEIM SVENDSEN, A. (1987) Composition of the essential oil of *Ocimum gratissimum* grown in Rwanda. *Planta Medica* **49**: 945-947.
- OBENG, O.D., REICHMUTH, C. (1997) Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. *Int J Pest Manage* **43**: 89-94.
- OETMANN, A., BROCKHAUS, R., BEGEMANN, F. (1995) Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen. Deutscher Bericht zur Vorbereitung der 4. Internationalen Technischen Konferenz der FAO über Pflanzengenetische Ressourcen vom 17.-23. Juni 1996 in Leipzig. Schriftenreihe des BMELF, Reihe A: Angewandte Wissenschaft **441**.
- O'HANLON, PEAKALL, R., BRIESE, D.T. (1999) Amplified fragment length polymorphism (AFLP) reveals introgression in weedy *Onopordum* thistles: hybridization and invasion. *Mol Ecol* **8**: 1239-1246.
- PALSSON, K., JAENSON, T.G. (1999) Plant products used as mosquito repellents in Guinea Bissau, West Africa. *Acta Trop* **72**: 39-52.
- PATON, A. (1992) A synopsis of *Ocimum* L. (Labiatae) in Africa. *Kew Bulletin* **47**: 403-435.
- PATON, A. (1995) The genus *Becium* in East Africa. *Kew Bulletin* **50**: 199-242.
- PATON, A., PUTIEVSKY, E. (1996) Taxonomic problems and cytotoxic relationships between and within varieties of *Ocimum basilicum* and related species (Labiatae). *Kew Bulletin* **51**: 509-524.
- PATON, A., HARLEY, R.M., HARLEY, M. M. (1999) *Ocimum* - an overview of relationships and classification. In R. HILTUNEN & Y. HOLM: Basil. The genus *Ocimum*. Harwood Academic Press, Amsterdam 1-38.
- PEREIRA, C. M. P., PERAZZOLO, M., SUSIN, V.L. N., BERGESCH, M. (1988) Levantamento preliminar dos vegetais medicamentosos existentes no Município do Rio Grande. *Acta Amaz* **18**: 49-59.
- PHIPPEN, W. B., SIMON J. E. (1998) Anthocyanins in basil (*Ocimum basilicum* L.). *J Agr Food Chem* **46**: 1734-1738.
- PINO, J.A., ROSADO, A., FUENTES V. (1996) Composition of the essential oil from the leaves and flowers of *Ocimum gratissimum* L. grown in Cuba. *J Ess Oil Res* **8**: 139-141.
- PISTRICK, K. (2001) *Ocimum*. In HANELT, P. & INSTITUTE OF PLANT GENETICS AND CROP PLANT RESEARCH (ed). Mansfeld's Encyclopedia of agricultural and horticultural crops. Springer **4**: 1954-1960.
- PLATNICK, N. I. (1980) Philosophy and the transformation of cladistics. *Syst Zool* **28**: 537-546.

- POMP, D., MARANO, J. F. (1991) Organic solvents as facilitators of polymerase chain reaction. *BioTechniques* **16**: 812-814.
- POWELL, W., MORGANTE, M., ANDRE, C., HANAFEY, M., VOGEL, J., TINGEY, S., RAFALSKI, A. (1996) The comparison of RFLP, RAPD, AFLP, SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Mol Breed* **2**: 225-238.
- PUSHPANGADAN, P. (1974) Studies on reproduction and hybridization of *Ocimum* species with view to improving their quality. Dissertation, Aligarh, India.
- PUSHPANGADAN, P. , BRADU, B. L. (1995) Basil. *In* K. L. CHADHA & GUPTA, R. . Advances in horticulture. Malhorta publishing house, New Delhi **11**.
- RAI, M. K. (1996) In vitro evaluation of medicinal plant extracts against *Pestalotiopsis mangiferae*. *Hindustan Antibiot Bull* **38**: 53-56.
- RAMAMOORTHY, T.P. (1986) A revision of *Catoferia* (Labiatae). *Kew Bull.* **41** : 299-305.
- RASMUSSEN, D.C., PHILLIPS, R.L. (1997) Plant breeding progress and genetic diversity from de novo variation and elevated epistasis. *Crop Sci* **37**: 303-310.
- REGE, N. N., THATTE, U. M., DAHANUKAR, S. A. (1999) Adaptogenic properties of six rasayana herbs used in Ayurvedic medicine. *Phytother Res.* **13**: 275-291.
- RIEGER, R., MICHAELIS, A., GREEN, M.M. (1991) Glossary of genetics. Classical and molecular. 5th edition. Spinger-Verlag, Berlin Heidelberg
- RÖDER, M. S., PLASCHKE, J., KÖNIG, S. U., BÖRNER, A., SORRELLS, M. E., TANKSLEY, S. D., GANAL, M. W. (1995) Abundance, variability and chromosomal location of microsatellites in wheat. *Mol Genet* **246**: 327-333.
- ROELOFS, D., VAN VELZEN, J., KUPERUS, P., BACHMANN, K. (1997) Molecular evidence for an extinct parent of the tetraploid species *Microseris acuminata* and *M. campestris* (Asteraceae, Lactuceae). *Mol Ecol* **6**: 641-649.
- ROUX, K. H. (1994) Using mismatched primer-template pairs in touchdown PCR. *BioTechniques* **16**: 812-814.
- RYDING, O. (1994) Notes on the sweet basil and its relatives (Lamiaceae). *Econ Bot* **48**: 65-67.
- SANG, T., CRAWFORD, D.J., STUESSY, T.F. (1995) Documentation of reticulate evolution in peonies (*Peonia*) using internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA-implications for biogeography and concerted evolution. *Proc Natl Acad Sci USA* **92**: 6813-6817.
- SANGER, F., NICKLEN, S., COULSON, A. R. (1977) DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc Natl Acad Sci USA* **74**: 5463-5467.
- SANKOFF, D. (1975) Minimal mutation trees of sequences. *SIAM J Appl Math* **28**: 35-42.
- SANKOFF, D., CEDERGREN, R. J. (1983) Simultaneous comparison of three or more sequences related by a tree. *In* D. SANKOFF & J.B. KRUSKAL. Time warps, string edits and macromolecules: The theory and practice of sequence comparison. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 253-263.
- SANKOFF, D., ROUSSEAU, P. (1975) Locating the vertices of a Steiner tree in arbitrary space. *Math Prog* **9**: 240-246.
- SAITOU, N., NEI, M. (1987) The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *J Mol Evol* **4**: 406-425.
- SCHULTZE-MOTEL, J. (ed.). (1986) Rudolf Mansfelds Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen. Akademie Verlag, Berlin.

- SCHWANITZ, F. (1960) Darwin und die Evolution der Kulturpflanzen. *In*: G. HERBERER & F. SCHWANITZ. Hundert Jahre Evolutionsforschung. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- SCHWANITZ, F. (1967) Die Evolution der Kulturpflanzen. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien.
- SEBALD, O. (1987) Studien an afrikanischen und arabischen Sippen von *Becium* und *Ocimum* (Lamiaceae). *Stuttgarter Beitr Naturk* **1**: 405.
- SINGH, S., MAJUMDAR, D. K. (1999) Evaluation of the gastric antiulcer activity of fixed oil of *Ocimum sanctum* (Holy Basil). *J Ethnopharmacol* **65**:13-19.
- SINGH, T. P., SHARMA, A. K. (1981) Chromosome analysis as correlated with the chemical content and status of two species of *Ocimum*. *Agron Lusit* **40**: 287-298.
- SMALL, E. (1997) Culinary herbs. NRC Research Press, Ottawa, 411-423.
- SNEATH, P. H. A., SOKAL, R. R. (1973) Numerical taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco.
- SOBTI, S.N., PUSHPANGADAN, P. (1979) Cytotaxonomical studies in the genus *Ocimum*. *In* S. S. BIR: Recent researches in plant science. Kalyani Publishers, New Delhi, 373-377.
- SOBTI, S.N., PUSHPANGADAN, P. (1988) Cultivation and utilization of aromatic plants. *In* KHANNA R.K., SHARMA, O.S., SHARMA. M.L., MISRA P.N., SINGH, A. Essential oil of *CiOcimum*. A strain of *O. gratissimum* L. raised on alkalic soils. *Parfümerie und Kosmetik* **69**: 564-568.
- SWOFFORD, D.L., OLSEN, G.J., WADDELL, P.J., HILLIS, D.M. (1996) Phylogenetic inference. *In* D.M HILLIS, C. MORITZ, B.K. MABLE: Molecular Systematics. Sinauer Associates, Sunderland, 407-514.
- TAUTZ, D. (1989) Hypervariability of simple-sequences as a general source for polymorphic DNA markers. *Nucleic Acids Res* **12**: 4127-4138.
- THOMSON, J. P., HIGGINS, D. G., GIBSON, T. J. (1994) CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, positions-specific gap-penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res* **22**: 4673-4680.
- TRAUT, W. (1991) Chromosomen: Klassische und molekulare Cytogenetik, Springer-Verlag.
- TUCKER, A. O., FAIRBROTHERS, D. E. (1981) Aneuploid series in an F₁ interspecific hybrid progeny of *Mentha* (Lamiaceae). *Bull Torrey Bot Club* **108**: 51-53.
- TYAGI, B. R., NAQVI, A. A. (1987) Relevance of chromosome number variation to yield and quality of essential oil in *Mentha arvensis* L. *Cytologia* **52**: 377-385.
- TYAGI, B. R., AHMAD, T. (1989) Chromosome number variation in an F₁ interspecific hybrid progeny of *Mentha* (Lamiaceae). *Cytologia* **54**: 355-358.
- VAN DEN BERG, M. E., LIMA DA SILVA, M. H. (1985) Contribuição ao conhecimento da flora medicinal do Maranhã O. *Anais do I. Simposio do Tropica Úmido, Belem.* 119-125.
- VAN DER ZANDE, L., BIJLSMA, R. (1994) Limitation of the RAPD technique in phylogeny reconstruction in *Drosophila*. *J Evol Biol* **8**: 645-656.
- VAN HOUTEN, W.H. J., SCARLETT, N., BACHMANN, K. (1993) Nuclear DNA markers of the Australian tetraploid *Microseris scapigera* and its North American diploid relatives. *Theor Appl Genet* **87**: 498-505.

- VARGAS, P., MCALLISTER, H.A., MORTON, C., JURY, S.L., WILKINSON, M.J. (1999) Polyploid speciation in *Hedera* (Araliaceae): phylogenetic and biogeographic insights based on chromosome counts and ITS sequences. *Plant Syst Evol* **219**: 165-179.
- VAVILOV, N.I. (1940) The new systematics of cultivated plants. *In* J. Huxley. The new systematics . Oxford University Press, Oxford: 549-566.
- VOS, P., HOGERS, R., BLEEKER, M., RIJANS, M., VAN DE LEE, T., HORNES, M., FRIJTERS, A. POT, J., PELEMAN, J., KUIPER, M., ZABEAU, M. (1995) AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res* **23**: 4407-4414.
- VIJ, S.P., KASHYAP, S.K. (1976) Cytological studies in some North Indian Labiatae. *Cytologia* **41**: 713-719.
- VROH, B.I., MAQUET, A., BAUDOIN, J.-P., DU JARDIN, P., JACUEMIN, J.M., MERGEAL, G. (1999) Breeding for "low gossypol seed and high gossypol plants" in upland cotton. Analysis of tri-species hybrids and backcross progenies using AFLPs nad RFLPs. *Theor Appl Genet* **99**: 1233-1244.
- WALTER, H. (1974) Die Vegetation Osteuropas, Nord- und Zentralasiens. Fischer, Stuttgart.
- WAN, J., WILCOCK, A., COVENTRY, M.J. (1998) The effect of essential oils of basil on the growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*. *J Appl Microbiol* **84**:152-158
- WEALTH OF INDIA. (1966) A dictionary of Indian raw materials and industrial products. Publications and information directorate, CSIR, New Delhi.
- WENDEL, J.F., SCHNABEL, A., SEELANAN, T. (1995) An unusual ribosomal DNA sequence from *Gossypium gossypioides* reveals ancient, cryptic , intergenomic introgression. *Mol Phyl Evol* **4**, 298-313.
- WHITE, T. J., BRUNS, T., LEE, S., TAYLOR, J. (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In* M. A. INNIS, D. H. GELFAND, J. J. SNINSKY, T. J. WHITE: PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, 315-322.
- WHITALL, J., LISTON, A., GISLER, S., MEINKE, R. J. D. (2000) Detecting nucleotide additivity from direct sequences is a SNAP: An example from *Sidalcea* (Malvaceae). *Plant Biol* **2**: 211-217.
- WILLIAMS, J. G., KUBELIK, A. R., LIVAK, K. J., RAFALSKI, J. A., TINGEY, S. V. (1990) DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res* **18**: 6531-6535.
- WOLFE, A. S., LISTON, A. (1998) Contributions of PCR-based methods to plant systematics and evolutionary biology. *In* D. E. SOLTIS, P. S. SOLTIS, J. J. DOYLE: Molecular systematics of plants II: DNA sequencing. Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London, 43-86.
- WU, M.-Z., XIAO, S.-C., REN, W.-J., CHEM, P.-Q. (1990) Chemical components of the essential oil from an escape *Ocimum gratissimum* L. var. *suave* Willd. in Miyi country, Sichuan. *Tianran Chanwu Yanjiu Yu Kaifa* **2**: 58-60.
- XAASAN, C.C., CARDULRAXMAAN, A.D., PASSANNANTI, S., PIOZZI, F., SCHMID, J.P. (1981) Constituents of the essential oil of *Ocimum canum*. *J Nat Prod* **44**: 752-753.
- YAMASAKI, M., NAKAMURA, M., MURATA, H., NAKANISHI, T. (1998) Anti-HIV-1 activity of herbs in Labiatae. *Biol Pharm Bull* **21**: 829-833.

- YU, X.J., CHENG, B.Q. (1986) Analysis of the chemical constituents of *Ocimum gratissimum* var. *suave* oil. Yunnan Zhuwu Yanjiu **8**: 171-174.
- ZAMUREENKO, V.A., KLYUEV, N.A., DIMITRIEV, L.B., POLAKOVA, S. G., GRANDBEIRG, I.I. (1986) Composition of the essential oil in eugenol-type basils. Izv. Timiryaeusk S-kh. Akad. **2**: 172-175.
- ZHANG, X. Y., EHRLICH, M. (1994) Detection and quantitation of low numbers of chromosomes containing rbcL-2 oncogene translocations using semi-nested PCR. BioTechniques **16**: 502-507.
- ZIMMERMANN, W. (1931) Arbeitsweise der botanischen Phylogenetik and anderer Gruppierungswissenschaften. In E. ABDERHALDEN: Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Urban & Schwarberg, Berlin, 941-1053.

Tabelle A 1: Taxonomische Bestimmung der in den Feldversuchen untersuchten Genbankakzessionen

Table A 1: Taxonomic determination of examined genebank accessions in field experiments

OCI	Wissenschaftlicher Name
1	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
2	<i>O. minimum</i> L.
5	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
8	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
15	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
21	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
23	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
24	<i>O. minimum</i> L.
25	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
26	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
27	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
28	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
29	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. x citriodorum</i> Vis.
30	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
31	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
32	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
33	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
34	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
35	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
36	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
38	<i>O. selloi</i> Benth.
39	Typ 1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> , Typ 2: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
40	<i>O. tenuiflorum</i> L.
41	<i>O. campechianum</i> Mill.
42	<i>O. gratissimum</i> L. subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>gratissimum</i>
43	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
44	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
45	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
46	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
47	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
48	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
49	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
50	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
51	Typ 1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> , Typ 2: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>difforme</i> Benth.
52	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
53	<i>O. minimum</i> L.
54	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
55	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
56	Typ1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> Typ 2: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
57	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
58	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
59	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
60	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
61	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
62	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
63	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
64	<i>O. x citriodorum</i> Vis. intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
65	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> L.
66	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsoiflorum</i> L.

OCI	Wissenschaftlicher Name
67	Typ1: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
68	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
69	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
70	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
71	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
72	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
73	<i>O. minimum</i> L.
74	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> L. var. <i>basilicum</i>
75	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
76	Typ 1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> , Typ 2: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>difforme</i> Benth.
77	Typ 1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> , Typ 2: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
78	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
79	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
80	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
81	<i>O. x citriodorum</i> Vis. intermediär <i>O. americanum</i> var. <i>americanum</i> L.
82	<i>O. tenuiflorum</i> L.
83	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> L.
84	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
85	<i>O. americanum</i> var. <i>americanum</i> L.
86	Typ1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth., Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
87	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
88	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
89	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
90	Typ1: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
91	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
92	<i>O. x citriodorum</i> Vis. intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
93	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
94	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
95	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. x citriodorum</i> Vis.
96	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
97	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
98	<i>O. x citriodorum</i> Vis. intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
99	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
100	<i>O. minimum</i> L.
101	<i>O. minimum</i> L.
102	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
103	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
104	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
105	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
106	<i>O. basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
107	1. Typ: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.; 2. Typ: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsoiflorum</i> (L.) Benth.
108	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
109	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
110	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
111	<i>O. tenuiflorum</i> L.
112	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
113	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
114	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
115	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>iringense</i> Ayobangira ex Paton

OCI	Wissenschaftlicher Name
116	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
117	1. Typ: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth., 2. Typ: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
118	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
119	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>gratissimum</i> L.
121	<i>O. americanum</i> var. <i>americanum</i> L.
122	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>iringense</i> Ayobangira ex Paton
123	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
124	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
125	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
126	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
127	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
128	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
129	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
131	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
132	<i>O. tenuiflorum</i> L.
133	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
135	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
136	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
137	<i>O. tenuiflorum</i> L.
138	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
139	<i>O. tenuiflorum</i> L.
140	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
141	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
142	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
143	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
144	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
145	<i>O. tenuiflorum</i> L.
146	Typ 1: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth., Typ 2: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>difforme</i> Benth., Typ 3: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
147	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
148	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
149	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
150	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
151	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>macrophyllum</i> Briq.
152	<i>O. tenuiflorum</i> L.
153	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>macrophyllum</i> Briq.
154	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>macrophyllum</i> Briq.
155	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
156	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
157	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
158	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
159	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
160	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
161	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
162	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
163	Typ 1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> , Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
164	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
165	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. minimum</i> L.
166	<i>O. minimum</i> L.
167	<i>O. minimum</i> L.
168	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
169	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
170	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
171	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
172	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
173	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
174	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>

OCI	Wissenschaftlicher Name
175	<i>O. minimum</i> L.
176	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
177	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
178	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
179	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
180	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
181	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
182	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>gratissimum</i> L.
183	<i>O. minimum</i> L.
184	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
185	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
186	Typ1: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> , Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
187	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
188	<i>O. kilimandscharicum</i> Baker ex Gürke
189	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>iringense</i> Ayobangira ex Paton
190	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
191	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
192	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
193	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
194	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
195	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
196	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
197	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
198	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
199	<i>O. minimum</i> L. intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth.
200	<i>O. campechianum</i> Mill.
201	Typ1: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
202	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
203	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
204	<i>O. minimum</i> L.
205	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth.
206	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
207	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
208	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
209	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
210	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
211	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>macrophyllum</i> Briq.
212	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
213	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
214	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
215	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
216	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
217	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
218	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
219	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
220	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
221	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
222	<i>O. gratissimum</i> L. subsp. <i>gratissimum</i> var. <i>gratissimum</i>
223	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> L.
224	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth.
225	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
226	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
227	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
228	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
229	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
230	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
231	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>

OCI	Wissenschaftlicher Name
232	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
233	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
234	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
235	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
236	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
237	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. intermediär <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
238	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth.
239	Typ 1: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> , Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth., <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>difforme</i> Benth.
240	Typ 1: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>difforme</i> Benth., 2. Typ: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> , 3. Typ: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth.
242	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
243	<i>O. x citriodorum</i> Vis.
244	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
245	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
246	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
247	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
248	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
249	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
250	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
251	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
252	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth.
253	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
254	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>thyrsiflorum</i> (L.) Benth.
255	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
256	<i>O. minimum</i> L.
257	<i>O. minimum</i> L.
258	<i>O. minimum</i> L.
259	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
260	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
261	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
262	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
263	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
264	<i>O. tenuiflorum</i> L.
265	<i>O. tenuiflorum</i> L.
266	Typ1: <i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth. Typ 2: <i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> und intermediäre Typen
267	<i>O. americanum</i> subsp. <i>americanum</i> var. <i>pilosum</i> (Willd.) Paton
268	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
269	<i>O. tenuiflorum</i> L.
D 7652	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
D 7653	<i>O. campechianum</i> Mill.
D 7654	<i>O. gratissimum</i> subsp. <i>iringense</i> Ayobangira ex Paton
D 7656	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i> intermediär <i>O. x citriodorum</i> Vis.
D 7658	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.
D 7659	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
D 7660	<i>O. basilicum</i> L. subsp. <i>basilicum</i> var. <i>basilicum</i>
D 7661	<i>O. basilicum</i> subsp. <i>basilicum</i> var. <i>purpurascens</i> Benth.

Tabelle A 2: Verwendete Abkürzungen für morphologische Merkmale

Table A 2: Used abbreviations of morphologic traits

Abkürzung	Merkmal
Keimd	Tage bis zum Erscheinen der Kotyledonen
Keimf	Geschätzte Keimfähigkeit
Kot.-F.	Farbe der Kotyledonen
Kot.-B.	Breite der Kotyledonen
Kot.-L.	Länge der Kotyledonen
Pflhoh	Pflanzenhöhe
Bush	Pflanzendurchmesser
Holz	Verholungsgrad
Hauptfl	Länge der Hauptfloreszenz
Kelchl	Länge des Kelchs
Kronbll	Länge des Krone
Inflf	Farbe der Infloreszezn
Calo	Farbe der Kelchoberlippe während der Blüte
Calu	Farbe der Kelchunterlippe während der Blüte
Frucalo	Farbe der Kelchoberlippe zur Fruchtreife
Frucalu	Farbe der Kelchunterlippe zur Fruchtreife
Corof	Farbe der Kronenoberlippe
Coruf	Farbe der Kronenunterlippe
Innstaub	Länge der inneren Staubblätter
Ausstbl	Länge der äußeren Staubblätter
Bllang	Länge der Blattspreite
Blbreit	Breite der Blattspreite
Stiell	Länge der Blattstiels
Bloberf	Farbe der Blattoberseite
Blunterf	Farbe der Blattunterseite
Blrnd	Spreitenrand
Blwoelb	Spreitenquerschnitts
Oberfl	Spreitenoberfläche
Verzw	Verzweigungsgrad
Nod	Anzahl der Nodien
Cofl_no	Anzahl der Cofloreszenzen
Wirtel	Anzahl der Wirtel der Hauptfloreszenz
Anth_farb	Antherenfarbe
Kelchl	Länge des Kelchs
Kronbl	Länge der Krone
Anhg	Anhängsel an der Basis des inneren Staminapaars
Haaranh	Haare auf dem Anhängsel an der Basis des inneren Staminapaars
Blue_a	Beginn der Blüte
Blue_hor	Einheitlichkeit der Blühhorizonts
Krh	Beobachtete Krankheiten
Ölgeh	Ölgehalt
Zimt-Z	Zimtsäuremethylester Z-Isomer
Zimt-E	Zimtsäuremethylester E-Isomer
β-Bisabo	β-Bisabolen
RT 17.48	unbestimmter Inhaltsstoff mit der Retensionzeit 17.48
1,8-Cin	1,8-Cineol
a- Berg	a-Bergamoten
β-Cary	β-Caryophyllen
Eugmeth	Eugenolmethylether

	Ölgehalt (ml/100g)	Zimt	Zimt	Ölzusammensetzung [% im Öl]													n.b. RT 17.484	Elemicin	
		säure- ester-(Z)	säure- methyl- ester-(E)	Linalool	8-Cineol	Eugenol	Ocimen	Geranio	Geranial	Estragol	Terpiner methyl- ether	Eugenol- Campher	Neral	Thymol	Elemen	ergamot			isophylli
Oci 264 O. tenuiflorum L.	0,52		0,58							0,28	56,10			5,58	25,14				
Oci 265 O. tenuiflorum L.	0,55		0,54							55,19				4,34	29,58				
Oci 40 O. tenuiflorum L.	0,32		0,51							59,48				4,04	25,05				
Oci 99 O. x citriodorum Vis.	0,28	0,50	8,00	39,38	4,93					31,77				1,50	7,49				
Oci 159 O. x citriodorum Vis.	0,28									91,81	0,96				1,94				
Oci 91 O. x citriodorum Vis.	0,35									91,76	1,18				1,51				0,87
Oci 89 O. x citriodorum Vis.	0,42									90,36	0,84				2,31				
Oci 108 O. x citriodorum Vis.	0,36									89,60	4,43				1,28				1,22
Oci 104 O. x citriodorum Vis.	0,28									88,45	4,33				1,64				1,42
Oci 59 O. x citriodorum Vis.	0,50									88,26	1,11				2,33				2,01
Oci 58 O. x citriodorum Vis.	0,41									87,89	0,90				2,88				1,48
Oci 105 O. x citriodorum Vis.	0,23									86,48	4,13				1,31				1,15
Oci 131 O. x citriodorum Vis.	0,68			20,07	0,56	0,23			0,47	71,55			0,44		1,29+	1,13			2,83
Oci 184 O. x citriodorum Vis.	0,20			3,93						44,02	2,14			34,73	0,77	1,21			1,52
Oci 215 O. x citriodorum Vis.	0,24			3,25						43,15	1,99			34,01	0,83	1,66			1,69
Oci 171 O. x citriodorum Vis.	0,29			3,32	0,43					44,19	1,73			34,22	0,82	1,52			1,77
Oci 179 O. x citriodorum Vis.	0,20			3,83						44,38				35,50	0,84	1,26			1,49
Oci 192 O. x citriodorum Vis.	0,37			3,79						46,81				32,79	1,20	2,93			
Oci 243 O. x citriodorum Vis.	0,44			3,85	0,87					46,46				32,77	1,21	2,88			
Oci 236 O. x citriodorum Vis.	0,36			3,94	0,84					46,12				32,33	1,25	2,98			
Oci 98 O. x citriodorum Vis. intermediär O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,30			64,14	3,04	0,60				15,85					1,33				
Oci 64 O. x citriodorum Vis. intermediär O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,39	5,53	31,75	47,87		0,49								1,09	0,56	6,46			
Oci 92 O. x citriodorum Vis. intermediär O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,28									89,36	1,15				1,27+	1,39			1,20
Oci 81 O. x citriodorum Vis. intermediär O. americanum var. americanum L.	1,23			14,78	0,86	0,23				73,49					1,96+	1,50			4,95
Oci 107 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L. intermediär O. basilicum var. purpurascens Benth.; Typ 2: O. basilicum var. purpurascens Benth. intermediär O. basilicum var. thyriflorum (L.) Benth.	0,35			23,16	4,94	17,07				32,67	4,79	1,10			5,63	1,56			
Oci 163 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L., Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L. intermediär O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,12			24,44	10,94	1,65				46,12	4,65				1,20	3,26+			
Oci 239 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L., Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L. intermediär O. basilicum var. thyriflorum (L.) Benth., O. basilicum var. difforme Benth.	0,23			27,54	4,80	11,13				22,33		1,57			1,77	11,26			
Oci 51 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L., Typ 2: O. basilicum var. difforme Benth.	0,26			24,19	3,79					62,46					0,60	2,56			
Oci 76 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L., Typ 2: O. basilicum var. difforme Benth.	0,22			51,89	4,67	28,53				0,85					1,31	2,68			
Oci 77 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L., Typ 2: O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,22			52,69	4,48	28,37									1,27	2,66			
Oci 39 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L., Typ 2: O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,37			52,76	4,62			0,93		25,29	4,58	0,37			0,44	4,22			
Oci 240 Typ 1: O. basilicum var. difforme Benth., 2. Typ: O. basilicum ssp. basilicum L., 3. Typ: O. basilicum ssp. basilicum L. intermediär O. basilicum var. thyriflorum (L.) Benth.	0,27			30,58	6,81	12,49				14,41		1,44			1,52	11,27			
Oci 117 Typ 1: O. basilicum var. purpurascens Benth., Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L. intermediär O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,16			26,08	14,99	11,38						29,65				6,03+			
Oci 146 Typ 1: O. basilicum var. difforme Benth., Typ 2: O. basilicum var. difforme Benth., Typ 3: O. basilicum ssp. basilicum L.	0,46			40,87	6,26			1,59		35,00					1,10	2,14			
Oci 86 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L. intermediär O. basilicum var. purpurascens Benth., Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L.	0,13			15,05	10,05	1,78				50,53	8,96					2,64+			
Oci 56 Typ 1: O. basilicum ssp. basilicum L. Typ 2: O. basilicum var. purpurascens Benth.	0,30			49,19	6,89	20,25				3,48					1,40	6,91			
Oci 186 Typ 1: O. basilicum var. purpurascens Benth. intermediär O. basilicum ssp. basilicum L., Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L.	0,34			35,52	1,13	2,33		1,21		43,52			0,44		2,45	0,92	1,06		
Oci 90 Typ 1: O. basilicum var. purpurascens Benth., Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L.	0,07			4,37	7,64					66,58					6,07	3,92			
Oci 201 Typ 1: O. basilicum var. purpurascens Benth., Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L.	0,34			8,57	10,14	0,81				37,71		26,97			0,74	6,76			
Oci 67 Typ 1: O. basilicum var. purpurascens Benth. Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L.	0,07			34,35	6,09	5,26				33,72	4,05								
Oci 266 Typ 1: O. basilicum var. purpurascens Benth. Typ 2: O. basilicum ssp. basilicum L. und intermediäre	0,12			23,49	4,31					58,04		2,91				4,53			

(+) - keine Trennung a-Bergamoten von n.b. Peak

OCI	Typen	Keimung und Keimblätter					Habitus										Blütenstand					Blü				
		Keimd [Tage]	Keimf.	Kot.-F.	Kot.-B.	Kot.-L.	Pflzhoh	Bush	Verzw	Holz			Nod				Blue_a	Blue_hor	Cofl_no	Hauptfl-L	Wirtel	Kelchl.	Haare im Kelch	Kronbl		
1	1	6	2	1	0,98	0,69	37,4	19,2	2	5				4				2		1	3	15,3	13,8	5,02	1	8,76
2	2	6	4	1	0,68	0,51	17,8	15	3	4	6	6		16	5			3		2	4	8,2	13,8	4,6	1	7,2
5	1	6	2	1	0,95	0,65	48,6	22,4	3	5				7				2		1	5	23	17	6,98	1	10,4
8	1	4	5	1	0,69	0,45	33,4	30,8	3	5				6				1		1	13	21,4	19,4	3,4	1	5,4
15	1	6	3	1	1,00	0,62	38,6	21,2	3	5				8				2		1	7	16,1	12	6,2	1	9,9
21	1	7	2	1	0,35	0,26	33,8	30,2	3	5				6				1		1	13	21,2	19,4	3,1	1	5,4
23	1	5	4	1	0,91	0,63	48,6	25,2	3	4				9				2		1	5	24,6	15,8	4,46	1	8,3
24	2	5	4	1	0,73	0,52	13,2	16,2	3	4	4	8		3	15			3		2	4	8,75	14,75	4,5	1	7
25	1	5	3	1	1,15	0,72	46,3	25,2	3	5				5				2		1	5	19,2	12	5,8	1	7,9
26	1	5	4	1	0,94	0,68	57,4	25,8	3	6				8				2		1	4	24,2	16,6	5,8	1	7,8
27	1	5	3	1	0,99	0,65	41,6	23,4	3	6				7				2		1	6	17,8	13,6	6,1	1	7,94
28	1	5	3	1	0,80	0,59	37,1	19,8	3	7				6				2		1	4	18	17,2	4,9	1	7,5
29	1	7	3	1	0,82	0,62	46,4	29,6	3	7				8				1		1	12	28,4	16,2	5,3	1	8,5
30	1	5	3	1	1,10	0,66	37,4	23,6	2	5				5				2		1	3	15,6	12,8	6,4	1	8,6
31	1	7	2	4	0,92	0,58	42,2	26,2	3	4				8				2		1	5	18,6	13,6	4,8	1	8,3
32	2	5	3	3	0,96	0,64	67,4	36,2	3	4				6				2		1	6	30	19	5	1	8,8
33	1	5	3	1	0,80	0,57	52,2	27,4	2	6				10				2		1	5	19,2	12,8	5,5	1	8,3
34	1	6	2	1	0,99	0,66	52,2	29	3	5				5				2		1	5	22,2	12,2	5,4	1	8
35	1	6	3	1	1,32	0,75	46,5	24,4	3	7				9				2		2	3	17,9	12,2	6,125	1	10
36	1	5	3	3	1,15	0,78	65,6	32,8	3	6				6				2		1	7	24,4	17,2	4,9	1	8,1
38	1	7	2	2	0,70	0,46	38,6	33,8	1	5				11				8		1		15	17	4,9	0	5,9
39	2	6	2	1	0,91	0,63	37,8	26,2	3	4	5			5	6			1		1	6	18	13	5,2	1	7,5
40	1	7	2	1	0,41	0,27	25,6	25,4	3	6				6				4		1	5	0	17,3	2,72	0	3,52
41	1	6	2	1	0,83	0,50	28	25,6	4	5				4				4		1	6	10,2	8,2	4,76	0	4,3
42	1	7	1	1		0,51	41,6	21,2	2	6				7				5		1	3	9,8	11,6	4,2	0	4,4
43	1	5	4	1	1,08	0,72	51,4	29,4	3	6				7				2		1	5	20,2	14,4	5,1	1	7,94
44	1	5	3	1	0,98	0,65	35	23,4	3	4				6				2		1	7	18,2	14	5,9	1	8,2
45	1	5	3	1	0,84	0,61	51,4	26,8	3	5				8				2		1	4	19,4	13,6	5,3	1	8,06
46	1	5	3	1	1,24	0,76	44,6	19,2	3	4				7				2		1	3	23,5	16,2	6,3	1	9,24
47	1	5	4	1	0,94	0,59	46	24,4	3	6				7				2		1	3	17,7	13,4	6,14	1	7,68
48	1	5	4	1	1,05	0,62	48,2	28,8	3	5				7				2		1	4	23,6	16,4	5,1	1	8,3
49	1	6	2	1	0,81	0,56	48	28,4	2	7				8				2		2	4	19,4	13,4	5	1	8,5
50	1	5	5	1	0,75	0,50	50,6	30,4	3	8				12				2		1	5	20,8	12,8	4,64	1	7,5
51	1	6	2	1	1,12	0,78	40,1	26,2	3	4				6				3		2	3	16,3	12	5,2	1	7,74
52	1	5	3	1	0,97	0,60	37,6	24,6	2	4				5				2		1	4	18,8	13,2	5,84	1	8,54
53	1	5	4	1	0,98	0,60	44,2	29,8	5	10				19				4		3		0	0	4,1	1	7,4
54	2	5	4	1	1,05	0,67	44,4	25,2	3	5				7				2		1	6	17,2	14,4	6,3	1	9,1
55	1	5	4	1	0,96	0,71	56,4	31,4	2	6				8				2		1	5	17,6	12,6	5	1	8,1
56	2	5	4	1	1,03	0,78	47,2	30,2	2	7	5			13	5			2		2	4	19,6	12,6	5,5	1	9,6
57	1	5	3	1	0,91	0,63	47,8	30,6	3	6				8				2		1	4	25,7	14,4	5,3	1	8,5
58	1	6	3	1	0,84	0,65	53,2	32	3	6				7				1		1	11	23,8	12,4	4,7	1	7,4
59	1	5	4	1	0,98	0,69	48,8	30,4	3	7				6				1		1	12	22,2	14,4	4,4	1	7,3

60	1	6	3	1	0,92	0,64	33,5	23,2	3	4			7			2	1	2		13,6	11,6	5,8	1	8,38
61	1	5	2	3	1,07	0,72	43,4	27	3	4			8			2	1	6		23	16,2	5,7	1	8,5
62	1	5	2	1	1,06	0,71	41	27,2	3	5			6			2	1	4		17,6	13	6,1	1	8
63	1	5	3	1	1,17	0,80	43,6	29	3	5			6			2	1	3		19,8	14,6	5,7	1	8,16
64	1	6	3	1	0,78	0,65	50,6	29	3	7			9			2	1	7		28,6	16	5	1	8,4
65	1	5	2	1	1,01	0,76	53	32	3	7			7			1	1	10		30,6	16,6	5,2	1	8,3
66	1	5	3	1	0,83	0,63	47,4	33,4	3	6			6			1	3	2	19	21,6	18,6	4,8	1	7,4

OCI	Typen	Keimung und Keimblätter					Habitus										Blütenstand					Blü			
		Keimd [Tage]	Keimf.	Kot.-F.	Kot.-B.	Kot.-L.	Pflzhoh	Bush	Verzw	Holz			Nod				Blue_a	Blue_hor	Cofl_no	Hauptfl-L	Wirtel	Kelchl.	Haare im Kelch	Kronbl	
67	3	5	4	4	0,92	0,72	45,6	30,4	3	6	5	6	5	6	6	2	1	6	22,2	16,8	5,2	1	8,3		
68	1	5	3	1	0,83	0,68	57,4	33	3	7			7			2	1	10	29,8	17	5,4	1	8,1		
69	1	5	4	1	1,02	0,70	41,9	25,6	3	4			6			2	1	3	15,4	12,6	5,9	1	8,68		
70	1	6	3		1,18	0,76	38,4	23,8	3	4			7			2	1	3	20,7	16,2	6,2	1	8,3		
71	1	6	3	1	1,02	0,70	31,4	15,6	3	5			5			3	1	2	16,2	16,4	6,6	1	8,72		
72	2	5	3	1	1,16	0,74	38,6	21,6	2	4			6			2	1	3	20,2	14	7,24	1	9,9		
73	1	5	4	1	0,86	0,60	53,2	28,4	3	9			16			3	4	2	17	12,6	10,5	4,3	1	7,7	
74	1	5	5	1	0,86	0,60	55,4	27,6	3	7			10			2	1	7	28,2	15,8	5,5	1	8,8		
75	1	6	3	1	0,83	0,63	47,8	29,6	3	6			6			2	1	12	24	13,4	5,2	1	8		
76	2	6	3	1	0,93	0,63	34,4	24,8	2	4	1		6	6		3	1	1	12,2	11	5,3	1	8,8		
77	2	6	3	1	0,93	0,69	40,4	27,6	2	5	5		7	7		2	1	4	15,8	13,2	5,5	1	8,36		
78	1	5	2	1	1,23	0,78	33	18,8	3	5			7			2	1	4	17,8	15	5,4	1	7,7		
79	1	6	3	1	1,23	0,76	28,8	20,6	3	4			7			2	1	2	16,4	15	6,1	1	8,4		
80	2	5	3	1	0,79	0,56	43,4	29,4	2	6	5		10	6		2	4	3	4	20,2	13,4	5	1	8,2	
81	1	6	2	1	0,55	0,48	26,4	24,2	3	6			5			2	1	7	14	8,8	3,6	1	6,6		
82	1	8	2	1	0,69	0,53	47,6	29,8	2	10			10			4	1	13	11,8	14	3	0	3,7		
83	2	5	3	4	1,04	0,67	48,4	28,8	3	7	7		8	10		2	1	9	19,8	15,8	4,8	1	8		
84	1	5	3	1	1,18	0,79	40,8	24,2	3	4			6			2	2	2	20,8	15,2	5,8	1	8,2		
85	1	6	2	1	0,43	0,32	30,8	26	3	9			8			3	1	13	10,4	14,4	3,1	1	3,8		
86	3	5	3	4	0,97	0,72	47,6	30,6	3	6	4	5	5	6	5	1	1	7	20,4	13,8	4,8	1	8,1		
87	1	5	3	1	0,87	0,57	22,4	17,6	3	4			5			2	1	3	12,7	14,2	5,9	1	7,9		
88	1	5	4	1	0,80	0,57	53,6	31,2	3	4			6			2	1	5	25,2	16,6	4,6	1	8,2		
89	1	5	3	1	0,79	0,60	56,8	28,8	3	7			6			1	1	10	24,8	13,8	4,5	1	7,3		
90	2	5	2	3	1,07	0,68	52,6	29,6	3	5	5		7	7		2	1	7	20,4	15	4,8	1	8,3		
91	1	5	5	1	0,68	0,51	54,6	26,4	3	6			6			2	1	7	22,8	13,4	4,6	1	7		
92	1	5	5	1	0,71	0,55	52,8	29,6	3	6			6			1	1	13	22,2	13	4,4	1	7,3		
93	1	5	4	3	1,04	0,80	62,6	33,2	3	4			6			2	1	8	24,6	15,4	4,6	1	8,6		
94	3	6	3	3	0,91	0,68	55	32,8	3	4	7	7	4	7	7	1	1	6	5	32,6	18,2	5,4	1	8,9	
95	1	5	4	1	0,98	0,73	47,8	29,2	3	6			6			1	1	13	29,2	17	5,1	1	8,3		
96	2	5	3	1	0,84	0,60	43,4	26,8	3	5	6		4	7		2	1	5	20,2	12,6	5,1	1	8,8		
97	1	5	3	1	0,82	0,60	50,8	27,4	3	7			9			1	1	7	24,6	13,8	5,04	1	8,2		
98	2	6	2	1	0,84	0,70	50	29,2	3	7	8		7	8		1	1	9	26,8	17,4	5,6	1	8,1		
99	2	5	4	1	0,89	0,69	45,4	27,6	3	5	7		7	6		1	1	7	28,8	18,4	5,3	1	8,5		
100	1	5	3	1	0,85	0,64	21,8	22,4	5	10			15			3	1	25	0	0	3,9	1	7,6		
101	1	5	3	1	0,92	0,63	24,2	28,2	5	10			15			3	4	2	21	0	0	4,2	1	7,9	
102	1	5	4	1	1,05	0,69	46	29	3	5			8			2	1	5	16	13	5,4	1	8,5		
103	1	6	3	1	0,82	0,50	33,2	31,2	3	5			6			1	1	13	20,2	19,2	3,2	1	5,4		
104	1	5	4	1	0,80	0,63	58,4	29,8	3	6			5			1	1	10	29,8	18,2	4,7	1	7,3		
105	1	5	3	1	0,68	0,54	62,2	36	3	6			6			1	1	12	31,4	21,6	5	1	7,5		
106	1	7	2	1	0,76	0,55	43,2	29,4	2	5			7			3	1	3	18,8	13,2	5,4	1	8,4		
107	2	5	2	1	0,85	0,60	50,6	31,6	3	7	9		7	17		2	3	2	7	4	15,2	12,6	4,4	1	7,3
108	1	5	3	1	0,84	0,62	60	31,2	3	7			7			1	1	13	28,8	20	4,5	1	7,3		

109	1	5	3	3	0,96	0,72	61,4	31,2	3	3			6			2	1	9	27,8	16,6	4,5	1	7,8
110	1	5	5	1	0,88	0,58	32,4	30,8	3	5			6			1	1	13	20,2	19,2	3,4	1	5,3
111	1	7	2	1	0,44	0,33	57	28	2	8			17			5	1	8	11,4	13,4	2,75	0	4,325
112	1	5	3	1	0,90	0,63	38,2	21,4	3	5			8			1	1	6	14,2	11,6			
113	1	5	3	1	1,16	0,78	29,4	20,8	3	4			8			3	2	3	11,4	13,4	6,2	1	9
114	1	5	2	1	0,95	0,66	38	22,6	3	6			7			2	1	3	19,2	16	5,6	1	8,08
115	1	6	1				48	31,25	3	5			10			5	1	17	10,25	10,6	4,5	0	4,1
116	1	5	3	1	0,94	0,68	33,8	26,2	3	5			7			2	1	5	16	13,8	4,6	1	8,1

OCI	Typen	Keimung und Keimblätter					Habitus										Blütenstand					Blü		
		Keimd [Tage]	Keimf.	Kot.-F.	Kot.-B.	Kot.-L.	Pflzhoh	Bush	Verzw	Holz			Nod				Blue_a	Blue_hor	Cofl_no	Hauptfl-L	Wirtel	Kelchl.	Haare im Kelch	Kronbl
117	3	5	3	4	1,03	0,71	47,6	29,4	3	7	4	5	6	5	7	1	3	2	7	24,4	15	4,9	1	8,3
118	1	5	3	1	0,85	0,58	51,2	26,4	3	6			8			2		1	5	18,6	12,4	4,7	1	7,5
119	1	7	2	1	0,72	0,43	57,6	27,4	2	3			9			5		1	7	12,4	17	3,75	0	4
121	1	5	1	1	0,70	0,47	35,2	37,8	3	9			9			3		1	13	14,6	15,4	2,88	1	3,88
122	1	9	1	3	0,72	0,46	63,2	39,2	2	6			14			5		1	9	11,2	15	4,5	0	4,04
123	1	5	2	4	1,05	0,72	69,6	31,8	3	6			7			1		1	7	28	15,6	5,2	1	8,8
124	1	5	2	3	0,90	0,72	51,2	32,8	3	4			7			2		1	11	22,4	14,4	5,1	1	8,3
125	1	5	3	3	1,08	0,76	57	35,2	3	5			6			1		1	9	27,8	15,8	5	1	7,9
126	1	5	4	3	0,91	0,72	53,2	30,6	3	6			6			1		1	13	23,4	17,4	4,5	1	8,4
127	2	5	4	3	0,96	0,71	51,8	31,8	3	3	5		7	6		1		1	11	28,4	17,2	4,5	1	8,2
128	2	5	4		0,95	0,69	52,8	30,2	3	3	6		4	6		1		1	7	25,2	16,2	4,8	1	8,5
129	2	5	4	3	0,95	0,73	40,2	30,2	3	5	3		6	4		1		1	10	19,6	16,8	4,4	1	7,8
131	1	6	2	1	0,82	0,65	38,6	26	3	6			5			1		1	8	24	13,2	4,1	1	7
132	1	7	1	1	0,65	0,44	50	38,4	2	8			9			4		1	13	12,2	13,8	2,88	0	3,6
133	1	7	1	1	0,73	0,57	28,2	27,2	3	8			6			2		1	4	16,4	13,2	5	1	8,2
135	1	5	2	1	0,88	0,64	39,6	23,8	3	9			9			3		1	3	13,6	12	4,9	1	7,9
136	1	6	1	1	0,73	0,56	37,8	24,6	3	7			9			3		1	3	13,8	11,6	4,9	1	9
137	1	8	2		0,79	0,51	23,6	24,4	3	6			10			5		1	3	0	0	3,14	0	4,1
138	1	5	3	1	0,68	0,59	31,8	23,8	3	8			7			2		1	4	17,8	13,2	5,2	1	8
139	1	14	2		0,64	0,46	33,4	25,6	2	9			9			4		1	6	11,8	12,4	2,925	0	4,14
140	1	6	2	1	0,75	0,57	38,8	25,2	3	9			9			3		1	4	16,6	13,2	5,1	1	8,3
141	1	5	3	1	0,88	0,73	36,4	23,2	3	9			8			2		1	5	20,2	14,4	5,3	1	7,74
142	1	6	2	1	0,80	0,63	28,8	24,2	3	7			7			2		1	4	16,8	13,6	5	1	7,9
143	1	6	2	1	0,77	0,61	36,2	22,6	2	10			11			2	4	2	3	13,2	12,2	4,8	1	8,3
144	1	6	3	1	0,75	0,61	34,8	23,6	2	5			5			2		1	3	19,8	17,6	4,76	1	8,1
146	5	6	4	4	1,09	0,78	33,4	25,4	3	4	4	5	5	8	5	6	8	5	2	14	13,4	6	1	8,46
145	1	6	4	1	0,50	0,35	31,8	23,2	2	8			7			4		1	5	10	11,8	3,58	0	4,06
147	1	5	2	1	0,99	0,66	37,4	26	3	5			6			1		1	9	15,6	14,6	4,5	1	8,1
148	1	5	3	1	0,80	0,64	35	23,2	3	7			6			2		1	5	20,6	16,2	5,8	1	8,5
149	1	5	2	1	0,72	0,57	28,4	22,2	3	7			6			2		1	3	17	16,2	5,1	1	7,8
150	1	6	2	1	0,73	0,59	31,2	23	3	8			7			2		1	2	15,6	14,4	5,3	1	8,4
151	1	7	1		0,80	0,44	33,6	22,8	2	5			12			8		2		7,8	13,4	3,82	0	3,54
152	1	9	1		0,57	0,43	24	21,2	2	5			8			6		1	3	0	0	2,94	0	4,24
153	1	7	2	1	0,90	0,56	28,8	22,2	1	5			14			7		1			13,4	3,66	0	3,9
154	1	18	1	1	0,63	0,48	28,8	18,6	2	4			1			8		3		0	0			
155	1	5	5	1	0,69	0,46	33,4	31	3	5			6			1		1	13	20,6	19,4	3,3	1	5,6
156	1	5	4	3	1,03	0,71	62	34	3	3			7			1		1	8	27,4	18	5,3	1	9
157	1	5	1	3	1,02	0,76	65,2	34,6	3	6			7			2		1	7	28,2	15,8	5,5	1	9,6
158	1	5	2	3	1,15	0,87	62,6	31,2	3	3			5			1		1	8	25,2	16,2	4,8	1	8,6
159	1	5	2	1	0,68	0,53	50,8	30,2	3	5			6			2		1	8	22,4	12,6	4,9	1	7,4
160	1	5	3	1	0,82	0,66	41,6	23,8	3	8			8			3		1	2	20,2	15,4	5,1	1	8,3
161	1	5	2	5	0,95	0,65	48	28,6	3	3			8			3		1	4	13,8	9,8	4,6	1	7,7

162	2	5	2	1	1,21	0,91	56	30	3	5	4		5	6		2	1	7	24,6	14,8	5,2	1	8,6		
163	2	5	4	1	0,98	0,70	44,6	29,6	3	4	5		5	5		1	1	8	18,8	14,6	4,7	1	7,6		
164	1	5	3	3	1,07	0,78	62,8	32	3	5			9			1	1	7	16,4	12,2	4,8	1	8,1		
165	2	5	3	1	1,05	0,69	55,8	29,4	3	8	4		8	5		2	4	3	10	7	24,6	16,6	4,36	1	7,4
166	2	7	2	1	0,98	0,69	45,4	31,6	4	3	12	13	18	21		3	0	3	8		0	0	4,5	1	7,7
167	1	5	5	1	0,89	0,58	47,4	33,8	4	14			22			4	6	2	n.u.		0	0	4,16	1	7,2
168	1	5	4	1	0,96	0,68	48,6	29,2	3	6			7			2		1	5		18	11,8	4,8	1	7,8
169	1	5	5	1	1,00	0,66	36	26	3	6			7			1	1	5			19,8	18,2	4,6	1	8,5

OCI	Typen	Keimung und Keimblätter					Habitus										Blütenstand					Blü				
		Keimd [Tage]	Keimf.	Kot.-F.	Kot.-B.	Kot.-L.	Pflzhoh	Bush	Verzw	Holz			Nod				Blue_a	Blue_hor	Cofl_no	Hauptfl-L	Wirtel	Kelchl.	Haare im Kelch	Kronbl		
170	1	5	5	1	21,16	0,63	65,8	37,6	3	6				6				1		1	8	25,2	16	4,96	1	8,4
171	1	5	4	1	0,88	0,63	35,6	30,6	3	5				4				1		1	8	19,6	11,6	4,3	1	7
172	2	5	5	1	1,03	0,69	40,6	26	3	5	5		6	6			2		1	3	17,9	14,8	5,6	1	8,6	
173	2	5	4	1	1,18	0,75	44,6	32,6	3	7	3		9	6			3		2	2	14,6	13	6,04	1	8,5	
174	1	5	3	1	1,01	0,73	51,8	26,4	3	6				8			1	4	3	6	22	13,4	4,7	1	7,3	
175	1	5	5	1	0,95	0,65	63,6	33	3	11				15			1	4	3	23	25,6	16	4,9	1	7,5	
176	2	5	3	5	1,00	0,69	44,2	27,4	3	3				5			2		1	4	24	13,4	4,8	1	7,7	
177	1	5	3	1	0,95	0,63	33,6	26	3	5				5			1		1	4	17	17,4	4,9	1	8,2	
178	1	5	4	1	0,76	0,47	32,4	30,8	3	5				6			1		1	13	21,4	19	3,4	1	5,5	
179	1	5	4	1	0,75	0,55	35	29,6	3	5				4			1		1	8	19,6	11,6	4	1	7,2	
180	1	5	3	1	1,04	0,72	46,4	28	2	4				5			2		1	4	21,6	15,8	5,8	1	8,08	
181	1	5	4	1	0,96	0,65	62	35,8	3	6				9			2		1	8	23	14,6	4,72	1	8,56	
182	1	9	1		0,66	0,42	58	35,2	2	5				6			5		1	5	11,4	14,6	3,5	0	4,18	
183	2	5	3	1	1,01	0,69	53,4	32,6	3	4	10	12		16	22		3	0	3	23	11	7,4	4,4	1	7,8	
184	1	5	3	1	0,79	0,57	35,2	30,4	3	5				4			1		1	8	19,6	11,6	4,3	1	7,4	
185	1	5	2	1	0,93	0,63	41,2	28,4	3	4				4			2		1	4	18,6	14,8	5,6	1	8,1	
186	2	5	4	1	1,09	0,75	48,6	30,2	3	5	5		5	5			2		1	9	21,8	16	5,06	1	8	
187	1	5	5	1	1,07	0,79	42,2	22	3	4				5			1		1	4	19	12,4	4,3	1	8,3	
188	1	6	1	1	0,77	0,51	67,6	45,8	3	12				11			3		1	9	26	31,4	3,8	1	6,7	
189	1	6	3	1	0,63	0,39	64	40,8	2	7				14			5		1	12	12,6	16,8				
190	1	5	3	1	1,04	0,79	66	35,2	3	6				7			2		1	9	24,6	15,6	4,6	1	8,1	
191	1	5	4	1	0,75	0,46	33,6	30,6	3	5				6			1		1	13	20,6	20,2	3,1	1	5,3	
192	1	5	3	1	0,83	0,58	35	30,6	3	5				4			1		1	8	19,6	11,6	4,3	1	7,1	
193	1	6	2	1	0,99	0,74	40,2	27	3	6				5			3		1	3	21	15,8	5,4	1	8,5	
194	1	5	3	1	1,05	0,76	31	24,6	3	6				5			1		1	2	17,8	16	4,9	1	7,74	
195	1	5	3	3	1,14	0,85	66,4	33,8	3	4				6			2		1	9	28	17,2	5,4	1	8,7	
196	1	6	2	1	0,78	0,61	29,6	25,2	3	6				5			1		1	3	17	16,4	5,4	1	8,1	
197	1	6	2	1	0,83	0,63	38,6	23	3	7				6			2		1	3	18,6	16	5,4	1	8,1	
198	1	5	4	5	0,91	0,63	39,6	27,2	3	3				7			3		1	4	16,6	13,2	4,8	1	7,3	
199	2	5	4	1	0,89	0,62	27,8	26,4	5	4	5			7			3	5	2		0	0	4,5	1	7,6	
200	1	6	2	1	0,87	0,59	32	34,6	4	6				8			5		1	10	0	0	5	0	4,22	
201	3	5	3	1	1,02	0,76	53,8	31,6	3	8	7	6		9	8	7	1		1	10	23,4	15,4	5,24	1	8	
202	1	5	5	1	1,17	0,81	64,2	32	3	7				10			1		1	7	30,8	17,6	4,5	1	7,9	
203	1	5	5	1	1,12	0,83	45	27,8	3	4				6			1		1	7	20,8	14,8	4,3	1	8	
204	1	5	4	1	0,71	0,60	21,6	27,2	7	10				15			3	4	1	27	0	0	4,6	1	7,6	
205	1	5	2	1	1,03	0,75	34,2	24,4	3	4				8			2		1	13	4,6	7,8	4,3	1	7,3	
206	1	5	4	1	1,25	0,78	35,6	21,6	3	6				5			3		2	2	16,6	18,4	5,6	1	8	
207	1	5	3	1	1,21	0,78	45,2	26,4	2	4				7			2		1	2	17,8	15,2	6,1	1	8	
208	1	5	3	1	1,49	1,03	33,2	25,6	3	5				6			3		1	2	15,8	13,2	5,8	1	9,3	
209	2	7	2	1	1,03	0,66	39,8	27	3	5	3		5	6			3		1	4	19	15,6	5,5	1	8,5	
210	1	5	3	1	1,23	0,87	36,5	21,6	2	5				7			2		1	2	15,3	13,6	5,8	1	9,3	
211	1	7	2	1	0,72	0,48	32,8	21	2	5				12			8		2		8,5	13,5	4,2	0	4,4	

212	1	5	4	1	0,88	0,68	40,8	22	3	5			8			1		1	5		12,6	11	4,3	1	8,1
213	1	5	4	1	0,86	0,56	33,2	30,6	3	5			6			1		1	13		21,4	19	3,2	1	5,7
214	1	5	3	1	1,34	0,94	59,4	36,2	3	5			5			1		1	7		27,4	16,8	4,4	1	7,5
215	1	5	3	1	0,73	0,51	35,6	30,8	3	5			4			1		1	8		19,6	11,6	4,1	1	7,1
216	2	5	3	1	1,13	0,75	41,9	25,4	2	5	5		6	8		3		1	2		16,3	14,4	5,64	1	9,1
217	1	5	3	1	1,07	0,74	34,2	27	3	5			5			1		1	4		18,8	18,2	4,6	1	8,2
218	1	5	3	1	1,07	0,78	45,4	28,2	3	5			6			1		1	5		24	13,4	4,8	1	8,4
219	2	5	3	3	1,14	0,85	54,6	35	3	6	7		12	9		1	4	2	14		20,2	14,4	4,9	1	8,1

OCI	Typen	Keimung und Keimblätter					Habitus										Blütenstand					Blü				
		Keimd [Tage]	Keimf.	Kot.-F.	Kot.-B.	Kot.-L.	Pflzhoh	Bush	Verzw	Holz			Nod				Blue_a	Blue_hor	Cofl_no	Hauptfl-L	Wirtel	Kelchl.	Haare im Kelch	Kronbl		
220	1	5	3	1	1,08	0,76	12,2	11	3	4				6				2	1	7	18,5	16,5	5,5	1	9,3	
221	1	7	2	1	0,93	0,64	49,6	28	3	5				6				2	1	4	18,4	11,2	4,6	1	9,1	
222	1	7	2	1	0,64	0,38	47,6	15,2	1	5				9				4	2		0	0	3,8	1	4,4	
223	1	7	2	1	0,91	0,63	41,4	30,8	3	5				5				3	1	6	13,8	13	4,2	1	7,6	
224	1	7	2	1	0,98	0,64	35,6	27,4	3	7				8				2	1	6	9	9	5	1	7,9	
225	1	5	3	1	0,91	0,64	47,6	28	3	6				9				3	1	6	18,2	13,2	5,1	1	9,2	
226	1	7	2	1	0,99	0,71	53,2	29,4	3	6				5				3	1	5	26	15,8	5	1	8,3	
227	2	5	3	1	1,09	0,86	46,5	27,8	3	4	5			6	6			2	1	3	3	20,4	15,8	6,2	1	8,14
228	1	5	2	1	1,15	0,85	40,8	29,4	3	6				7				2	1	4	20,6	14,4	5,6	1	7,78	
229	1	6	1	1	1,39	0,97	38	23,4	2	4				7				3	2	3	19,6	14,8	6	1	9	
230	2	6	1	1	1,03	0,78	38,5	21,8	2	4	5			4	6			2	1	4	25,3	18,4	6,1	1	8,2	
231	2	5	2	1	0,94	0,72	44,2	25,4	3	4	6			5	9			2	1	6	24,3	16,2	6	1	8,3	
232	2	6	1	1	1,24	0,87	35,7	27,2	2	5	5			8	8			3	2	2	14,5	13,2	5,74	1	8,84	
233	2	6	2	3	1,04	0,73	51	33,8	3	7	3			9	6			1	1	6	26	18	4,4	1	8	
234	3	5	3	1	1,23	0,86	43,8	31	3	5	6	6		5	5	6		1	1	11	19,2	15,8	4,3	1	7,8	
235	1	5	3	1	0,83	0,54	33,4	30,8	3	5				6				1	1	13	21,4	19,4	3,1	1	5,4	
236	1	6	1	1	0,80	0,66	34	28	3	5				5				2	1	6	21,4	13,8	4,3	1	7	
237	4	5	3	3	1,21	0,88	59,8	36,4	3	6	6	5		8	7	11	7	1	1	7	20,2	15,6	5,1	1	8,3	
238	1	6	2	1	1,13	0,85	52,4	30,6	3	6				10				3	5	2	15	18,8	15,8	5,2	1	8,8
239	2	5	3	1	1,02	0,64	31,6	28,4	2	5	7			7	14			3	3	4	19,8	15,6	5,8	1	8,16	
240	2	5	3	1	1,06	0,76	35,2	26,8	2	6	7			10	8			3	2	4	19,2	16,6	5	1	8,3	
242	1	5	4	1	1,26	0,82	53,6	28,6	3	6				9				2	1	4	18,8	13,2	5,2	1	8,9	
243	1	5	4	1	0,94	0,68	37,4	27,2	3	6				6				2	1	8	19,4	12,6	4,4	1	7,2	
244	1	5	3	5	1,02	0,77	46,6	29,8	3	3				6				3	1	6	19,8	13,6	5	1	7,5	
245	1	5	3	5	0,98	0,80	45	29,6	3	3				6				3	1	6	20,2	14,2	4,9	1	7,6	
246	2	5	3	3	1,04	0,80	51	34,8	3	6				5				1	1	12	20	18	14	4,7	1	7,7
247	2	6	3	3	0,92	0,69	44,6	29,2	3	6	6			5	7			1	1	12	22,6	17,6	4,1	1	7,1	
248	1	5	4	3	0,97	0,78	45,8	29	3	4				5				1	1	9	23	15	5,1	1	8	
249	1	5	4	1	0,94	0,70	54,6	27,8	3	6				8				2	5	2	6	21	16,2	4,9	1	8,6
250	2	5	3	1	1,09	0,77	44,2	28,6	3	6				7				1	1	6	23,2	18,4	4,8	1	8,8	
251	1	5	3	5	1,18	0,79	42,8	25	3	3				9				2	1	7	16	11,4	4,6	1	7,6	
252	1	5	3	1	1,13	0,78	31	25,2	2	5				10				3	1	12	8,2	9,6	5,1	1	8,2	
253	1	5	3	1	1,32	0,82	42	28,4	3	6				7				3	1	7	11,2	13	5	1	7,9	
254	1	5	3	1	1,23	0,83	37,8	28,4	3	7				11				3	1	14	5,6	7,4	4,5	1	7,8	
255	1	5	3	1	0,97	0,70	32,9	21	3	7				6				3	1	2	17,2	15,4	5,1	1	8,3	
256	2	5	4	1	0,98	0,65	54,2	36,2	3	4	15	6		27	10			3	0	3	11	4,2	11	4,3	1	7,5
257	2	5	4	1	1,02	0,75	27,6	30,4	5	3	8	4		17	5			3	7	3	7	5,4	4	4,2	1	7,3
258	1	5	3	1	1,18	0,76	48,8	33,2	4	11				18				4	2	n.u.		0	0	4,2	1	8,1
259	1	5	3	1	1,07	0,75	49,6	30,4	2	5				5				2	1	6	28	16,8	4,9	1	9	
260	1	6	3	1	1,23	0,89	41,8	24,4	3	5				6				2	1	3	22	15,6	5,8	1	8,6	
261	1	7	1	1	0,81	0,60	35,2	22	2	4				6				3	1	3	15,4	14,2	5,2	1	7,9	
262	1	6	2	1	1,12	0,79	46,2	26,2	2	7				10				3	4	2	3	21,4	15,2	5,3	1	9,1

263	1	5	3	1	1,15	0,81	51	30	3	5			5			1		1	7		25,4	18,8	5,1	1	8,9
264	1	6	3	1	0,58	0,42	33,2	35,2	3	7			9			4		1	9		0	0	3,3	1	4,25
265	1	6	2	1	0,62	0,41	21	18	3	7			7			3		1	5		0	0	2,6	0	3,8
266	2	6	3	1	1,06	0,76	54,8	32	3	5	5		5	6		1		1	8		24,6	16,4	5	1	8,5
267	1	6	3	1	0,91	0,51	33,4	30,8	3	5			6			1		1	13		21,4	19,4	3,5	1	6
268	1	6	3	1	0,96	0,72	54,4	26,4	2	5			7			3		1	3		21	12,2	4,9	1	7,8
269	1	14	2		0,60	0,45	29,6	20,8	2	9			12			3		1	6		11,3	8,8	3	1	4
7652	1	6	2	1	1,08	0,78	46,2	25,6	3	5			6			2		1	4		19	14	5,4	1	7,8

OCI	Typen	Keimung und Keimblätter					Habitus										Blütenstand					Blü		
		Keimd	Keimf.	Kot.-F.	Kot.-B.	Kot.-L.	Pflzhoh	Bush	Verzw	Holz				Nod		Blue_a	Blue_hor	Cofl_no	Hauptfl-L	Wirtel	Kelchl.	Haare	Kronbl	
D		[Tage]																				im Kelch		
7653	1	7	1		0,57	0,37	31,2	35,2	4	6				6			5	1	15	0	0	4,44	0	4,56
7654	1	14	2		0,57	0,34	69	47	2	6				12			5	1	13	12,2	16,6			
7656	1	7	1	1	0,81	0,67	56	31,4	3	5				7			2	1	5	30,8	19	5,2	1	7,4
7658	1	6	2	1	1,00	0,68	48,4	29,6	3	6				10			1	1	7	23,8	17,2	5	1	8,2
7659	1	6	2	1	1,09	0,68	46,8	26	3	6				7			2	1	3	19,4	12,6	5,4	1	9,3
7660	1	6	3		1,15	16,18	42	27	3	4				6			2	1	3	18,6	14,2	5,2	1	8,8
7661	1	6	2	5	0,83	0,58	40,2	25,4	3	4				7			2	1	4	21,4	13,6	4,8	1	7,8

tendetails			
Innstaubl	Anhg	Haar	Ausstbl
		anhg	
9,2	1	1	11
7	1	1	9,7
9,7	1	1	10,3
6,125	1	1	7,3
7,6	1	1	9,7
5,5	1	1	7,4
8,1	1	1	10,8
7	1	1	9,4
8,4	1	1	10,7
7,8	1	1	10,2
9,1	1	1	11,54
8,1	1	1	10,8
8,5	1	1	11,1
8,2	1	1	11,3
8,6	1	1	10,9
8,2	1	1	11,8
8,2	1	1	11
9,1	1	1	11,2
7,75	1	1	10,9
8,4	1	1	11,1
5,5	0		7,2
8,8	1	1	11,2
3,9	0		4,14
3,6	0	0	4,3
4,2	1	1	5,4
9	1	1	10,64
7,9	1	1	9,4
8,3	1	1	11,2
7,66	1	1	10,4
7,4	1	1	9,9
8,3	1	1	11,2
8,1	1	1	10,8
7,3	1	1	9,2
6,9	1	1	9,44
8	1	1	10,6
6,5	1	1	8,1
7,3	1	1	11
7,8	1	1	10,6
8,7	1	1	11,4
8,42	1	1	11,2
6,8	1	1	9
6,7	1	1	8,7

7,42	1	1	10,1
8	1	1	11
7,4	1	1	10,2
7,6	1	1	10,7
8,1	1	1	11,3
8,1	1	1	11,5
7,1	1	1	9,8

Itemdetails			
Innstaubl	Anhg	Haar	Ausstbl
		anhg	
8,1	1	1	10,3
8	1	1	11
8,44	1	1	10
7,8	1	1	10,54
7,8	1	1	10,8
8,2	1	1	12,1
7,3	1	1	9,5
9,2	1	1	11,7
7,8	1	1	10,9
7,9	1	1	10,8
7,9	1	1	10,2
7,4	1	1	10,18
7	1	1	10,26
8	1	1	10,8
6,1	1	1	7,3
3,4	0		3,9
9,1	1	1	11,1
8,36	1	1	10,7
4,1	1	1	5,5
8,4	1	1	10,8
7,5	1	1	9,6
9,7	1	1	11,8
6,7	1	1	8,9
8,8	1	1	11,7
6,5	1	1	8,1
6,7	1	1	8,8
8,5	1	1	11,6
8,6	1	1	11,7
8,3	1	1	11,3
8,4	1	1	10,9
8,2	1	1	10,9
8,4	1	1	11
8,3	1	1	11,5
5,4	1	1	8,4
6,8	1	1	9,1
8,2	1	1	11
5,6	1	1	7,4
6,3	1	1	8,6
6	1	1	9
8,1	1	1	10,8
6,2	1	1	8,6
6,4	1	1	9

7,9	1	1	10,4
5,4	1	1	7,5
4	0	0	3,75
8,7	1	1	11,3
7,7	1	1	10,7
4,1	1	1	5,56
7,8	1	1	10,4

Itemdetails			
Innstaubl	Anhg	Haar	Ausstbl
		anhg	
7,8	1	1	10,8
7,1	1	1	9,6
3,9	1	1	4,7
4,5	1	1	5,4
4,2	1	1	5,6
9,3	1	1	12
8,5	1	1	11,2
8,1	1	1	11,3
8,5	1	1	10,4
8	1	1	10,5
9,2	1	1	11,6
8	1	1	10,5
6,7	1	1	8,6
5,12	0		5,5
8	1	1	10
7,4	1	1	9,6
7,8	1	1	10,8
4,3	0		4,3
8,3	1	1	9,7
3,12	0		3,8
8,2	1	1	10,6
8,1	1	1	10
8	1	1	9,8
8,1	1	1	9,9
7,8	1	1	9,6
7,9	1	1	10,8
4,4	0		5,4
8,3	1	1	9,9
6,3	1	1	8,6
8	1	1	9,9
8	1	1	10,2
3,5	1	1	4,1
4,6	0		4,84
5,3	1	1	5,7
6,1	1	1	7,6
9,6	1	1	12,1
9,6	1	1	12,5
9,3	1	1	11,5
5,9	0	1	8,4
8	1	1	10,8
7,2	1	1	9,4

8,8	1	1	11
8,1	1	1	10,6
8,4	1	1	10,4
7,5	1	1	9,5
5,8	1	1	7,7
5,9	1	1	7,9
7,3	1	1	10,4
8,2	1	1	10,4

tendetails			
Innstaubl	Anhg	Haar	Ausstbl
		anhg	
9,7	1	1	11,6
6,9	1	1	8,8
7,4	1	1	10,6
8,46	1	1	10,7
7,7	1	1	9,8
7,1	1	1	9,5
8,2	1	1	10,4
7,8	1	1	9,9
5,3	1	1	7,8
6,6	1	1	9,2
7,6	1	1	10,3
9,9	1	1	11,5
3,94	1	1	5,1
6,4	1	1	8,9
7,2	1	1	8,9
7,4	1	1	9,6
8,9	1	1	11
7,8	1	1	10,5
7,8	1	1	11
9	1	1	11,2
5,2	1	1	7,5
6,7	1	1	8,7
7,9	1	1	10,4
7,5	1	1	10,5
9,1	1	1	11,9
8,4	1	1	10,3
8	1	1	10,3
7,4	1	1	10,3
6,9	1	1	9
3	0	0	4,1
7,8	1	1	10,4
8,9	1	1	11,3
7,4	1	1	10,2
6,7	1	1	8,7
7,9	1	1	10
7,7	1	1	9,6
8	1	1	10,4
8,4	1	1	11,7
7,4	1	1	10,2
7,8	1	1	10,9
4,4	1	1	5,2

7,7	1	1	10,5
5,4	1	1	7,4
8,9	1	1	10,9
6,7	1	1	8,8
8,14	1	1	11,1
7,7	1	1	10,3
8	1	1	11,1
8,4	1	1	10,5

tendetails			
Innstaubl	Anhg	Haar	Ausstbl
		anhg	
8,6	1	1	11,5
8,2	1	1	11,2
3,8	1	1	5,4
8	1	1	10,7
8,2	1	1	10,2
7,9	1	1	11,1
7,9	1	1	10,9
7,9	1	1	10,1
7,9	1	1	10,3
7,1	1	1	10
8,34	1	1	10,8
8,7	1	1	10,8
7,7	1	1	10,7
8,7	1	1	11
8,5	1	1	11
5,3	1	1	7,5
6,9	1	1	8,8
8,4	1	1	10,7
8,4	1	1	10,8
7,64	1	1	9,62
7,6	1	1	10
7,8	1	1	11
7,1	1	1	9,4
7,8	1	1	10,2
7,7	1	1	9,6
7,9	1	1	10,2
7,3	1	1	9,6
7,9	1	1	10,6
9,6	1	1	11,1
8,4	1	1	10,6
8	1	1	9,4
8,5	1	1	11
7,8	1	1	10,3
8,5	1	1	10,6
7,7	1	1	10,5
6,9	1	1	9
6	1	1	7,9
6,9	1	1	9,1
8,4	1	1	10,6
8,1	1	1	11,2
7,5	1	1	10,1
7,4	1	1	10,6

8,8	1	1	11,2
4,4	0		4,9
4,3	0		4,9
9,2	1	1	11,3
5,4	1	1	7,6
7,3	1	1	10,1
4,8	0		5
7,56	1	1	9,6

tendetails			
Innstaubl	Anhg	Haar	Ausstbl
		anhg	
3,5	0	0	4,1
7,4	1	1	9,2
8,5	1	1	10,9
8,2	1	1	11,2
7,5	1	1	9,9
7,6	1	1	10,2

OCI	Typen	Blütenfarbe																																
		Infif				Calo				Calu				Frucalo				Frucalu				Anth	Coruf				Corof							
D																						_farb												
1	1	1				1				1					1						1	1							1					
2	2	1				1				1					1						1	1							1					
5	1	1				1				1					1						1	1							1					
8	1	2				6				1					2						1	3	3					6						
15	1	1				1				1					1						1	1						1						
21	1	2				6				1					2						1	3	3					6						
23	1	8				7				4					4						1	1						3						
24	2	1				1				1					1						1	1						1						
25	1	1				1				1					1						1	1						1						
26	1	5				7				5					1						1	1						3						
27	1	1				1				1					1						1	1						1						
28	1	1				1				1					1						1	1						1						
29	1	5				6				4					5						1	3						4						
30	1	1				1				1					1						1	1						1						
31	1	8				8				8					8						1	1						7						
32	2	8				8				6	8				4	7					1	6						3	8					
33	1	1				1				1					1						1	1						1						
34	1	1				1				1					1						1	1						1						
35	1	1				1				1					1						1	1						1						
36	1	8				8				8					7						1	1						6						
38	1																																	
39	2	5	1			4	1			4					1						4	1	1					3						
40	1	1				1				1					1						2	7						7						
41	1	5				5				1					4						1	3						5						
42	1	4				4				1					2						2	1						2						
43	1	1				1				1					1						1	1						1						
44	1	1				1				1					1						1	1						1						
45	1	1				1				1					1						1	1						1						
46	1	1				1				1					1						1	1						1						
47	1	1				1				1					1						1	1						1						
48	1	1				1				1					1						1	1						1						
49	1	1				1				1					1						1	1						1						
50	1	1				1				1					1						1	1						1						
51	1	1				1				1					1						1	1						1						
52	1	1				1				1					1						1	1						1						
53	1	1				1				1					1						1	1						1						
54	2	1				1				1					1						1	1						1						
55	1	1				1				1					1						1	1						1						
56	2	1	8			1	7			1	7				4						4	4						1	7					
57	1	1				1				1					1						1	1						1						
58	1	4				5				4					4						1	1						3						
59	1	2				4				1					1						1	1						1						

60	1	1			1			1				1					1	1				1			
61	1	7			7			6				5					1	1				5			
62	1	1			1			1				1					1	1				1			
63	1	1			1			1				1					1	1				1			
64	1	5			6			4				4				1	4	1				4			
65	1	5			6			4				4				1	4	1				4			
66	1	1			1			1				1					1	1				1			

OCI	Typen	Blütenfarbe																								
		Inflf			Calo			Calu			Frucalo			Frucalu			Anth	Coruf			Corof					
																	_farb									
67	3	7	1	8	7	1	8	7	1	7	5	1	6	4	1	5	1	1	1	1	5	1	8			
68	1	5			7			4			4			1							4					
69	1	1			1			1			1			1							1					
70	1	1			1			1			1			1							1					
71	1	1			1			1			1			1							1					
72	2	1			1			1			1			1							1					
73	1	1			1			1			1			1							1					
74	1	6			7			5			4			1							4					
75	1	6			7			4			4			1							4					
76	2	1			1			1			1			1							1					
77	2	1	7		1	7		1	4		1	1		1	1					1	1					
78	1	1			1			1			1			1							1					
79	1	1			2			2			2			2							1					
80	2	1			1			1			1			1							1					
81	1	4			4			2			1			1							3					
82	1	7			7			4			5			4							2	7				
83	2	8	5		8	5		8	4		6	2		6	2					1	1	1	7	4		
84	1	2			2			2			2			2							1			1		
85	1	2			5			1			1			1							1			1		
86	3	6	7	1	6	7	1	4	5	1	4	6	1	1	4	1				1	1	1	1	3	7	1
87	1	1			1			1			1			1							1			1		
88	1	8			8			7			7			2							1			4		
89	1	1			4			1			2			1							1			3		
90	2	8	1		8	1		7	1		6	1		1	1					1	1	1		7	1	
91	1	1			1			1			1			1							1			1		
92	1	4			5			4			1			1							1			3		
93	1	8			8			7			7			1							1			3		
94	3	7	8	7	7	8	7	5	8	5	6	8	5	1	6	1				1	1	7	1	4	8	4
95	1	5			6			4			1			1							1			3		
96	2	6	8		6			5	7		1	4		1	2					1	1	1		3	8	
97	1	7			7			4			1			1							1			3		
98	2	6	6		5	5		4	4		1	1		1	1					1	1	1		3	8	
99	2	7	5		7	6		5	4		5	1		1	1					1	1	1		4	4	
100	1	1			1			1			1			1							1			1		
101	1	1			1			1			1			1							1			1		
102	1	4			6			4			1			1							1			1		
103	1	2			6			1			2			1							3	3		6		
104	1	1			1			1			1			1							1			1		
105	1	1			1			1			1			1							1			1		
106	1	8			8			6			2			1							1			5		
107	2	6	8		5	7		3	5		2	5		1	1					1	1	1		3	5	
108	1	1			1			1			1			1							1			1		

109	1	8		8		7		7		1		1	5		7		
110	1	2		6		1		2		1		3	3		6		
111	1	8		8		8		8		8		2	7		7		
112	1	8		8		6		4		1		1	1		3		
113	1	1		1		1		1		1		1	1		1		
114	1	1		1		1		1		1		1	1		1		
115	1	6		7		5		6		4		2	1		2		
116	1	1		1		1		1		1		1	1		1		

OCI	Typen	Blütenfarbe																																			
		Infif			Calo			Calu			Frucalo			Frucalu			Anth	Coruf			Corof																
																	_farb																				
117	3	8	6	1			7	5	1			5	4	1			5	2	1			4	1	1			1	1	1		5	4	1				
118	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
119	1	5					5					1					5					1					2	1			2						
121	1	4					4					1					1					1					1	1			1						
122	1	7					7					4					7					2					2	1			2						
123	1	8					8					5					7					1					1	1			1						
124	1	8					8					7					7					4					1	1			5						
125	1	8					7					5					6					1					1	1			3						
126	1	7					7					5					5					1					1	1			3						
127	2	8	6				8	6				7	5				6	5				4	1				1	1			6	4					
128	2	8	7				8	7				7	7				6	5				4	4				1	1	1		6	5					
129	2	8	7				8	7				7	4				5	4				4	1				1	5	1		6	4					
131	1	5					6					4					1					1					1	1			4						
132	1	8					8					8					8					8					2	7			7						
133	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
135	1	8					8					5					4					1					1	1			4						
136	1	8					8					5					4					1					1	1			6						
137	1	7					7					5					6					4					2	7			7						
138	1	1					1					1															1	1			1						
139	1	7					7					7					7					7					2	7			7						
140	1	8					8					5					4					1					1	1			6						
141	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
142	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
143	1	7					8					6					5					1					1	1			6						
144	1	7					8					5					1					1					1	1			6						
146	5	1	7	1	6	8	1	7	1	6	8	1	5	1	5	8	1	3	1	4	6	1	1	1	1	6	1	1	2	1	2	2	1	4	1	4	7
145	1	7					5					5					4					1					2	4			4						
147	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
148	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
149	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
150	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
151	1																																				
152	1	6					4					1					4					1					1	4			4						
153	1																																				
154	1																																				
155	1	2					6					1					2					1					3	3			6						
156	1	8					8					7					7					1					1	5			5						
157	1	8					8					8					7					6					1	5			7						
158	1	8					8					7					8					7					1	5			6						
159	1	1					4					1					1					1					1	1			1						
160	1	1					1					1					1					1					1	1			1						
161	1	8					8					8					8					8					1	6			7						

162	2	1	6			1	7			1					1					1	1	2			1	4							
163	2	1	6			1	6			1					2					1					1	1	1			1	4		
164	1	8				8				6					7					1					1	1			4				
165	2	1	1			1				1					1					1					1	1			1				
166	2	1				1				1					1					1					1	1			1				
167	1	1				1				1					1					1					1	1			1				
168	1	1				1				1					1					1					1	1			1				
169	1	8				7				4					4					2					1	1			5				

212	1	8			8			5			4			1			1	1			3			
213	1	2			6			1			2			1			3	3			6			
214	1	7			7			4			6			1			1	1			4			
215	1	1			1			1			1			1			1	1			1			
216	2	1			1			1			1			1			1	1			1			
217	1	8			8			5			4			1			1	1			6			
218	1	8			8			7			6			4			1	1			3			
219	2	8	1		8	1		7	1		7	1		5	1		1	1			6	1		

263	1	8			8				6				5				1				1	1			6			
264	1	8			7				6				7				4				2	7			7			
265	1	1			1				1				1				1				2	6			6			
266	2	8	4		7	4			5	1			5	1			1	1			1	1			3	1		
267	1	2			6				1				2				1				3	3			6			
268	1	1			1				1				1				1				1	1			1			
269	1	6			7				7				5				4				2	7			7			
7652	1	1			1				1				1				1				1	1			1			

OCI	Typen	Blattgröße			Blattfarbe				Blattform				Krh		
		Bl_lang	Bl_breit	Stiell	Bloberf		Blunterf		Bl_woe1		Oberfl			Bl_rnd1	
1	1	5,1	2,9	1,7	3		1		5		2		1		0
2	2				1	3	1		1		1		0	1	1
5	1	4,6	2,1	1,7	3		1		1		1		1		0
8	1	5,3	3,3	2,0	5		1		1		1		3		0
15	1	4,3	2,4	1,6	3		1		1		1		1		0
21	1				5		1		1		1		3		0
23	1	4,3	1,7	1,9	5		1		1		1		3		0
24	2				3	1	1		1		1		1	0	1
25	1	4,2	2,5	1,5	3		1		2		1		1		0
26	1	5,0	2,3	2,2	3		1		1		1		1		0
27	1	4,3	2,5	1,9	3		1		1		1		1		0
28	1	3,7	1,9	1,3	5		1		1		1		1		0
29	1	3,8	1,3	1,4	3		1		2		1		1		0
30	1	6,7	3,9	1,8	3		1		6		2		1		0
31	1	7,0	3,5	2,7	9		10		1		1		3		0
32	2	5,3	3,0	2,5	5	6	8	9	1		1		4		0
33	1	6,7	3,4	1,8	3		1		5		2		1		0
34	1	5,1	2,6	1,5	3		1		1		1		2		0
35	1	5,9	4,7	1,6	3		1		5		2		2		0
36	1	5,6	2,3	2,3	7		9		1		1		4		0
38	1	8,5	5,6	1,3	4		3		1		2		5		0
39	2	4,2	2,2	1,6	5	3	1	1	1		1		0		0
40	1	2,5	1,3	0,8	3		5		4		1		3		0
41	1	6,2	3,0	1,4	2		1		1		1		4		0
42	1	8,8	4,9	2,0	4		3		3		2		4		0
43	1	4,7	2,0	1,8	3		1		1		1		1		0
44	1	5,9	3,2	1,3	3		1		2		2		2		0
45	1	6,3	3,7	1,7	3		1		6		2		1		0
46	1	7,1	5,6	1,3	3		1		7		4		3		0
47	1	5,2	2,4	1,6	3		1		5		2		2		0
48	1	7,8	4,1	2,0	1		1		5		2		3		0
49	1	6,0	2,9	1,3	3		1		5		2		1		0
50	1	3,2	1,6	0,9	3		1		2		1		1		0
51	1	7,4	4,9	1,9	3		1		2		4		5		0
52	1	7,0	3,3	1,6	3		1		5		2		1		0
53	1	0,8	0,4	0,4	1		1		2		1		0		0
54	2	6,6	4,0	1,5	3		1		5	6	2		1	3	0
55	1	5,4	2,8	1,6	1		1		2		2		2		0
56	2	6,8	6,2	4,6	3,3	2,5	1,8	3	6	1	7		2		0
57	1	6,2	3,2	1,9	3		1		5		2		2		0
58	1	4,3	2,0	1,4	3		1		1		1		2		0
59	1	4,0	2,0	1,2	3		1		1		1		2		0

60	1	7,5	5,8	2,6	3				1				7				4				3				0
61	1	7,1	4,1	2,4	6				8				6				4				3				0
62	1	6,4	3,9	1,9	3				1				5				2				1				0
63	1	8,1	4,4	2,3	3				1				5				2				1				0
64	1	5,3	2,0	2,2	3				1				1				1				1				0
65	1	4,6	2,1	1,9	3				1				1				1				1				0
66	1	4,6	1,8	2,0	3				1				2				1				2				0

OCI	Typen	Blattgröße						Blattfarbe						Blattform						Krh													
		Blilang		Blbreit		Stiell		Bloberf			Blunterf			Bl_woe1			Oberfl				Bl_rnd1												
67	3	4,6	5,2	2,1	2,8	2,3	2,0	7	1	10			10	1	10			2	2	1	1	1			1			3	4	3			0
68	1	4,1		1,7		1,4		3					1					1								1						0	
69	1	5,9		3,7		1,4		3					1					6								3						0	
70	1	7,6		5,2		2,6		3					1					6								4						0	
71	1	7,2	6,1	4,4	4,1	1,9	1,6	3					1					5								2						0	
72	2	7,0		4,2		1,9		3					1					6								2	3					0	
73	1	2,2		1,0		0,9		1					1					2								1						0	
74	1	5,4		3,2		2,5		5					1					1								1						0	
75	1	3,9		1,6		1,2		3					1					1								1						0	
76	2	9,2	7,3	6,9	4,4	1,8	2,3	3					1					5	6							3	4					0	
77	2	7,3	7,7	3,6	3,9	1,7	1,7	3	5				1	1				6	5							3	2					0	
78	1	6,5	5,9	5,1	3,0	2,2	2,4	3					1					1								2						0	
79	1	5,1		3,5		1,1		3					1					6								3						1	
80	2	6,1	6,0	3,1	3,1	1,8	1,6	3					1					2								2						0	
81	1	2,9		1,2		1,1		3					1					2								1						0	
82	1	4,2		2,2		2,0		1					1					4								1						0	
83	2	5,0		2,4		2,2		6	3				10	1				1								1						0	
84	1	7,5		4,7		2,0		3					1					6								2						0	
85	1	1,8		0,8		0,9		3					1					2								1						0	
86	3	3,5	3,9	1,6	1,8	1,0	1,5	5	6	3			1	7	1			1								1						0	
87	1	5,9		2,6		1,0		3					1					3								2						0	
88	1	4,4	5,1	1,5	2,2	1,7	2,0	6					6					1								1						0	
89	1	4,7		1,9		1,7		3					1					1								1						0	
90	2	5,1		2,5		2,3		8	3				9	1				1								1						0	
91	1	4,3		1,8		1,0		3					1					1								1						0	
92	1	3,5		1,6		1,1		3					1					1								1						0	
93	1	6,6		3,1		3,0		7					8					1								1						0	
94	3	5,2		2,3		2,0		5	6	5			1	9	1			1								1						0	
95	1	4,0		1,8		1,5		3					1					1								1						0	
96	2	4,2	5,6	2,2	2,5	1,8	2,4	3	5				1	6				1								1						0	
97	1	12,3		1,4		1,9		3					1					1								1						0	
98	2	4,1		1,7		1,7		3					1					1								1						0	
99	2	5,6		2,7		1,5		5	3				1					1								1						0	
100	1	1,4		0,6		0,5		1					1					2								1						0	
101	1	1,6		0,6		0,7		1					1					2								1						0	
102	1	4,5		2,4		1,7		5					1					2								1						0	
103	1	6,5		2,9		2,0		5					1					1								1						0	
104	1							1					1					1								1						0	
105	1	5,8		2,8		2,1		1					1					1								1						0	
106	1	5,9		2,5		2,1		5					6					2								1						0	
107	2	5,7	5,2	2,3	2,1	2,2	1,8	5					1	6				2								1						0	
108	1	5,8		2,8		2,0		1					1					1								1						0	

109	1	5,2	3,1	1,7	7			10			1			1			3			0
110	1				5			1			1			1			3			0
111	1	5,1	2,6	2,7	7			7			1			1			4			0
112	1	4,6	2,2	1,6	5			1			2			1			1			0
113	1	6,0	4,2	1,9	3			1			5			3			1			0
114	1	4,6	3,3	1,7	3			1			5			2			1			1
115	1	6,8	3,7	1,7	4			3			3			2			3			0
116	1	4,4	2,5	1,7	3			1			2			1			0			0

OCI	Typen	Blattgröße						Blattfarbe						Blattform						Krh													
		Blilang		Blbreite		Stiell		Bloberf			Blunterf			Bl_woe1			Oberfl				Bl_rnd1												
117	3	4,4	5,3	2,1	3,3	2,0	2,1	5	3	3		1				1					2	4	4			0							
118	1	4,9		2,4		1,3		3				1				2					1					1							
119	1	8,6		4,6		2,0		4				3				3					3					0							
121	1	2,3		0,8		1,1		3				1				2					2					0							
122	1	8,7		4,8		2,0		4				3				3					4					0							
123	1	5,4		2,4		2,3		6				6				1					4					0							
124	1	6,5		2,5		2,5		7				9				1					5					0							
125	1	5,4		2,3		1,7		5				1				1					2					0							
126	1	3,9		1,5		1,9		5				6				1					4					0							
127	2	3,6		1,6		1,5		7	3			9	7			1					4	2				0							
128	2	4,9		2,2		1,7		6	5			9	7			1					4					0							
129	2	3,8		1,7		1,3		6	3			9	1	1		1					4	2				0							
131	1	3,4		1,2		1,1		3				1				1					2					0							
132	1	4,3		2,1		1,7		7				3				4					3					0							
133	1	3,9		2,0		2,2		5				1				2					1					0							
135	1	4,8		2,0		1,6		5				1				2					1					0							
136	1	4,9		1,9		1,9		5				1				2					1					0							
137	1	5,9		3,5		1,7		1				1				1					3					3							
138	1	4,2		1,4		1,3		3				1				2					1					0							
139	1	4,0		2,2		1,4		2				3				4					3					3							
140	1	5,1		1,8		2,1		5				1				2					1					0							
141	1	4,3		1,4		1,6		3				1				2					2					0							
142	1	4,5		1,5		1,5		3				1				2					2					0							
143	1	4,7		1,8		1,5		5				1				2					1					0							
144	1	4,7		1,6		1,4		5				1				2					2					0							
146	5	7,9	5,7	5,7	3,5	2,5	1,7	1	6	3	6	8	1	6	1	8	9	6	5	5	6	6	3	2	2	3	3	5	2	3	4	4	0
145	1	3,2		1,7		1,1		2				3				4					3						3						
147	1	5,2		2,8		1,8		3				1				1					1						1						
148	1	4,2		1,4		1,5		3				1				2					2						0						
149	1	4,7		1,9		1,5		3				1				2					2						0						
150	1	4,4		2,1		1,3		3				1				2					2						0						
151	1	6,2		4,6		2,0		2				3				1					4						0						
152	1	4,4		1,9		1,2		2				3				4					2						0						
153	1	7,2		4,0		2,0		2				3				1					4						0						
154	1	8,1		5,4		2,1		2				3				1					4						0						
155	1							5				1				1					3						0						
156	1	5,9		3,0		2,1		6				10				1					4						0						
157	1	5,2	5,9	2,3	2,5	2,0	2,6	6				7				1					4						0						
158	1	6,8		4,0		2,7		6				9				1					3						0						
159	1	4,0		1,9		1,5		3				1				1					2						0						
160	1	4,6		2,5		1,6		1				1				2					2						0						
161	1	5,9		3,2		2,4		9				10				1					4						0						

162	2	4,1		1,7		1,4		3				1				2				1				0				0
163	2	4,3	4,1	2,3	1,8	1,4	1,9	5				1				2				1				0	1			0
164	1	4,7		2,2		1,9		5				6				1				1				2				0
165	2	2,9		1,3		1,1		3				1				2	1			1				1				0
166	2	1,9		1,0		0,7		1	3			1				2				1				0				0
167	1	1,5		0,7		0,5		1				1				2				1				0				0
168	1	5,0		2,8		1,4		3				1				5				2				0				0
169	1	5,2		3,5		1,2		5				1				1				2				1				1

OCI	Typen	Blattgröße				Blattfarbe				Blattform				Krh			
		Blilang	Blbreit	Stiell		Bloberf		Blunterf		Bl_woe1		Oberfl			Bl_rnd1		
170	1	4,7	1,9	2,1		5		6		1		1		4		0	
171	1					3		1		1		1		1		0	
172	2	6,8	3,9	2,6		3		1		2	7	3	4	3	5	0	
173	2	6,9	3,9	1,5		3		1		5	7	2	4	1	4	0	
174	1	4,9	2,4	1,1		3		1		5		2		2		0	
175	1	2,5	1,1	0,9		1		1		2		1		0		0	
176	2	4,4	2,5	2,1		9		10		1		1		4		0	
177	1	4,4	2,6	1,2		5		1		1		2		1		0	
178	1					5		1		1		1		3		0	
179	1					3		1		1		1		1		0	
180	1	6,5	3,5	2,4		3		1		5		3		1		0	
181	1	5,0	2,3	2,3		5		6		1		1		4		0	
182	1	8,6	4,8	2,0		5		3		3		2		3		0	
183	2	2,6	1,2	1,0		1		1		2		1		0	1	0	
184	1					3		1		1		1		1		0	
185	1	5,7	3,1	1,2		3		1		5		4		2		2	
186	2	4,8	2,4	2,2		5	3	1	1	1	2	3		1	2	0	
187	1	4,1	2,2	1,6		5		1		1		1		0		0	
188	1	4,4	2,6	1,4		5		1		2		2		3		0	
189	1	7,4	3,6	1,4		4		1		1		2		4		0	
190	1	4,7	2,0	2,0		5		6		1		1		4		0	
191	1					5		1		1		1		3		0	
192	1	4,4	1,9	1,8		3		1		1		1		1		0	
193	1	4,8	2,7	1,3		5		6		5		2		0		0	
194	1	5,1	2,2	1,5		5		1		2		1		2		0	
195	1	6,0	3,5	2,6		6		9		1		1		4		0	
196	1	4,4	1,7	1,4		3		1		2		1		2		0	
197	1	5,1	1,9	1,6		5		1		2		1		2		0	
198	1	6,3	3,4	2,5		9		10		1		1		4		0	
199	2	2,7	3,0	1,7	1,9	1,0	1,6	3	1	1		1		1	0	0	
200	1	5,5	3,5	1,6		2		1		1		1		3		0	
201	3	6,3	5,7	2,7	3,0	2,7	2,2	5	3	5		1		0	2	1	0
202	1	6,2	2,8	2,7		5		1		1		1		4		0	
203	1	6,3	3,8	2,0		5		1		1		1		3		0	
204	1	1,2	0,8	0,6		1		1		2		1		0		1	
205	1	5,0	3,1	1,9		3		1		1		1		3		0	
206	1	6,4	4,4	1,6		3		1		2		2		1		0	
207	1	7,2	8,5	3,3	4,0	2,2	2,9	3		5		3		2		0	
208	1	7,2	4,7	2,0		3		1		6		3		2		0	
209	2	6,1	3,6	1,9		3		1		5	7	2	4	1	3	0	
210	1	7,5	4,2	1,4		3		1		7		4		1		0	
211	1	7,3	4,8	2,1		2		3		1		1		4		0	

212	1	4,1	1,7	1,6	5			7			2			1			1			0
213	1				5			1			1			1			3			0
214	1	5,7	2,6	2,4	5			7			1			1			4			0
215	1	3,9	1,8	1,6	3			1			1			1			1			0
216	2	7,5	4,8	1,9	3			1			6			3 4			3 5			0
217	1	5,5	3,2	1,4	5			6			2			1			1			0
218	1	4,4	2,0	1,4	5			6			2			1			2			0
219	2	4,6	2,2	2,2	5 3			7 1			1			1			1 2			0

OCI	Typen	Blattgröße						Blattfarbe						Blattform						Krh
		Blilang		Blbreite		Stiell		Bloberfl		Blunterf		Bl_woe1		Oberfl		Bl_rnd1				
220	1	4,9		2,8		1,7		3		1		2		2		1		1		
221	1	5,8		2,9		1,3		3		1		5		2		1		0		
222	1	9,4		5,4		2,5		5		1		5		1		3		0		
223	1	4,3		2,5		1,6		5		1		1		1		3		0		
224	1	4,6		2,4		1,7		3		1		2		1		2		0		
225	1	5,1	6,4	2,7	3,1	1,1	1,3	3		1		6		3		2		0		
226	1	5,9		3,2		1,9		3		1		6		3		2		0		
227	2	5,9		2,8		1,7		3	1	1	1	5	2	2	3	1	3	0		
228	1	6,0		3,3		1,5		3		1		2		2		2		0		
229	1	6,9		4,2		2,4		3		1		5		3		2		0		
230	2	5,1		3,2		2,4		3		1		2		2	4	1	4	0		
231	2	5,0		2,9		1,5		3		1		6	2	2	1	2		0		
232	2	7,7		5,9		1,5		3		1		7		3	4	3	5	0		
233	2	5,8	5,7	3,0	2,6	2,3	2,3	3	6	1	9	1		1		3		0		
234	3	6,2	4,3	3,6	2,0	2,1	1,8	3	3	3	1	1	1	1		2	2	2	0	
235	1							5		1		1		1		3		0		
236	1	3,9		1,7		1,6		3		1		2		1		1		0		
237	4	7,3		2,6		3,7		3	3	6	6	1	1	6	8	3	1	2	3	0
238	1	4,8		2,5		2,2		3		1		2		1		2		0		
239	2	3,5	5,1	2,3	3,7	1,3	1,7	3	5	1	3	2		3	2	4	2		0	
240	2	4,0	5,5	2,4	3,5	1,6	2,0	3		1		2		2	4	2	5		0	
242	1	5,8		3,0		1,3		3		1		6		2		2		0		
243	1	4,3		1,8		1,3		3		1		1		1		0		0		
244	1	6,2		3,7		2,6		10		10		1		1		4		0		
245	1	6,7		3,9		2,5		10		10		1		1		4		0		
246	2	5,4		2,4		2,2		6		7		1		1		1		1		
247	2	5,0		2,3		2,6		5	6	1	8	1		1		2		1		
248	1	4,1	4,5	2,0	2,1	1,5	2,3	7		9		1		1		2		0		
249	1	5,5		2,7		2,2		5		1		1		1		4		0		
250	2	4,5		2,4		1,8		5		1	6	1		1		2		0		
251	1	5,5		3,0		2,3		9		10		1		1		4		0		
252	1	4,0		2,4		1,4		5		1		1		2		1		0		
253	1	4,7	5,7	2,7	3,1	2,0	2,1	3		1		1		2		0		0		
254	1	4,4		2,5		1,3		3		1		2		2		2		0		
255	1	3,9		1,6		1,4		5		1		1		1		1		0		
256	2	3,2	2,4	1,6	1,1	0,7	0,8	1	3	1		2		1		0		0		
257	2	2,2		1,1		1,0		1		1		2		1		0		0		
258	1	1,5		0,7		0,6		1		1		2		1		0		0		
259	1	7,6		3,4		2,2		1		1		2		2		2		1		
260	1	6,3		4,2		2,0		3		1		6		3		2		0		
261	1	6,0		3,7		2,1		1		1		5		2		2		0		
262	1	6,6		3,8		1,8		1		1		5		3		3		0		

263	1	5,4	3,0	1,9	5			7			1			1			3			0
264	1	3,2	1,5	1,0	6			6			4			2			2			0
265	1	2,7	1,6	0,9	3			1			2			1			2			0
266	2	4,8	2,3	1,8	5	3		1			1			1			3			0
267	1				5			1			1			1			3			0
268	1	6,5	3,5	2,0	3			1			6			2			2			0
269	1	3,4	1,7	1,7	3			1			5			1			2			0
7652	1	6,1	5,4	1,7	3			1			2			4			5			0

OCI	Typen	Blattgröße			Blattfarbe				Blattform						Krh
		Blang	Blbreit	Stiell	Bloberf		Blunterf		Bl_woe1		Oberfl		Bl_rnd1		
7653	1	5,6	3,1	1,2	2		3		1		1		3		0
7654	1	8,2	4,6	2,0	4		3		3		2		4		0
7656	1	5,6	2,6	1,8	1		1		1		1		3		0
7658	1	5,4	2,7	1,5	5		1		1		1		3		0
7659	1	5,9	3,0	1,5	3		1		6		3		1		0
7660	1	6,0	3,1	1,3	3		1		6		3		1		0
7661	1				9		10		1		1		4		0

Tabelle A 5: Alignment von ITS 1 mit 5.8 S, grau markierte Bereiche in Kapitel 5.3 von der Analyse ausgenommen.

Table A 5: Alignment von IST 1 with 5.8 S (grey parts have been excluded in analysis of chapter 5.3)

	ITS1
Ocim.basi.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGTGAA-CAC-GTGTTTTAACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Ocim.nudi.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.sell.	TCGAAACCTGCAAAAGCAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC----AAA-CCCCCKC
Cato.chia.	TCGTGACCCGCGAGG-CAGACCGCGAA-CGC-GTTCCT-AACCC----ATTCCCCCGC
oci.145	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AAG-C----GAATCC-CCC GC
oci.152	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AAG-C----GAATCC-CCC GC
oci.265	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AAG-C----GAATCC-CCC GC
oci.269	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AAG-C----GAATCC-CCC GC
oci.40	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AAG-C----GAATCC-CCC GC
oci.82	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AAG-C----GAATCC-CCC GC
Oci188.1	TCGAGACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Oci188.2	TCGAGACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Oci188.3	TCGAGACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Oci188.4	TCGAGACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Oci188.5	TCGAGACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Oci188.6	TCGAGACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Ocim.albo.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC---AAAA-CCCCC-G
Ocim.amer.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Ocim.burc.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC----AAACCC-CCC GC
Ocim.camp.	TCGAAACCTGCAATAGCAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.circ.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Ocim.citr.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Ocim.cufo.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AAT-CCCCGC
Ocim.dhof.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC----AAA-CCCCCGC
Ocim.elle.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC---AAAA-CCCCCGC
Ocim.fila.	TCGAAACCTGCAAAG-CASACCGCGAA-CACTGTGTTT-AACTC---AAAA-CCCCCGC
Ocim.fors.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACT--AT-GAATCCC GCCGC
Ocim.fruc.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.gran.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CATCGTGTTT-AACTT---AAAA-CCCCC-G
Ocim.grat.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----ATCC-CCC GC
Ocim.irve.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CTC-GTATTCTAACTCC---GAACCCACCCGC
Ocim.jame.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.labi.	TCGAAACCTGAANGG--AGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCT-CCC GC
Ocim.lami.	TCGAAACCTGCACAG-CAGACCGNGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.mini.	TCGAGACCCGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-AT-GAATCCC GCCGC
Ocim.numm.	TCGAAACCTGCAAAGTCAAGCCGCAATCAC-GTGTTT-AACTC---AAAA-CCCCCGC
Ocim.obov.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.serp.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCT-CCC GC
Ocim.serr.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.spec.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC-----AATCC-CCC GC
Ocim.spic.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAAACAC-CTGNTT-AACTT-----AATCT-CCC GC
Ocim.tubi.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTTTCT-AACTC-----ACACT-CCC GC
Orth.aris.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTTTCT-AACTC-----ACTCT-CCC GC
Orth.pari.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTTTCT-AACTC-----ACTCT-CCC GC
Orth.rubi.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTC---GA--CCACCCGC
Plec.buch.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTCC----AA-CC-CCC GC
Plec.fruc.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTTTATCAACTCC---GAAACC-CCC GC
Plec.laxi.	TCGAAACCTGCAAAG-CAGACCGCGAA-CAC-GTGTTT-AACTCC----AA-CC-CCC GC
Plec.sp.	TCGAAACCTGCACAG-CAGACCGCGAA-CGC-GTCCCT-AACTCCATCGA-TCC--CCGC
Sync.rotu.	TCGAAACCTGCACAG-CAGACCGCGAA-CGC-GTCCCT-AACTCCATCGA-TCC--CCGC

Ocim.basi. -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.nudi. -----CGCCGAT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.sell. --GTC----CGGCCGGCCT---CGGCCGGGTCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Cato.chia. -----CGCGCTCCGT-----CGCGACGGGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGC
oci.145 --GTC----CGCCCCGGG-----CGGCGCGCGGGGCAACCAACCCCGGGCGCGGA
oci.152 --GTC----CGCCCCGGG-----CGGCGCGCGGGGCAACCAACCCCGGGCGCGGA
oci.265 --GTC----CGCCCCGGG-----CGACGCGCGGGGCAACCAACCCCGGGCGCGGA
oci.269 --GTC----CGCCCCGGG-----CGGCGCGCGGGGCAACCAACCCCGGGCGCGGA
oci.40 --GTC----CGCCCCGGG-----CGACGCGCGGGGCAACCAACCCCGGGCGCGGA
oci.82 --GTC----CGCCCCGGG-----CGGCGCGCGGGGCAACCAACCCCGGGCGCGGA
Oci188.1 -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Oci188.2 -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGTGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Oci188.3 -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Oci188.4 -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Oci188.5 -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Oci188.6 -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.albo. CCGC-----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.amer. -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCCAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.burc. --GGC----CGGCCTCGGT-----CGTGTCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.camp. -----CGCCGCA-----CGGCGYCGGGCTAAC-AACCCCGGGCGCGGA
Ocim.circ. -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.citr. -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.cufo. -----CGCCGAT-----CGGTGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.dhof. CCGC-----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACTAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.elle. -CGT-----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.fila. -CGT-----CGGCCCCGGT-----CGGTGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.fors. -----CGGCCCCGGT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.fruc. -----CGCCGCT-----CGGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.gran. CCGC-----CGGCCCCGGA-----ACGGGGCGCGGGCTAACNAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.grat. -----CCC-GAA-----CGGCGTGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.irve. -----GCGCCGC---TCCGCGGGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.jame. -----CGCCGAT-----CAGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.labi. -CGCCGCGCGCG-CCCC-GTGCGCGCCGCGACGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGC
Ocim.lami. -CGCCGCGCGCG-CCCC-GTGCGCGTCGCGGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.mini. -----CGGCCCCGGT-----CTGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.numm. -CGC-----CGGCCCCGGT-----CGGTGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.obov. -----CCCTMCCT-----CGGCGCGCGGGCTAAC-AACCCCGGGCGCGGA
Ocim.ovat. -----CGCCGCT-----CGGCGCGCGGGCTAACAAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.serp. -CGCCGCGCGCG-CCCC-GTGCGCGCCGCGACGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Ocim.serr. -----CGCCNCC-----CGGCGCGCGGGCCAACGAACCCCGG-CGCGGC
Ocim.spec. -----CGCCGAT-----CAGCGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.spic. -CGCCGCGCGCG-CCCC-GTGCGCGCCGCGACGCGCGGGCTAACGAACCCCGGGCGCGGA
Ocim.tubi. -CGGCGCGGGCG-CACCCGT---CCTCGCGTCGTGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGC
Orth.aris. -CGGCGCGGGCG-CACCCGT--GCCTCGCGCCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Orth.pari. -CGGCGCGCGCG-CTCGCT--GCGTCGCGTCGTGYGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Orth.rubi. -CGGCGCGCGCG-CACCCGT--GCGCCGCGCCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Plec.buch. -CGTCGTGNGCG-CACCCGT--GCGCCGCGACGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Plec.fruc. -CGGCGC--TCG-CACCTGT--GCGCTGCGCCGTGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Plec.laxi. -CGCCGTGCGCG-CACCCGT--GCGCCGCGACGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Plec.sp. -CGACG----CG-CACGCCG-----CGTCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA
Sync.rotu. -CGACG----CG-CACGCCG-----CGTCGCGCGGGCTAACGAACCCCGG-CGCGGA

Ocim.basi. AAGCGCCAAGGAAAACCTCAAAATGTCGGCGCGGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Ocim.nudi. ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTA-GCATCGGCCCCCC-TC-AGCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.sell. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTA-GCATCGGCCCCCC--TT-AACCCGTTCCGCGGGTC
Cato.chia. ACGCGCCAAGGAAAACCGAA--CGA-GGCGTCGGCCCC-----GGGA-
oci.145 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--C-TCGGCGCCGGCCCCCCC-GC-ATCCCGTCCGCGGGTC
oci.152 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--C-TCGGCGCCGGCCCCCCC-GC-ATCCCGTTCGCGGGTC
oci.265 ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--C-TCGGCGCCGGCCCCCCC-GC-ATCCCGTTCGCGGGTC
oci.269 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--C-TCGGCGCCGGCCCCCCC-GC-ATCCCGTTCGCGGGTC
oci.40 ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--C-TCGGCGCCGGCCCCCCC-GC-ATCCCGTTCGCGGGTC
oci.82 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--C-TCGGCGCCGGCCCCCCC-GC-ATCCCGTTCGCGGGTC
Oci188.1 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Oci188.2 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Oci188.3 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Oci188.4 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Oci188.5 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Oci188.6 ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Ocim.albo. AAGCGCCAAGGAAAACCTCAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TC-ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.amer. ACGCGCCAAGGAAAACCCAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC---ACCCCGTCCGCGGGTC
Ocim.burc. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TC-ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.camp. ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTA-ACGTCGGCCCCC-TC-ACCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.circ. ACGCGCCAAGGAAAACCTGAAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC-TC-GCCCCGTCCGCGGGTC
Ocim.citr. AAGCGCCAAGGAAAACCTCAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC-TC-ACCCCGTCCGCGGGTC
Ocim.cufo. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTG-GCGTCGGCCCCCCC---ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.dhof. AAGCGCCAAGGAAAACCTAAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC--TTAAGCCCGTTCSSGGGT
Ocim.elle. ATGCGCCAAGGAAAACCGAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TC-ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.fila. AAGCGCCAAGGAAAACCTAAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCCATC-GACCCGTCCGCGGGTC
Ocim.fors. ACGCGCCAAGGAAAACCCAAA--CGTCGGCGCCGGCCCCCCC-TC-ACCCCGTCCGCGGGTC
Ocim.fruc. AAGCGCCAAGGAAAACCGAA--CGTA-GCGTCGGCCCCCCC-TC-NTCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.gran. AAGCGCCAAGGAAAACCTAAA--CGTACGCGCCGGCGCCCCC-TC-AACCCGTTCGCGGGTC
Ocim.grat. AAGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTG-GCGTCGGCCCCCCC---ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.irve. AGGCGCCAAGGAAAACCTACAAGTA-GCGCCGGCCCCCCCCCGCATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.jame. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTG-GCGTCGGCCCCCCC---ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.labi. ACGCGCCAAGGAAAACCTCAA--CGTA-GCGTCGGCCCCCCC-TC-ACCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.lami. ACGCGCCAAGGAAAACCTGAAA--CGTA-GCGTCGGCCCCCCC-TC-GTNCCGTTCGCGGGTC
Ocim.mini. ACGCGCCAAGGAAAACCTCAAAACCTGCGCGCCGGCCCCCCC-CC-ACCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.numm. ACGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTG-GCGTCGGCCCCCCTCC---ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.obov. AAGCGCCAAGGAAAACCTAAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TC-AACCCGTTCGCGGGTC
Ocim.ovat. ATGCCCCAAGGAAAACCTTAA--CGTA-ACGCGCCGGCCCCC-TC-TTCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.serp. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TT-ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.serr. ACGCGCCAAGGAAAACCTCAA--CGTA-GCGTCGGCCCCCCC-TC-ACCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.spec. AGGCGCCAAGGAAAACCGAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TC-GTCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.spic. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTG-GCGTCGGCCCCCCC---ATCCCGTTCGCGGGTC
Ocim.tubi. ACGCGCCAAGGAAAACCTCAA--CGTA-GCGTCGGCCCCCCC-TC-ACCCCGTTCGCGGGTC
Orth.aris. ATGCGCCAAGGAAAACCGAA--CATA-GCGTCGGCCCCCCC-TC-GCCCCGTTCGCGGGTC
Orth.pari. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC--TC-GCCCCGTTCGCGGGTC
Orth.rubi. ATGCGCCAAGGAAAACCTGAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TC-GCCCCGTTCGCGGGTC
Plec.buch. ACGCGCCAAGGAAAACCTGAGAATCGGCGCCGGCCCCCCC-GC-GCCCCGTTCGCGGGTC
Plec.fruc. AAGCGCCAAGGAAAACCTCAA--TGTA-GCGTCGGCACCCC-GC-ATCCCGTTCGCGGGTC
Plec.laxi. AAGCGCCAAGGAAAACCTAAA--GTAG-CGCCCGCCGGCCCC-GC-ACCCCGTTCGCGGGTC
Plec.sp. AAGCGCCAAGGAAAACCTCAA--TGTA-GCGTCGGCACCCC-GC-ATCCCGTTCGCGGGTC
Sync.rotu. AAGCGCCAAGGAAAACCTGAAA--CGTA-GCGCCGGCCCCCCC-TC-GCCCCGTTCGCGGGTC

Ocim.basi. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.nudi. TT--GCGGG--GGGCGC-GGGTGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.sell. TT--GCGGG--GGGCGC-GGGTGTCT--ATC---GAATGGCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Cato.chia. -----GGG----GTGC-GGGCGTCC--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 oci.145 CTGCGCGGG----GCGC-GGGCGTCT--GTG---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 oci.152 CTGCGCGGG----GCGC-GGGCGTCT--GTG---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 oci.265 CTGCGCGGG----GCGC-GGGCGTCT--GTG---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 oci.269 CTGCGCGGG----GCGC-GGGCGTCT--GTG---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 oci.40 CTGCGCGGG----GCGC-GGGCGTCT--GTG---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 oci.82 CTGCGCGGG----GCGC-GGGCGTCT--GTG---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocil88.1 GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocil88.2 GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocil88.3 GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocil88.4 GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocil88.5 GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocil88.6 GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.albo. TT-GACGG---GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---RAATCA-AAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.amer. GT--GYGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.burc. TT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.camp. GT-TGCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.circ. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.citr. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.cufo. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.dhof. TT-GACGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.elle. TT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.fila. TC-GACGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.fors. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.fruc. TC--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.gran. TN-GACGG---GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.grat. GT--GCGGG--GGGCGC-GGACGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACRACACTCTCGGCAACG
 Ocim.irve. TT--GCGGG--GTGCGY-GGGCGTCT--ATC---TCGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.jame. TT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.labi. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.lami. TT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.mini. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATCGACGGATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.numm. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCC--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.obov. TC-GACGG---GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.ovat. ST-GCCGGG--GGGTGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.serp. TT--GCGGG--GGGCC--CGGCGTTT--ATT---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.serr. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.spec. CT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.spic. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTTT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Ocim.tubi. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Orth.aris. GT--GCGGG--GGGCGC-GGACGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Orth.pari. GC-CTCCGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Orth.rubi. GT--GCGGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Plec.buch. AGC-GCCGGGGCGGGCG--G-GCGTCCGCATC---GAATGTWAAAACGACTCTCGGCAACG
 Plec.fruc. NT--GCGGGGCGATCG--G-GCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Plec.laxi. TT--GCCGTGCGGGCC--G-GCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Plec.sp. RT--GCGGGGCGATCG--G-GCGTCT--ATC---GAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG
 Sync.rotu. GC--GCCGG--GGGCGC-GGGCGTCT--ATC---CGAATGTCAAAAACGACTCTCGGCAACG

Ocim.basi. GATATCTCGG-STCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.nudi. GATATCTCCG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.sell. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Cato.chia. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
oci.145 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
oci.152 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
oci.265 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
oci.269 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
oci.40 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
oci.82 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Oci188.1 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Oci188.2 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Oci188.3 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Oci188.4 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Oci188.5 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Oci188.6 GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.albo. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.amer. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.burc. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.camp. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAGAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.circ. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.citr. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.cufo. GATATCTCGGA-TCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.dhof. GATATCTCGGM-TCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.elle. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.fila. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.fors. GATATCTCGG-CTCTSGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.fruc. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.gran. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.grat. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.irve. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.jame. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.labi. GATATCTCGG-CTCTCGTATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.lami. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.mini. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.numm. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.obov. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.ovat. GATATCTCGAACTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.serp. GATATTTTGG-GTTTTGCATTGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.serr. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.spec. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTARC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.spic. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Ocim.tubi. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Orth.aris. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Orth.pari. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Orth.rubi. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Plec.buch. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Plec.fruc. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Plec.laxi. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA
Plec.sp. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGAAGC-GAAATGCGGATACTTGGTGTGAA
Sync.rotu. GATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAGAAATGCG-ATACTTGGTGTGAA

Ocim.basi. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTGG

Ocim.nudi. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.sell. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCGTTCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Cato.chia. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAGGCCGTCCGG

oci.145 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

oci.152 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

oci.265 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

oci.269 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

oci.40 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

oci.82 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Oci188.1 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Oci188.2 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Oci188.3 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Oci188.4 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Oci188.5 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Oci188.6 TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Ocim.albo. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.amer. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Ocim.burc. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.camp. TYGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.circ. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Ocim.citr. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Ocim.cufo. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.dhof. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.elle. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.fila. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.fors. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Ocim.fruc. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.gran. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.grat. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCAAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.irve. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.jame. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.labi. TTGCAGAA-TCCCGTGTACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.lami. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGYCATTAGG

Ocim.mini. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATCAGG

Ocim.numm. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.obov. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.ovat. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.serp. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.serr. TTGCTGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.spec. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCMTCAGG

Ocim.spic. TTGCAGAAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.tubi. TTGCWCAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Orth.aris. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Orth.pari. TTGCWCAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Orth.rubi. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Plec.buch. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCGTTCAGG

Plec.fruc. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCGTTCAGG

Plec.laxi. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCGTTCAGG

Plec.sp. TTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCGTTCAGG

Sync.rotu. TYGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTTGCGCCCGAAGCCATTAGG

Ocim.basi.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.nudi.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.sell.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Cato.chia.	CCGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCA-CG
oci.145	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
oci.152	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
oci.265	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
oci.269	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
oci.40	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
oci.82	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Oci188.1	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Oci188.2	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Oci188.3	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Oci188.4	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Oci188.5	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Oci188.6	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.albo.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.amer.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.burc.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.camp.	CCGAGGGCACGTCTGNCTGGGCGTTA-CG
Ocim.circ.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.citr.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.cufo.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.dhof.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.elle.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.fila.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.fors.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.fruc.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.gran.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTNA-CG
Ocim.grat.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.irve.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.jame.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.labi.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.lami.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.mini.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.numm.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.obov.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.ovat.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.serp.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.serr.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.spec.	CCSAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCAACG
Ocim.spic.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Ocim.tubi.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Orth.aris.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Orth.pari.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Orth.rubi.	CTGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Plec.buch.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Plec.fruc.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Plec.laxi.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Plec.sp.	CCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CG
Sync.rotu.	CCGAGGGCACGTCTGNCTGGGCGTCA-CG

Tabelle A6: Alignment von ITS 1 mit 5.8 S, grau markierte Bereiche teilweise von der Analyse ausgenommen.

Table A 6: Alignment von IST 1 with 5.8 S (grey parts have been excluded in analysis)

	5.8
Ocim.basi.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-STCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.nudi.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCCG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.sell.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Cato.chia.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci.145	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci.152	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci.265	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci.269	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci.40	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci.82	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci188.1	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci188.2	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci188.3	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci188.4	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci188.5	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Oci188.6	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.albo.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.amer.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.burc.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.camp.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAGAAAT
Ocim.circ.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.citr.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.cufo.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGA-TCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.dhof.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGGM-TCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.elle.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.fila.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.fors.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTSGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.fruc.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.gran.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.grat.	AAACRACCTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.irve.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.jame.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.labi.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGTATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.lami.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.mini.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.numm.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.obov.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.ovat.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGA-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.serp.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATTTTGG-GTTTTGCATTGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.serr.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.spec.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTARC-GAAAT
Ocim.spic.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Ocim.tubi.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Orth.aris.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Orth.pari.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Orth.rubi.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Plec.buch.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Plec.fruc.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Plec.laxi.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGC-GAAAT
Plec.sp.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGAAGC-GAAAT
Sync.rotu.	AAACGACTCTCGGCAACGGATATCTCGG-CTCTCGCATCGATGAAGAACGTAGCAGAAAT

Ocim.basi. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.nudi. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.sell. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCGTCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Cato.chia. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
oci.145 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
oci.152 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
oci_265 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
oci_269 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
oci_40 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
oci_82 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Oci188.1 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Oci188.2 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Oci188.3 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Oci188.4 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Oci188.5 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Oci188.6 GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.albo. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.amer. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.burc. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.camp. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.circ. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.citr. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.cufo. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.dhof. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.elle. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.fila. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.fors. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.fruc. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.gran. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.grat. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCAAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.irve. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.jame. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.labi. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGTACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.lami. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.mini. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.numm. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.obov. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.ovat. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.serp. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.serr. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCTGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.spec. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.spic. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAAATCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Ocim.tubi. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Orth.aris. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Orth.pari. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Orth.rubi. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Plec.buch. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Plec.fruc. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Plec.laxi. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Plec.sp. GCGGATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT
Sync.rotu. GCG-ATACTTGGTGTGAATTGCAGAA-TCCCGTGAACCATCGAGTCTTTGAACGCAAGTT

Ocim.basi. GCGCCCCGAAGCCATTGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.nudi. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.sell. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Cato.chia. GCGCCCCGAGGCCGTTAGGCCGAGGGCACGCCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 oci.145 GCGCCCCGAAGCCGTTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GTC
 oci_152 GCGCCCCGAAGCCRTTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGYGTG-GYC
 oci_265 GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 oci_269 GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 oci_40 GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 oci_82 GCGCCCCGAAGCCRTTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GYC
 Ocil188.1 GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocil188.2 GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocil188.3 GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocil188.4 GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocil188.5 GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocil188.6 GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.albo. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.amer. GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.burc. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.camp. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGNCTGGGCGTTA-CGCATCGCGTCTGCC
 Ocim.circ. GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.citr. GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.cufo. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.dhof. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.elle. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.fila. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.fors. GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.fruc. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.gran. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTNA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.grat. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGCC-GCC
 Ocim.irve. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.jame. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.labi. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.lami. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.mini. GCGCCCCGAAGCCATCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.numm. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.obov. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.ovat. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.serp. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.serr. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTCCGCC
 Ocim.spec. GCGCCCCGAAGCCMTAGGCCSAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCAACGCATTGCGTY-GCC
 Ocim.spic. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Ocim.tubi. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Orth.aris. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Orth.pari. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Orth.rubi. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCTGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Plec.buch. GCGCCCCGAAGCCGTCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Plec.fruc. GCGCCCCGAAGCCGTTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Plec.laxi. GCGCCCCGAAGCCGTCAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Plec.sp. GCGCCCCGAAGCCGTTAGGCCGAGGGCACGTCTGCCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC
 Sync.rotu. GCGCCCCGAAGCCATTAGGCCGAGGGCACGTCTGNCTGGGCGTCA-CGCATCGCGTC-GCC

Ocim.basi.	CCC---TC-----GCAC-----GCCGCAA-----GGCTTT---AGCGCGGGGGCGGAA
Ocim.nudi.	CCCC--TC-----GCATCGC--GCCCAATCACGGGGCGTGCTGTCTCGTCGGGGGCGGAT
Ocim.sell.	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Cato.chia.	CCC--ATCCCCG--A-----GCTC---GGGAC-----TGGGGGCGGAT
oci.145	CCCC--TCCCCGCGCGCCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
oci.152	CCCC--TCCCCGCGCGCCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
oci.265	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
oci.269	CCCC--TCCCCGCGCGCCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
oci.40	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
oci.82	CCCC--TCCCCGCGCGCCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Oci188.1	CCCCCATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAT
Oci188.2	CCCCCATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTAG-----GGGGGGCGGAT
Oci188.3	CCCCCATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAT
Oci188.4	CCCCCATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTAG-----GGGGGGCAGAT
Oci188.5	CCCCCATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAT
Oci188.6	CCCC-ATCCCCGCGCACCGC--ACTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAT
Ocim.albo.	CCCCCTT-----CATCCCGTTCTC--GGGAT--GCTTT-----GGGGGGCGGAT
Ocim.amer.	CCCCCATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAC
Ocim.burc.	CCCCTCTCCCCGCGCACCTT--GCTC---GGGACGGAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.camp.	CCCC-CTCCCCGCGCACCGT--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.circ.	CCCCCATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAT
Ocim.citr.	CCCC-ATCCCCGCGCAATGC--GCTC-----GGCTTG---G---GGGGGGCGGAT
Ocim.cufo.	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTN---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.dhof.	CCCCAAT-----CACCCCGTTCTC--GGGAT--GCTTY-----GGGGGGCGGAT
Ocim.elle.	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTG---GGGAT-----GGGGGGCGGAT
Ocim.fila.	CCCCAAT-----CACCCCGTTCTC--GGGGAT--GCTTC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.fors.	CCCCAATCCCCGCGCACCGC--GCTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAT
Ocim.fruc.	CCC---TCCCCGCGCTCCAC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.gran.	CCCCCAT-----CACCCCGTTCTT--GGGAT--GCTTC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.grat.	CCCC-CTCCCCGCGCACCGC--GCTC---GGGAN-----GGGGGGACGGAT
Ocim.irve.	CCCC--TCCCCGCGCACCGG--GTTG---GGAAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.jame.	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTT---AGGAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.labi.	CCCC--TCCCCGCGCTCCGT--GCTC---GGGTC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.lami.	CCCC--TCCCCGC-----GCTC---GGGTC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.mini.	CCCCCATCCCCGCGCAATGC--GCTC-----GGCTTG-----GGGGGGCGGAT
Ocim.numm.	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.obov.	CCCCCAT-----CACCCCGTTCTC--GGGAT--GCTTC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.ovat.	CCCC--TCCCCGCGCACCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAG
Ocim.serp.	CCCC-CTCCCCGCGCGCCTT--TGCTC---GGGACGGA-----GGGGGGCGGAT
Ocim.serr.	CCC---TCCCCGCGCTCCGC--GCTC---GGGTC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.spec.	CCCC--TCCCCGSGCMCCGC--GCTT---GGGAC-----GGGGGGCGGAA
Ocim.spic.	CCCC-CTCCCCGCGCACCGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Ocim.tubi.	CCCC--TCCCCGCGCTCCGC--GCTC---GGGTC-----GGGGGGCGGAT
Orth.aris.	CCCC--TCCCCGCGCGCTGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGACGGAT
Orth.pari.	CCCC--TCCCCGCGCTCTGC--GCC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Orth.rubi.	CCCC--TCCCCGCGCTCTGC--TGCTC---GGGAC-----GGGGGACGGAT
Plec.buch.	CCCC----CCGCCCGCTCG--AATC---GGGACGGA-----GGGGGGCGGAG
Plec.fruc.	CCC---TCCCCGCGCAATGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Plec.laxi.	CCCC--TCCCGCTGCACTGC---TC---GGGAC-----GGGGGGCGGAG
Plec.sp.	CCC---TCCCCGCGCAATGC--GCTC---GGGAC-----GGGGGGCGGAT
Sync.rotu.	CCCC--TCCCCGGGCACCGC--GCTT---AGGAC-----GGGGGGCGGAT

Ocim.basi. GCTGGCCTCCCGTGCGCCCCGAGCGCGGGCCGGCCT-AAATGCGAGTCCACGTGCGACGG
Ocim.nudi. ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGAGCTCGCGGCTGGCCT-AAATACGAGTCCACGTGCGACGG
Ocim.sell. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATACGATCCCCCGGCGACTC
Cato.chia. ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
oci.145 GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAACCCGATCCCCCGGCGACCC
oci.152 GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAACCCGATCCCCCGGCGACCC
oci.265 GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAACCCGATCCCCCGGCGACCC
oci.269 GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAACCCGATCCCCCGGCGACCC
oci.40 GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAACCCGATCCCCCGGCGACCC
oci.82 GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAACCCGATCCCCCGGCGACCC
Oci188.1 ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Oci188.2 ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Oci188.3 ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Oci188.4 ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Oci188.5 ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCCAAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Oci188.6 ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.albo. ACTGGCCTCCCGTGCGCCACGGC-GTGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.amer. ACTGGCCCCCGTGCGCCCCGTC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.burc. ACTGGCCTCCCGTGCGCCACGGC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.camp. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGTCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.circ. ACTGGCCCCCGTGCGCCCCGTC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.citr. ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.cufo. ATTGGCCCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGTCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.dhof. ACTGGCCTCCCGTGCGCCAAGGC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.elle. ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.fila. ACTGGCCTCCCGTGCGCCACGGC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.fors. ACTGGCCTCCCGTGCGCCCCGTC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.fruc. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGAC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.gran. AATGGCCTCCCGTGCGCCACGGT-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.grat. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.irve. ATTGGCCCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGTGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.jame. ATTGGCCCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGTCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.labi. GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-TCAAATACGATCCCCCGGCGACTC
Ocim.lami. GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATACGATCCCCCGGCGACTC
Ocim.mini. ACTGGCCTCCCGTGC-CGCCGTT-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.numm. ATTGGCCCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.obov. ACTGGCCTCCCGTGCGCCAAGGC-GCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.ovat. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGA-CGTGCGGCCGGGCC-AAATACGATCCCCCGGCGACTC
Ocim.serp. ACTGGCCTCCCGTGCGCCACGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.serr. GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATACGATCCCCCGGCGACTC
Ocim.spec. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.spic. ATTGGCCCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Ocim.tubi. GTTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATACKATCCCCCGGCGACTC
Orth.aris. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGT-CGTGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACTC
Orth.pari. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGT-CGTGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACTC
Orth.rubi. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGT-CGTGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACTC
Plec.buch. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Plec.fruc. ACTGGCCTCCCGTGCGCCCTCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATACGATCCCCCGGCGACTC
Plec.laxi. ATTGGCCTCCCGTGCGCCCTCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATGCGATCCCCCGGCGACCC
Plec.sp. ACTGGCCTCCCGTGCGCCCTCGG-CGCGCGGCCGGGCC-AAATACGATCCCCCGGCGACTC
Sync.rotu. ATTGGCCCCCGTGCGCCCCGG-CGCGCGGTCGGGCC-AAAT-GCGATCCCCCGGCGACCC

Ocim.basi. ACGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAAAC---TCAACTCTCTC----TTGTTGTCGCGGCTAC
Ocim.nudi. ACGTCGCGCAAGTGGTGGTTGCAAC---TCAACTCTCT--TCGTC---GTCGCGGCTAC
Ocim.sell. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTGCC
Cato.chia. GGGTCGCGACAGTGGTGGTTGAG-CATCTCGA-TCTCGCGT---CGCGTC-----CG
Oci.145 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGC-TCGCG
Oci.152 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGC-TCGCG
Oci.265 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGC-TCGCG
Oci.269 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGC-TCGCG
Oci.40 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGC-TCGCG
Oci.82 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGC-TCGCG
Oci188.1 GCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTCGTCAA-TTTCCC-----CGTCGCGC-CCC
Oci188.2 GCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTCATCAA-TTTCCC-----CGTCGCGC-CCC
Oci188.3 GCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTCGTCAA-TTTCCC-----CGTCGCGC-CCC
Oci188.4 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CTCTCAA-TTTCCC-----CGTCGCGCCCCG
Oci188.5 GCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTCGTCAA-TTTCCC-----CGTCGCGCCCCG
Oci188.6 GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CTCATCAA-TTTCCC-----CGTCGCGTCCCG
Ocim.albo. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.amer. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAG-CCAATCAA-T-TCCCG-CGTCC-CGTCGCGCCCCC
Ocim.burc. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA--ATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.camp. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.citr. TCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-T-TCCC-T-----GTCGCGCCC-C
Ocim.cufo. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CTCATCAA-TTTCCC-----CGTCGCGC-CCC
Ocim.dhof. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.elle. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-AATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.fila. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.fors. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CTCATCGA-TTTCCC-----CGTCGCGC-CCC
Ocim.fruc. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.gran. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.grat. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAAACATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCCTCC
Ocim.irve. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.jame. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.labi. GCATCGCGACGTGTGGTGGTTGAA-CTTGTCAA-TCTCGCG---CGCCGTCGCGCTGCC
Ocim.lami. GCATCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGCCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTGCC
Ocim.mini. GCGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTTATCAA-T-TCCC-----CGTCGCGCCC-C
Ocim.numm. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.obov. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.ovat. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTGCC
Ocim.serp. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA--ATCTCAA-TCTCGCGT---CCTGTCGCGCTCCC
Ocim.serr. GCATCGCGACGTGTGGTGGTTGAA-CTTGTCAA-TCTCGCGT---GCCGTCGCGCAACC
Ocim.spec. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCCCCC
Ocim.spic. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC
Ocim.tubi. GCATCGCGACGTGTGGTGGTTGAA-CTTGTCAA-TCTCGCGT---GCCGTCGCGCTGCC
Orth.aris. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCRT---CTCGTCGCGCCGCC
Orth.pari. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCCGCC
Orth.rubi. GCGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CGTCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCCGCC
Plec.buch. GTGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CTCCTCAA-TCTCGCGY---GCT-GTCGCGCCCT
Plec.fruc. GCATCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CGCTTCAA-TCTCGCAT-----CCGCCGTGTTGTT
Plec.laxi. GTGTCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGTTT---CTCGCCGCGCCCCC
Plec.sp. GCATCGCGCAAGTGGTGGTTGAA-CGCTTCAA-TCTCGCAT-----CCGCCGTGTTGTT
Sync.rotu. GTGTCGCGACAAGTGGTGGTTGAA-CATCTCAA-TCTCGCGT---CTCGTCGCGCTCCC

Ocim.basi. AGCCCGTCGCGCGTCCGGA----CTC-CCC-----GACCCCTACCGCGCC----
Ocim.nudi. GGCCCGTCGCGCGTTCGGA----C-T-CCAG-----GACCC-CTTCGCGCT----
Ocim.sell. GA---GTCGTTCGTGCGGG----C-T-CCATAAAT-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Cato.chia. GG----CCGTCCGCGCGGG----CA--CC-----GACCCGAGGGCGAGGCCA
oci.145 GG----CCGTCCGCGCGGG----C-T-CCGAAGA---G---GACCC-AACGGCGCGGCC-
oci.152 GG----CCGTCCGCGCGGG----C-T-CCGAAGA---G---GACCC-AACGGCGCGGCC-
oci.265 GG----CCATCCGCGCGGG----C-T-CCGAAGA---G---GACCC-AACGGCGCGGCC-
oci.269 GG----CCGTCCGCGCGGG----C-T-CCGAAGA---G---GACCC-AACGGCGCGGCC-
oci.40 GG----CCGTCCGCGCGGG----C-T-CCGAAGA---G---GACCC-AACGGCGCGGCC-
oci.82 GG----CCGTCCGCGCGGG----C-T-CCGAAGA---G---GACCC-AACGGCGCGGCC-
Oci188.1 GG---GTCGTCCGTATGGA-TTCCTT-TGAAAA---G---AACCC-AA--GC-----
Oci188.2 GG---GTCGTCCGTATGGA-TTCCTT-TGAAAA---G---AACCC-AA--GC-----
Oci188.3 GG---GTCGTCCGTATGGA-TTCCTT-TGAAAA---G---AACCC-AA--GC-----
Oci188.4 GG----TCGTCCGTGCGGA-TTCCTT---GAAAAAAG---AACCC-AA-----
Oci188.5 GG----TCGTCCGTATGGA-TTCCTT-TGAAAA---G---AACCC-AA-----
Oci188.6 GA----TCGTCCGTGCGGA-TTCCTT-TGAAAA---G---AACCC-AA-----
Ocim.albo. GA---GTCGTCCGAGCGGG----CAT-CCAAATT-----GACCC-AACGGCACGGCC-
Ocim.amer. GG---GTCGTCCGTGCGGG---TTCCGA-TAGA-----GACCC-AA-----
Ocim.burc. GA---GTCGTCCGAGCGGG----C-T-CCTT-TAAC-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Ocim.camp. GG---ATCGTCCGTGCGGG----C-T-CCGAAAAT-----GACCC-AAAGGCGCGGCC-
Ocim.circ. GG---GTCGTCCGTGCGGA-TTCCTT-TG-AA-----AACCC-GA-----
Ocim.citr. GG---GTCGTCCGCGCGGA-TCCCTTAGTAAAAA---G---AACCC-AA-----
Ocim.cufo. GG---ATCGTCCGAGCGGG----C-T-CCGAAAAT-----AACCC-AAAGGCGCGGCC-
Ocim.dhof. GA---GTCDCCCAGCGGG----CAT-CCAAAGT-----GACCC-AACGGCGCGGCC
Ocim.elle. GA---GTCGTCCGAGCGGG----C-T-CCGAAAAT-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Ocim.fila. GA---GTCGTCCGAGCGGG-CATCAT-CCAAAGT-----GACCC-AACGGCGCGGCC
Ocim.fors. GG---GTCGTCCGTGCGGA-TTCCTT-TGAAAA---G---AACCC-AA-----
Ocim.fruc. GA---GTCGTCCGAGCGGG----C-T-TCGAAAAT-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Ocim.gran. GA---GTCGTCCGAGCGGG----CAT-CCAAAGT-----GACCC-AACGGCGCGGCC
Ocim.grat. GG---GTANTCCGAGCGGG----C-T-CCAAAAAT-----GACCC-AATGGTGCAGCC-
Ocim.irve. GG---ATCGTCCGAGCGGG----C-T-CCGAAAAT-----AACCC-AAAGGCGCGGCC-
Ocim.jame. GG---ATCGTCCGAAAGGG----C-T-CCGAAAAT-----AACCC-AAAGGCGCGGCC-
Ocim.labi. GA---GTCGGCCGCA-GG-----AAA---G---GACCC-AACGGCGCGGCC-
Ocim.lami. GA---GCCGCCGCG-GGG---CAT-C-GAGCAAC-----GACCC-AACGGCGCGGCC
Ocim.mini. GT---GTCGTCCGTGCGGA-TTCCTTTAGA-----AACCC-AA-----
Ocim.numm. GG---ATCGTCCGAGCGGG----C-T-CCGAAAAT-----GACCC-ACAGGCACGGCC-
Ocim.obov. GA---GTCGTCCGAGCGGG----CAT-CCAAA---GT---GACCC-AACGGCGCGGCC
Ocim.ovat. GA---GTCRTCCGTGCGGG----C-T-CCGAAAAC-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Ocim.serp. GA---GTCGTCCGAGCGGG----C-T-CCACAAC-----RACCC-AACGGGGCGGCC-
Ocim.serr. GA---GTCGGCCGCA-GGA-----AAG-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Ocim.spec. GG---GTCGTCCGAGCGGG----C-T-CCGAAAAT-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Ocim.spic. GG---ATCGTCCGAGCGGG----C-T-CCGAAAAT-----GACCC-AAAGGCGCGGCC-
Ocim.tubi. GA---GTCGGCCGCA-GGA-----AAG-----GACCC-AACGGCGCGGCC-
Orth.aris. GA---ATCGTCCGTGCGGG----CAT-C-GAAATC-----GACCC-AAAGGCGTGGCC
Orth.pari. GA---ATCGTCCGAGCGGG----CAT-CC-AACAGT-----GACCC-AACGGCGTGGCC
Orth.rubi. GA---ATCGTCCGTGCGGG----CAT-C-GAAATC-----GACCC-AACGGCGTGGCC
Plec.buch. GG---GCCGTTCCGGATGG----CAT-C-GAGCACA-----GACCC-AACGGCG-----
Plec.fruc. GA---GTTGTCCGCGCGGG----CAT-C-GAACAAY-----GACCC-AACGGCC-----
Plec.laxi. GG---ATCGTCCGTGCGGG----CAT-C-GA-CACGTAAGACCCAAACGGC-----
Plec.sp. GA---GTTGTCCGCGCGGG----CAT-C-GAACAAT-----GACCC-AAC-----GGCC-
Sync.rotu. GA---ATCGTCCGAGCGGG----C-TCC-GAAA-AT-----AACCC-AAAGGCGCGGCC-

Ocim.basi.	-TCA--CCAGGCGCTC-CGACC
Ocim.nudi.	-----CAGGCGCTC-CGACC
Ocim.sell.	--AAGCCGTCGCGCTCTCGACC
Cato.chia.	TCGT--GCCGAGCCATCGACC
Oci.145	--AAGCCGCCGCTCCCTCGACC
Oci.152	--AAGCCGCCGCTCCCTCGACC
Oci.265	--AAGCCGCCGCTCCCTCGACC
Oci.269	--AAGCCGCCGCTCCCTCGACC
Oci.40	--AAGCCGCCGCTCCCTCGACC
Oci.82	--AAGCCGCCGCTCCCTCGACC
Oci188.1	-----TCC-TCGACT
Oci188.2	-----TCC-TCGACC
Oci188.3	-----TCC-TCGACT
Oci188.4	-----GTACCTCGACC
Oci188.5	-----GCTCC-TCGACC
Oci188.6.	-----GCTCC-TCGACA
Ocim.albo.	-TAATGCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.amer.	-----GCCC-CTCGACC
Ocim.burc.	-AAAGACGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.camp.	--GAGCCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.circ.	-----GTAC-CTCGACC
Ocim.citr.	-----GCTC-CTCGACC
Ocim.cufo.	--GATCCGCCGCGCCCTCGACC
Ocim.dhof.	--GATGCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.elle.	--GATGCSCCGCGTTTTGACC
Ocim.fila.	--GATGCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.fors.	-----GTAC-CTCGACC
Ocim.fruc.	--GAGCCGCCGCGCCCTCGACC
Ocim.gran.	--GATGCGCTGCGCTCTCGACC
Ocim.grat.	--GTCACGCCGCGCCCTCGACC
Ocim.irve.	--GATCCCCCGCGCCCTCGACC
Ocim.jame.	--GATCCGCCGCGCCCTCGACC
Ocim.labi.	--ACGCCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.lami.	C-GAC--GCCGCGCTCTCGACC
Ocim.mini.	-----GTAC-CTCGACC
Ocim.numm.	--AATCCGCCGCGCC-TCGACC
Ocim.obov.	--GATGCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.ovat.	--AA-CTGGCGCGCTCTCGACC
Ocim.serp.	--AATACGCCGGGTTTTGACC
Ocim.serr.	--ACNCCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.spec.	GACAGCCGCCGCGCTCTCGACC
Ocim.spic.	--GATTCGCCGCGCCCTCGACC
Ocim.tubi.	--ACGCCGCCGCGCTCTCGACC
Orth.aris.	CCGA--GCCGCGCTCTCGACC
Orth.pari.	T-GA--GCCGCGCTCTCGACC
Orth.rubi.	CCGA--GCCGCGCTCTCGACC
Plec.buch.	--AAT--GCC----T-TCGACC
Plec.fruc.	ATAA--GGC---CT-TSGACC
Plec.laxi.	-----GAAAGCCT-TCGACC
Plec.sp.	ATAA-----GGCCTTCGACC
Sync.rotu.	--GATCCGCCGCGCCCTCGACC