

Schriften zu Genetischen Ressourcen

Schriftenreihe des Informationszentrums für Genetische Ressourcen
(IGR)

Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)

Band 6

Charakterisierung und Evaluierung von Koriander (*Coriandrum sativum* L.) und taxonomische Implikationen

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Fachbereichs Agrarwissenschaften
(Landwirtschaftliche Fakultät)
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von

Axel Diederichsen
geboren in Flensburg

Göttingen, im Dezember 1996

D 7

1. Referent: Prof. Dr. Dr. h.c. G. Röbbelen

2. Referent: Prof. Dr. K. Hammer

Tag der mündlichen Prüfung: 6. Februar 1997

Herausgeber: Informationszentrum für Genetische Ressourcen (IGR)
Zentralstelle für Agrardokumentation und -information
(ZADI)
Villichgasse 17, D – 53177 Bonn
Postfach 20 14 15, D – 53144 Bonn
Tel.: (0228) 95 48 - 200
Fax: (0228) 95 48 - 149
Email: igr@zadi.de

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

Schutzgebühr 15,- DM

ISSN 0948-8332

© ZADI Bonn, 1997

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Material und Methoden	6
2.1 Entstehung und Zusammensetzung der Kollektion	6
2.2 Reproduktionsanbau und Referenzsammlung	9
2.3 Verwandte Arten aus der Tribus Coriandreae	12
2.4 Fragestellung und Anlage der Feldversuche	17
2.4.1 Untersuchte Pflanzenmerkmale	24
2.4.2 Statistische Methoden	27
2.4.3 Boden, Klima und Witterung des Versuchsstandorts	29
3 Ergebnisse	32
3.1 Ergebnisse des dreijährigen Vergleichsanbaus	32
3.1.1 Variabilität des Korianders	32
3.1.1.1 Morphologische und phänologische Merkmale	33
3.1.1.1.1 Vegetative Pflanzenteile	33
3.1.1.1.2 Generative Pflanzenteile	37
3.1.1.1.3 Phänologische Merkmale	40
3.1.1.1.4 Merkmale von hauptsächlich agronomischer Bedeutung	41
3.1.1.2 Merkmale der chemischen Zusammensetzung der Früchte	43
3.1.1.2.1 Das ätherische Öl	43
3.1.1.2.2 Das fette Öl	47
3.1.2 Eignung der Merkmale für eine infraspezifische Gruppierung	49
3.1.3 Hauptkomponentenanalyse	54
3.1.4 Geographische Verteilung der Variabilität	57
3.1.5 Einfluß der Witterung auf die Ausprägung der Merkmale	62
3.2 Begleitende Untersuchungen	65
3.2.1 Fremdbefruchtungsrate	65
3.2.2 Kreuzungsanalysen	66
3.2.3 Herbstaussaat	70
3.2.4 Einfluß von Erntezeitpunkt und Ernteverfahren auf die Fruchtqualität	71
3.2.5 <i>Bifora radians</i> und <i>B. testiculata</i> als pflanzen genetische Ressource	74
4 Diskussion	76
4.1 Intraspezifische Klassifikation	76
4.2 Rückschlüsse auf die Evolution der Kulturpflanze	91
4.3 Bedeutung der Ergebnisse für Anbau und Züchtung	95
4.4 Bedeutung der Ergebnisse für die Erhaltung der biologischen Vielfalt	103
5 Zusammenfassung	110
6 Literaturverzeichnis	112
7 Anhang	121

Das Höchste
Suchst Du das Höchste, das Größte?
Die Pflanze kann es Dich lehren:
Was sie willenlos ist, sei Du es wollend - das ist's!

Fr. Schiller

Einleitung

Die auffallend große Variabilität innerhalb einer Art bei Kulturpflanzen und Haustieren wurde spätestens durch die berühmte Arbeit von Darwin (1868) in das Blickfeld der Wissenschaft gerückt. Dennoch fehlen Übersichten über die gesamte Variabilität einzelner Arten in den meisten Fällen bis heute. Eine solche, die Art kennzeichnende Gesamtübersicht ist jedoch eine wichtige Grundlage, sowohl für jede weitergehende wissenschaftliche und züchterische Bearbeitung, als auch für Bemühungen um die Erhaltung der biologischen Vielfalt. Das betrifft nicht nur wilde Tiere und Pflanzen, sondern auch die unmittelbar vom Menschen abhängigen Haustiere und Kulturpflanzen. Vorhandene Gesamtübersichten bedürfen bei letzteren überdies in gewissen Abständen einer Überarbeitung, weil

- (1) durch weitere Sammlung oder Züchtung in einer Art neue Genotypen gefunden werden, die bisher nicht berücksichtigt werden konnten,
- (2) neue Untersuchungsmethoden eine Erweiterung des Merkmalsspiegels gestatten, und / oder
- (3) im Rahmen von Züchtungsarbeiten Merkmale aktuelles Interesse erlangen, die vorher nicht betrachtet wurden.

Alle drei Gründe zugleich waren der Anlaß, in der Genbank am Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben Untersuchungen zur Beschreibung der Variabilität in der Art Koriander (*Coriandrum sativum* L.) neuerlich aufzugreifen.

Seitens der praktischen Pflanzenzüchtung ist in den letzten Jahren das Interesse an Koriander als nachwachsendem Rohstoff gestiegen (Röbbelen 1993, Rottmann-Meyer 1993). Dabei wurden zunächst besondere Hoffnungen auf den hohen Gehalt an Petroselinensäure zur Gewinnung von Laurinsäure für die Herstellung von Seifen, Tensiden und anderen oberflächenaktiven Polymeren gesetzt (Toben et al. 1994). Aber wegen dazu erforderlichen technischen Anwendungen (z.B. ozonolytische Spaltung des Petroselinensäuremoleküls) und der guten Verfügbarkeit von Kokos- oder Palmkernöl als Rohstoffe auf dem Weltmarkt sind diese

derzeit günstigere Ausgangsstoffe. Eine weitere, in Rußland und der Ukraine schon seit Ende des 19. Jahrhunderts großtechnisch betriebene industrielle Nutzung (Stoletova 1931) von Koriander ist auf das ätherische Öl der Früchte gerichtet. In Deutschland wird daran gearbeitet, Koriander in Richtung auf eine gleichzeitige Nutzung des fetten und ätherischen Öls zu züchten (Meier zu Beerentrup 1995, pers. Mitteilung), nachdem erste Hoffnungen auf die Bedeutung der Petroselinensäure enttäuscht wurden. Schließlich wird in Industrieländern Koriander auch zunehmend als Gemüsepflanze genutzt: Die USA beispielsweise importieren große Mengen von getrockneten Korianderblättern aus Mexiko, wo sie unter der spanischen Bezeichnung „Cilantro“, gehandelt werden, die sich als Benennung für dieses Produkt auch im englischsprachigen Raum durchgesetzt hat. Auf dem Weltmarkt ist die Bedeutung von Cilantro größer als die der ähnlich verwendeten, in Deutschland besser bekannten Petersilie. Im Kaukasus und im gesamten russischsprachigen Raum ist Koriander für diese Nutzungsrichtung unter der georgischen Benennung „kinsa“, sehr beliebt. Die bekannteste und durch archäologische Funde wie durch historische Erwähnungen häufig dokumentierte Nutzung des Korianders gilt allerdings den Früchten als Gewürz und Heilmittel. In interessantester Weise ist die Kulturgeschichte des Korianders bei Reinhardt (1911) und zusammenfassend bei van Harten (1974) nachzulesen. Bei Koriander handelt es sich also um eine vielseitige Kulturpflanze, die allerdings züchterisch in westlichen Ländern bisher wenig bearbeitet wurde, obwohl sie zu den ältesten Kulturpflanzen überhaupt zu rechnen ist.

In einem Vergleichsanbau eines Großteils der Muster der Gaterslebener Kollektion in drei Jahren wurden neue Daten erhoben, die als Grundlage für die Erfassung der Gesamtvariabilität dieser Spezies Verwendung fanden. Außer der Charakterisierung anhand morphologischer und phänologischer Merkmale wurde eine Evaluierung der Merkmale des Gehalts und der Zusammensetzung des fetten und ätherischen Öls der Korianderfrüchte durchgeführt. Die infraspezifische Gruppierung des Korianders kann somit erstmals um chemotaxonomische Aspekte erweitert werden. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Frage, wie sich unter einer bestimmten Selektionsrichtung die hierbei nicht beachteten Merkmale verhalten. Die vorliegende Arbeit soll zeigen, ob sich korrelierte Selektionswirkungen in bezug auf die chemischen Bestandteile der Früchte beobachten lassen, und ob sich unabhängig von den bisher allein verwendeten Morphotypen taxonomisch auch Chemotypen ausgrenzen lassen.

Die letzte Gesamtübersicht über die Variabilität des Korianders wurde 1990 publiziert (Ivanova u. Stoletova 1990). Sie basiert auf Arbeiten von E. A. Stoletova bis 1945 und K. V.

Ivanova bis 1965 am Vavilov Institute of Plant Industry (VIR) in St. Petersburg und wurde von M. M. Girenko (VIR) zusammengestellt. Diese Untersuchung deckt nicht mehr die gesamte inzwischen beobachtete Variationsbreite der Art ab und bedarf einer Erweiterung (Girenko 1994, pers. Mitteilung). Gleichzeitig erschien es wünschenswert, die bei Ivanova und Stoletova vorgeschlagene infraspezifische Klassifikation in der vorliegenden Arbeit zu überprüfen, zumal die Möglichkeit bestand, chemische Analysen der Fruchttöle mit einzubeziehen und damit chemotaxonomische Aspekte ergänzt werden konnten.

Nicht nur unter Taxonomen wird über Sinn und Methode infraspezifischer Gruppierungen von Kulturpflanzen gestritten, wobei verschiedene Auffassungen mit Eifer vertreten werden. In der Vavilov'schen Schule wird die geographische Herkunft und eine hierarchische Gliederung in viele infraspezifische Taxa betont. So schlägt Jirásek (1966) für Kulturpflanzen zwölf infraspezifische Taxa vor, die er „Taxonoide,“ nennt. Demgegenüber wird von Harlan und de Wet (1971) der Wert formaler infraspezifischer Gruppierungen bei Kulturpflanzen generell in Frage gestellt und von Hettterscheid und Brandenburg (1995) schließlich die taxonomisch gleichartige Behandlung von Kulturpflanzen und Wildpflanzen vollständig verworfen; diese Autoren wollen bei Kulturpflanzen allein den Gattungsnamen noch als formal verbindlich beibehalten, dem ein „cultivar group epithet,“ beigefügt werden soll. Den Begriff „Taxon,“ möchten Hettterscheid und Brandenburg bei Kulturpflanzen durch den Begriff „Culton,“ ersetzt wissen. Der Konsument von Korianderfrüchten oder Blättern wird sich kaum um solche Probleme kümmern; aber auch bei den unmittelbar von der biologischen Vielfalt Gebrauch machenden Anbauern und Pflanzenzüchtern ist das Interesse an diesen Problemen sehr gering. Die vorliegende Arbeit versucht exemplarisch an der Kulturpflanze Koriander zu zeigen, daß diese Fragen spannend, und für das Verständnis der biologischen Vielfalt wesentlich sind. Die Arbeit bemüht sich für die Art *Coriandrum sativum* um einen Kompromiß zwischen einer unpraktikablen, monströsen und dogmatischen Klassifikation und einer in völliger Unverbindlichkeit aufgehenden und rein züchtungsorientierten Gruppierung. Es soll damit gezeigt werden, daß die von Rudolf Mansfeld (1953, 1954) in Gatersleben gesetzten Leitlinien für eine Systematisierung der Kulturpflanzen auch heute noch gültig und nützlich sind. Arbeiten in diesem Sinne leisten einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der im Übereinkommen über die Biologische Vielfalt in Rio de Janeiro 1992 aufgestellten Forderungen. Einerseits setzten sie eine gründliche Charakterisierung des Materials voraus, deren Fehlen oft und zu recht beklagt wird (z.B. Becker 1993); andererseits ermöglichen sie durch die Vergabe von verbindlichen Namen für infraspezifische Gruppen einen Überblick und

eine sichere Verständigung über die bekannte Diversität innerhalb einer Art (Hanelt u. Hammer 1995). Beides sind Forderungen, deren Erfüllung vielfach noch aussteht (FAO 1996). Während taxonomische Arbeiten oftmals nur auf Herbarmaterial oder neuerdings insbesondere auf molekularen Untersuchungen im Labor beruhen, nehmen bei der vorliegenden Arbeit Feldversuche eine zentrale Rolle ein. Die Ergebnisse bieten deshalb nicht nur für Taxonomen und Pflanzenzüchter interessante Daten, sondern sind auch für den Anbauer von Koriander von Bedeutung.

Auf die archäologischen und ethnobotanischen Hinweise zur Abstammung des Korianders sowie auf die allgemeinere Literatur zum Koriander wird in der vorliegenden Arbeit nur am Rande eingegangen, da der Autor diese wichtigen Aspekte in einer 1996 veröffentlichten Monographie dargestellt hat (Diederichsen 1996).

Die Genbank Gatersleben verfügt über die weltweit zweitgrößte Kollektion von Koriander und somit über eine breite Basis von Genotypen, die eine umfassende Bearbeitung der genannten Fragestellungen ermöglichen. Sehr viel Material stammt dabei von eigenen Sammelreisen Gaterslebener Mitarbeiter. Auch von anderen Institutionen und Sammlern konnten interessante Herkünfte aus verschiedensten Weltteilen in Gatersleben untersucht werden.

Die Kollektion der Genbank Gatersleben ist einerseits Ausgangspunkt für diese Untersuchung, andererseits werden die Ergebnisse ihrerseits auch Auswirkungen auf den weiteren Umgang mit der Kollektion haben. Aus diesem Grunde soll zunächst kurz auf die Entstehung, Zusammensetzung und Erhaltung der Kollektion in Gatersleben eingegangen werden. Um die Evolution der Kulturpflanze Koriander zu verstehen, scheint es zugleich geraten, auch einen Blick auf die dem Koriander nahe verwandten Wildarten aus der Tribus Coriandreae zu werfen.

2 Material und Methoden

2.1 Entstehung und Zusammensetzung der Kollektion

In der Genbank des Instituts für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben, die derzeit einen Gesamtumfang von etwa 100.000 Akzessionen pflanzengenetischer Ressourcen betreut, welche rund 2000 botanischen Arten umfassen, ist Koriander der Fruchtartengruppe der Arznei- und Gewürzpflanzen zugeordnet. In dieser Gruppe ist die Familie der Doldengewächse (Umbelliferae), zu der Koriander gehört, mit 21 Arten vertreten (Hammer 1993a).

Die ältesten Zugänge von Koriander, die in der Genbank Gatersleben noch vorhandenen sind, wurden Mitte der 50er Jahre in die Kollektion aufgenommen und stammen von Sammelreisen nach China. Jede Akzession, die endgültiger Bestandteil der Kollektion geworden ist, trägt eine definitive Nummer, der das Akronym „CORI“, vorangestellt wird. Es ist zu beachten, daß seit den 50er Jahren 11 Muster nur für einige Jahre Bestandteil der Kollektion waren, weil die Lebenderhaltung nicht erfolgreich verlief, und sie somit aus der lebenden Kollektion gestrichen werden mußten. Es sind zwar in der Referenzsammlung noch Belege von Früchten und Herbarexemplare dieser Muster vorhanden, aber als pflanzengenetische Ressource stehen sie nicht mehr zur Verfügung. Solche Verluste sind besonders bei nicht zu ersetzendem Material von Sammlungsreisen beklagenswert; jedoch sind auch bei Einhaltung der von Lehmann und Mansfeld (1957, vergl. auch Hammer u. Hondelmann 1997) aufgestellten Regeln für die Sortimentserhaltung Verluste nicht immer ganz zu vermeiden.

Seit der Begründung der Koriander-Kollektion in Gatersleben nahm die Anzahl der Muster zunächst langsam zu; von den 1976 vorhandenen Mustern sind 16 noch Bestandteil der untersuchten Lebendsammlung. Ab Mitte der 70er Jahre wurden von Sammelreisen der Abteilungen Taxonomie und Genbank in Mittelasien und insbesondere in Georgien viele neue Muster von Koriander mitgebracht (Beridze et al. 1986). Die Herkünfte aus dieser Region bilden einen Schwerpunkt in der bestehenden Kollektion. In der Folgezeit fand diese Fruchtart, ebenso wie andere Arznei- und Gewürzpflanzen, in Gatersleben zunehmende Aufmerksamkeit, und es wurden vermehrt Koriandermuster von anderen Sammelreisen, so aus Italien, Libyen, China, Kolumbien und Kuba, mitgebracht (Hammer 1993b). Vermittelt durch das IBPGR in Rom (International Board for Plant Genetic Resources; seit 1993 IPGRI: International Plant Genetic Resources Institute) übernahm die Genbank Ende der 80er Jahre Material von Sammelreisen aus

Syrien, dem Jemen, Oman, Sudan und Bhutan. Ebenso gelangte Material von einer niederländischen Sammelreise nach Pakistan und des Botanischen Gartens Kew bei London nach Algerien in die Genbank Gatersleben. Die Kollektion hatte bis Ende 1993 einen Umfang von 166 Mustern erreicht, von denen 149 Landsorten mit bekannter geographischer Herkunft waren.

Erstmalig wurde in Gatersleben 1993 ein Vergleichsanbau aller Muster von Koriander durchgeführt, der den letzten Anstoß dazu gab, eine umfassendere Neubearbeitung zu Fragen der Variabilität der Art aufzugreifen. Um den Überblick über die Gesamtvariabilität zu ermöglichen, wurden weitere zugängliche Quellen für interessant erscheinende Muster von Koriander angegangen. Aus dem Vavilov All-Russian Institute of Plant Industry (VIR) in St. Petersburg, in dem mit ca. 600 Mustern die weltweit größte Kollektion von Koriander erhalten wird (Girenko 1996, pers. Mitteilung), wurden für die Untersuchungen in Gatersleben 38 Muster mit bekannter geographischer Herkunft übernommen. Aus der North Central Regional Plant Introduction Station in Ames (Iowa, USA) kamen 46 Muster, von denen 35 wenigstens im letzten Versuchsjahr in die vorliegende Untersuchung einbezogen wurden. Zwölf weitere Muster der Kollektion der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode (FAL) und etwa fünfzehn Muster von privaten Sammlern ließen die Anzahl der in diese Arbeit eingegangenen Muster mit bekannter geographischer Herkunft im Jahre 1996 auf 250 ansteigen. Zusätzlich wurden Muster von verschiedenen botanischen Gärten in Gatersleben angebaut, bei denen jedoch in der Regel die Herkunftsangabe fehlte. Viele der letztgenannten Muster wurden nicht endgültiger Bestandteil der Kollektion, weil bereits zur Genüge vergleichbare Formen bekannter Herkunft vorhanden waren.

Im Jahre 1996 befanden sich 290 Muster im Vergleichsanbau. Schon zur Zeit der Aussaat waren mehr als 370 Muster in Gatersleben vorhanden, die aber zur erstmaligen Vermehrung teilweise zunächst auf Isolationsstandorten angebaut oder sogar noch als Neuzugänge im Kühllagerhaus gelagert werden mußten, weil die Kapazität an Isolationsstandorten einen sofortigen Anbau nicht gestattete. Tabelle 1 enthält eine vollständige Aufstellung der Muster, die 1996 im Vergleichsanbau geprüft wurden.

Nach der Kollektion von Koriander des VIR in St. Petersburg ist heute die Kollektion der Genbank Gatersleben die zweitgrößte (FAO 1995, Diederichsen 1996). Der Anteil von 250 Mustern mit bekannter geographischer Herkunft schließt acht Zuchtsorten ein; bei den übrigen Mustern handelt es sich um Landsorten. Es kann also keinesfalls eine genetisch homogene Zusammensetzung der einzelnen Muster vorausgesetzt werden, die in dieser Arbeit jeweils als eine Einheit beurteilt wurden. Auftrennungen eines Neuzugangs in Teilpopulationen aufgrund morphologisch offener Inhomogenität wurde bei Koriander nur in einem Fall vorgenommen. Bei den Landsorten kann in den meisten Fällen

davon ausgegangen werden, daß sie über lange Zeiträume in den dokumentierten Regionen selektiert wurden, da ihr Anbau oft in Haus- und Bauerngärten in entlegenen Gegenden stattfand und vielfach bis heute so stattfindet. Demzufolge sind die Zusammenhänge zwischen dem Sammelort und dem Genotyp des Musters ökogeographisch noch sehr gut zu interpretieren, da sowohl die genetische Durchmischung durch moderne Kreuzungszüchtung bisher nur in geringem Umfang stattfand, als auch der Saatgutwechsel bei dieser Art bisher keine große Rolle spielte. Die Situation ist somit eine ganz andere, als bei den landwirtschaftlichen Hauptkulturpflanzen.

Von weiteren verwandten Arten aus der Tribus Coriandreae, die gemäß des Konzeptes von Harlan und de Wet (1971) zum sekundären oder tertiären Genpool der Art Koriander gehören, waren in der Gaterslebener Sammlung drei Muster der Art *Bifora radians* und eines von *Bifora testiculata* vorhanden.

Lebendes Saatgut der zweiten zur Gattung *Coriandrum* gehörenden Art, *C. tordylium*, einer in Südostanatolien heimischen, einjährigen Wildpflanze, ließ sich auf indirektem Wege nicht beschaffen. Briefe an Institutionen im Verbreitungsgebiet der Art blieben unbeantwortet oder enthielten abschlägige Antworten. Der Aufwand für eine Sammelreise in diese Region schien zu groß und das Unternehmen zu riskant, da das Verbreitungsgebiet im politisch unruhigem Kurdistan liegt. Nur durch eigene Sammlung erscheint es möglich, an lebende Pflanzen zu gelangen, die von etwas speziellerem Interesse sind aber immerhin konnte interessantes Herbarmaterial der Art untersucht werden.

Tab. 1 Geographische Herkunft der im Vergleichsanbau 1996 untersuchten Koriander-Muster der Genbank Gatersleben

Herkunftsgebiet	Anzahl Muster	Aufschlüsselung der Herkunft nach Ländern oder Landesteilen (Anzahl Muster)
Europa, ohne Osteuropa	37	Dänemark (1), Deutschland (11), England (1), Niederlande (8), Frankreich (3), Italien (3), Spanien (3), Portugal (1), ehem. Tschechoslowakei (4), Österreich (1), Ungarn (2)
Osteuropa	15	Rumänien (1), Polen (3), Weißrußland (1), Rußland, ohne Daghestan (2), Ukraine (1), ehem. Sowjetunion ohne nähere Angabe (7)
Kaukasus	69	Georgien (55), Armenien (7), Aserbaidschan (3), Daghestan (4)
Mittelasien	9	Afghanistan (2), Kirgisien (1), Tadschikistan (3), Kasachstan (2), Usbekistan (1)
Indischer Subkontinent	27	Bhutan (7), Indien (12), Pakistan (8)
Ferner Osten	12	Mongolei (1), China (8), Japan (3)
Südostasien	1	Indonesien (1)
Naher und Mittlerer Osten	33	Syrien (16), Irak (2), Iran (2), Oman (10), Jemen (3)
Nordafrika	19	Algerien (4), Tunesien (6), Libyen (5), Ägypten (4)
Afrika, ohne Nordafrika	12	Sudan (6), Äthiopien (3), Ghana (1), Somalia (1), Madagaskar (1)
Amerika	15	Kanada (2), USA (4), Kuba (2), Mexiko (2), Costa Rica (1), Kolumbien (1), Chile (2), Peru (1)
unbekannt	40	aus botanischen Gärten
Gesamt	290	davon 250 mit bekannter geographischer Herkunft

2.2 Reproduktionsanbau und Referenzsammlung

Bei Koriander handelt es sich um einen fakultativen Fremdbefruchter (Romanenko et al. 1991, 1992; Diederichsen 1996). Jede Akzession stellt somit genetisch eine mehr oder weniger heterogene Population dar. Um die genetische Integrität einer solchen Akzession zu bewahren, ist ein Reproduktionsanbau im Freiland nur bei ausreichender Isolation der Einzelpopulationen durchführbar. Das Gelände der Genbank Gatersleben läßt glücklicherweise eine räumliche Isolation im Freiland zu. Nach Beginn der vorliegenden Arbeit stieg allerdings, bedingt durch die große Anzahl von Neuzugängen, der Bedarf an Isolationsmöglichkeiten erheblich. Unter Einhaltung eines Mindestabstandes von 50 m zwischen den Mustern im Freiland konnte die Anzahl der in einem Jahre zur Reproduktion angebauten Muster auf 80 erhöht werden. Damit war allerdings die Kapazitätsgrenze erreicht, und ein gewisses Risiko einer eventuellen Pollenübertragung durch Insekten wurde eingegangen. Allerdings fehlen in dieser Hinsicht bei Koriander wie auch bei vielen anderen fremdbefruchtenden Arten exakte Untersuchungen.

In der Regel wird in Gatersleben der erste Reproduktionsanbau von Neuzugängen in der nächstmöglichen Vegetationsperiode angestrebt, um jeden Verlust an Keimfähigkeit durch längere Lagerung zu vermeiden. Aus den genannten Gründen mußte aber bei Koriander von diesem Prinzip abgewichen werden. Bei Neuzugängen, die in einigen Fällen nur aus wenigen Früchten bestanden, sowie bei ersten Nachbauten von im Rahmen dieser Arbeit erstellten Einzelpflanzennachkommenschaften, wurde der erste Reproduktionszyklus in Pflanztöpfen in Isolierkabinen durchgeführt.

Der Isolationsanbau im Freiland fand in der Regel auf Parzellen von 5 m² Größe statt. Die Aussaatmenge an Früchten war dabei nicht standardisiert und betrug meistens zwischen 5-10 g Saatgut, was ca. 500 bis 1000 zweisamigen Früchten entspricht. Die Anzahl an Pflanzen, die letztendlich durch reife Früchte zur Erhaltung der Population beitrug, war allerdings umweltbedingt geringer und belief sich auf ca. 200-500 Pflanzen. In Situationen mit ungünstigen Aufwuchsbedingungen lag sie weit darunter. Die Aussaat erfolgte im Monat April, die Ernteperiode dauerte von Ende Juli bis Anfang September.

Während eines jeden Reproduktionsanbaus wurden in Gatersleben Charakterisierungsdaten an den Mustern erhoben und in Feldbüchern oder auf Boniturbüchern festgehalten. Folgende Merkmale wurden auf diese Weise seit 1950 an den Anbauparzellen erfaßt:

- Tage (von der Aussaat) bis zum Feldaufgang,
- Tage bis zur Vollblüte,
- Pflanzenlänge (cm),
- Tage bis zur Ernte,
- Tausendfruchtmasse (TFM) (g).

Die erhobenen Daten wurden für eine Einteilung in zwei infraspezifische Gruppen verwendet:

1. *Coriandrum sativum* L. var. *sativum* : Tausendfruchtmasse größer als 10 g, Fruchtdurchmesser größer als 3 mm.
2. *Coriandrum sativum* L. var. *microcarpum* DC.: Tausendfruchtmasse kleiner als 10 g, Fruchtdurchmesser selten mehr als 3 mm.

Von den 166 Koriandermustern, für die bis Ende 1993 Charakterisierungsdaten vorlagen, gehörten 50 Muster zur var. *sativum* und 116 zur var. *microcarpum*. Diese seit 1950 erfaßten und in Feldbüchern vorliegenden Charakterisierungsdaten wurden benutzt, um erste Aussagen zur Variabilität innerhalb der Gaterslebener Kollektion und zur Heritabilität der betrachteten Merkmale zu machen (Diederichsen u. Hammer 1994).

Während bis Mitte der siebziger Jahre das Intervall zwischen zwei Reproduktionszyklen etwa drei Jahre betrug, konnte diese Dauer inzwischen auf etwa 20 Jahre ausgedehnt werden. Mitte der siebziger Jahre wurde ein Samenkühllagerhaus errichtet und seitdem fand die Lagerung der luftgetrockneten Früchte bei einer Temperatur von -15 °C statt. Das hat den Vorteil, daß die stets mit Unsicherheiten behaftete Vermehrung nur in größeren Zeitabständen durchgeführt werden muß, bringt allerdings auch mit sich, daß die Daten, die während eines Reproduktionszyklus an einem Muster erfaßt werden, nur noch in großen Abständen anfallen und damit die durchgeführte Charakterisierung der neueren Muster auf weniger Anbaujahren beruhte. Aus diesem Grunde lagen bei Beginn dieser Arbeit im Herbst 1993 von dem ältesten noch vorhandenen Muster der Kollektion (CORI 3) Charakterisierungsdaten aus 10 Anbaujahren vor, während es von den meisten Mustern, die nach 1975 in die Kollektion aufgenommen wurden, Charakterisierungsdaten nur noch aus drei oder weniger Anbaujahren gab.

Ein wichtiges Instrument für die kontrollierte Erhaltung sowie für die Bearbeitung pflanzen genetischer Ressourcen ist die Anlage einer Referenzsammlung. Bei allen

Neuzugängen wurden während des ersten Anbaues mehrere Jungpflanzen unmittelbar vor dem Beginn des Streckungswachstums der Primärachse und wenigstens zwei Pflanzen während der Vollblüte, d.h. mit schon erkennbarem Fruchtansatz, herbarisiert. Die Herbarbögen sind in der Abteilung Taxonomie des IPK archiviert. Außerdem werden von den Neuzugängen reife Früchte in gesonderten Glasröhrchen aufbewahrt. Der Zweck der herbarisierten Pflanzen sowie der Früchte besteht darin, ständig für jedes Musters authentisches Vergleichsmaterial zur Verfügung zu haben. Die Sammlungsmuster werden auf diese Weise durch Herbarbelege und Früchte in der Form dokumentiert, wie sie Eingang in die Kollektion fanden. Spätere technische Vermischungen, Verwechslungen oder auch genetische Aufspaltungen können durch Vergleich mit dem Referenzbeleg des Musters erkannt werden. Im Laufe der vorliegenden Arbeit mit Koriander zeigte sich der hohe diagnostische Wert der Basalblätter für die Klassifikation des Korianders, und das Herbarium wurde dementsprechend durch Basalblätter von allen Mustern ergänzt, wobei jeweils das längste vorhandene Basalblatt bei Blühbeginn als Standard genommen wurde. Diese Ergänzung steigert den Wert des Herbariums als Referenzsammlung für die Genbank.

2.3 Verwandte Arten aus der Tribus Coriandreae

Zu den pflanzengenetischen Ressourcen für eine Fruchtart gehören zum einen alle Genotypen der Art selbst. Diese sind miteinander kreuzbar und werden gemäß dem Konzept von Harlan und de Wet (1971) dem primären Genpool zugeordnet. Auch Wildformen stellen oft für züchterische Zwecke eine Genquelle dar, da Kreuzungen mit der Kulturform bisweilen möglich sind, wenn auch oft nur mit sehr geringem Fruchtansatz. Arten, bei denen das letztere zutrifft, gehören zum sekundären Genpool. Wildformen der Kulturpflanzen wurden bereits von Baur (1914) ebenso wie Vavilov (1926) in ihrer Bedeutung für die Züchtung erkannt, bei Sammelreisen berücksichtigt und in die Kollektion des VIR aufgenommen. Bei Koriander ist eine Wildform nicht bekannt. In der Literatur wird mehrfach von wildem Koriander berichtet. Alles Material jedoch, das als Wildform bezeichnet wurde, erwies sich bei näherer Betrachtung der entsprechenden Herbarbelege oder beim Nachbau als die Kulturform *Coriandrum sativum* (Diederichsen 1996). Richtig für Funde von Koriander an ruderalen Standorten ist die Bezeichnung wildwachsender oder verwilderter Koriander. Solche Funde sind vielfach in der Literatur und auch in den Herbarien am VIR und am Botanischen Institut (BIN) in St. Petersburg belegt (Diederichsen

1996). Die anderen Arten aus der Tribus Coriandreae, die zum sekundären oder tertiären Genpool des Korianders gehören, sind nur als Unkräuter oder Wildpflanzen bekannt. Selbst wenn sie im pflanzenzüchterischen Sinne keine problemlose Ressource darstellen und zudem äußerst schwer zu beschaffen sind, ist eine nähere Betrachtung dieser Arten für das Verständnis der Evolution des Korianders notwendig. Eine Übersicht über das systematische Umfeld des Korianders gibt Tabelle 2.

Die Tribus Coriandreae zeichnet sich dadurch aus, daß die beiden Merikarpnien (= Teilfrucht der Umbelliferen, einen Samen enthaltend) des Schizokarpiums (= ganze Spaltfrucht der Umbelliferen, bestehend aus zwei Merikarpnien) an der Fugenfläche mehr oder weniger stark miteinander verwachsen und ein verholztes Mesokarp haben, so daß die Früchte nußartig sind, sowie dadurch, daß die Samen zur Fugenseite hin konkav gewölbt der Fruchtwand anliegen. Ölstriemen (Vittae), d.h. schizogene Kanäle, die ätherisches Öl enthalten, sind bei den reifen Früchten wenn, dann nur in zweifacher Anzahl, auf der Fugenfläche jedes Merikarpiums vorhanden (Drude 1898). Wie Tabelle 2 zeigt, gehört zur Gattung *Coriandrum* die Art *C. tordylium*, deren Vorkommen durch Funde für Südostanatolien (Hedge u. Lammond 1972), Westsyrien und den Libanon (Mouterde 1986) belegt ist und für das historische Palästina vermutet wird (Löw 1924). Es wäre sehr interessant, die Kreuzbarkeit dieser Art mit *C. sativum* zu untersuchen. Möglicherweise ist diese Art dem primären Genpool zuzurechnen. Bemühungen, lebendes Saatgut für Versuchskreuzungen zu bekommen, blieben jedoch erfolglos. Immerhin gelang es, aus der Türkei von Herrn Prof. Dr. S. Ôehirali (Tekirda—) Früchte von *C. tordylium* zu erhalten, die er 1964 in der östlichen Türkei sammelte. Die Früchte sind rundlich mit geraden, deutlich hervortretenden Seitenrippen, die der Frucht eine etwas kantige Kontur geben. An den Fugenflächen berühren sich die Fruchtwände im Gegensatz zum Koriander nicht nur randlich; vielmehr verschließen die Fruchtwände teilweise die konkave Wölbung der Merikarpnien zur Fugenfläche hin, und die Schizokarpnien zerfallen leicht in die Teilfrüchte. Im Gegensatz zum Koriander lassen sich bei *C. tordylium* keine Ölstriemen nachweisen, was darauf hindeutet, daß die Früchte kein ätherisches Öl enthalten. Anhand von sieben Herbarbelegen dieser Art aus Edinburgh (Schottland) und drei Herbarblättern aus Turku (Finnland), bei denen die neueren Belege von R. Alava (Turku) 1968 gesammelt wurden, konnten folgende Feststellungen gemacht werden: Im Gegensatz zu *C. sativum* weist *C. tordylium* keine Heterophyllie auf. Etwa fünf unpaarige, einfach, in ganzrandige, ovale

Abschnitte gefiederte Basalblätter bilden eine Rosette. Die Hüllchen der Döldchen bestehen aus mehreren kurzen, pfriemlichen Blättern und sind deutlich sichtbar. An Wuchshöhe und sonstigen Merkmalen glichen die Herbarpflanzen niedrigwüchsigen Herkünften des Korianders. *C. tordylium* ist einjährig. Als natürlicher Standort werden Steppe, Felder, Ruderalflächen und Bahndämme genannt. Die vegetativen Pflanzenteile haben laut Literatur einen ebenso kräftigen, aromatischen Geruch wie der Koriander (Hedge u. Lamond 1972, Mouterde 1986). Die dem *Coriandrum* am nächsten verwandte Gattung ist *Bifora*. Sie umfaßt drei Arten, von denen die Spezies *B. radians* und *B. testiculata* in der Gaterslebener Kollektion vorhanden sind und somit Beobachtungen an lebenden Pflanzen gemacht werden konnten. Die Arten dieser Gattung gehören sicherlich nicht mehr zum primären und wahrscheinlich auch nicht zum sekundären Genpool des Korianders. Kreuzungen mit *B. radians* ergaben trotz Anwendung von Embryokultur-Techniken keine Nachkommen (Meyer zu Beerentrop 1994, pers. Mitteilung). Alle drei Arten sind einjährige Pflanzen. *B. radians* und *B. testiculata* sind wärmeliebende Unkräuter in Winter- und Sommergetreide, in Weinbergen und auf ruderalen Standorten. Sie kommen im gesamten Mittelmeerraum und im vorderen Kleinasien vor, wobei *B. radians* weiter nach Westen und Norden und bis nach Nordamerika verschleppt wurde (Hegi 1926). *B. testiculata* hat ihr Vorkommen in wärmeren Gebieten im östlichen Südeuropa, im Iran, im Irak und in Syrien.

Von der dritten Art des Genus, *Bifora americana*, lagen dem Autor im Botanischen Institut (BIN) in St. Petersburg zwei Herbarbelege aus dem vorigen Jahrhundert vor (gesammelt von Lindheimer 1846 bzw. Heller 1894). Diese Pflanzen wurden während der Blühphase herbarisiert, die basalen Pflanzenteile fehlen. Als Verbreitungsgebiet für die einjährige Art werden Felder und Steppe von West-Texas bis zum Atlantischen Ozean und Mexiko genannt (Rickett 1969). Möglicherweise handelt es sich hierbei nicht um eine eigenständige Art, sondern um *B. radians*, die, wie bereits erwähnt, bis in die Neue Welt verschleppt und dort fehlerhaft als eigene Art beschrieben wurde. Die bisherigen Belege lassen allerdings keine endgültigen Schlußfolgerungen zu; zur Aufklärung wäre wiederum keimfähiges Saatgut der angezweifelten Art vonnöten.

Tab. 2 Die Tribus Coriandreae und deren Einordnung in die Familie der Umbelliferae

Familia: Umbelliferae Juss. (455 Gattungen, 3600-3751 Arten)

Subfamilia: Apioideae Drude (404 Gattungen, 2827-2936 Arten)

Tribus: Coriandreae W. Koch (8 Gattungen, 21 Arten)

Bifora F. Hoffm. (3 Arten)

- Genera:
1. *B. americana* Benth. et Hook. (2n = 20)
 2. *B. radians* M.-Bieb. [2n = 22, 2n = 20 (?)]
 3. *B. testiculata* (L.) Spreng. ex Schultes (2n = 22)

Coriandrum L. (2 Arten)

1. *C. sativum* L. (2n = 22)
2. *C. tordylium* (Fenzl) Bornm.

Fuernrohrria K. Koch (1 Art)

1. *F. setifolia* K. Koch (2n = 22)

Kosopoljanskia Korovin (1 Art)

1. *K. turkestanica* Korovin (2n = 22)

Lipskya (Koso-Pol.) Nevski (1 Art)

1. *L. insignis* (Lipsky) Nevski

Schrenkia Fisch. et C. A. Mey. (10 Arten)

1. *Sch. congesta* Korovin
2. *Sch. golickeana* (Regel et Schmalh.) Fedch. (2n = 22)
3. *Sch. involucrata* Regel et Schmalh.
4. *Sch. kultiassovii* Korovin
5. *Sch. lachnantha* Korovin
6. *Sch. papillaris* Regel et Schmalh. (2n = 22)
7. *Sch. pulverulenta* M. Pimenov
8. *Sch. pungens* Regel et Schmalh. (2n = 22)
9. *Sch. ugamica* Korovin
10. *Sch. vaginata* (Ledeb.) Fisch. et C. A. Mey. (2n = 22)

Schtschurowskia Regel et Schmalh. (2 Arten)

1. *Sch. meifolia* Regel et Schmalh. (2n = 22)
2. *Sch. margaritae* Korovin

Sclerotiaria Korovin (1 Art)

1. *S. pentaceros* Korovin

Quellen: Pimenov u. Leonov 1993, Mouterde 1986, Hedge u. Lamond 1972, ÔiÓkin, 1950, Pavlov 1963, Vvedenskij 1983, „ukavina 1984; Chromosomenzahlen nach Goldblatt u. Johnson 1981-1994, Tachtadñjan 1990, Fedorov 1969; N. Friesen (Gatersleben). Autoren abgekürzt gemäß Stafleu u. Cowan 1976-1988.

Die anderen sechs zur Tribus Coriandreae gehörenden Gattungen umfassen nur ausdauernde Arten. Die Gattung *Fuernrohria* ist in ihrer Verbreitung auf die Türkei, den nordwestlichen Iran, Armenien und Georgien beschränkt, und wird aufgrund der elliptischen Früchte der Tribus Coriandreae zugerechnet. Allerdings wird diese Zuordnung neuerdings in Frage gestellt (Vinogradova 1995). Die übrigen Gattungen kommen in Mittelasien, d.h. Kirgisien, Tadschikistan, im nordwestlichen China und südöstlichen Kasachstan, vor. In den entsprechenden Florenwerken werden als Verbreitungsgebiet die Gebirgszüge Tien Schan und Pamiro-Alaj genannt. Die Arten *Schrenkia kultiassovii*, *Sch. lachnantha*, *Schtschurovskia magaritae* und *Sclerotiaria pentaceros* sind teilweise nur an einem Ort gefunden worden und in den roten Listen der ehem. Sowjetunion und Kasachstans aufgeführt (Borodin 1984, Bykova 1981). Im Herbarium des BIN in St. Petersburg sind Belege der meisten Arten vorhanden. Es scheint aufgrund der mehrjährigen Lebensform und der starken morphologischen Andersartigkeit dieser Arten unwahrscheinlich, daß sie als pflanzengenetische Ressource für die Korianderzüchtung dienen könnten. Allenfalls wären sie dem tertiären Genpool zuzuordnen. Nur von den Arten *Schrenkia golickeana* und *Schtschurovskia meifolia* wird berichtet, daß sie in ihren Früchten ätherische Öle enthalten und in der Volksmedizin eine Rolle spielen („ukavina 1984). Inwieweit die Zusammenfassung aller genannten Arten in die Tribus Coriandreae, die auf Fruchtmerkmalen beruht, auch eine evolutionäre Verwandtschaft bedeutet, soll in diesem Zusammenhang nicht weiter erörtert werden. Interessant bleibt die Feststellung, daß sich die Kulturpflanze Koriander ebenso wie die Unkrautarten der Tribus von Kleinasien aus westwärts und nordwärts ausgebreitet haben, ein Wanderweg parallel dem der Ackerbaukultur überhaupt. Die ausdauernden Arten hingegen haben sich, vielfach nur relikitär, in Mittelasien als Wildpflanzen erhalten. Einjährigkeit der Arten, die in den Gattungen *Bifora* und *Coriandrum* auftritt, ist bereits als ein abgeleitetes Merkmal zu betrachten und wird von Hammer (1984) als Bestandteil des Domestikationssyndroms genannt.

Trotz intensiver Suche nach lebendem Saatgut aller genannten Arten in den Samentauschkatalogen (Indices seminum) vieler botanischer Gärten ließen sich auf diese Weise nur weitere Muster der Arten *Bifora radians* und *B. testiculata* beschaffen. Es sind von einigen Arten zwar zytologische Untersuchungen (s. Tab. 2) gemacht worden, die lebendes Pflanzenmaterial voraussetzen, Eingang in Kollektionen lebender Pflanzen hat solches Material jedoch offenbar nicht gefunden.

Zusammenfassend ist bei der Betrachtung des systematischen Umfeldes des Korianders folgendes festzustellen:

- Die einjährigen Arten sind an Agrarökosysteme als Kulturpflanze (Koriander) oder Unkräuter (*Bifora* spp.) angepaßt, bzw. kommen an ruderalen Standorten vor (*C. testiculatum*). Sie haben das Kerngebiet ihrer Ausbreitung in der Türkei. Eine Ausnahme macht die für die Neue Welt beschriebene Art *B. americana*.
- Die übrigen Gattungen der Tribus Coriandreae sind ausdauernde Wildpflanzen und mit Ausnahme von *Fuernrohria*, die besonders in Armenien vorkommt, in Mittelasien verbreitet.
- Als dem primären Genpool des Korianders zugehörig könnte sich die Art *C. tordylium* erweisen.
- Die Arten *B. radians* und *B. testiculata* bieten sich zur züchterischen Bearbeitung und Kultivierung an, wenn deren Inhaltsstoffe der vegetativen Pflanzenteile (Aldehyde) oder der Früchte (petroselinensäurereiches Öl) wirtschaftlich von Bedeutung werden sollten. Als pflanzengenetische Ressource für die Korianderzüchtung gehören sie zum tertiären Genpool.

2.4 Fragestellung und Anlage der Feldversuche

Zielstellungen der experimentellen Arbeit waren folgende:

- Erfassung der Variabilität der Art und
- Bestimmung von Merkmalen des Korianders, bei denen deutliche Unterschiede zwischen den Herkünften bestehen und die sich zur infraspezifischen Gliederung der Art eignen könnten.

Der Umfang der zu untersuchenden Herkünfte war erheblich. Als Versuchsanlage wurde demgemäß ein orthogonaler Vergleich gewählt. In den drei Versuchsjahren wurden

alle Muster jeweils ohne Wiederholung auf 3 m² großen Parzellen angebaut. Als Standard diente die Zuchtsorte 'Corry' (Züchter: H. Meier zu Beerentrup, Hovedissen; Gaterslebener Sortimentsnummer CORI 186), die jeweils in 45 (1994 und 1996) bzw. 27 Wiederholungen (1995) angebaut wurde. Das verwendete Saatgut aller Muster stammte 1994 und 1996 aus vorherigen Isolationsanbauten des Genbankmaterials, ist also in unterschiedlichen Jahren geerntet und im Samenkühlhaus bei -15 °C gelagert worden. Für den Anbau im Jahre 1995 wurde bei fast allen Mustern Saatgut verwendet, welches aus dem Vergleichsanbau 1994 stammte, so daß eine völlige genetische Identität nicht vorausgesetzt werden kann. Ein Vergleich von 106 Mustern von Koriander, bei denen Parzellen mit Saatgut aus Isolationsanbau neben Parzellen mit Saatgut aus Nachbau des Vergleichsanbaus 1993 standen, ließ erkennen, daß eine eventuelle Auskreuzung nicht in solchem Ausmaße auftritt, daß man die nachgebauten Parzellen von denen aus Isolation deutlich unterscheiden könnte.

Die Aussaat erfolgte in den drei Versuchsjahren nach einer Winterfurche jeweils zum frühestmöglichen Zeitpunkt im April. Die Korianderfrüchte wurden in vier Reihen mit einem Abstand von 25 cm zwischen den Reihen ausgesät. Eine Parzelle war 1,5 m breit und 2 m lang. 1994 und 1995 wurde die Aussaat per Hand von Brettern aus vorgenommen, die auf die Parzellen gelegt wurden, wobei in einem Abstand von 5 cm innerhalb der Reihe jeweils ein ganzes Schizokarpium auf 2 cm Tiefe abgelegt wurde. Im Jahre 1996 wurde die Aussaat maschinell nach Keimprüfung des verwendeten Saatguts durchgeführt. Zielgröße für die Berechnung der Saatgutmenge war dabei eine Pflanzendichte von 75 Pflanzen pro m².

In den Jahren 1995 und 1996 wurde das Saatgut vor der Aussaat und Keimprüfung (1996) gemäß der Anweisung von Toben (1995) für die Dauer von sechs Tagen einer Temperatur von 65 °C ausgesetzt, um eine Abtötung der Erreger der Bakteriellen Doldenwelke, *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola* zu erreichen. Zudem wurde in diesen Jahren das Saatgut mit dem Wirkstoff Thiram behandelt, um die Möglichkeit einer bereits vom Saatgut ausgehenden Infektion mit Pilzkrankheiten, insbesondere *Ramularia coriandri*, zu vermeiden. Während der Vegetationsperiode wurden keine weiteren Krankheitsbekämpfungen durchgeführt, damit unterschiedliche Resistenzeigenschaften der Muster erkennbar würden.

Die Unkrautbekämpfung geschah in den Versuchsjahren durch eine zweimalige Handhacke. Der erste, gründliche Durchgang mit der Hacke fand statt, als die

Korianderpflanzen das zweite oder dritte Laubblatt zeigten. Nach Einsetzen des Streckungswachstums der Sproßachse auch bei den mittelfrühen Typen wurde nochmals eine Handhacke durchgeführt.

Im Jahre 1994 wurden die Korianderfrüchte geerntet, nachdem die Pflanzen im Stand vollkommen ausgereift waren. Als Hilfsmittel zur Ernte wurde ein Riffelkamm, wie er für Flachs bekannt ist, verwendet. Dieses etwas umständliche Verfahren schien angebracht, weil aufgrund des Hochwassers im Frühjahr die Wüchsigkeit der Pflanzen durchweg sehr vermindert war, und somit jede erntbare Frucht für die weiteren Untersuchungen gerettet werden mußte. In den anderen Versuchsjahren wurden die Bestände je Parzelle mit der Sichel geschnitten und zu jeweils einer Garbe gebunden, die dann auf dem Versuchsfeld zu Hocken zusammengestellt vollständig ausreiften. Das Schneiden geschah zum Zeitpunkt der Schwadreife der unterschiedlichen Herkünfte des Korianders. Dieser Zeitpunkt ist erreicht, wenn sich die Früchte der primären Dolde braun verfärbt haben und bei Berührung der Dolde leicht von der Pflanze abfallen. Das Verfahren, durch ein Schwaden des Korianders eine gleichmäßige Abreife herbeizuführen, wird teilweise auch im großflächigen Anbau eingesetzt (Luk'janov u. Reznikov 1976) und vermeidet die Verwendung von Herbiziden zur chemischen Abtötung der Pflanzen sowie eine künstliche Trocknung bei Drusch aus dem Stand. Die abgereiften Garben wurden auf dem Versuchsfeld mit einem Parzellenmähdrescher gedroschen; dabei wurde eine niedrige Trommeldrehzahl (450-550 U/min) gewählt, um ein Zerfallen der Schizokarprien in die Merikarprien möglichst zu vermeiden. Die somit lufttrocken geernteten Früchte wurden für die weiteren Untersuchungen verwendet.

Eine Übersicht über die Anzahl unterschiedlicher Muster in den Versuchsjahren und über die Anbaudaten der Aussaat und Ernte bzw. Schwadreife des jeweils spätreifsten Musters in den drei Versuchsjahren gibt Tabelle 3.

Tab. 3 Anzahl der Muster im Vergleichsanbau und Zeitraum bis zur Ernte

Jahr	Anzahl Muster	davon Muster aus botanischen Gärten	Aussaatdatum	Erntedatum des spätesten Musters
1994	220	56	8. April	22. August
1995	237	51	7. April	22. August ¹⁾
1996	290	40	22. April	23. August ¹⁾

¹⁾ 1995 und 1996 Schwadreihe bis zu diesem Datum erreicht

Im Jahre 1994 konnten von den 220 angebauten Mustern aufgrund äußerst ungünstiger Witterungsbedingungen im Frühjahr nur bei 187 Mustern genügend Früchte zur Bestimmung der Tausendfruchtmasse geerntet werden. Für die Analyse des ätherischen Öls reichten 1994 die geernteten Früchte nur bei 173 Mustern; die Untersuchung des fetten Öls konnte bei 179 Mustern durchgeführt werden. In den Jahren 1995 und 1996 wurden bis auf eine Ausnahme von allen Parzellen genügend Früchte geerntet, um die entsprechenden Untersuchungen durchzuführen.

Neben dem dreijährigen Vergleichsanbau wurden begleitend einige Versuche angestellt, die folgende Fragen beantworten sollten.

- Wie groß ist die Fremdbefruchtungsrate des Korianders?

Diese Frage ist für die praktische Genbankarbeit von größter Wichtigkeit, da die genetische Identität einer Akzession bei jedem Reproduktionszyklus zu gewährleisten ist. Außerdem stand zu erwarten, daß der Bedarf an Reproduktionsanbauten von Koriander während der Durchführung dieser Arbeit erheblich ansteigen würde, was das Interesse an dieser Frage erheblich steigerte. Zur Klärung wurden gezielt Möglichkeiten zur Fremdbefruchtung zwischen Mustern mit auffälligen morphologischen Eigenschaften geschaffen. Im Jahre 1994 wurden an Isolierstandorten im Freiland jeweils zusammen zwei morphologisch deutlich voneinander abweichende Typen von Koriander an Isolierstandorten im Freiland ausgesät. Dabei wurden acht Drillreihen abwechselnd mit jeweils einem der beiden Partner bestellt, um zwischen den Typen einen möglichst starken Pollendruck zu erzeugen. Die Drillreihen wurden getrennt voneinander geerntet und das Erntegut der einzelnen Partner im Jahre 1995 auf Einzelparzellen im Freiland nachgebaut. An diesen Parzellen konnte durch Auszählung die Fremdbefruchtungsrate bestimmt werden.

Im einzelnen standen auf den Parzellen jeweils paarweise nebeneinander:

1. CORI 26, Herkunftsland Ägypten, sehr niedrigwachsend; neben CORI 25, Herkunftsland Ungarn, hochwüchsig; und
2. CORI 149, Herkunftsland Weißrußland, mehrfach gefiederte basale Blätter; neben CORI 49, Herkunftsland Spanien, ganzrandige Rosettenblätter.

Weitere Hinweise zur Bestäubungsbiologie ergaben sich aus näher untersuchten spontanen Auskreuzungen und durch die Isolation von Einzelpflanzen und Einzelblüten.

· Wie verhalten sich morphologisch sehr auffällige Merkmale des Korianders genetisch? Bei der den Feldversuchen vorausgehenden Betrachtung von Herbarbelegen der Korianderpflanzen fielen einige Muster durch besondere Merkmale auf. Diese Besonderheiten fanden sich im Feldanbau bestätigt. Da morphologisch auffallende Merkmale für die infraspezifische Klassifikation sehr wichtig sind, wurden mit diesen Mustern gezielte Kreuzungen vorgenommen, um Anhaltspunkte über den Erbgang dieser Merkmale zu bekommen, und deren taxonomische Relevanz besser beurteilen zu können.

Gezielte Kreuzungen wurden mit drei morphologisch auffallenden Merkmalen als Markierung vorgenommen. Dazu wurden die Elternpflanzen jeweils aus Mustern mit extremer Ausprägung des Merkmals ausgewählt. Die Kreuzungen wurden reziprok durchgeführt. Folgende drei Merkmalspaare wurden untersucht:

1. Wuchshöhe der Pflanzen

Kreuzungseltern: CORI 26, Herkunftsland Ägypten, niedrigwachsend; und CORI 25, Herkunftsland Ungarn, hochwüchsig.

2. Form der Basalblätter

Kreuzungseltern: CORI 49, Herkunftsland Spanien, ganzrandige Basalblätter; und CORI 149, Herkunftsland Weißrußland, mehrfach gefiederte Basalblätter.

3. Anthocyangehalt der Pflanzen

Kreuzungseltern: CORI 98, Herkunftsland China, keine Anthocyane bildend; und CORI 96, Herkunftsland Oman, anthocyanhaltig in Petalen und Blattgrund.

Die Elternpflanzen wurden in Töpfen im Gewächshaus angezogen, um die Kastration der Blüten unter günstigeren Bedingungen als auf dem Feld durchführen zu können. Die Bestäubung erfolgte über eine Dauer von vier Tagen nach der Kastration einmal täglich durch Bestreichen der kastrierten Mutterpflanze mit einer von der Vaterpflanze gepflückten Dolde. Die geernteten Früchte wurden wiederum in Töpfen ausgesät, beobachtet und in Kleingewächshäusern unter Isolationsbedingungen als Einzelpflanzen geselbstet. Die von diesen Pflanzen geernteten Früchte bildeten die F₂-Generation, an der die phänotypische Aufspaltung ausgezählt wurde. Die Kreuzungseltern wurden ebenfalls in Töpfen weitergezogen und Selbstungssamen geerntet, aus denen Vergleichspflanzen unter denselben Umweltbedingungen wie bei den Kreuzungspopulationen angezogen werden

konnten.

Es wurden bei den Feldanbauten auch spontane Einkreuzungen der genannten Merkmale gefunden und die Pflanzen isoliert zum Abblühen gebracht, um die Aufspaltung der Nachkommenschaften zu untersuchen. Bei den Kreuzungsversuchen ergab sich unbeabsichtigt eine Kreuzung CORI 98 x CORI 149, d.h. die anthocyanfreie Mutterpflanze CORI 98 mit gelappten Basalblättern wurde mit der anthocyanbildenden Vaterpflanze CORI 149 mit mehrfach gefiederten Basalblättern bestäubt. Mit den Pflanzen der F1-Generation wurde wie oben beschrieben verfahren, um festzustellen, ob die Merkmale unabhängig voneinander vererbt werden.

- Wie verhalten sich verschiedene Herkünfte und Merkmale des Korianders bei Herbstaussaat?

Die Umweltstabilität der Merkmalsausprägungen und die Winterfestigkeit wurden durch Winteranbau eines Teilsortiments des Korianders geprüft. Im Herbst 1994 wurde am 28. September in einem Tastversuch ein Querschnitt von morphologisch und hinsichtlich der geographischen Herkunft sehr unterschiedlichen Mustern des Korianders in jeweils einer Doppelreihe von 2 m Länge im Freiland ausgesät. Am 15. Dezember 1994 wurden die Pflanzen erstmals gezählt. Sie hatten zu diesem Zeitpunkt ein bis drei Laubblätter gebildet. Eine zweite Zählung geschah am 6. April 1995, so daß die Auswinterungsrate bestimmt werden konnte. Allerdings waren die absoluten Pflanzenzahlen teilweise gering, weshalb die Ergebnisse dieser Beobachtungen nur als erste Hinweise zu verstehen sind. Eine Aussaat derselben Muster am 7. April 1995 ließ den Einfluß der Wachstumsbedingungen auf verschiedene Merkmalsausprägungen im Vergleich erkennen.

Der Winter 1994/95 war mild; lediglich Anfang Januar gab es eine mehrtägige Periode mit Dauerfrost. Am 6. Januar wurde mit -13,5 °C die tiefste Temperatur in 5 cm Höhe über dem Boden erreicht. In 5 cm Bodentiefe hingegen betrug die Tiefsttemperatur dieses Winters nur -1,5 °C und in 20 cm Bodentiefe lag dieser Wert bei 0,0 °C. Der Winter zeichnete sich durch einen mehrfachen Wechsel von wärmeren Zeiträumen mit kälteren Perioden aus und eine geschlossene Schneedecke gab es nur tageweise.

- Welchen Einfluß üben die Wahl des Erntetermins und des Ernteverfahrens auf die Fruchtöle und Ertragsmerkmale des Korianders aus?

Da den Inhaltsstoffen des Korianders in dieser Arbeit besondere Aufmerksamkeit zukommt, war diese Frage von großer Wichtigkeit. Im Versuchsjahr 1995 wurde anhand der im Feldanbau befindlichen 27 Parzellen des verwendeten Standards ein Vergleich verschiedener Ernteverfahren vorgenommen und der Einfluß des Erntezeitpunktes auf die Ertragsmerkmale und die chemische Zusammensetzung der Früchte untersucht. Es wurden an insgesamt 24 Parzellen Ernten zu vier verschiedenen Zeitpunkten in wöchentlichem Abstand beginnend am 25. Juli durchgeführt. Dabei kamen je Termin folgende Ernteverfahren an jeweils drei Parzellen zur Anwendung: (1) Unmittelbare Ernte der Früchte durch Auskämmen der Pflanzen mit einem Riffelkamm und anschließendes schonendes Trocknen des Erntegutes in einem Trockenschrank; (2) Schwaden der Parzelle und Nachreifen bzw. Trocknen der ganzen Pflanzen in Garben auf dem Feld und nachfolgender Standdrusch mit dem Parzellenmähdrescher. Der erste Erntetermin (25. Juli) fiel mit dem Blühende der Pflanzen zusammen. Zum dritten Termin (8. August) waren die Primärdolden vollkommen ausgereift und verloren bei starker Berührung die Früchte; es war der agronomisch richtige Zeitpunkt für die Anwendung des zweiten Ernteverfahrens. Zum letzten Erntetermin (15. August) waren auch die Dolden höherer Ordnung völlig ausgereift, und bei leichtester Berührung fielen Früchte von den Pflanzen. Das gereinigte und lufttrockene Erntegut aus beiden Verfahren wurde zur Bestimmung der Ertragsmerkmale und zur Analyse der Inhaltsstoffe verwendet.

- Welche Eigenschaften charakterisieren die beiden in Gatersleben verfügbaren Arten *Bifora radians* und *B. testiculata* und sind diese als Lieferanten von Petroselinensäure geeignet?

Zur Untersuchung der beiden Wildarten wurden einige Beobachtungen an Vermehrungspartzen vorgenommen und die Früchte derselben chemischen Analyse unterzogen wie die des Korianders. Diese Frage ist besonders deshalb von Interesse, weil einerseits bereits züchterisch versucht wurde, Resistenzeigenschaften der Art *B. radians* in Koriander zu übertragen (H. Meier zu Beerentrup 1994, pers. Mitteilung), andererseits von Kleimann und Spencer (1982) dargestellt wurde, daß *B. radians* einen Ölgehalt von 49,5 % bezogen auf die Trockenmasse und darin einen Anteil der Petroselinensäure an den

Fettsäuren von 74,9 % aufweise. Diese Angabe wurde ebenfalls von Hondelmann (1985) übernommen. Damit überträfe die *Bifora radians* den Koriander im Ölgehalt bei weitem und wäre aufgrund der potentiellen Ertragsleistung für die Gewinnung der Petroselinensäure geeigneter.

2.4.1 Untersuchte Pflanzenmerkmale

Die beim Vergleichsanbau erfaßten Merkmale des Korianders beziehen sich auf folgende fünf Merkmalsgruppen:

- 1 Vegetative Pflanzenteile,
- 2 generative Pflanzenteile,
- 3 phänologische Merkmale (Entwicklungszeiträume beschreibend),
- 4 Merkmale von hauptsächlich agronomischer Bedeutung,
- 5 Merkmale der chemischen Zusammensetzung der Früchte.

Die Erhebung der Merkmale geschah größtenteils an den Parzellen im Versuchsfeld. Bei Bonituren und bei der Bestimmung der Pflanzenlänge wurde der Gesamteindruck der Parzelle in bezug auf das entsprechende Merkmal festgehalten. Bei Messungen einzelner Pflanzenteile wurde jeweils eine für die Parzelle als repräsentativ erachtete Pflanze ausgewählt. Bei der Festlegung der zu erhebenden morphologischen Merkmale waren die im Winter 1993/1994 angestellten Beobachtungen an den Herbarbelegen in der Referenzsammlung Gatersleben entscheidend. Außerdem wurden die bei Ivanova und Stoletova (1990) verwendeten Merkmale berücksichtigt. Die Bonituren und Messungen an den Basalblättern wurden bei allen Mustern kurz vor dem Blühbeginn durchgeführt, weil die Basalblätter zu diesem Zeitpunkt voll entwickelt sind und danach zu welken beginnen. Die Anzahl der basalen Blätter wurde bei weniger als zehn gezählt, bei mehr als neun Blättern wurde generell die Zahl „10,“ als Wert genommen. Zur Verdeutlichung der für die Blattformen vergebenen Boniturnoten vergleiche Abbildung A1 im Anhang, Beispiele für Fruchtformen mit den vergebenen Boniturnoten sind in Abbildung A2 im Anhang gegeben.

In den ersten beiden Versuchsjahren wurde eine Bonitur der Homogenität anhand eines Gesamteindruckes der ein Muster repräsentierenden Parzelle durchgeführt. Das Verfahren wurde jedoch aufgegeben, da dem Versuchsansteller eine reproduzierbare Beurteilung der Homogenität auf diese Weise nicht gelang. Dazu wären Beobachtungen an

Einzelpflanzen innerhalb der Muster notwendig, die den Rahmen dieser Arbeit sprengen, die eine Übersicht über die gesamte Vielfalt anstrebt. Ebenfalls wurde von einer Bonitur der Blattfarbe Abstand genommen, obwohl bei diesem Merkmal Unterschiede sichtbar waren.

Der Druschtermin wurde so festgelegt, daß ein künstliches Nachrocknen der Früchte nicht notwendig war. Die Feuchtigkeit der luftgetrockneten Früchte kann mit 9 % angenommen werden. Die Bestimmung der Tausendfruchtmasse wurde durch Zählung und Wägung von dreimal einhundert ganzen Schizokarprien ermittelt. Bei Herkünften mit Neigung zum Zerfall der Spaltfrüchte in die Halbfrüchte wurden zwei Merikarprien für eine ganze Frucht gerechnet.

Die chemische Analyse der Früchte wurde im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen durchgeführt. Die qualitative Analyse des fetten Öls sowie die qualitative und quantitative Analyse des ätherischen Öls erfolgte gaschromatographisch anhand der von Thies (1993 und 1994) erarbeiteten Methoden. Die Analyse des ätherischen Öls beruht dabei auf einer Extraktion mit Isooctan, die den Vorteil hat, mit geringen Probengrößen auszukommen und schnell durchführbar zu sein. Bei 77 Mustern wurde zum Vergleich eine aufwendigere Wasserdampfdestillation bei der Analyse vorgenommen (H. Krüger, Quedlinburg), die zu minimal abweichenden Ergebnissen führte [x = Extraktion mit Isooctan, y = Wasserdampfdestillation; Korrelationskoeffizient (Pearson) der bestimmten Gehalte an ätherischem Öl: $r = 0,97$; Regression: $y = -0,0967 + 1,2892x$; Krüger 1995, pers. Mitteilung]. Die quantitative Analyse des fetten Öls geschah mittels Nahinfrarotspektroskopie nach Abwandlung der von Tillmann (1994) für Raps beschriebenen Methoden ebenfalls in Göttingen. Bei der Analyse des ätherischen Öls wurden zehn Monoterpene (s. Tab. 10) und bei der des fetten Öls sechs Fettsäuren berücksichtigt (s. Tab. 11). Weitere Bestandteile des ätherischen Öls sind mit Anteilen von weniger als 2 % enthalten (Purseglove et al. 1981, Gildemeister u. Hoffmann 1931) und bei den Fettsäuren liegt der Anteil anderer Komponenten unter 0,5 % (Kleimann u. Spencer 1982).

Eine vollständige Liste aller erhobenen Merkmale mit Erläuterung der Bonituren ist in Tabelle 4 aufgeführt.

Tab. 4 Erhobene Merkmale mit den für sie benutzten Abkürzungen und verwendete Boniturskalen bzw. Maßeinheiten

Vegetative Pflanzenteile		
1	(RB_N) Anzahl der Basalblätter	Anzahl
2	(RB_L) Länge des längsten Basalblattes	cm
3	(RB_H) Habitus der Basalblätter	1 = flach dem Boden aufliegend 4 = im Winkel von 45° abstehend 6 = sehr aufrecht stehend
4	(F_R) Form des längsten Basalblatts	1 = ganzrandig oder angedeutet dreilappig 2 = dreilappig 3 = dreifiedrig oder fünffiedrig 4 = doppelt gefiedert 5 = mehrfach gefiedert 6 = wie 5, mit lanzettlichen Abschnitten 7 = wie 5, mit linealen Abschnitten
5	(F_SM) Form der Blätter der mittleren Blatttage	Bonitur wie beim Basalblatt
6	(F_SO) Form der Blätter der oberen Blatttage	Bonitur wie beim Basalblatt
7	(B_SV) Beblätterung der Pflanze	1 = sehr gering beblättert 9 = sehr stark beblättert
8	(PL_VB) Pflanzenlänge bei Vollblüte	cm
9	(VERZ) Verzweigungstyp der Pflanze	1 = Seitentriebe wenig abstehend 9 = Seitentriebe ausladend abstehend
10	(AN_S) Anthocyanfärbung des Stengels	1 = keine Anthocyane enthaltend 9 = Stengel tiefviolett
Generative Pflanzenteile		
11	(D_P) Anzahl der Dolden pro Pflanze	1 = bis zu 10 9 = mehr als 50
12	(AN_B) Anthocyanfärbung der Petalen	1 = keine Anthocyane enthaltend 9 = Petalen dunkelviolett
13	(FF) Form der ganzen Früchte	1 = rund oder leicht abgeflacht 2 = rund 3 = angedeutet verlängert 7 = deutlich oval 9 = spitzoval
14	(ZT) Zerfallsneigung der Früchte beim Drusch	1 = fast nicht zerfallend 9 = fast alle Früchte in Merikarprien zerfallend
15	(TFM) Tausendfruchtmasse	

Phänologische Merkmale (Zählung der Tage vom Aussaatdatum)		
6	(FA_D) Tage bis Feldaufgang	Anzahl
17	(SCH_D) Tage bis zum Beginn des Streckungswachstums	Anzahl
18	(BA_D) Tage bis Blühbeginn	Anzahl
19	(BE_D) Tage bis Blühende	Anzahl
20	(ER_D) Tage bis zur Schwadreife	Anzahl
Merkmale von hauptsächlich agronomischer Bedeutung		
21	(TFMS) Tausendfruchtmasse des verwendeten Saatguts	g
22	(KEIMF) Keimfähigkeit des verwendeten Saatguts	%
23	(P_ZR) Pflanzenzahl in 2 m Drillreihe	Anzahl
24	(K_B) Krankheitsbefall der Parzelle	1 = keine kranken Pflanzen erkennbar 9 = gesamte Parzelle krankheitsbedingt vorzeitig abgestorben
25	(STAND) Standfestigkeit	1 = sehr standfest 9 = gesamte Parzelle ins Lager gegangen
26	(ER) Fruchtertrag von 3m ² Parzelle	g
Merkmale der chemischen Zusammensetzung der luftgetrockneten Früchte		
Das ätherische Öl		
27	(ETHG) Gehalt an Monoterpenen	Gew. %
28	(LING) Linaloolgehalt	mg/g
29	(LINA) Linalool	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
30	(API) α-Pinen	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
31	(GTER) γ-Terpinen	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
32	(GEAC) Geranylacetat	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
33	(CAMP) Campher	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
34	(GEOH) Geraniol	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
35	(CAME) Camphen	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
36	(BPI) β-Pinen	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
37	(MYRC) Myrcen	% des Gesamtgehalts der Monoterpene
38	(LIMO) Limonen	% des Gesamtgehalts der Monoterpene

Das fette Öl		
39	(OEL) Gehalt an fettem Öl	Gew. %
40	(PET) Petroselinssäure	% des Gesamtgehalts der Fettsäuren
41	(LINO) Linolsäure	% des Gesamtgehalts der Fettsäuren
42	(OELS) Ölsäure	% des Gesamtgehalts der Fettsäuren
43	(PALM) Palmitinsäure	% des Gesamtgehalts der Fettsäuren
44	(STE) Stearinsäure	% des Gesamtgehalts der Fettsäuren
45	(VAC) Vaccensäure	% des Gesamtgehalts der Fettsäuren

2.4.2 Statistische Methoden

Bei dem Vergleichsanbau lagen Beobachtungen für die morphologischen und phänologischen Merkmale von 192 Mustern aus allen drei Versuchsjahren vollständig vor. Zusätzlich sind bei 162 Mustern alle Merkmale, die die ätherischen und fetten Öle betreffen, dreijährig erhoben worden. Zur ersten Beschreibung der Variationsbreiten wurden für jedes Versuchsjahr als Verteilungsmaßzahlen Extremwerte, Quantile (hier: unteres und oberes Quartil, weil jeweils 25 % bis zum Extremwert fehlen) und der Median bestimmt. Für jedes Merkmal wurden demnach bei aufsteigender Sortierung der beobachteten Merkmalsausprägungen nacheinander die folgenden Größen ermittelt:

Min. = kleinster beobachteter Wert der Merkmalsausprägung;

$x_{0,25}$ = unteres Quartil: bei 25 % der Muster ist der Wert der Merkmalsausprägung niedriger oder gleich groß;

$x_{0,50}$ = Median: bei aufsteigender Sortierung der Werte ist dies die Merkmalsausprägung des mittleren Musters;

$x_{0,75}$ = oberes Quartil: bei 75 % der Muster ist der Wert der Merkmalsausprägung niedriger oder gleich groß;

Max. = größter beobachteter Wert der Merkmalsausprägung.

Durch die Werte für unteres Quartil und oberes Quartil wird für jedes Merkmal deutlich, daß mindestens 50 % der Muster eine Merkmalsausprägung in diesem Bereich aufwiesen. Da ein Großteil der Merkmale durch Bonituren erfaßt wurde, d.h. es sich um ordinal skalierte Merkmale handelte, ist in diesen Fällen streng genommen die Berechnung eines arithmetischen Mittelwerts nicht statthaft. Die oben aufgelisteten Parameter hingegen sind mathematisch zulässig und außerdem sehr handfest, denn es handelt sich bei ihnen um tatsächlich beobachtete Werte. Bei fast allen Merkmalen wurde keine Normalverteilung im statistischen Sinne beobachtet, sondern Schiefe und Exzeß der Verteilungen waren signifikant (s. Anhang Tab. A2). Deshalb dürften streng genommen die Verteilungsmaßzahlen arithmetisches Mittel, Varianz und Standardabweichung nicht zur Anwendung kommen, ohne eine mathematische Transformation der Daten vorzunehmen. Im Widerspruch dazu wurden dennoch anhand der tatsächlichen Werte die Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den unterschiedlichen Merkmalen berechnet und eine Varianzanalyse durchgeführt, um die oftmals auch ohne Statistik deutlichen Zusammenhänge auf diese Weise mathematisch zu beschreiben. Die Varianzanalyse ermöglichte, eine statistische Maßzahl für die Erblichkeit (Heritabilität) der Merkmale zu errechnen. Diese Maßzahl stellt nur eine Annäherung an die tatsächliche Erblichkeit der Merkmale dar und wird deshalb als operative Heritabilität (h^2_{op}) bezeichnet. Im vorliegenden Fall geben die Werte für h^2_{op} allein darüber Auskunft, was für eine Erblichkeit am Versuchsstandort Gatersleben angenommen werden kann, da kein mehrortiger Versuch angestellt wurde. Es liegt dabei folgender Zusammenhang zugrunde:

$$h_{\text{op}}^2 = s_{\text{Muster}}^2 / (s_{\text{Muster}}^2 + 1/j s_{\text{Muster*Jahre}}^2) ;$$

wobei

$$s_{\text{Muster}}^2 = 1/j (MS_{\text{Muster}} - MS_{\text{Muster*Jahre}}) ,$$

$$s_{\text{Muster*Jahre}}^2 = MS_{\text{Muster*Jahre}} = MS_{\text{Fehler}} ,$$

j = Anzahl der Versuchsjahre ,

s^2 = Varianz

und MS = mittleres Abweichungsquadrat.

Die Varianzanalyse ließ erkennen, ob statistisch absicherbare Unterschiede zwischen den Mustern und zwischen den Versuchsjahren vorlagen. Als Maß dafür wurde die Signifikanz der entsprechenden F-Werte verwendet. Es wurden außerdem die Grenzdifferenzen (GD 5%, T-Test) zur Absicherung von Unterschieden zwischen zwei Mittelwerten bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit berechnet.

Die rechnerische Bearbeitung der erhobenen Daten erfolgte unter Verwendung des Computerprogramms „PLABSTAT,, (Utz 1989). Zusätzlich wurde in Zusammenarbeit mit W. Grüneberg (Göttingen) eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt, bei der das Computerprogramm „SAS,, zur Anwendung kam (Schuemer et al. 1990).

2.4.3 Boden, Klima und Witterung des Versuchsstandorts

Die Versuchsfelder in Gatersleben zeichnen sich durch Ebenheit und bis auf einige Randlagen durch auffallende Homogenität der Böden aus. Eine 90 cm bis 150 cm mächtige Deckschicht von Lößlehm liegt einem sandigen, steinreichen und kalkfreien Flußschotter auf. Die Deckschicht ist alluvialen Ursprungs und stellt ein Sediment dar, das am Institutsgelände vorbeifließenden Selke dar. Die Bodenart ist Lehm (L) der Zustandsstufe 1 oder 2 mit hohem Schluff- und Tonanteil und geringem Sandanteil. Die Krumentiefe beträgt 33 cm. Der humose Oberboden hat stellenweise eine Mächtigkeit von 80 bis 100 cm, so daß hier schwarzerdeähnliche Verhältnisse herrschen. Auf den für diese Arbeit benutzten Flächen beträgt die Bodenwertzahl 85 bzw. 93. Die Bodenstruktur der in Betracht kommenden Flächen war krümelig. Der hohe Feinbodenanteil bedingt eine starke Neigung der Bodenoberfläche zu Verschlammungen und grenzt den optimalen Bearbeitungszeitpunkt der Felder eng ein. Bei Trockenperioden bilden sich aus demselben Grund tiefe Schrumpfrisse. Die nutzbare Feldkapazität des Decksediments ist sehr hoch. Die Pfahlwurzeln des Korianders reichen tief und die gesamte pflanzenverfügbare

Wassermenge im durchwurzeltem Decksediment kann auf 200 mm geschätzt werden. Trockenheitsbedingte Welkeerscheinungen traten an den Korianderpflanzen trotz extremer Hitzeperioden zu keiner Zeit auf.

Im Frühjahr 1994 wurde eine Bodenuntersuchung auf allen Schlägen durchgeführt, die einen Humusgehalt in der Krume zwischen 2,5 und 3,0 % ermittelte. Der Boden ist demnach als humos zu bezeichnen. Das gesamte Decksediment und besonders die Krume sind stark karbonathaltig, was durch starkes Aufbrausen bei Behandlung mit 10 %iger Salzsäure erkennbar war. Der pH-Wert in der Krume befand sich bei 7,5. Die Versorgung der Böden mit den Makronährstoffen Phosphor, Kalium und Magnesium lag im Herbst 1994 im Bereich der optimalen Versorgung (Gehaltsklasse C) oder im Bereich des Luxuskonsums (Gehaltsklasse D). Die Versorgung der Böden mit den Mikronährstoffen Bor, Kupfer, Mangan, Zink und Molybdän war ebenfalls gut. Untersuchungen des mineralischen Stickstoffgehalts (N_{\min}) wurden in keinem der Versuchsjahre vorgenommen. Aufgrund des allgemeinen Bodenzustands und der Wüchsigkeit des Korianders sowie der anderen Kulturen kann allerdings von einer reichlichen Versorgung mit Stickstoff ausgegangen werden. Die Versuchsflächen blieben während des Korianderanbaus ohne jegliche Düngung. Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die bodenkundlichen Bedingungen für den Anbau von Koriander optimal waren, und man in dieser Hinsicht andernorts in Deutschland kaum bessere Bedingungen vorfinden kann.

Die klimatischen Bedingungen werden durch die Lage Gaterslebens im nordöstlichen Harzvorland, dem sog. Regenschattengebiet des Harzes, geprägt. Vierzigjährige Wetterbeobachtungen in Gatersleben zeigen im Mittel eine jährliche Niederschlagsmenge von 471,5 mm an, wobei der Juni mit 61,4 mm und der Juli mit 57,0 mm die niederschlagsreichsten Monate darstellen. Das Lokalklima in Gatersleben ist durch die Ortslage in einer Niederung der im Harz entspringenden und am Institutsgelände vorbeifließenden Selke bestimmt, was eine erhöhte Luftfeuchtigkeit mit sich bringt. Mikroklimatisch wird dieser Effekt aufgrund der Parzellierung des Versuchsgeländes des Instituts durch hohe Feldrandgehölze verstärkt, die Luftbewegungen erheblich bremsen. Legt man den Beginn der Vegetationsperiode mit dem 1. April fest, so ergibt sich für den Standort Gatersleben bis zum 31. August im vierzigjährigen Mittel eine Temperatursumme von 2192,6 °C. Der Temperatursummenanspruch für den erfolgreichen Anbau von Koriander zur Nutzung der Früchte liegt nach Luk'janov und Reznikov (1976) bei 1700-

1800 °C und wird somit am Standort Gatersleben erfüllt, wobei jedoch eine mehr oder weniger vollständige Nutzung der genannten Vegetationsperiode nötig ist.

In Tabelle 5 werden die Klimadaten der Witterung in den drei Versuchsjahren 1994-1996 den Mittelwerten vierzigjähriger Aufzeichnungen für diesen Standort vergleichend gegenübergestellt.

Tab. 5 Klimadaten und Witterung der Vegetationsperiode im vierzigjährigen Mittel und in den Versuchsjahren am Standort Gatersleben

Periode	40-jähr. Mittel		1994			1995			1996		
	Temp.	Ns.	Temp.	Ns.	Feuch.	Temp.	Ns.	Feuch.	Temp.	Ns.	Feuch.
April	7,7	35,9	8,6	73,5	78,9	8,6	54,2	77,3	8,3	27,7	71,0
Mai	12,8	51,4	12,8	123,8	77,5	12,0	38,5	73,3	11,2	70,7	78,6
Juni	16,2	61,4	16,2	43,8	74,6	14,7	59,3	75,3	15,6	36,0	73,2
Juli	17,7	57,0	21,2	42,8	68,7	20,2	68,9	71,0	15,8	91,0	75,5
August	17,1	55,0	18,0	84,5	71,3	18,8	33,8	61,1	17,4	82,0	75,2
Summe	2192,6	260,7	2356,0	368,4	-	2280,0	254,7	-	2093,4	307,4	-

Erläuterungen: Temp. = mittlere Monatstemperatur (°C)
 Ns. = Niederschlag (mm)
 Feuch. = mittlere relative Luftfeuchtigkeit (%)
 Summe = Temperatursumme (°C) bzw. Niederschlagsmenge (mm) während der Vegetationsperiode

Im Jahre 1994 war die erste Hälfte der Vegetationsperiode sehr niederschlagsreich. Die Aussaat des Feldversuchs erfolgte am 8. April. Am 13. April führte ein Hochwasser der Selke dazu, daß die gesamte Versuchsfläche 30 bis 60 cm hoch überschwemmt wurde. Am 20. April war das Wasser wieder abgezogen. Die Flutwelle hinterließ auf Teilen der Versuchsfläche einen andernorts erodierten Boden in einer Mächtigkeit von bis zu 10 cm. Sobald nach dem Abzug des Hochwassers die Fläche begehbar und etwas abgetrocknet war,

wurde die verschlammte Oberfläche mit einer Handharke aufgeraut, um eine Verkrustung zu vermeiden und die Belüftung des Bodens zu verbessern. Die zweite Hälfte der Vegetationsperiode 1994 war sehr heiß und niederschlagsarm. Das betraf insbesondere den Juli, während im August Regenfälle wieder zunahmen. Bis zum 22. August waren in diesem Jahre auch die spätreifen Herkünfte des Korianders im Stand erntefähig abgereift.

Im Jahre 1995 zeichnete sich die zweite Hälfte der Vegetationsperiode durch Hitze und Trockenheit aus, was sich durch eine niedrige Luftfeuchtigkeit im August ausdrückt, der Zeitperiode, in der die Korianderfrüchte abreifen.

Das Versuchsjahr 1996 war kühl und abgesehen vom April sehr niederschlagsreich. Während der Blüh- und Abreifepfide des Korianders gab es häufiger regnerisches Wetter und die Luftfeuchtigkeit war über längere Zeiträume sehr hoch. Bei Betrachtung der Temperatursummen ist bemerkenswert, daß 1996 die Gesamtsumme bis zur Ernte mehr als 200 °C unter der des heißen Sommers 1995 lag. Ein solcher Unterschied fällt erheblich ins Gewicht, wenn man bedenkt, daß die Temperatursumme sich aus den Tagesdurchschnittswerten zusammensetzt, d.h. unter Einbeziehung der Nachttemperaturen als Durchschnitt berechnet wird.

Zusammenfassend läßt sich zur Witterung sagen, daß sich die drei Jahre in ihrer Charakteristik sehr unterschieden, und von daher der Umweltfaktor Witterung in seinem Einfluß auf umweltlabile Merkmale an den untersuchten Herkünften deutlich erkennbar sein sollte.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse des dreijährigen Vergleichsanbaus

3.1.1 Variabilität des Korianders

Die Variabilität des Korianders soll zunächst anhand der Ergebnisse des Vergleichsanbaus im Jahre 1996 dargestellt werden. In diesem Jahre stand mit 290 verschiedenen Mustern die größte Anzahl in einem Vergleichsanbau (s. Tab. 3). Damit sollte ein erster Einblick in die Gesamtvariabilität am besten möglich sein, auch wenn bei Betrachtung nur eines Jahres der Jahreseinfluß auf die Merkmalsausprägungen zunächst unberücksichtigt bleibt. Die Ergebnisse der beobachteten Variationsbreiten aus allen drei Versuchsjahren sind im Anhang in den Tabellen A3 - A8 dargestellt. In den Tabellen ist jeweils die Anzahl (n) der berücksichtigten Muster bei jedem Merkmal aufgeführt. Zur üblichen Charakterisierung pflanzengenetischer Ressourcen in Genbanken werden die Daten für die morphologischen und phänologischen Merkmale verwendet. Deshalb werden diese Ergebnisse als erstes dargestellt. Die Korrelationsmatrix für die morphologischen und phänologischen Merkmale der dreijährig geprüften Muster ist im Anhang wiedergegeben (Tab. A9). Bei der Berechnung von Korrelationen mit den chemischen Merkmalen wurden nur diejenigen morphologischen und phänologischen Merkmale herangezogen, die sich für eine Gruppierung der Gesamtvariabilität als besonders aussagekräftig herausgestellt hatten. Die zugehörige Korrelationsmatrix befindet sich im Anhang (Tab. A10). Im Text erwähnt werden auffällige und signifikante Korrelationen ($P \leq 1\%$). Die Ergebnisse der Charakterisierung anhand der morphologischen und phänologischen Merkmale in den drei Versuchsjahren sind als Mittelwerttabelle für alle 192 Muster im Anhang in Tabelle A11 wiedergegeben. Die Ergebnisse der Evaluierung anhand der quantitativen und qualitativen Analyse des ätherischen Öls und fetten Öls in den drei Versuchsjahren stellt für die 162 dreijährig geprüften Muster in gleicher Weise Tabelle A12 dar. In den beiden letztgenannten Tabellen sind in den ersten beiden Spalten die Gaterslebener Sortimentsnummer und das Herkunftsland der untersuchten Muster angegeben, so daß bei Erwähnung einzelner Akzessionen im Text weitere Angaben zu den Eigenschaften des Musters im Anhang nachgesehen werden können. Zusätzlich werden in den Tabellen die Grenzdifferenzen (GD 5%) und das Versuchsmittel für die Merkmalsausprägungen zur besseren Vergleichbarkeit der Muster angegeben.

3.1.1.1 Morphologische und phänologische Merkmale

3.1.1.1.1 Vegetative Pflanzenteile

Eine Übersicht über die Variabilität der vegetativen Pflanzenteile im Versuchsjahr 1996 gibt Tabelle 6.

Eine große Variationsbreite zeigt die Anzahl der Basalblätter (Nr. 1). Während viele Muster nur ein oder zwei Basalblätter aufweisen, bilden andere Muster eine grundständige Blattrosette, die im Extremfall aus bis zu 30 Blättern besteht. Bei 176 der 290 Muster waren 1996 zwischen drei und sechs Basalblätter vorhanden; dementsprechend lagen die angegebenen Quantile (s. Tab. 8) in diesem Bereich. Ein Muster (CORI 26) bildete in allen Versuchsjahren nur ein Basalblatt. Bei 20 Mustern traten 1996 große, grundständige Blattrosetten mit mehr als zehn Basalblättern auf. Eine äußerst kräftige Rosettenbildung zeigten neun aus Syrien stammende Muster. Die Anzahl der Basalblätter ist stark positiv korreliert mit folgenden Merkmalen: Große Länge des längsten Basalblattes ($r = 0,817$), hoher Grad der Fiederung der Basalblätter ($r = 0,732$), starke Beblätterung der Pflanze ($r = 0,621$), hoher Anthocyangehalt im vegetativen Bereich ($r = 0,672$), hohe Doldenzahl der Pflanze ($r = 0,731$), spätes Einsetzen des Streckungswachstums ($r = 0,871$), spätes Blühen ($r = 0,789$) und spätes Reifen ($r = 0,691$) der Pflanzen. Signifikante negative Korrelationen der Anzahl der Basalblätter liegen mit der aufrechten Haltung der Basalblätter ($r = -0,609$) und der Tausendfruchtmasse ($r = -0,616$) vor. Im Versuchsjahr 1995, in dem der Mai trockener ausfiel als 1996, war die Anzahl der Basalblätter bei allen Mustern generell geringer. So war 1995 bei immerhin 32 Herkunftsnur ein Basalblatt und bei 53 Herkunftsnur zwei Basalblätter zu beobachten. Das Merkmal zeigt von allen Merkmalen, die die vegetativen Pflanzenteile betreffen, die größte Erbllichkeit ($h^2_{op} = 90,1 \%$).

Die Länge der Basalblätter (Nr. 2) fällt durch eine erhebliche Variationsbreite auf, die 1996 von 4 cm bis 41 cm reichte. Auf die starke Korrelation langer Basalblätter mit einer hohen Anzahl von Basalblättern ist bereits hingewiesen worden. In allen übrigen dort erwähnten Korrelationen stimmt dieses Merkmal in Richtung und Stärke des Zusammenhanges mit dem der Anzahl der Basalblätter überein. Die Länge der Basalblätter war 1996 insbesondere bei den Mustern, die auch in den beiden Vorjahren lange Basalblätter hatten, größer als im trockenen Sommer 1995. Das Maximum betrug 1995 nur 30 cm. Die Erbllichkeit dieses Merkmals ist hoch ($h^2_{op} = 83,2 \%$).

Der Habitus der Basalblätter (Nr. 3) ist insofern von Bedeutung, als es Muster aus dem mittelasiatischen Raum mit blattreichen, flach dem Boden anliegenden, äußerst blattreichen Rosetten gibt. Demgegenüber haben die mächtigen Rosetten der erwähnten Muster aus Syrien bogig aufsteigende Rosettenblätter, so daß die Herkunft anhand dieser Charakteristik eindeutig voneinander zu unterschei-

den sind. Dieser Unterschied war bei diesen Extremtypen in allen Versuchsjahren sehr deutlich sichtbar, auch wenn sonst eine geringe Erbllichkeit dieses Merkmals beobachtet wurde ($h^2_{op} = 57,5 \%$).

Die Form des längsten Basalblattes (Nr. 4) ist besonders in Extremfällen, die ganzrandige bzw. mehrfach gefiederte Blattspreiten aufweisen, für den Betrachter der Pflanzen ein sehr auffälliges Merkmal. Bei den blattreichen ($r = 0,654$), hochwüchsigen ($r = 0,686$), doldenreichen ($r = 0,714$), kleinfrüchtigen ($r = -0,609$) und spät in das Streckungswachstum übergehenden ($r = 0,729$) Herkünften sind tendenziell die Basalblätter stärker gefiedert. Als Extremform mit ganzrandigem längsten Basalblatt erwies sich CORI 49; sehr stark gefiederte Basalblätter treten hingegen bei CORI 149 auf. Die Ausprägung dieses Merkmals war bei den auffallenden Formen mit ganzrandigem bzw. mehrfach gefiedertem längsten Basalblatt in den drei Versuchsjahren gleich ($h^2_{op} = 70,5 \%$).

Die Fiederung der Blätter der mittleren Blatttage (Nr. 5) ist wesentlich weniger variabel als die der Basalblätter. Die beobachteten signifikanten Korrelationen treten am stärksten mit denselben Merkmalen wie bei den Basalblättern auf, nur sind die Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten jeweils umgekehrt. Das bedeutet, daß Pflanzen mit gering gefiederten Basalblättern in der mittleren Blatttage bereits stark gefiederte Blattspreiten aufweisen. Bei den Herkünften mit stärker gefiederten Basalblättern, die immer mehrere Basalblätter besitzen, ist zwar auch eine Heterophyllie zu beobachten; bei ihnen ist jedoch der Übergang der Blattformen eher ein stetiger. Die Fiederung der Blätter der oberen Blatttage (Nr. 6) schließlich ist kaum noch variabel und es lassen sich keine engen korrelativen Zusammenhänge erkennen. Auffallend ist lediglich, daß die Muster mit mehreren Basalblättern in der Regel in der oberen Blatttage sehr filigrane Blattspreiten aufweisen.

Tab. 6 Variabilität der vegetativen Pflanzenteile im Versuchsjahr 1996

Erläuterungen:

1. Spalte: Merkmalsnummer
2. Spalte: Abkürzung für das Merkmal, Merkmal und Skalierung (vergl. Tab. 4)
3. Spalte: Anzahl (n) der Muster, an denen das Merkmal erhoben wurde
- 4.-8. Spalte: Minimum, unteres Quartil, Median, oberes Quartil, Maximum

Nr.	Merkmal	n	Min.	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Max.
1	RB_N Anzahl der Basalblätter	290	1	3	5	6	>10
2	RB_L Länge des längsten Basalblattes (cm)	290	4	12	18	24	41
3	RB_H Habitus der Basalblätter (Bonitur)	290	1	3	3	3	5
4	F_R Form des längsten Basalblatts (Bonitur)	290	2	3	3	4	6
255	F_SM Form der Blätter der mittleren Blattetage (Bonitur)	290	4	4	4	5	6
6	F_SO Form der Blätter der oberen Blattetage (Bonitur)	290	4	6	6	6	7
7	B_SV Beblätterung der Pflanze (Bonitur)	290	1	4	5	6	8
8	PL_VB Pflanzenlänge bei Vollblüte (cm)	290	20	70	105	115	150
9	VERZ Verzweigungstyp der Pflanze (Bonitur)	289	3	6	6	7	8
10	AN_S Anthocyanfärbung im Stengel (Bonitur)	290	1	3	3	4	6

Bei der Betrachtung des Merkmals Beblätterung der Pflanze (Nr. 7) wird der eben erwähnte Zusammenhang nochmals deutlich: Die stark beblätterten Muster haben in der Regel eher weniger stark gefiederte Blätter in der mittleren Blattetage ($r = -0,465$), aber stärker gefiederte Basalblätter ($r = 0,654$). Dieses Merkmal weist eine erhebliche Variationsbreite auf und verhält sich in seinen

Korrelationen ebenso wie die Anzahl der Basalblätter. Besonders straff ist die positive Korrelation mit der Länge des längsten Basalblattes ($r = 0,828$), einer großen Wuchshöhe ($r = 0,791$), einer großen Doldenanzahl ($r = 0,885$) sowie einer späten Blüte und Abreife. Die Tausendfruchtmasse fällt bei starker Beblätterung tendenziell geringer aus ($r = -0,479$). Das Merkmal besitzt eine hohe Erbllichkeit ($h^2_{op} = 84,7 \%$).

In gleicher Weise verhält sich die zum Zeitpunkt der Vollblüte erreichte endgültige Pflanzenlänge (Nr. 8). Die Variationsbreite reichte 1996 von 20 cm bis 150 cm und hatte damit ein erhebliches Ausmaß. Die extreme Ausprägung von nur 20 cm Wuchshöhe zeigte sich bei einer ausgesprochenen Zwergform des Korianders; es handelt sich um ein Muster aus Ägypten (CORI 26). An der Lage der Quartile und des Medians ist zu erkennen, daß die Verteilung ihren Schwerpunkt bei den höherwüchsigen Formen hatte. Die Korrelationen verhalten sich ebenso wie bei der Anzahl der Basalblätter. Die Wuchshöhe der Pflanzen erreichte im feuchten Jahr 1996 ($x_{0,5} = 105$ cm) insgesamt größere Werte als im Trockenjahr 1995 ($x_{0,50} = 75$ cm) und als im heißen Sommer 1994 ($x_{0,50} = 60$ cm). Trotz dieser auffallenden Unterschiede in den Versuchsjahren blieb die Rangfolge der Muster in den drei Versuchsjahren ähnlich, was einen starken genetischen Einfluß anzeigt ($h^2_{op} = 80,5 \%$).

Beim Verzweigungstyp (Nr. 9, nur 1996 erfaßt) gibt es Muster mit eher zusammengezogener Gestalt, während andere Muster sperrig abstehende Verzweigungen bilden, die von der Hauptachse bzw. den Sproßachsen höherer Ordnung jeweils in großem Winkel abragen. Besonders bei einigen Herkünften aus Nordafrika ist dieser Habitus zu beobachten. Die sperrige, ausladende Gestalt tritt häufiger bei niedrigen, großfrüchtigen, aber bisweilen auch bei höherwüchsigen, wie den äthiopischen Herkünften auf, und ist für letztere ein Charakteristikum. Der buschförmige Habitus weist einen schwachen Zusammenhang mit erhöhter Standfestigkeit auf ($r = 0,357$). Ansonsten bestehen keine deutlichen Korrelationen mit anderen Merkmalen.

Die Anthocyanfärbung des Stengels (10) ist bei einigen Mustern mit zahlreichen Basalblättern ($r = 0,672$) und besonders bei den spätblühenden ($r = 0,877$) sehr ausgeprägt. Diese Pflanzen haben bei Blühende mitunter, besonders im unteren Bereich, dunkelviolette Stengel. Bei anderen Mustern tritt nur ein leichter rötlicher Schimmer an den Blattansatzstellen des Stengels auf. Anthocyanfreie Stengel wurden nur bei denjenigen Pflanzen beobachtet, die auch keine Anthocyanfärbung in den Petalen aufwiesen. Auffallend ist, daß Streßfaktoren die Ausprägung dieses Merkmals verstärken. Besonders an kranken Pflanzen war eine sehr starke Anthocyanbildung im Stengel aber auch in den Petalen zu beobachten. In diesem Merkmal verhielten sich die verschiedenen Muster in den Versuchsjahren ähnlich ($h^2_{op} = 80,9 \%$).

Zusammenfassend läßt sich für die vegetativen Pflanzenteile feststellen, daß sie eine große Variabilität aufweisen. Von den erhobenen Merkmalen variieren nur die Form der Blätter der mittleren und oberen Blattetagen weniger stark. Außer bei den beiden letztgenannten Merkmalen unterliegen die Merkmalsausprägungen im vegetativen Bereich einem starken genetischen Einfluß.

3.1.1.1.2 Generative Pflanzenteile

Die Variabilität der generativen Pflanzenteile im Versuchsjahr 1996 zeigt Tabelle 7.

Die Anzahl der Dolden (Nr. 11) entspricht dem Grad der Verzweigung der Pflanze, da jeder Trieb von einer Infloreszenz terminiert wird. Das Merkmal könnte somit auch dem Bereich der vegetativen Pflanzenteile zugerechnet werden. Die Variationsbreite für dieses Merkmal ist erheblich. Die Anzahl der Dolden pro Pflanze ist sehr stark positiv korreliert mit der Anzahl ($r = 0,731$) und der Länge ($r = 0,818$) der Basalblätter, einer starken Fiederung des längsten basalen Blattes ($r = 0,714$), einer starken Beblätterung der Pflanze ($r = 0,885$), der Pflanzenlänge ($r = 0,909$), einem hohen Anthocyangehalt im Stengel ($r = 0,783$), einer geringen Tausendfruchtmasse ($r = -0,676$), einem späten Einsetzen des Streckungswachstums ($r = 0,812$), spätem Blühen ($r = 0,919$) und mit einem höheren Ertrag ($r = 0,768$). Dieses Merkmal ist in seiner Ausprägung stark genetisch determiniert ($h_{op}^2 = 88,9 \%$).

Tab. 7 Variabilität der generativen Pflanzenteile im Versuchsjahr 1996

Erläuterungen vergl. Tabelle 6

Nr.	Merkmal	n	Min.	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Max.
11	D_P Anzahl der Dolden pro Pflanze (Bonitur)	290	2	4	6	7	9
12	AN_B Anthocyanfärbung der Petalen (Bonitur)	290	1	4	4	5	6
13	FF Form der ganzen Früchte (Bonitur)	290	1	2	3	3	8
14	ZT Zerfallsneigung der Früchte beim Drusch (Bonitur)	290	1	1	2	3	9
15	TFM Tausendfruchtmasse (g)	289	3,1	6,4	8,1	11,1	18,9

Bei der Anthocyanfärbung der Petalen (Nr. 12) fällt auf, daß sie tendenziell bei den großfrüchtigen Herkünften stärker als bei den kleinfrüchtigen ist. Bei vielen Mustern konnten die Anthocyane in den Petalen kaum wahrgenommen werden. Staubblätter und Pollenkörner jedoch, sowie Griffel und Narben, die in der Regel mehr Anthocyane enthalten als die Petalen, zeigten auch bei diesen Mustern eine rötliche Färbung. Die Stärke der Anthocyanbildung ist sehr umweltabhängig und wurde durch Streßfaktoren gefördert. Das kommt auch darin zum Ausdruck, daß eine lockere aber signifikante Korrelation mit der Boniturnote für den Krankheitsbefall errechnet wurde ($r = 0,289$). Die beobachtete Heritabilität fällt gering aus ($h^2_{op} = 39,4 \%$). Bei zwei Mustern (CORI 98, CORI 148), sind keine Anthocyane in den Petalen enthalten und sie sind in dieser Hinsicht homogen. In anderen Herkünften traten vereinzelt Pflanzen mit anthocyanfreien Blüten auf.

Ein sehr auffälliges Merkmal stellt die Fruchtform (Nr. 13) dar, weil es hier, wie an den Maßzahlen in Tabelle 7 zu erkennen ist, einige Muster mit auffallend ovalen bis spitzovalen Früchten gibt. Eine verlängerte Fruchtform ist stark mit der Neigung der Früchte korreliert, beim Dreschen in die

beiden Teilfrüchte zu zerfallen ($r = 0,510$). Ausgesprochen runde, mitunter sogar leicht abgeflachte Früchte wurden bei den besonders großfrüchtigen Herkünften beobachtet. Bei diesem Merkmal ist zu beachten, daß eine ovale Fruchtform Ausdruck ungünstiger Umweltbedingungen während der Abreife oder auch Krankheitsbefall der Pflanzen sein kann. In allen drei Versuchsjahren fielen jedoch dieselben Muster bei Fehlen solcher Streßfaktoren durch ovale Früchte auf.

Das Zerfallen der Früchte in die Teilfrüchte (Nr. 10) stellt eher die Ausnahme dar, war allerdings bei einigen Mustern sehr stark ausgeprägt, die beim Maschinendrusch mit einer Trommeldrehzahl von 450 U/min so gut wie vollständig in die Merikarpnien zerfielen. Bei den hochwüchsigen Formen ist der Zusammenhalt der beiden Teilfrüchte in der Regel fester ($r = -0,435$, nur 1996 erfaßt), während die ovalen Früchte auffallend stark dazu neigen, in ihre Merikarpnien zu zerfallen.

Die Spannweite der Tausendfruchtmasse (Nr. 15; TFM) von 3,1 g bis 18,9 g, wie sie 1996 beobachtet wurde, ist beachtlich. Die Verteilung der beobachteten Tausendfruchtmassen innerhalb der untersuchten Herkünfte hatte einen Schwerpunkt bei den kleinfrüchtigen Formen ($x_{0,50} = 8,1$ g). Im Versuchsjahr 1996 ließen sich zwischen 4,0 g und 17,0 g in Dezimalschritten fast alle Werte für die TFM beobachten, und es handelte sich um eine eingipfelige Verteilung. Bei den Merkmalskorrelationen fällt sehr stark die negative Korrelation einer großen Tausendfruchtmasse mit allen Merkmalen auf, die in Richtung auf eine starke Betonung der vegetativen Pflanzenentwicklung deuten. So ist die TFM auffallend negativ mit der Anzahl der Basalblätter ($r = -0,616$) und dem späten Einsetzen des Streckungswachstums ($r = -0,729$) korreliert. Alle anderen signifikanten korrelativen Zusammenhänge treten mit denselben Merkmalen wie bei dem Merkmal Anzahl der Basalblätter auf, nur jeweils mit anderem Vorzeichen. Sehr auffallend ist auch der Zusammenhang zwischen großen Früchten und vergrößerten Blütenorganen; die großfrüchtigen Herkünfte aus dem Oman zeichnen sich auch durch auffallend große Petalen der Einzelblüten am Doldenrand aus. Der Bereich der beobachteten Werte für die TFM war in den Versuchsjahren unterschiedlich. So hatte die kleinfrüchtige Herkunft (CORI 108) aus Georgien in allen drei Versuchsjahren mit 2,5 g (1994), 4,3 g (1995) und 3,1 g (1996) die geringsten Tausendfruchtmassen; das Muster stellt eine Extremform dar. Im Jahre 1995 wurde mit 20,0 g der größte Wert für dieses Merkmal überhaupt beobachtet. Für alle Muster ließ sich in den drei Jahren eine Verschiebung der Werte in ähnlicher Weise wie bei CORI 108 feststellen. Der Median betrug 7,0 g (1994), 9,6 g (1995) bzw. 8,1 g (1996); die berechnete operative Heritabilität zeigt mit $h_{op}^2 = 96,2$ % einen äußerst hohen Wert.

Zusammenfassend läßt sich zu den generativen Pflanzenteilen feststellen, daß insbesondere die Fruchtgröße, bestimmt als Tausendfruchtmasse, ein wichtiges Charakteristikum der verschiedenen

Herkünfte ist, daneben jedoch auch die Fruchtform auffallende Unterschiede zeigt. Die Variation in der Anthocyanfärbung ist bei den untersuchten Herkünften nicht vom Herkunftsort der Muster abhängig; weißblütige Formen traten mehrfach auf.

3.1.1.1.3 Phänologische Merkmale

In Tabelle 8 sind die Untersuchungsergebnisse der phänologischen Merkmale im Versuchsjahr 1996 zusammengefaßt.

Tab. 8 Variabilität der phänologischen Merkmale im Versuchsjahr 1996
Eräuterungen vergl. Tabelle 6

Nr.	Merkmal	n	Min.	X _{0,25}	X _{0,50}	X _{0,75}	Max.
16	FA_D Tage (von Aussaatdatum) bis Fel- daufgang	290	23	23	23	23	23
17	SCH_D Tage bis zum Beginn des Streckung- swachstums	290	44	45	51	56	81
18	BA_D Tage bis Blühbeginn	290	51	56	74	81	93
19	BE_D Tage bis Blühende	290	85	96	114	114	123
20	ERN_D Tage bis zur Schwadreife	290	90	106	119	123	133

Die Anzahl der Tage bis zum Feldaufgang (Nr. 16) ist als Merkmal zur Charakterisierung der Muster ungeeignet. Im Versuchsjahr 1996 wurden zwischen den Mustern überhaupt keine Unterschiede in diesem Merkmal festgestellt. Feuchtigkeit und Wärme ließen, anders als in beiden Vorjahren, alle Muster gleichmäßig auflaufen. Für das Versuchsjahr 1994 ist bei den Daten für dieses Merkmal der Einfluß des Hochwassers zu berücksichtigen. Es ist deswegen erstaunlich, daß, trotz der völligen Überschwemmung und des teilweisen Bodenauftrages durch die Flutwelle, der Feldaufgang zeitlich nicht

anders ausfiel als im Frühjahr 1995 und nach 28 Tagen bei über 50 % der Muster die vier Drillreihen je Parzelle deutlich erkennbar waren. Im Versuchsjahr 1995 liefen alle Muster in einem Zeitraum von 27 bis 38 Tagen auf. Der genetische bedingte Einfluß auf die phänotypische Ausprägung des Merkmals war offenbar gering ($h^2_{op} = 20.2 \%$).

Die übrigen phänologischen Merkmale (Nr. 17- 20) sind sehr stark miteinander korreliert und können deshalb gemeinsam betrachtet werden. Insgesamt ist die Variationsbreite groß; so reichte 1996 die Dauer bis zum Beginn des Streckungswachstums (Nr. 17) von 44 bis 81 Tage. Diese Zeitdauer wies von allen phänologischen Merkmalen die größte Erblichkeit auf ($h^2_{op} = 91,6 \%$); aber auch die anderen Entwicklungsmerkmale sind bei Frühjahrssaat des Korianders stark genetisch bestimmt. Die späten Formen konnten im kühlen Sommer 1996 nicht völlig ausreifen, sondern wurden bei Blühende am 23. August (123 Tagen nach der Aussaat) geschwadet, weil keine Hitzeperiode mehr zu erwarten war. Die spät in die generative Phase übergehenden und spät reifenden Koriander sind an einer reich beblätterten basalen Blattrosette ($r = 0,871$) schon frühzeitig zu erkennen und haben kleine Früchte ($r = -0,729$), was sich auch in den Korrelationskoeffizienten ausdrückt. Die Erntedaten erstreckten sich in allen drei Versuchsjahren auf einen Zeitraum von mehr als einen Monat.

Zusammenfassend zeigt sich bei den phänologischen Merkmalen, abgesehen von der Zeitdauer bis zum Feldaufgang, eine große Variabilität, die, bei der für den Vergleichsanbau erfolgten Frühjahrssaat, stark vom Genotyp der Muster beeinflusst wird.

3.1.1.1.4 Merkmale von hauptsächlich agronomischer Bedeutung

Die Ergebnisse für die pflanzenbaulich wichtigen Merkmale für das Versuchsjahr 1996 sind Tabelle 9 zu entnehmen.

Tab. 9 Variabilität der Merkmale von hauptsächlich agronomischer Bedeutung im Versuchsjahr 1996

Erläuterungen vergl. Tab. 6

Nr.	Merkmal	n	Min.	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Max.
21	TFMS Tausendfruchtmasse des Saatguts (g)	275	2,8	6,2	8,1	11,0	20,0
22	KEIMF Keimfähigkeit des Saatguts (%)	277	3,0	46,5	66,0	79,5	100
23	P_ZR Pflanzenzahl in 2 m Drillreihe	290	4	21	33	45	179
24	K_B Krankheitsbefall (Bonitur)	290	3	5	5	6	9
25	STAND Standfestigkeit (Bonitur)	290	2	3	4	5	7
26	ER Fruchtertrag von 3 m ² Parzelle (g)	290	5	140	245	435	1105

Bei dem verwendeten Saatgut war die Variationsbreite der Tausendfruchtmasse (Nr. 21, nur 1996 erhoben) größer, als bei den im selben Jahr geernteten Früchten, und reichte von 2,8 g bis 20,0 g. Die Korrelation zwischen TFM des Saatguts und der der geernteten Früchte war sehr eng ($r = 0,848$), was die hohe Erblichkeit der Fruchtgröße verdeutlicht.

Die Keimfähigkeit des Saatguts (Nr. 22, nur 1996 erhoben) schwankte in einem weiten Bereich. Bei noch nicht einmal bei 75 % der Muster war eine Keimfähigkeit von über 80 % vorhanden. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang allerdings, daß die im Laboratorium ermittelte Keimfähigkeit mit der im Feld tatsächlich pro Parzelle aufgegangenen Pflanzenanzahl negativ korreliert war ($r = -0,415$).

Die 1996 auf Keimungstest und Tausendfruchtmasse des Saatguts beruhende Berechnung der Aussaatmenge zur Erreichung der angestrebten Anzahl von 75 Pflanzen pro Quadratmeter führte in den meisten Fällen nicht zum Erfolg; der mittlere Wert betrug 44 Pflanzen/m² und lag bei der Hälfte der Parzellen zwischen 28 und 60 Pflanzen/m². Die Abweichungen beruhten offensichtlich auf einer anderen

Keimungsrate des Saatguts unter Feld- als Laborbedingungen, bei einigen Mustern muß es zu einer Brechung der Dormanz unter Feldbedingungen gekommen sein.

Der Krankheitsdruck war im feuchten Jahr 1996 groß. Dementsprechend konnte an fast allen Herkünften ein Krankheitsbefall (Nr. 24) beobachtet werden, dessen Ausmaß jedoch oft gering blieb. Im Versuchsjahr 1994 waren die ohnehin aufgrund des Hochwassers durch schlechte Bodendurchlüftung geschwächten Pflanzen stärker von Krankheiten befallen, während 1995 nur wenige Parzellen deutliche Krankheitssymptome zeigten. Eine starke Erblichkeit diese Merkmals war nicht festzustellen ($h^2_{op} = 48,1 \%$)

Im Versuchsjahr 1996 war aufgrund der heftigen Niederschläge während und nach der Blühperiode bei fast allen Herkünften eine hohe Lagerneigung (Nr. 25) festzustellen, während in den beiden Vorjahren das Merkmal Standfestigkeit nicht erfaßt wurde, weil alle Parzellen einen gleichmäßig guten Stand zeigten.

Die Witterungsverhältnisse im Jahre 1996 bedingten ebenfalls bei allen Mustern ein im Vergleich zum Vorjahr erheblich niedrigeres Ertragsniveau (Nr. 26). Der Maximalertrag von der 3 m² Versuchsparzelle betrug 1996 zwar 1105 g (entsprechend 3683 kg/ha), aber bereits bei 75 % der Parzellen lag dieser Wert nicht über 435 g (entsprechend 1450 kg/ha). Im Versuchsjahr 1995 wurden bei allen Parzellen höhere Erträge erzielt und das Maximum lag bei 1300 g, was rechnerisch 4300 kg/ha entsprechen würde. Im Hochwasserjahr 1994 betrug der Maximalertrag nur 285 g auf 3 m² Parzelle, d.h. 950 kg/ha. Die ermittelten Korrelationen deuten darauf hin, daß die spätreifen Muster größere Erträge bringen ($r = 0,754$). Auffallende Korrelationen des Parzellenertrags gibt es mit der Anzahl der Dolden pro Pflanze ($r = 0,768$), einer geringen Tausendfruchtmasse ($r = -0,433$) und einer größeren Pflanzenzahl pro Fläche ($r = 0,588$). Die ermittelte Erblichkeit dieses Merkmals fiel sehr gering aus ($h^2_{op} = 34,9 \%$).

Zusammenfassend ergibt sich, daß die herangezogenen agronomisch wichtigen Merkmale einem starken Jahreseinfluß unterliegen, was sich, wie nicht anders zu erwarten, besonders bei den Schwankungen der Ertragshöhe bemerkbar machte.

3.1.1.2 Merkmale der chemischen Zusammensetzung der Früchte

3.1.1.2.1 Das ätherische Öl

Eine Übersicht über die Variabilität des Gehalts und der Zusammensetzung des ätherischen Öls in den lufttrockenen Früchten im Versuchsjahr 1996 gibt Tabelle 10.

Der Gehalt an ätherischem Öl in den Früchten (Nr. 27) variierte 1996, wie auch in den anderen Versuchsjahren, erheblich. 1996 fielen acht Muster aus Syrien durch äußerst geringe Gehalte an ätherischem Öl auf; sie lagen jeweils unter 0,10 % und damit bereits außerhalb des exakten Meßbereichs der Analytik. Ein gewisser Gehalt ließ sich jedoch daraus erschließen, daß bei diesen Mustern anteilmäßig einzelne Monoterpene festgestellt werden konnten. Die gaschromatische Analytik ermittelt die Zusammensetzung des ätherischen Öls empfindlicher als den absoluten Gehalt, weil für letzteres lediglich der Anteil des Linalools unter Verwendung eines zugegebenen Standards als Bezugsbasis dient (Thies 1996, pers. Mitteilung). Positiv korreliert ist ein hoher Gehalt an ätherischem Öl mit der Wuchshöhe ($r = 0,544$), einer großen Doldenzahl ($r = 0,572$) und einer späten Reifezeit ($r = 0,530$). Eine deutliche negative Korrelation besteht mit der Tausendfruchtmasse ($r = -0,512$). Nur zwölf der 82 Muster mit einer TFM von über 10 g übertrafen in ihrem Gehalt an ätherischem Öl 1996 den Median von 0,40 %. Die Kombination von hoher TFM und hohem Gehalt an ätherischem Öl war somit nur selten (z.B. CORI 36, vergl. Tab. A11 u. A12).

Tab. 10 Variabilität von Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls der Früchte im Versuchsjahr 1996

Erläuterungen vergl. Tab. 6

Nr.	Merkmal	n	Min.	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Max.
27	ETHG Gehalt an Monoterpenen (Gew. %)	289	0,01	0,26	0,40	0,63	1,73
28	LING Linaloolgehalt (mg/g)	289	0,1	1,8	2,9	4,4	11,8
29	LINA Linalool (% der Monoterpene)	289	18,8	65,9	68,8	73,4	86,4
30	API α -Pinen (% der Monoterpene)	289	4,4	6,8	7,6	8,9	33,0
31	GTER γ -Terpinen (% der Monoterpene)	289	0,4	6,7	8,8	12,0	35,0
32	GEAC Geranylacetat (% der Monoterpene)	289	1,9	3,1	3,7	4,4	13,1
33	CAMP Campher (% der Monoterpene)	289	0,0	1,7	3,6	4,7	19,6
34	GEOH Geraniol (% der Monoterpene)	289	0,6	1,6	2,1	2,7	4,9
35	CAME Camphen (% der Monoterpene)	289	0,0	0,0	0,8	1,1	1,7
36	BPI β -Pinen (% der Monoterpene)	289	0,0	0,4	0,5	0,6	2,1
37	MYRC Myrcen (% der Monoterpene)	289	0,0	0,7	1,1	1,3	1,8
38	LIMO Limonen (% der Monoterpene)	289	0,0	1,2	2,2	2,8	4,3

Eine äußerst enge Korrelation besteht zwischen dem Gehalt an ätherischem Öl und dem absoluten Gehalt an Linalool in mg pro g Früchte ($r = 0,994$). Dieser Zusammenhang beruht nicht auf einem gesteigerten Anteil des Linalools bei hohem Gehalt an ätherischem Öl ($r = 0,197$), sondern ist ein Masseneffekt, da der Anteil des Linalools bei allen Herkünften, mit Ausnahme der syrischen, dominiert und wenig variiert. Positiv korreliert ist der Gehalt an ätherischem Öl mit einem höheren Anteil an Campher ($r = 0,514$) und Camphen ($r = 0,479$). Der Anteil von α -Pinen ist bei hohem Gehalt an ätherischem Öl tendenziell geringer ($r = -0,429$). Im Versuchsjahr 1995 fielen die Gehalte an ätherischem Öl durchweg wesentlich höher als 1994 aus. Es gab drei georgische Herkünfte (CORI 71, CORI 151 und CORI 191), für die in den Früchten 1995 mehr als 2,0 % ätherischen Öls ermittelt wurden. Die Rangfolge der Muster in den Gehalten an ätherischem Öl war in allen drei Versuchsjahren sehr ähnlich. Die Erblichkeit des Merkmals ist auffallend groß ($h^2_{op} = 87,7 \%$).

Die starke Bindung des absoluten Gehaltes an Linalool (Nr. 28) in den Früchten an den Gehalt des ätherischen Öls führt dazu, daß alle dort beschriebenen Zusammenhänge für dieses Merkmal in gleicher Weise gelten. Für beide Merkmale ist auffällig, daß sie eine relativ starke negative Korrelation zum Anteil an Vaccensäure im fetten Öl ($r = -0,700$ bzw. $r = -0,706$) aufweisen. Die Erblichkeit des Gehalts an Linalool ist ebenfalls sehr groß ($h^2_{op} = 88,1 \%$).

Der relative Anteil des Linalools (Nr. 29) variierte bei den Mustern weniger stark und befand sich generell auf hohem Niveau. Bei den syrischen Herkünften jedoch waren die Gehalte an Linalool sehr gering und teilweise außerhalb der Meßgenauigkeit, während ansonsten Linalool bei allen anderen Mustern den Hauptbestandteil des ätherischen Öls ausmacht. Nur bei einem Muster aus Indien (CORI 155, vergl. Tab. A12) liegt der mittlere Anteil des Linalools zwischen 50 und 60 %, während diese Komponente sonst immer über 60 % des ätherischen Öls ausmacht. Deutliche negative Korrelationen bestehen zum Anteil von α -Pinen ($r = -0,692$), γ -Terpinen ($r = -0,747$) und β -Pinen ($r = -0,632$). Der relative Linaloolgehalt wird in seiner Ausprägung kaum von Umweltfaktoren beeinflusst ($h^2_{op} = 93,3 \%$).

Der Anteil von α -Pinen (Nr. 30) am ätherischen Öl ist bei den syrischen Herkünften sehr hoch. Eine starke positive Korrelation des Anteils an α -Pinen zeigt sich mit dem Anteil des β -Pinen ($r = 0,688$). Die Erblichkeit dieses Merkmals ist hoch ($h^2_{op} = 79,6 \%$).

In ähnlicher Größenordnung wie das α -Pinen, nämlich um 10 %, wurde das γ -Terpinen (Nr. 31) im ätherischen Öl des Korianders beobachtet, und bei den meisten Herkünften machen diese beiden Komponenten zusammen mit dem Linalool den größten Teil des Öls aus. Der Jahreseinfluß bei diesem

Merkmal ist geringer, und die Unterschiede zwischen den Versuchsjahren waren nicht signifikant. Die Erbllichkeit erwies sich als recht stark ($h^2_{op} = 88,5 \%$).

Geranylacetat (Nr. 32) ist in den Früchten der syrischen Herkünfte in hohem Anteil zu finden; ansonsten liegt der relative Gehalt in der Regel bei 4 %.

Die Anteile von Campher (Nr. 33), Myrcen (Nr. 37) und Limonen (Nr. 38) sind sämtlich miteinander positiv korreliert, so daß sie gemeinsam betrachtet werden können. Es gibt einige Muster, die in allen Versuchsjahren durch sehr geringe Anteile bzw. sogar völliges Fehlen aller dieser Komponenten auffielen. Campher ist von diesen dreien die Komponente mit dem höchsten Anteil; der Median betrug 3,6 % im Versuchsjahr 1996. Bei einem der syrischen Muster (CORI 139) wurde 1996 ein Maximalwert von 19,6 % erreicht, während der nächsthöchste Wert erst bei 8,6 % lag (CORI 82, ebenfalls aus Syrien). Die Heritabilität der drei Merkmale ist hoch; für den Anteil des Limonens errechnete sich eine operative Heritabilität h^2_{op} von 96,4 %, beim Campher beträgt der Wert 89,9 %.

Beim Anteil des Geraniols (Nr. 39) waren die beobachteten Unterschiede zwischen den Mustern, abgesehen von den syrischen Herkünften mit hohem Anteil, sehr gering und die Heritabilität dieses Merkmals ist offensichtlich niedrig ($h^2_{op} = 38,3 \%$). Ebenfalls sehr gering war die Variationsbreite beim Camphen (Nr. 35); in vielen Mustern fehlt Camphen völlig, was oft mit dem Fehlen von Campher einhergeht ($r = 0,750$).

Der Anteil des β -Pinens (Nr. 36) ist ebenfalls bei fast allen Herkünften sehr gering, und der Unterschied zwischen den Mustern undeutlich.

Zusammenfassend ergibt sich für das ätherische Öl des Korianders, daß bei der Ausprägung insbesondere des Gehalts aber auch der Zusammensetzung, abgesehen von Geraniol und β -Pinen, deutliche, genetisch bedingte Unterschiede zwischen den Mustern zu erkennen sind.

3.1.1.2.2 Das fette Öl

Für das fette Öl in den lufttrockenen Früchten zeigt Tabelle 11 die Variabilität des Gehalts und der Zusammensetzung im Versuchsjahr 1996.

Die Ölgehalte (Nr. 39) bezogen auf die Masse der lufttrockenen Früchte lagen 1996 zwischen 8,76 % und 28,78 % und 1995 zwischen 10,79 % und 28,84 % (s. Tab. A8). Die Variationsbreite fiel in allen Versuchsjahren ähnlich breit aus, wobei im Versuchsjahr 1995 die Gehalte im allgemeinen höher lagen als in den beiden anderen Versuchsjahren. Die Mediane betragen 15,61 % (1994), 20,35 % (1995) und 15,27 % (1996). In den ersten beiden Versuchsjahren fielen insbesondere die syrischen

Herkünfte durch extrem hohe Gehalte an fettem Öl auf. Für eines dieser Muster (CORI 140) wurden 25,4 % (1994) und 28,8 % (1995) festgestellt. Im Versuchsjahr 1996 jedoch betrug der Gehalt bei diesem Muster nur 18,1 %, während die höheren Werte von frühreiferen Mustern erreicht wurden, die in den beiden Vorjahren geringere Gehalte hatten. Deutliche korrelative Beziehungen des Gehalts an fettem Öl zu anderen morphologischen, phänologischen oder chemischen Merkmalen bestanden nicht. Als Tendenz ließ sich allenfalls erkennen, daß die Herkünfte mit größerer basaler Blattrosette ($r = 0,444$) und spät einsetzendem Streckungswachstum ($r = 0,439$) höhere Gehalte an fettem Öl aufweisen. Der starke Jahreseinfluß auf die Merkmalsausprägung spiegelt sich in der geringen Erblichkeit dieses Merkmals wider ($h^2_{op} = 55,9 \%$).

Die Petroselinensäure (Nr. 40) war in allen Fällen mit über 54,6 % (Minimum 1994) Hauptfettsäure. Unteres und oberes Quartil haben einen geringen Abstand voneinander, was zeigt, daß die meisten Werte im Bereich des Medians ($x_{0,50} = 69,6 \%$) lagen. Eine sehr starke negative Korrelation tritt naturgemäß mit dem Anteil der Ölsäure auf ($r = -0,822$), aber auch die meisten anderen Fettsäuren sind mit dem Anteil der Petroselinensäure negativ korreliert, wobei folgende Reihenfolge bestand: Linolsäure ($r = -0,729$), Palmitinsäure ($r = -0,357$), Stearinsäure ($r = -0,207$); positiv dagegen ist die Korrelation mit der Vaccensäure ($r = 0,449$). Die ermittelte Erblichkeit dieses Merkmals fällt jedoch sehr gering aus ($h^2_{op} = 34,4 \%$). Beachtenswert ist eine positive Korrelation des Anteils der Petroselinensäure mit einer hohen Tausendfruchtmasse ($r = 0,587$), entsprechend negativ sind die Anteile der anderen Fettsäuren mit der TFM korreliert. Bei der Linolsäure (Nr. 41) ist die Variationsbreite ebenfalls gering, und vom Median, der 1996 bei 16,5 % lag, wurde in diesem Versuchsjahr eine etwas größere Variationsbreite als in den Vorjahren beobachtet. Die Erblichkeit dieses Merkmals errechnete sich mit $h^2_{op} = 56,4 \%$, womit für den Anteil der Linolsäure die stärkste genetische Beeinflussung bei den Fettsäuren geschätzt wurde. Bei der Ölsäure (Nr. 42) wurde eine große Variationsbreite festgestellt, die im Versuchsjahr 1996 zwischen 2,4 % und 11,4 % lag. Im Versuchsjahr 1994 dagegen hatten bei denselben, ebenfalls untersuchten 162 Mustern 20 einen Anteil der Ölsäure von über 10 % und das Maximum betrug 24,5 %. Die Rangfolge der Muster in bezug auf den Anteil der Ölsäure war in den Versuchsjahren jedoch unterschiedlich. Die Erblichkeit des Merkmals ist sehr gering ($h^2_{op} = 34,7 \%$).

Tab. 11 Variabilität von Gehalts und der Zusammensetzung des fetten Öls in den Früchten im Versuchsjahr 1996 (Erläuterungen vergl. Tab. 6)

Nr.	Merkmal	n	Min.	$x_{0,25}$	$x_{0,50}$	$x_{0,75}$	Max.
39	OEL Gehalt an fettem Öl (Gew. %)	289	8,76	13,63	15,27	17,08	28,78
40	PET Petroselin säure (% der Fettsäuren)	289	61,3	67,7	69,6	72,1	80,1
41	LINO Linolsäure (% der Fettsäuren)	289	12,6	15,3	16,5	17,7	21,5
42	OELS Ölsäure (% der Fettsäuren)	289	2,4	7,4	8,3	9,0	11,4
43	PAL Palmitinsäure (% der Fettsäuren)	289	2,0	3,0	3,3	3,7	5,3
44	STE Stearinsäure (% der Fettsäuren)	289	0,2	0,6	0,6	0,7	1,2
45	VAC Vaccensäure (% der Fettsäuren)	289	0,3	0,5	0,6	0,9	1,8

Bei den übrigen Fettsäuren sind Variationsbreite und Erblichkeit gering. Bei der Palmitinsäure (Nr. 43) wurde ein sehr geringer genetischer bedingter Varianzanteil ermittelt ($h^2_{op} = 5,6 \%$). Auffälligere Korrelationen treten nur bei der Vaccensäure (Nr. 45) auf. Der Gehalt an Vaccensäure ist bei den spät reifenden Herkünften geringer ($r = -0,455$) und tritt in Verbindung mit geringeren Gehalten an ätherischem Öl ($r = -0,700$) und Linalool ($r = -0,706$) bezogen auf die Masse auf. Bei den Fettsäuren ist die negative Korrelation des Anteils der Vaccensäure mit dem der Ölsäure bemerkenswert ($r = -0,599$). Die Erblichkeit des Anteils der Vaccensäure ist mäßig hoch ($h^2_{op} = 53,4 \%$).

Zusammenfassend ergibt sich für den Gehalt an fettem Öl eine große phänotypische Variationsbreite, während die errechnete Erblichkeit dieses Merkmals und derjenigen, die das Fettsäuremuster charakterisieren, gering ist.

3.1.2 Eignung der Merkmale für eine infraspezifische Gruppierung

Für eine infraspezifische Gruppierung ist es entscheidend, Merkmale auszuwählen, die folgende Eigenschaften haben:

- 1 Das Merkmal muß verschiedene Ausprägungen zeigen, die eindeutig unterscheidbar sind.
- 2 Bei quantitativen Merkmalen muß die Variationsbreite groß sein.
- 3 Das Merkmal sollte möglichst stark vom Genotyp der Pflanze bestimmt sein und eine hohe Umweltstabilität aufweisen.
- 4 Das Merkmal sollte möglichst unabhängig von anderen Merkmalen sein, die ebenfalls zur Charakterisierung herangezogen werden.

Ein weiteres Kriterium für die praktische Arbeit mit großen Kollektionen, aber auch für denjenigen, der den Kulturpflanzen auf Sammelreisen begegnet, darf nicht unterschätzt werden:

5. Das Merkmal sollte möglichst einfach bestimmbar sein.

In Tabelle 12 sind zur Beurteilung der erstgenannten Anforderungen zusammenfassend einige Ergebnisse des dreijährigen Feldanbaus zusammengestellt. Die dritte Spalte zeigt das Versuchsmittel über alle drei Jahre für alle 192 (morphologische und phänologische Merkmale) bzw. 162 (ätherisches und fettes Öl) Muster. Durch Vergleich mit den beiden nächsten Spalten wird deutlich, wie weit extreme Merkmalsausprägungen vom Versuchsmittel abwichen. Angegeben sind dazu der kleinste (Min.) und der größte berechnete Mittelwert (Max.), die sich beim Vergleich aller dreijährigen Mittelwerte der Muster ergaben (s. Anhang, Tab. A11 u. Tab. A12). Die Variationsbreite wird durch die Differenz zwischen Maximum und Minimum (Max.-Min.) ausgedrückt. Der Variationskoeffizient ($s\%$) liefert ein Maß dafür, ob die Mittelwerte eine breite Streuung aufwiesen (hoher Wert für $s\%$) oder ob sie eng beieinander lagen, was auf eine geringere Variabilität in bezug auf das betrachtete Merkmal deutet. Bei Annahme einer Normalverteilung zeigt die Standardabweichung (s) in der Maßeinheit des Merkmals, wie groß die Streuung war. So bedeutet sie, daß statistisch 68 % der Muster eine mittlere Merkmalsausprägung im Bereich von Versuchsmittel minus s bis Versuchsmittel plus s aufwiesen. Die Mittelwerte der dreijährigen Beobachtungen für jedes Muster bildeten bei Bestimmung der genannten Größen die Datengrundlage. Deswegen ergeben sich für die durch Bonituren erfaßten sowie für die durch Zählung bestimmten Merkmale meistens real unmögliche Werte.

Die Varianzanalyse des dreijährigen Feldanbaus lieferte Werte, die hier ebenfalls interessieren: Die Grenzdifferenz (GD 5%) gibt in der Maßeinheit des jeweiligen Merkmals an, wie groß die Differenz zwischen den Mittelwerten zweier Muster mindestens sein muß, um bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit

davon ausgehen zu können, daß sie sich genetisch unterscheiden. Ein Vergleich der Variationsbreite (Max.-Min.) mit der Grenzdifferenz liefert einen Anhalt dafür, ob sich viele Muster durch das Merkmal voneinander unterscheiden lassen. Ebenso deutet eine große Standardabweichung im Vergleich mit der Grenzdifferenz auf deutliche Unterschiede zwischen den Mustern hin. Die operative Heritabilität (h^2_{op}) macht eine zusammenfassende Aussage zur statistischen Abhängigkeit der Merkmalsausprägung vom Genotyp.

Von den Merkmalen, die die vegetativen Pflanzenteile betreffen (Nr. 1-10), erweist sich besonders die Anzahl der Basalblätter (Nr. 1) als sehr aussagefähig für eine Charakterisierung der Muster. Es besitzt den größten Variationskoeffizienten sowie die höchste Erblichkeit, und nur bei diesem Merkmal des vegetativen Bereichs ist die Standardabweichung geringer als die Grenzdifferenz. Die zahlreichen Korrelationen mit anderen agronomisch wichtigen Merkmalen und der Vorzug, daß dieses Merkmal sehr leicht bestimmbar ist, verstärken den taxonomischen Wert. Die Länge des längsten Basalblattes (Nr. 2) ist in gleicher Weise zur Differenzierung zwischen Mustern gut geeignet. Die Streuung ist aber weniger groß als beim vorigen Merkmal; außerdem besteht eine enge Korrelation mit der Anzahl der Basalblätter. Der Habitus (Nr. 3) der basalen Blätter ist, den statistischen Maßzahlen nach zu urteilen, zur Unterscheidung der Muster wenig geeignet. Jedoch zeigten die Beobachtungen beim Feldanbau, daß flach dem Boden anliegende, basale Blattrosetten (Boniturnote 1, Minimum) bei denselben Mustern in allen Jahren auftraten, so daß dieses Merkmal Beachtung verdient.

Tab. 12 Variation der Mittelwerte der Merkmalsausprägungen bezogen auf die Muster

Nr.	Merkmal	Versuchsmittel	Min.	Max.	Max.-Min	s%	s	GD 5%	Heritabilität h^2_{op} (%)	Datengrundlage	
1	RB N	4.49	1.00	10.00	9.00	51.0	2.29	2.01	90.1	Mittelwerte von 192 Mustern in 3 Versuchsjahren (1994-1996)	
2	RB L	15.62	5.33	30.00	24.67	36.0	5.62	6.41	83.2		
3	RB H	3.16	1.00	4.67	3.67	21.4	0.68	1.23	57.5		
4	F R	3.35	2.00	5.67	3.67	15.2	0.51	0.77	70.5		
5	F SM	4.78	4.00	5.67	1.67	7.9	0.38	0.82	39.6		
6	F SO	5.91	5.00	7.00	2.00	7.1	0.42	0.95	34.5		
7	B SV	5.33	1.67	7.67	6.00	27.0	1.44	1.56	84.8		
8	PL VB	75.89	21.67	110.00	88.33	24.2	18.38	22.57	80.5		
10	AN S	3.36	1.00	6.33	5.33	30.0	1.01	1.22	80.9		
11	D P	5.29	1.33	7.67	6.34	31.9	1.69	1.56	88.9		
12	AN B	3.36	1.67	4.67	3.00	14.3	0.48	1.04	39.4		
12	FF	2.94	1.33	6.67	5.34	27.0	0.79	1.15	72.7		
15	TFM	8.61	3.30	15.73	12.43	32.4	2.79	1.53	96.1		
16	FA D	28.79	25.00	32.67	7.67	6.6	1.89	4.70	20.1		
17	SCH D	54.97	43.67	80.67	37.00	14.4	7.92	6.39	91.6		
18	BA D	75.42	53.00	95.42	42.42	10.7	8.09	7.22	89.7		
19	BE D	106.51	90.00	121.67	31.67	8.1	8.63	7.41	90.5		
20	ER D	119.29	100.33	129.67	29.34	6.6	7.84	7.30	88.8		
22	P ZR	32.44	8.33	86.33	78.00	42.1	13.65	31.22	32.3		
24	K B	4.25	2.00	7.33	5.33	23.8	1.01	2.03	48.1		
26	ER	310.00	17.33	703.33	686.00	47.8	148.10	332.23	34.9		
27	ETHG	0.52	0.02	1.42	1.40	63.5	0.33	0.32	87.7		Mittelwerte von 162 Mustern in 3 Versuchsjahren (1994-1996)
28	LING	3.61	0.07	9.57	9.50	63.8	2.31	2.22	88.1		
29	LINA	68.40	14.53	83.87	69.34	11.6	7.94	5.73	93.3		
29	API	10.05	6.27	46.63	40.36	44.8	4.50	5.66	79.6		
31	GTER	8.96	0.90	23.47	22.57	43.8	3.92	4.01	86.5		
32	GEAC	4.14	1.67	11.97	10.30	33.4	1.38	1.57	83.4		
32	CAMP	2.51	0.00	5.17	5.17	56.8	1.43	1.26	89.9		
34	GEOH	1.86	0.53	7.20	6.67	46.2	0.86	1.88	38.3		
35	CAME	0.67	0.00	1.30	1.30	56.1	0.38	0.56	70.9		
36	BPI	0.89	0.20	6.77	6.57	62.0	0.55	1.40	16.2		
37	MYRC	0.83	0.00	2.37	2.37	55.2	0.46	0.68	71.2		
38	LIMO	1.69	0.00	3.83	3.83	58.4	0.99	0.52	96.4		
39	OEL	17.29	12.17	24.13	11.96	12.6	2.18	4.02	55.9		
40	PET	70.55	63.33	74.90	11.57	2.4	1.72	3.88	34.4		
41	LINO	16.00	14.30	18.07	3.77	5.3	0.84	1.55	56.4		
42	OELS	7.52	4.83	14.40	9.57	17.8	1.34	2.99	34.7		
42	PAL	3.58	2.30	5.43	3.13	11.0	0.39	1.06	5.6		
44	STE	0.69	0.50	1.03	0.53	11.4	0.08	0.17	38.0		
45	VAC	0.96	0.43	1.53	1.10	28.7	0.27	0.52	53.4		

Bei der Blattform des längsten Basalblattes (Nr. 4) liegt dieselbe Situation vor: Die extremen Ausprägungen, d.h. ganzrandig bzw. mehrfach gefiedert mit linealen Abschnitten, erwiesen sich als stark genetisch bedingt, auch wenn die Aussagefähigkeit dieses Merkmals ansonsten weniger zur Differenzierung der Muster taugt. Dazu muß bemerkt werden, daß es sehr problematisch ist, ein derart komplexes Merkmal wie die Blattform auf eine Boniturnote zu reduzieren; es gibt Feinheiten der Blattgestalt, die durchaus deutliche Unterscheidungen zulassen. Wenig geeignet zur Unterscheidung der Muster sind die Blattformen der mittleren (Nr. 5) und oberen (Nr. 6) Blattetagen, bei denen Variationsbreite, Variationskoeffizient und Erblichkeit nur gering sind. Gleichwertig für eine Differenzierung zwischen den Mustern sind die Beblätterung (Nr. 7) und die Pflanzenlänge (Nr. 8); beide Merkmale zeichnen sich durch große Variationsbreite und hohe Erblichkeit aus. Der Verzweigungstyp der Pflanzen (Nr. 9, nur 1996 erfaßt; s. Tab. 6) fiel bei einigen Mustern durch eine extreme Ausprägung auf. Die Anthocyanfärbung im Stengel (Nr. 10) ist als Merkmal zur Differenzierung brauchbar, wobei besonders das Fehlen von Anthocyanen sehr auffällig ist.

Bei den Merkmalen, die die generativen Pflanzenteile betreffen (Nr. 11-15) bestätigte sich die Tausendfruchtmasse als ein außerordentlich geeignetes Merkmal zur Unterscheidung der Muster. Bei keinem anderen Merkmal fällt die Variationsbreite im Verhältnis zur Grenzdifferenz so groß aus; zudem ist die TFM stark genotypisch bestimmt. Die Doldenanzahl (Nr. 11) variiert erheblich und die Erblichkeit ist groß. Die enge Korrelation mit dem Ertrag verleiht diesem Merkmal einen hohen diagnostischen Wert. Bei dem Anthocyangehalt in den Petalen (Nr. 12) und bei der Fruchtform (Nr. 13) zeigt sich an den größeren Werten der Grenzdifferenz im Vergleich zur Standardabweichung, wie an den kleineren Werten für den Variationskoeffizienten, was schon die Beobachtungen an den Pflanzen deutlich machten: Pflanzen ohne Anthocyane und Pflanzen mit spitzovalen Früchten sind die Ausnahme, und nur diese konnten deutlich unterschieden werden. Dasselbe galt, auch ohne Statistik erkennbar, für die Zerfallsneigung der ganzen Früchte in Teilfrüchte (Nr. 14, nur 1996 erfaßt, s. Tab. 7).

Die phänologischen Merkmale (Nr. 16-20) sind, abgesehen vom Zeitraum bis zum Feldaufgang, durch größere Standardabweichungen als Grenzdifferenzen sowie hohe Heritabilitäten gekennzeichnet. Die Dauer bis zum Beginn des Streckungswachstums hat dabei den größten Variationskoeffizienten. Da diese Merkmale alle miteinander korreliert sind, kann bereits mit dem letzteren Merkmal allein eine gute Unterscheidung der Muster erreicht werden.

Die Pflanzenzahl pro Parzelle (Nr. 23) kennzeichnet weniger die Muster, sondern eher die Saatgutqualität, die allerdings sehr unterschiedlich ausfiel, wie der große Variationskoeffizient zeigt. Es kam Saatgut aus verschiedenen Anbaujahren zur Anwendung, so daß der Vergleich der Muster schon

deshalb problematisch ist. Der Krankheitsbefall (Nr. 24) sowie der Parzellenertrag (Nr. 26) sind durch geringe Heritabilitäten aber große Schwankungsbreiten gekennzeichnet.

Der Gehalt an ätherischem Öl (Nr. 27) und ebenso die Zusammensetzung des ätherischen Öls (Nr. 28-38) charakterisieren die Muster sehr gut. Außer bei β -Pinen (Nr. 36) und Geraniol (Nr. 34) wurden hohe Heritabilitäten errechnet. Bei Betrachtung der Variationsbreiten ist zu beachten, daß die syrischen Herkünfte mit ihren stark abweichenden Werten oft die Extreme repräsentierten und das allgemeine Bild damit verzerren, aber auch bereichern. Den größten Variationskoeffizient für alle Merkmale überhaupt zeigt der Gehalt an ätherischem Öl (Nr. 27) gefolgt von dem eng korrelierten absoluten Gehalt an Linalool (Nr. 28). Bei beiden Merkmalen ist die Standardabweichung kleiner als die Grenzdifferenz, was auf viele unterscheidbare Muster schließen läßt. Chemotaxonomisch eindeutig unterscheidbar sind die Herkünfte, die kein oder nur äußerst wenig ätherisches Öl enthalten. Bei der anteilmäßigen Zusammensetzung fällt der niedrige Variationskoeffizient beim Linalool (Nr. 29) auf. Von den Bestandteilen des ätherischen Öls scheinen besonders die eng miteinander korrelierten Gehalte an Campher und Limonen durch hohe Variationskoeffizienten wie auch durch größere Standardabweichungen als Grenzdifferenzen aussagefähige Merkmale zu sein. Bei diesen Merkmalen ist, ebenso wie beim Anteil des Myrcens, besonders bemerkenswert, daß es Muster gibt, die diese Komponenten nicht enthalten. Der mit diesen letztgenannten Komponenten wenig korrelierte Anteil des ?-Terpens zeigte ebenfalls einen hohen Variationskoeffizienten und könnte somit weiter differenzierende Aussagen ermöglichen.

Der Gehalt (Nr. 39) und die anteilmäßige Zusammensetzung des fetten Öls (Nr. 40-45) fallen durch geringere Heritabilitäten und sehr geringe Variationskoeffizienten auf. Am ehesten scheint der Ölgehalt aufgrund der Variationsbreite (12,17-24,13 %), des Variationskoeffizienten (12,6 %) und der mittleren Heritabilität (55,9 %) ein differenzierendes Merkmal zu sein, an zweiter Stelle wäre in dieser Hinsicht der Anteil der Vaccensäure von einiger Aussagekraft.

Zusammenfassend ergibt sich bei den morphologischen und phänologischen Merkmalen, daß, bis auf die Blattformen in der mittleren und oberen Blattetage sowie die Dauer bis zum Feldaufgang, alle erfaßten Merkmale zu einer Gruppierung der beobachteten Muster führen können. Mitunter sind jedoch nur die extremen Ausprägungen deutlich unterscheidbar. Besonders aussagefähig ist die Tausendfruchtmasse. Chemotaxonomisch können der Gehalt an ätherischem Öl und die Anteile der Komponenten Campher, Myrcen und Limonen zur deutlichen Unterscheidung beitragen.

3.1.3 Hauptkomponentenanalyse

Eine Hauptkomponentenanalyse wurde mit den 34 dreijährig an 192 Mustern erhobenen Merkmalsdaten durchgeführt. Bei den Untersuchungen der Fruchtöle fehlten dabei bei 30 Mustern ganz oder teilweise die Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 1994. Bei den sechs weiteren Merkmalen, die das Fettsäuremuster beschreiben, konnten die Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 1996 nicht berücksichtigt werden. Der Vergleich der zweijährigen mit den dreijährigen Mittelwerten zeigte jedoch, daß die Unterschiede vernachlässigt werden können. Bei der Hauptkomponentenanalyse werden die im vorigen Abschnitt eingangs aufgestellten Anforderungen an ein taxonomisch wertvolles Merkmal mit statistischen Methoden an den erhobenen Daten geprüft. Hauptkomponenten wurden ermittelt, bei denen eine Rangfolge in ihrer Wertigkeit für die Gruppierung der aus den eingehenden Datensätzen gebildeten neuen Datensätze besteht. Die neuen Datensätze stellen im vorliegenden Fall eines der 192 Muster und die an ihm berechneten Mittelwerte für die Merkmalsausprägungen dar, wie sie in den Tabellen A11 und A12 im Anhang dargestellt sind. Die Hauptkomponenten sind jeweils mit bestimmten Merkmalen korreliert, so daß sich aus diesen Korrelationen zwei wichtige Aussagen ableiten lassen:

1. Wie wichtig sind die einzelnen Merkmale für eine Klusterung? Eine Klusterung entspricht in diesem Fall einer mathematischen infraspezifischen Gruppierung.
2. Welche Merkmale müssen erhoben werden, und welche sind entbehrlicher, um zu einer Gruppierung zu kommen, wie sie die durchgeführte Klusterung als Ergebnis zeigt? Wenn mehrere Merkmale mit einer ranghohen Hauptkomponente eng korreliert sind, können eins oder mehrere ausgewählt werden, die besonders einfach zu erheben sind, um eine mathematische Gruppierung nachzuvollziehen.

Tabelle 13 listet die ersten acht Hauptkomponenten und deren statistischen Anteil zur Erklärung der Gesamtvarianz auf. Dieser Anteil entspricht mathematisch dem prozentualen Wert der Gesamtvariabilität, der auf die Varianz dieser Hauptkomponente zurückzuführen ist. Zusätzlich wird die kumulativ durch die entsprechende Hauptkomponente einschließlich der ranghöheren Hauptkomponenten prozentual erklärte Gesamtvarianz aufgeführt. Hier werden nur die ersten acht Hauptkomponenten dargestellt, weil sie bereits 74,1 % der Gesamtvariabilität abdecken. Zusätzlich werden die Beträge der Korrelationskoeffizienten ($|r|$) für die Merkmale, die zur Bestimmung der Hauptkomponenten am stärksten beitragen, angegeben; das Vorzeichen der entsprechenden Korrelationskoeffizienten ist der Abkürzung für die Merkmale vorangestellt. Die Merkmale sind in den Spalten von oben nach unten in absteigender Folge nach den Beträgen der Korrelationskoeffizienten geordnet.

Anhand der Rangfolge der Merkmale, die die erste Hauptkomponente bestimmen, wird deut-

lich, daß den morphologischen und phänologischen Merkmalen eine hohe Bedeutung zukommt. Der Grad der Verzweigung der Pflanze (D_P), entsprechend der Anzahl der Dolden pro Pflanze, steht dabei an erster Stelle. Es folgen mit positiven Korrelationen alle Merkmale, die bei hoher Merkmalsausprägung die spätblühenden, eine starke vegetative Entfaltung charakterisierenden Muster beschreiben. Dementsprechend ist die Tausendfruchtmasse (TFM) negativ mit der ersten Hauptkomponente korreliert. Von den 17 enger mit der ersten Hauptkomponente korrelierten Merkmalen betreffen die letzten vier die chemische Zusammensetzung der Früchte. Die Bedeutung des Anteils des Camphers (CAMP) steht dabei an erster Stelle, und es zeigt sich, daß Campher in den Pflanzen mit starker vegetativer Entfaltung einen höheren Anteil des ätherischen Öls ausmacht, wie bereits bei Darstellung der Variabilität erörtert wurde.

Tab. 13 Anteile der ersten acht Hauptkomponenten an der Gesamtvarianz und deren Korrelationen mit den erhobenen Merkmalen

Erläuterungen:

r = Korrelationskoeffizient der erhobenen Merkmale mit der Hauptkomponente,

Vorzeichen von r den Merkmalsabkürzungen vorangestellt

Merkmalsabkürzungen vergl. Tab. 4

Hauptkomponente Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Anteil (%)	31,2	11,6	9,7	7,0	5,2	3,5	3,1	3,0
Kumulativ (%)	31,2	42,8	52,5	59,4	64,6	68,1	71,2	74,1
1,0 >= r > 0,9	+D_P +BE_D +BA_D +PL_VB							
0,9 >= r > 0,8	+B_SV +RB_L +SCH_D		-LINA					
0,8 >= r > 0,7	+ER +F_R +AN_S +RB_N -TFM	+API	+GTER					
0,7 >= r > 0,6	-K_B +ER_D +CAMP +ETHG +LING		+LIMO		+FF		+AN_B	
0,6 >= r > 0,5	-VAC	-CAME -ETHG +OEL +RB_N +LING	GEOH +CAMP	+F_SM +GEAC +FA_D -RB_H	+LINO			
0,5 >= r		-RB_H	+MYRC +F_SO			+F_SM	-PET	+P_ZR

Die zweite Hauptkomponente wird besonders durch die Zusammensetzung des ätherischen Öls bestimmt. Ein kartesisches Koordinatensystem, welches die 192 Muster anhand der Werte der ersten und zweiten Hauptkomponente ordnet, wird bei der vorgeschlagenen infraspezifischen in Abbildung 4 gezeigt. Bei der dritten Hauptkomponente fällt wiederum besonders die Zusammensetzung des ätherischen Öls ins Gewicht. Bei der vierten Hauptkomponente schließlich steht an erster Stelle die Fiederung der Blätter im mittleren Stengelabschnitt. Es handelt sich dabei um eine Boniturnote, und die Variabilität dieses Merkmals war sehr gering. Daraus ergibt sich, daß diese und die folgenden Hauptkomponenten eine Aussage anhand der verrechneten Merkmalsdaten liefern, die zwar mathematisch einwandfrei, aber kaum noch sinnvoll ist. Die Gründe dafür sind folgende: (1) Da alle Merkmalsdaten gleich behandelt wurden, kommt den Boniturwerten, die ordinal skaliert sind, eine Bedeutung zu, die derjenigen der metrisch skalierten Merkmalsausprägungen jedoch nicht gleichwertig ist. Eine solche Unterscheidung kommt bei der gewählten Vorgehensweise der Verrechnung nicht zum Tragen. (2) Geographische Aspekte, die aus den dokumentierten Paßportdaten eines Musters erkenntlich sind (vergl. Knüpffer 1993) und mit hoher Sicherheit bei Mustern von Sammelreisen auf genetische Abweichung schließen lassen, können bei diesem Verfahren nicht berücksichtigt werden. (3) Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine infraspezifische Klassifikation zu erarbeiten, die möglichst ohne großen apparativen Aufwand verwendet werden kann. Die chemischen Merkmale werden deshalb bei einer zusammenfassenden mathematischen Behandlung überbewertet. Sinnvoll wäre es, die morphologischen und phänologischen getrennt von den chemischen Merkmalen einer Hauptkomponentenanalyse und anschließenden Clusteranalyse zu unterwerfen, wobei die Boniturnoten einer besonderen Prüfung bedürften.

Trotz dieser schwerwiegenden Bedenken wurde die Hauptkomponentenanalyse als Grundlage für eine anschließende zweistufige Clusteranalyse verwendet. Sie ergab z.B., daß die sieben, deutlich unterscheidbaren Muster aus Syrien mit den extremen basalen Blattrosetten, bei der ersten Klusterung, die zu 25 Klustern führte, in sieben verschiedenen Klustern auftauchten. Bei der zweiten Stufe wurden die 25 Kluster wiederum auf neun Großkluster verteilt, und die sieben Muster verteilten sich auf fünf dieser Großkluster, wobei eines dieser extremen Muster (CORI 136) allein einen der Großkluster bildete. Aufgrund dieser offenbar nur mathematisch begründeten Ergebnisse und der angeführten Bedenken soll auf die Clusteranalyse nicht weiter eingegangen werden. Eine sinnvollere Verrechnung der erhobenen Merkmalsdaten muß zukünftigen Bemühungen vorbehalten bleiben.

3.1.4. Geographische Verteilung der Variabilität

Die Merkmale Anzahl der Basalblätter, Tausendfruchtmasse und Gehalt an ätherischem Öl stellten sich als sehr variabel und gleichzeitig stark erblich heraus. Von den 250 im Versuchsjahr 1996 angebauten Mustern mit bekannter geographischer Herkunft (s. Tab. 1) wurden länderweise der mittlere Wert (Anzahl der basalen Blätter) bzw. die Mittelwerte für diese Merkmale bestimmt. Bei den Herkünften, die aus industrialisierten Ländern stammen, war innerhalb der Muster eines Landes mitunter eine größere Variabilität vorhanden, die bei der Mittelwertbildung nicht mehr zum Ausdruck kommt. Es ließen sich jedoch auch in diesen Ländern bestimmte vorherrschende Formen des Korianders unterscheiden, so daß das gewählte Verfahren gerechtfertigt schien, um einen raschen Überblick über die geographische Verteilung der Variabilität zu erhalten. Lediglich bei den Herkünften aus Syrien wurden zwei Gruppen gebildet, weil die Unterschiede sehr auffällig waren: Die neun 1996 angebauten Muster mit den äußerst blattreichen basalen Rosetten, die fast keine ätherischen Öle enthalten, wurden getrennt von den sieben übrigen behandelt, die nur wenige basale Blätter ausbilden. Abbildung 1 stellt die Ergebnisse der Berechnungen für die altweltlichen Herkünfte dar. Für die neuweltlichen Herkünfte sind die entsprechenden Werte in Tabelle 14 zusammengestellt.

Tab. 14 Geographische Verteilung wichtiger Merkmale des Korianders
(neuweltliche Herkünfte, Anbau 1996)

Herkunftsland	Anzahl Muster	Anzahl der basalen Blätter	Tausendfruchtmasse (g)	Gehalt an ätherischem Öl (%)
Kanada	2	3	15,7	0,27
Kolumbien	1	3	9,8	0,31
Chile	2	3	13,8	0,37
Costa Rica	1	3	14,4	0,25
Kuba	2	3	12,7	0,40
Mexiko	2	3	10,9	0,28
Peru	1	3	13,2	0,44
USA	4	6	8,9	0,53

Die Untersuchung über die geographische Verteilung der Variabilität führte zu dem interessanten, allerdings auch erwarteten Ergebnis, daß sich die Merkmale des Korianders aus den verschiedenen Herkunftsgebieten deutlich unterscheiden. Voraussetzung für diese Betrachtung sind der hohe Anteil von Mustern mit bekannter geographischer Herkunft und die sorgfältige Dokumentation dieser Angaben in den Paßportdaten (Knüpfper 1993).

Eine hohe Anzahl basaler Blätter deutet auf eine Betonung der vegetativen Entfaltung der Pflanzen. Herkünfte mit mehr als 10 basalen Blättern im Feldanbau 1996 stammen aus Syrien, Kirgisien, Kasachstan, Georgien, Daghestan, Armenien und Afghanistan. Für Syrien fällt dabei auf, daß aus diesem Herkunftsgebiet gleichzeitig mehrere Muster mit sehr wenigen Basalblättern kommen. Generell nur wenige Basalblätter besitzen die Muster aus dem mediterranen Gebiet, dem Nahen und Mittleren Osten und die neuweltlichen Herkünfte; die Muster aus den USA allerdings bilden größere basale Blattrosetten. Die osteuropäischen Herkünfte nehmen eine Mittelstellung ein, haben aber immer mehr als drei basale Blätter. Die Herkünfte aus Mittel- und Nordeuropa fallen unterschiedlich aus. Bei dem Tausendfruchtgewicht und beim Gehalt an ätherischem Öl ergibt sich eine ähnliche geographische

Verteilung. Eine hohe Tausendfruchtmasse deutet auf eine Betonung der generativen Teile der Pflanzen. Die Herkünfte mit großen Früchten stammen durchweg aus den Regionen, deren Pflanzen wenige basale Blätter bilden. Nur bei den mitteleuropäischen Herkünften treten vereinzelt Kombinationen von mehr als drei basalen Blättern mit einer hohen Tausendfruchtmasse auf. Die afrikanischen Herkünfte haben bis auf drei Ausnahmen eine hohe Tausendfruchtmasse: Eine ausgesprochene Zwergform des Korianders aus Ägypten (CORI 26) hat eine geringe TFM und bildet gleichzeitig nur ein basales Blatt. Ein Muster aus Somalia (CORI 164) fällt ebenfalls durch kleine Früchte auf; es entspricht im Morphotyp den hochwüchsigen kaukasischen Herkünften. Bemerkenswert durch geringe TFM sowie starke Beblätterung, unterscheidbare Blattform der basalen Blätter, ausladenden Verzweigungstyp und geringen Gehalt an ätherischem Öl sind drei Muster aus Äthiopien (CORI 142, CORI 143, CORI 148). Dieselbe Kombination wie bei dem erwähnten Muster aus Ägypten, d.h. eine eher geringe TFM mit geringer Anzahl an basalen Blättern, wurde in auffälliger Weise bei den Mustern aus Bhutan gefunden. Durch besonders große Früchte sind die Herkünfte aus dem Oman gekennzeichnet. Das Maximum an TFM mit 18,9 g hatte 1996 ein Muster aus den Niederlanden. Ansonsten stammen die ausgesprochen großfrüchtigen Herkünfte so gut wie ausschließlich aus dem mediterranen Raum und dem Nahen Osten.

Bei den Gehalten an ätherischem Öl zeigen die Herkünfte aus Osteuropa und dem Kaukasus die höchsten Gehalte. Die Muster ohne bzw. fast ohne ätherisches Öl in den Früchten sind dieselben syrischen Herkünfte, die sich morphologisch durch außerordentlich blattreiche basale Rosetten auszeichnen (CORI 82, CORI 86, CORI 136, CORI 137, CORI 140). Durch geringe Gehalte an ätherischem Öl fallen desweiteren besonders die Muster aus Indien und Pakistan auf. Die syrischen Herkünfte besaßen ebenso wie einige Herkünfte aus Indien und Pakistan in allen drei Versuchsjahren hohe Anteile (über 10 %) von α -Pinen am ätherischen Öl. Besonders niedrig sind die Gehalte an ätherischem Öl außerdem bei den Mustern aus dem arabischen Raum und Nordafrika. Fehlen oder geringe Gehalte der drei miteinander korrelierten Bestandteile Campher, Myrcen und Limonen treten nur bei Herkünften aus Indien, Pakistan, Oman, Bhutan, China und jeweils einer Herkunft aus Italien (CORI 36) und Tadschikistan (CORI 57) auf. Die neuweltlichen Muster (s. Tab. 14) entwickeln, abgesehen von denen aus den USA, große Früchte; sie haben dabei aber mittlere Gehalte an ätherischem Öl, sind in der Regel stärker beblättert, reichblütiger und wachsen höher als die großfrüchtigen Formen aus der Alten Welt. Die Anzahl der basalen Blätter ist aber auch bei ihnen gering.

Bei zwei Herkünften waren in den Blütenorganen keine Anthocyane festzustellen, selbst wenn widrige Wuchsbedingungen herrschten. Es handelt sich dabei um eine Herkunft aus China (CORI 98), die in dieser Hinsicht vollkommen homogen ist und auch in den vegetativen Pflanzenteilen keine Antho-

cyane enthält. Bei einer äthiopischen Herkunft (CORI 148) konnten ebenfalls keine Anthocyane in den Blütenorganen beobachtet werden: jedoch ließ sich bei diesem Muster eine ganz leichte Rotverfärbung an den Blattansatzstellen am Stengel ausmachen. Bei diesem Muster liegt offenbar eine nur hier beobachtete Entkopplung der Fähigkeit zur Anthocyanbildung in vegetativen und generativen Pflanzenteilen vor (s. Kapitel Kreuzungsanalysen). Bei einigen anderen Mustern wurde schon beim Vergleichsanbau 1994 erkannt, daß vereinzelt Pflanzen auftreten, die sich durch völliges Fehlen von Anthocyanen in allen Pflanzenteilen auszeichnen, in den übrigen morphologischen und phänologischen Merkmalen jedoch mit den anderen Pflanzen des Musters übereinstimmen. Solche Einzelpflanzen wurden in zwölf Herkünften aus dem Sudan, Ägypten, Algerien, Deutschland und in Mustern botanischer Gärten festgestellt und isoliert zum Abblühen gebracht, so daß inzwischen mehrere auf Einzelpflanzen zurückgehende Nachkommenschaften mit dem Charakteristikum völliger Anthocyanfreiheit vorhanden sind.

Extrem ovalfrüchtige Herkünfte stammen ausschließlich aus Indien und Pakistan. Eine Ausnahme bildet die bereits erwähnte Zwergform aus Ägypten (CORI 26), die ebenfalls spitzovale Früchte hat.

Zusammenfassend zeigt sich bei der geographischen Verteilung der Variabilität, daß sich beim Koriander eine grobe geographische Verteilung nach Betonung der vegetativen bzw. generativen Merkmale deutlich erkennen läßt. Diese geographische Zuordnung läßt sich durch nur in bestimmten Regionen auftretende Merkmalskombinationen weiter differenzieren.

3.1.5 Einfluß der Witterung auf die Ausprägung der Merkmale

Die Mittelwerte für die Merkmalsausprägungen in den drei Versuchsjahren mit Angabe der Schwankungsbreite (Max.-Min.) zwischen den Versuchsjahren und der bei der Varianzanalyse α -rechneten Grenzdifferenz (GD 5%) sowie den Signifikanzen für die Jahresunterschiede (Signifikanz der F-Werte: ns = nicht signifikant, * = signifikant bei P = 5 %, ** = signifikant bei P = 1 %) sind in Tabelle 15 zusammengestellt. In der Tabelle sind die Maximalwerte für jedes Merkmal fett und kursiv gedruckt, so daß leichter erkennbar wird, in welchem Versuchsjahr eine extreme Ausprägung auftrat.

In den Versuchsjahren 1994 und 1996 förderte höhere Feuchtigkeit besonders im Mai (s. Tab. 5) die Ausbildung zahlreicher Basalblätter (Nr. 1), die besonders 1996 eine große Länge erreichten (Nr. 2). Bei den Merkmalen Habitus der basalen Blätter (Nr. 3), Form der Blätter (Nr. 4-6) und Beblätterung der Pflanzen (Nr. 7) sind die Jahresunterschiede gering. Die Wuchshöhe der Pflanzen (Nr. 8) fiel im feuchten, kühlen Sommer 1996 wesentlich höher aus als in den Vorjahren. Im Versuchsjahr 1994 waren die Pflanzen allgemein durch geringe Wuchshöhe gekennzeichnet; die aufgrund des Hochwassers

im Frühjahr sehr ungünstige Bodenstruktur in Verbindung mit einem heißen Sommer wirkten sich hier besonders hemmend aus. In gleicher Weise reagierte die Anzahl der Dolden pro Pflanze (Nr. 11). Die Anthocyanfärbung im Stengel (Nr. 10) und in der Blüte (Nr. 12) waren 1996 am auffälligsten. In diesem Jahre wurde durch Niederschläge und kühle Temperaturen besonders im Juli die Bildung von Anthocyanen gefördert. Die Fruchtform (Nr. 13) neigte im ungünstigen Jahr 1994 allgemein dazu, etwas ovaler auszufallen. Bei der Tausendfruchtmasse zeigte es sich, wie entscheidend trockenes und warmes Wetter nach Blühbeginn der Pflanzen für die Bildung großer Früchte ist: 1995 war die Tausendfruchtmasse auffallend höher als in den Vorjahren. Bei den phänologischen Werten (Nr. 16-20) zeigte sich 1994 allgemein eine Verzögerung der Entwicklung durch die ungünstigen Frühjahrsbedingungen. Allerdings ist hier der Erntetermin weniger gut vergleichbar, weil die Ernte 1994 erst bei völliger Abreife der Parzellen erfolgte und 1996 das Schwaden der spätest reifen Muster erfolgte, als sie das Blühen eben gerade beendet hatten. Auffällig war die gute Pflanzengesundheit (Nr. 24) im Versuchsjahr 1995, obwohl in diesem Jahre fast ausschließlich Saatgut aus dem Versuchsjahr 1994 mit höherem Krankheitsdruck zur Anwendung kam, also eine stärkere Saatgutinfektion mit Krankheitserregern angenommen werden kann. Der Parzellenertrag (Nr. 26) erwies sich als äußerst witterungsabhängig. In gleicher Weise wie bei der Tausendfruchtmasse herrschten 1995 ideale Bedingungen zur Erzielung hoher Erträge. Der Gehalt an ätherischem Öl und Linalool (Nr. 27 u. 28) übertraf 1995 ebenfalls die Werte der beiden anderen Jahre. In dem ungünstigen Jahr 1994 waren die Gehalte auffällig gering. Bei der Zusammensetzung des ätherischen Öls (Nr. 29-38) ist ein auffälligerer Jahreseinfluß nur beim Campher (Nr. 33) zu erkennen: Im feuchtkühlen Sommer 1996 war der Anteil des Camphers höher. Bei dem Gehalt an fettem Öl (Nr. 39) wird deutlich, daß trockenwarme Witterung zur Zeit der Abreife den Gehalt erheblich ansteigen läßt; selbst im ansonsten ungünstigen Versuchsjahr 1994 lagen die Gehalte höher als 1996 und die mit Abstand höchsten Gehalte wurden 1995 erreicht. Bei der Zusammensetzung der Fettsäuren waren die Unterschiede zwischen den Versuchsjahren gering. Tendenziell begünstigte der warme Sommer 1995 den Anteil der Petroselinensäure.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die für die Nutzung und den Anbau des Korianders wichtigen Merkmale einem starken Jahreseinfluß unterliegen. Das betrifft zum einen die Anzahl der basalen Blätter, die bei Nutzung der Pflanze als Gemüse wichtig sind, zum anderen den Ertrag an Früchten sowie den Gehalt an Fruchtölen. Die Zusammensetzung besonders des ätherischen Öls dagegen erweist sich als von den Witterungsbedingungen weniger abhängig. Hohe Erträge verbunden mit hoher Qualität der Früchte setzten eine gute Bodenstruktur und Anfangsfeuchtigkeit sowie trockene, warme Witterung nach Blühbeginn bis zur Abreife der Pflanzen voraus.

Tab. 15 Variation der Mittelwerte der Merkmalsausprägungen bezogen auf die Versuchsjahre

Nr.	Merkmal	Versuchsmittel	Jahr 1994	Jahr 1995	Jahr 1996	Max.-Min.	GD 5%	Unterschiede	Datengrundlage
1	BB N	4.49	4.92	3.54	5.02	1.48	0.25	**	Mittelwerte für jedes Versuchsjahr von 192 Mustern
2	BB I	15.62	14.54	13.63	18.70	5.07	0.80	**	
3	BB H	3.16	2.78	3.86	2.83	1.08	0.15	**	
4	F R	3.35	3.51	3.11	3.43	0.40	0.10	**	
5	F SM	4.78	4.49	5.43	4.41	1.02	0.10	**	
6	F SO	5.91	5.38	6.39	5.96	1.01	0.12	**	
7	B SV	5.33	5.40	5.33	5.26	0.14	0.20	ns	
8	PI VB	75.89	56.24	73.96	97.47	41.23	2.82	**	
10	AN S	3.36	3.01	3.52	3.55	0.54	0.15	**	
11	D P	5.29	4.67	5.41	5.80	1.13	0.20	**	
12	AN B	3.36	2.76	3.07	4.24	1.48	0.13	**	
13	FF	2.94	3.39	2.50	2.93	0.89	0.14	**	
15	TFM	8.61	7.48	10.04	8.29	2.56	0.19	**	
16	FA D	28.79	30.03	33.32	23.00	10.32	0.59	**	
17	SCH D	54.97	58.73	54.73	51.43	7.30	0.80	**	
18	BA D	75.42	77.53	77.26	71.48	6.05	0.90	**	
19	BE D	106.51	104.13	107.77	107.61	3.64	0.93	**	
20	FR D	119.29	121.22	119.44	117.21	4.01	0.91	**	
23	P ZR	32.44	32.66	22.61	38.04	15.43	3.90	**	
24	K B	4.25	4.96	2.40	5.40	3.00	0.25	**	
26	FR	310.00	69.12	559.53	301.35	490.41	41.53	**	
27	ETHG	0.52	0.28	0.76	0.52	0.48	0.04	**	Mittelwerte für jedes Versuchsjahr von 162 Mustern
28	LING	3.61	1.91	5.24	3.68	3.33	0.30	**	
29	LINA	68.40	66.85	68.48	69.88	3.03	0.78	**	
30	API	10.05	11.50	10.50	8.16	3.34	0.77	**	
31	GTER	8.96	9.24	8.67	8.96	0.57	0.55	ns	
32	GFAC	4.14	4.63	3.86	3.91	0.77	0.21	**	
33	CAMP	2.51	1.94	2.54	3.07	1.13	0.17	**	
34	GEOH	1.86	1.83	1.65	2.11	0.46	0.26	**	
35	CAME	0.67	0.63	0.68	0.70	0.07	0.08	ns	
36	BPI	0.89	1.13	1.01	0.52	0.61	0.19	**	
37	MYRC	0.83	0.72	0.89	0.89	0.17	0.09	**	
38	LIMO	1.69	1.52	1.71	1.83	0.31	0.07	**	
39	OEL	17.29	16.01	20.03	15.83	4.20	0.55	**	
40	PET	70.55	68.96	72.74	69.94	3.78	0.53	**	
41	LINO	16.00	16.63	14.89	16.47	1.74	0.21	**	
42	OELS	7.52	7.54	7.01	7.99	0.98	0.41	**	
43	PAI	3.58	3.82	3.57	3.36	0.46	0.14	**	
44	STF	0.69	0.74	0.68	0.65	0.09	0.02	**	
45	VAC	0.96	1.10	1.09	0.68	0.42	0.07	**	

3.2 Begleitende Untersuchungen

3.2.1 Fremdbefruchtungsrate

Die Auszählung des Nachbaus der nebeneinander angebauten Muster ließ anhand der Phänotypen der Nachkommenschaften im Jahre 1995 eine deutliche Einkreuzung erkennen. Bei CORI 26 (Nachbau) waren sechs von 112 Pflanzen auffallend größer; beim anderen Partner (CORI 25) war im Nachbau eine Einkreuzung phänotypisch nicht erkennbar. Bei CORI 49 (Nachbau) zeigten 37 von 193 Pflanzen mehrfach gefiederte Basalblätter, während der andere Partner beim Nachbau morphologisch ebenfalls keine Einkreuzung erkennen ließ.

Somit kann gefolgert werden, daß die größere Wuchshöhe und die starke Fiederung der primärem Laubblätter dominant vererbt werden. Die Auskreuzungsrate betrug 5,3 % bzw. 19,2 %, wobei zu bemerken ist, daß bei dem Paar CORI 26 und CORI 25 das Muster CORI 26 wesentlich früher zu blühen begann als CORI 25, so daß die Blühzeiträume nur kurz überlappten. Außerdem befanden sich die Blüten aufgrund der verschiedenen Wuchshöhe der Pflanzen mit etwa 70 cm Höhenunterschied auf zwei Ebenen, was die Pollenübertragung vermutlich zusätzlich einschränkte.

Ein weiterer Hinweis auf Fremdbefruchtung ergab sich aus Beobachtungen an dem Muster CORI 98, welches aus China stammt und sich durch völliges Fehlen von Anthocyanen in Blüten und Stengel auszeichnet. Im Vergleichsanbau 1994 war die Parzelle mit Saatgut aus Isolationsanbau in diesem Merkmal vollkommen homogen, während in einer Parzelle aus Saatgut vom Vergleichsanbau 1993 einige Pflanzen anthocyanhaltige Petalen besaßen. Bei der Auszählung von 304 Pflanzen einer nachträglich in Pflanztöpfen vorgenommenen Aussaat des Saatgutes von 1993, welches aus freier Abblüte in Nachbarschaft mit anthocyanhaltigen Sippen stammte, wurden vier anthocyanhaltige Pflanzen gefunden. Das entspricht einer Fremdbefruchtungsrate von 1,3 %. Eine der anthocyanhaltigen Pflanzen wurde isoliert zum Abblühen gebracht und aus den geernteten Früchten Pflanzen in Töpfen aufgezogen. Diese aus zehn Pflanzen bestehende F_2 ließ eine Aufspaltung in drei weißblühende, anthocyanfreie und sieben anthocyanhaltige Pflanzen und damit eine Fremdbefruchtung als Ursache für die Inhomogenität des Nachbaus aus dem Jahre 1993 erkennen.

Die ermittelten Einkreuzungsraten waren insgesamt beträchtlich; sie bestätigen die Notwendigkeit ausreichender Isolierungsmaßnahmen bei allen Vermehrungsanbauten von Korianderakzessionen.

Die Pollenübertragung bei Koriander kann durch Wind erfolgen, wie an von Insekten isolierten Einzelpflanzen festgestellt werden konnte. Durch Entfernung aller übrigen Dolden und Blüten zeigte sich, daß isolierte einzelne Blüten eines Döldchens keine Früchte bildeten; die Protandrie des Korianders

dürfte hier eine Selbstbefruchtung unterdrückt haben. Große Bedeutung besitzen Insekten bei der Pollenübertragung des Korianders. Eine Zusammenstellung von Literaturdaten und eigenen Beobachtungen von Gladis et al. (1996) führt 25 Wespenarten, 7 Fliegenarten, 4 Schmetterlingsarten und 3 Käferarten als Blütenbesucher des Korianders auf. Koriander ist wegen des breiten Spektrums von blütenbesuchenden Insekten ökologisch als sehr wertvoll zu beurteilen. Auch als Bienenweide hat Koriander wirtschaftlichen Wert (Luk'janov u. Reznikov 1976).

Zusammenfassend kann zur Bestäubungsökologie des Korianders gesagt werden, daß Koriander hauptsächlich durch Geitonogamie selbstbefruchtend ist, allerdings bei größerem Angebot von Fremdpollen auch zur Allogamie übergeht, was Beobachtungen von Romanenko et al. (1991) entspricht. Eine hohe Selbstverträglichkeit von Koriander liegt auch nahe, weil bei den zahlreich vorgenommenen Isolationen und Anbauten von Einzelpflanzennachkommenschaften keine Inzuchtdepression zu beobachten war. Wichtig bleibt die Feststellung, daß Fremdbefruchtung möglich ist; die Angabe von Prozentwerten ist allerdings nur in Zusammenhang mit den zugrundeliegenden Bedingungen aussagefähig.

3.2.2 Kreuzungsanalysen

Die Ergebnisse der einzelnen durchgeführten Kreuzungen werden nachfolgend zusammenfassend dargestellt, wobei zu beachten ist, daß der Umfang der untersuchten Nachkommenschaften der verschiedenen F₁-Generationen sehr klein war. Die Einzelergebnisse der Auszählungen wurden mit einem χ^2 -Test überprüft.

1. Wuchshöhe der Pflanzen

Bei dem Kreuzungselter CORI 26 handelt es sich um eine ausgesprochene Zwergform des Korianders mit einer Wuchshöhe von etwa 20 cm und geringer TFM (6,4 g). Die F₁-Generation beider Kreuzungsrichtungen hatte in bezug auf die Merkmale Anzahl der Rosettenblätter und Wuchshöhe intermediäres Aussehen, die TFM der F₁- Generation war sehr gering und lag noch unter der von CORI 26. Die F₂-Generation wurde 1996 im Freiland angebaut; die Parzellen waren vollkommen homogen und zeigten, bei etwas größerer Ähnlichkeit mit dem Elter CORI 26, weiterhin intermediären Typ, was für beide Kreuzungsrichtungen zutrif. Zweifellos hat eine Kreuzung stattgefunden, aber das Ergebnis ist schwer zu interpretieren. Eventuell liegt eine Abweichung von mendelnder Aufspaltung vor, wie sie bei Kreuzungen für Kohl von Gladis (1995) beschrieben wurde. An den Ausgangslinien und an F₂-Generationen wurden Chromosomenzählungen vorgenommen (N. Friesen, Gatersleben), die alle die

für Koriander bekannte Anzahl von $2n = 22$ Chromosomen aufwiesen. Polyploidie als Ursache für die fehlende Aufspaltung konnte somit ausgeschlossen werden.

2. Form der Basalblätter

Die Pflanzen der F_1 -Generation aus der Kreuzung CORI 49 x CORI 149 besaßen in beiden Kreuzungsrichtungen ein deutlich eingeschnittenes primäres Laubblatt und die weiteren Basalblätter waren mehrfach gefiedert. Die Auszählungen der F_2 -Generation der Kreuzungsrichtung „ganzrandiges Basalblatt x gefiedertes Basalblatt,, an Jungpflanzen erbrachte annähernd Idealwerte für eine phänotypische 3:1 Spaltung. Bei sehr genauer Beobachtung der ersten Laubblätter läßt sich ein intermediärer Phänotyp unterscheiden, womit sich eine 1:2:1 Spaltung ergab (s. Tab. 16a). Die Auszählung der reziproken Kreuzung an den Jungpflanzen bestätigte die 1:2:1 Spaltung nicht, was vermutlich an der schwierigen Bestimmung des intermediären Typs lag (s. Tab. 16b). Die starke Fiederung der Basalblätter ist ein monogen bedingtes, unvollständig dominant vererbtes Merkmal, worauf, wie sich im Laufe der Versuche zeigte, bereits Sil'...enko (1981) hinwies. Es kann jedoch nicht entschieden werden, ob eine multiple Allelie vorliegt.

Tab. 16a Kreuzung CORI 49 x CORI 149

Nachkommenschaft Nr.	24	26	27
Umfang (n)	272	287	285
Basalblätter gefiedert	206	75	71
Basalblätter schwach gefiedert	nicht differenziert	140	148
Basalblätter gelappt	66	72	66
Die Nachkommenschaften stammen aus einer Grundgesamtheit.	-	$\chi^2 = 0,475$ $\chi^2_{\text{Tab. (2; 0,05)}} = 5,99$ (Hypothese nicht abgelehnt)	
Die Spaltung der Nachkommenschaft Nr. 24 weicht nur zufällig von 3:1 ab.	$\chi^2 = 0,078$ $\chi^2_{\text{Tab. (1; 0,05)}} = 3,84$ (Hypothese nicht abgelehnt)		-
Die Spaltung der zusammengefaßten Nachkommenschaften Nr. 26 u. 27 weicht nur zufällig von 1:2:1 ab.	-	$\chi^2 = 0,252$ $\chi^2_{\text{Tab. (2; 0,05)}} = 5,99$ (Hypothese nicht abgelehnt)	

Tab. 16b Kreuzung CORI 149 x CORI 49

Nachkommenschaft Nr.	28
Umfang (n)	272
Basalblätter gefiedert	91
Basalblätter schwach gefiedert	100
Basalblätter gelappt	81
Die Spaltung der Nachkommenschaft weicht nur zufällig von 1:2:1 ab.	$\chi^2 = 21,530$ $\chi^2_{\text{Tab. (2; 0,05)}} = 5,99$ (Hypothese abgelehnt)

3. Anthocyangehalt der Pflanzen

Alle Pflanzen der F₁-Generation wiesen in beiden Kreuzungsrichtungen anthocyanhaltige Bereiche im Stengelbereich, am Blattgrund und in den Petalen auf. In der F₂ ergab der χ^2 -Test hohe Signifikanz für eine 3:1 Spaltung bei Dominanz der Fähigkeit zur Anthocyanbildung (s. Tab. 17). Die Eigenschaft wird somit monogen dominant vererbt. Für die Anthocyanbildung bestätigte sich beim Nachbau von anthocyanhaltigen Pflanzen, die beim Feldanbau im Muster CORI 98 gefunden wurden, das phänotypische Spaltungsverhältnis 3:1. Für den Anthocyangehalt der Petalen hat Romanenko (1990) gleiche Ergebnisse erhalten. Bei der Anthocyanbildung im vegetativen Bereich und in den Blütenorganen liegt u.U. auch eine multiple Allelie vor. Eventuell sind auch mehrere Gene beteiligt; eine Vermutung in dieser Hinsicht ist begründet, weil bei einem Muster aus Äthiopien (CORI 148) Anthocyane nicht in den Blüten, aber in geringem Umfang im Stengelbereich gefunden wurden.

Tab. 17 Kreuzungen CORI 98 x CORI 96 und CORI 96 x CORI 98

Kreuzung	CORI 98 x CORI 96	CORI 96 x CORI 98
Nachkommenschaft Nr.	22	23
Umfang (n)	276	207
anthocyanhaltig	216	153
anthocyanfrei	60	54
Die Spaltung der Nachkommenschaft weicht nur zufällig von 3:1 ab.	$\chi^2 = 1,565$ $\chi^2_{\text{Tab. (1; 0,05)}} = 3,84$ (Hypothese nicht abgelehnt)	$\chi^2 = 0,094$ $\chi^2_{\text{Tab. (1; 0,05)}} = 3,84$ (Hypothese nicht abgelehnt)

Tab. 18 Kreuzung CORI 98 x CORI 149

Nachkommenschaft Nr.	21	21/3
Umfang (n)	284	224
Entwicklungsstadium bei Auszählung	Jungpflanze	Vollblüte
anthocyanhaltig, Basalblätter gefiedert	128	127
anthocyanhaltig, Basalblätter gelappt	42	43
anthocyanfrei, Basalblätter gefiedert	90	44
anthocyanfrei, Basalblätter gelappt	24	10
Die Spaltung der Nachkommenschaft weicht nur zufällig von 9:3:3:1 ab	$\chi^2 = 36,250$ $\chi^2_{\text{Tab. (3; 0,05)}} = 7,81$ (Hypothese abgelehnt)	$\chi^2 = 1,270$ $\chi^2_{\text{Tab. (3; 0,05)}} = 7,81$ (Hypothese nicht abgelehnt)

4. Spontan aufgetretene Einkreuzungen

Die Kreuzung CORI 98 x CORI 149, d.h. der anthocyanfreien Mutterpflanze CORI 98 mit gelappten Basalblättern mit der anthocyanbildenden Vaterpflanze CORI 149 mit mehrfach gefiederten Basalblättern ergab gleichfalls ein klassisches Aufspaltungsverhältnis. In der F₁-Generation waren die Pflanzen anthocyanhaltig mit gefiederten Primärblättern. Die Auszählung (s. Tab. 18) einer F₂-Nachkommenschaft deutet auf eine 9:3:3:1 Spaltung hin für die Typen: anthocyanhaltig, gefiederte Basalblätter (9); anthocyanhaltig, gelappte Basalblätter (3); anthocyanfrei, gefiederte Basalblätter (3) und anthocyanfrei, gelappte Basalblätter (1). Bei Auszählung an Jungpflanzen ließ sich das genannte Spaltungsverhältnis statistisch nicht belegen; deutlicher prägten sich die Merkmale erst in späteren Entwicklungsstadien aus. Beim Feldanbau derselben F₁-Nachkommenschaft und Auszählung während der Vollblüte ergaben sich annähernd Idealwerte für einen dihybriden Erbgang unabhängig vererbter Merkmale (s. Tab. 18). Durch die Kreuzung entstand die bisher nicht aufgetretene Kombination der Eigenschaft Anthocyanfreiheit mit gefiederten Basalblättern.

3.2.3 Herbstaussaat

Einige Beobachtungen aus dem Vergleich von Herbst- und Frühlingsaussaat sind im Anhang in Tabelle A13 dargestellt. Als relativ winterhart stellten sich die kleinfrüchtigen Muster aus Osteuropa und dem Kaukasus heraus. Aber auch der starke Rosetten bildende Koriander aus Syrien (CORI 140) überwinterte zu fast 75 %. Eine mittlere Winterhärte zeigten zwei großfrüchtige Muster, die bis vor 30 Jahren eine Verbreitung im Anbau in Deutschland (CORI 3) bzw. den Niederlanden (CORI 165) hatten (Heeger 1956). Ansonsten winternten die großfrüchtigen Muster mit Herkunft aus dem Nahen Osten sowie auch die Muster mit ovalen Früchten vom indischen Subkontinent sehr stark bzw. vollkommen aus. Jedoch ist bei der Beurteilung der Winterhärte zu berücksichtigen, daß die Aussaat für diesen Versuch sehr spät stattfand. Bis zum Einsetzen der ersten Fröste hatten die Pflanzen höchstens drei Basalblätter ausgebildet. Bei den großfrüchtigen Mustern aus dem Nahen Osten scheint der Vegetationspunkt allerdings schon in diesem Stadium so exponiert zu liegen, daß die Pflanzen sehr frostempfindlich sind. Eine Toleranz der Korianderwurzel gegenüber Temperaturen von bis zu -9 °C wurde von Sergeeva und Sil' ..enko (1984) nachgewiesen. In Südrußland wird Herbstaussaat von Koriander im Feldanbau praktiziert (Romanenko u. Nevkrytaja 1988, AlboriÓvili 1984), während aus Mitteleuropa in dieser Hinsicht keine Erfahrungen vorliegen.

Bei einem Muster georgischen Ursprungs (CORI 37) führte die Überwinterung bei den Samen offenbar zunächst eine Dormanzbrechung herbei, denn es wurden im Frühjahr wesentlich mehr Pflanzen gezählt als im Herbst.

Merkmale, die die vegetativen Pflanzenteile betreffen, sind bei Herbstsaat durch die verlängerte Vegetationsperiode besonders stark beeinflusst. Bei Herbstsaat bildeten die Pflanzen mehr Basalblätter, hatten längere Basalblätter, erreichten eine beträchtlich größere Wuchshöhe, verzweigten sehr stark und bildeten somit sehr viele Dolden pro Pflanze. Der Beginn des Streckungswachstums setzte bei den im Herbst ausgesäten Pflanzen mehr oder weniger zeitgleich und einen Monat früher ein als bei Frühljahrsaussaat. Der Blühbeginn lag etwa 3 Wochen früher und Blühende sowie Schwadreife wurden ca. ein bis zwei Wochen früher erreicht.

Durch eine stärkere Verzweigung war der Einzelpflanzenenertrag bei Herbstsaat erhöht. Allerdings war an den im Herbst ausgesäten Pflanzen ein wesentlich stärkerer Krankheitsbefall zu beobachten, wobei die Infektion vermutlich schon im Herbst stattgefunden hatte. In erster Linie wurde, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Phytopathologie der Universität Göttingen (T. A. Al-Shinawi), auf den Pflanzen der Befall mit der Bakteriellen Doldenwelke nachgewiesen; die Symptome deuteten jedoch auf eine Mischinfektion mit pilzlichen Erreger *Ramularia* hin.

Die für die Muster charakteristische Tausendfruchtmasse unterschied sich bei Herbst- und Frühljahrsaussaat kaum. Der Gehalt und die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe wurde nur bei einem Teil der winterharten Muster untersucht. Als Tendenz ließ sich ein höherer Gehalt an ätherischem Öl, gemessen als Gehalt an Linalool in den lufttrockenen Früchten, und ein niedriger Gehalt an fettem Öl bei den Früchten der Wintersaat erkennen.

3.2.4 Einfluß von Erntezeitpunkt und Ernteverfahren auf die Fruchtqualität

Die vollständigen Tabellen aller Mittelwerte für Ernteverfahren, Erntetermin und Wiederholungen sind im Anhang (Tab. A14a-c) dargestellt. Die Entwicklung einiger Ertragsmerkmale zeigt Tabelle 19.

Beim Vergleich der Ernteverfahren fiel auf, daß der Parzellenertrag bei direktem Auskämmen der Früchte im Durchschnitt geringer war. Der Wassergehalt des frischen Erntegutes ist während der ersten beiden Erntetermine sehr hoch und lag bei Blühende über 50 %. Bei allen anderen Merkmalen, die nicht mit dem Fruchtertrag in Zusammenhang stehen, waren die Unterschiede zwischen den Ernteverfahren zufälliger Art. Nur beim Ölgehalt ließ sich als Tendenz eine leichte Zunahme ausmachen, wenn die geschwadeten Pflanzen auf dem Feld weiter ausreifen und die Früchte nicht sofort abgestreift

wurden.

Der Vergleich der Erntetermine zeigte, daß der Gehalt an fettem Öl im Zeitraum von Blühende bis zur völligen Abreife der Pflanze von 14,3 % auf 20,4 % deutlich anstieg (s. Abb. 2). Demgegenüber ging der Gehalt an ätherischem Öl tendenziell zurück. In beiden Fällen lagen aber nicht alle Unterschiede über der Signifikanzschwelle. Die Fettsäurezusammensetzung veränderte sich zur Abreife hin: Der Anteil der Petroselin säure nahm zu, während die Anteile von Linolsäure und Ölsäure zurückging. Die beobachteten Unterschiede waren gering, ließen sich jedoch statistisch absichern (Abb. 3). Die Anteile der übrigen Fettsäuren blieben vom Erntetermin unbeeinflusst. Ebenso ist die anteilmäßige Zusammensetzung des ätherischen Öls vom Erntezeitpunkt unabhängig gleichbleibend.

Besonders auffallend ist eine erhebliche Zunahme der Tausendfruchtmasse bis zur völligen Abreife. Parallel damit steigt auch der Parzellenertrag stark an. Bedingt durch die erwähnten Entwicklungen bei den Inhaltsstoffen nahm der errechnete Gehalt an fettem Öl im Erntegut pro Flächeneinheit ganz erheblich zu, während die Zunahme beim ätherischen Öl wesentlich geringer ausfiel. Es muß betont werden, daß es sich bei den Inhaltsstoffen um den analytisch bestimmten Gehalt und nicht um einen realisierten Ertrag handelt, der aus technischen Gründen niedriger liegen würde.

Tab. 19 **Veränderung einiger Ertragsmerkmale bei unterschiedlichen Ernteterminen**

Erntetermin	TFM (g)	Pazellenertrag (g)	Ertragsmerkmale hochgerechnet auf 1 ha		
			Ertrag (kg/ha)	Gehalt an fettem Öl (kg/ha)	Gehalt an ätheris- chem Öl (kg/ha)
25. Juli	6,28	386,33	1288	187,5	10,83
1. August	7,27	605,83	2019	364,8	20,74
8. August	8,02	680,00	2267	461,0	19,86
15. August	7,90	661,67	2203	454,2	15,25
GD 5%	0,47	116,43	388,1	91,78	5,69

Als Ergebnis bleibt festzustellen, daß nach Blühende, während der eigentlichen Abreifephase des Korianders, insbesondere die Tausendfruchtmasse und der Gehalt an fettem Öl in den Früchten stark zunehmen. Der Gehalt an ätherischem Öl geht tendenziell zurück. Das Fettsäuremuster verändert sich in dieser Phase etwas zugunsten der Petroselinensäure; die Zusammensetzung des ätherischen Öls zeigt keine Unterschiede. Dazu muß bemerkt werden, daß dies nur für die Zeit nach der Blühperiode gilt; vorher findet offenbar eine starke Zunahme des Anteils an Linalool statt, das nur in den Früchten vorkommt und, wie das ätherische Öl insgesamt, dann nur noch in den schizogenen Ölstriemen (Vittae) der Innenflächen der Merikarprien vorhanden ist (vergl. Literaturübersicht bei Diederichsen 1996).

3.2.5 *Bifora radians* und *B. testiculata* als pflanzen genetische Ressource

Bifora radians und *B. testiculata* überwinterten bei Herbstaussaat in Gatersleben; sie kamen aber auch bei Aussaat im Frühjahr in demselben Jahr noch zur Fruchtreife. Die in Gatersleben vorhandenen Muster der Arten zeigen keine Heterophyllie und bilden basale Rosetten aus 3-5 doppelt bis dreifach gefiederten Blättern mit lanzettlichen Abschnitten. Die oberen, sitzenden, einfach bis doppelt gefiederten Stengelblätter haben bei *B. testiculata* ebenfalls lanzettliche Abschnitte, während bei *B. radians* die Abschnitte lineal sind. Im Herbarium des Botanischen Instituts in St. Petersburg (BIN) fand der Autor mehrere Herbarbelege dieser Arten. Dazu ist bemerkenswert, daß einige der dort herbarisierten Pflanzen von *B. radians* eine deutliche Heterophyllie in derselben Weise wie fast alle Muster des Korianders zeigten; offenbar liegt hier ein Beispiel für Parallelvariation im Sinne Vavilovs (1920) bei nahe verwandten Arten vor. Deutliche Unterscheidungsmerkmale zwischen den beiden altweltlichen Arten des Genus *Bifora* sind in Tabelle 20 aufgelistet.

Bei beiden Arten lassen sich auf den Merikarprien die fünf Hauptrippen als dunkle Linien erkennen. Die Schizokarprien fallen bei der Reife sehr leicht ab und zerteilen sich zudem bei geringstem Druck in die beiden Teilfrüchte, die fast sphärische Gestalt haben. Ölstriemen lassen sich nicht erkennen, und bei der Analyse wurden keine ätherischen Öle in den Früchten gefunden. Die Tausendfruchtmasse, d.h. die Masse von 2000 Merikarprien, betrug 1995 bei *B. radians* 14,5 g und bei *B. testiculata* 11,9 g.

Tab. 20 Unterscheidungsmerkmale der Arten *Bifora radians* und *B. testiculata*

Merkmal	<i>B. radians</i>	<i>B. testiculata</i>
Abschnitte der oberen Stengelblätter	lineal oder filiform	lanzettlich
Anzahl Doldenstrahlen	3-8	1-5
Petalen	ungleich, äußere verlängert (strahlig); deutlich sichtbar	fast gleich; sehr unscheinbar
Länge der Griffel	bis 2 mm	bis 0,2 mm
Fruchtwand	wenig gerunzelt	deutlich gerunzelt

**Tab. 21 Gehalt und Zusammensetzung des fetten Öls bei *Bifora radians* u. *B. testiculata*
Erläuterungen: Abkürzungen für die Fettsäuren vergl. Tabelle 4**

Art	Ölgehalt (%)	Anteile der einzelnen Fettsäuren (%)					
		PET	LINO	OELS	PAL	STE	VAC
<i>B. radians</i> (BIF1)	17,7	74,1	14,0	6,8	3,8	0,8	0,5
<i>B. testiculata</i> (BIF 2)	17,9	82,4	9,1	4,6	3,1	0,4	0,3

Der Ölgehalt der luftgetrockneten Früchte wurde mit einer Soxhlet-Apparatur bestimmt (Firma W. von Borries-Eckendorf, Hovedissen), während das Fettsäuremuster wie beim Koriander in Göttingen (Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung) durch Gaschromatographie ermittelt wurde. Die Ergebnisse für die 1995 geernteten Früchte beider Arten sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

Die hohen Gehalte von fast 50 % fettem Öl, die für die Art *B. radians* aufgrund der Angaben von Kleimann und Spencer (1982) erwartet wurden, konnten an den untersuchten Herkünften, die aus botanischen Gärten stammen, nicht bestätigt werden. Selbst wenn die genannten Autoren ihre Werte auf die Trockenmasse beziehen, sind die Unterschiede noch zu groß. Im Jahre 1996 wurde für eine

weitere Herkunft der Art aus Albanien ein Ölgehalt von nur 14,5 % bezogen auf die lufttrockenen Früchte gefunden. Das Fettsäuremuster stimmte jedoch für beide Arten mit den bei Kleimann u. Spencer angegebenen Werten gut überein; auffallend ist der hohe Anteil der Petroselinensäure bei *B. testiculata*; auch *B. radians* zeigt einen hohen Anteil dieser Fettsäure, der aber innerhalb der beobachteten Variationsbreite des Korianders liegt (vergl. Tab. 12 Merkmal Nr. 40).

Die grünen Pflanzen von *Bifora* sind dem Koriander im Habitus ähnlich und erreichten in Gatersleben bei Herbstaussaat eine Wuchshöhe von 80 cm. Sie verströmen während der vegetativen Phase und besonders bei der Blüte einen intensiven Geruch und haben einen äußerst strengen Geschmack, der besonders bei *B. testiculata* widerlich ist. Das läßt darauf schließen, daß bei diesen Arten, ebenso wie beim Koriander, die vegetativen Teile reich an aldehydischen Verbindungen sind. Die Beobachtungen in Gatersleben zeigten, daß beide Arten ein Ertragspotential besitzen, welches dem des Korianders gleichkommt. Jedoch erschweren die typischen Wildpflanzenmerkmale, d.h. das spontane Abfallen und Zerfallen der reifen Früchte eine Realisierung des vollen Ertrags. Dennoch verdienen diese in Deutschland selten gewordenen Unkräuter nicht nur von Genbanken Beachtung, wenn nach ergiebigen Quellen für die Gewinnung von Petroselinensäure gesucht wird. Sie stehen aufgrund ihrer Anpassung an Agrarökosysteme an der Schwelle des Übergangs zu sekundären Kulturpflanzen, ein Übergang, den der Koriander in ähnlicher Weise schon vor Jahrtausenden erreichte. Es handelt sich um Unkräuter mit konvergentem Entwicklungstyp (Hammer 1988), die zu sekundären Kulturpflanzen werden könnten.

4. Diskussion

4.1 Intraspezifische Klassifikation

Die im folgenden vorgeschlagene infraspezifische Klassifikation beinhaltet eine Interpretation der dargelegten Beobachtungen und Versuchsergebnisse. Es scheint deshalb gerechtfertigt, die Diskussion der Arbeit damit zu beginnen.

Der akzeptierte botanische Name des Korianders mit Angabe von Autor und Ort der ersten gültigen Publikation sowie der Typisierung muß folgendermaßen zitiert werden:

Coriandrum sativum L., Sp. Pl. (1753) 256.

Typus: Beschrieben aus Italien,

Herb. Linn. No. 363/1 (LINN) [Jafri, Fl. Libya 117 (1985) 23].

Hinsichtlich der Synonyme vergl. Mansfeld (1959) oder Diederichsen (1996). Eine Photographie des Typus liegt in Gatersleben auf einem Mikrofich vor. Es handelt sich dabei um eine gering beblätterte Pflanze, die in einem frühen Blühstadium herbarisiert wurde. Die Stengelbasis ist nicht erkennbar, die Blattformen deuten auf eine Pflanze, die mittelgroße Früchte gebildet haben würde, wenn das Schicksal sie nicht vorher in ein Herbarium geführt hätte. Ausdrücklich erwähnt wurde von Linné, daß die Früchte kugelrund seien (Linné 1780). Jansen (1981) benennt deshalb einen anderen typischen Herbarbeleg, der Früchte aufweist (Burser herbarium, vol. 8, no. 38, bezeichnet als ‚*Coriandrum maius* Bauh.,) und den er als Lectotypus vorschlägt.

Für eine formale infraspezifische Klassifikation bei Kulturpflanzen sind die entsprechenden Regeln des International Code of Botanical Nomenclature (ICBN; Greuter 1994) anzuwenden. Auf den besonders bei Kulturpflanzen wichtigen infraspezifischen Bereich wird in dem Werk jedoch wenig eingegangen. Die ergänzend zum ICBN ebenfalls periodisch überarbeiteten Regeln des ICBN for Cultivated Plants (Trehane 1995) sind in dieser Hinsicht keine Hilfe. Dort werden, allerdings auch in akribischer Art und Weise, Regeln zur Vergabe von international verbindlichen Sortennamen bei Neuzüchtungen dargestellt.

Die bei Ivanova und Stoletova (1990) vorgeschlagene formale infraspezifische Gliederung für den Koriander gibt folgende vier Subspezies an, die neun Varietäten beinhalten:

- 1 subsp. *sativum*
- 1.1 var. *sativum*
- 1.2 var. *africanum* Stolet.

- 2 subsp. *asiaticum* Stolet.
 - 2.1 var. *asiaticum* Stolet.
 - 2.2 var. *anatolicum* Stolet.
 - 2.3 var. *afghanicum* Stolet.
- 3 subsp. *vavilovii* Stolet.
 - 3.1 var. *vavilovii* Stolet.
 - 3.2 var. *arabicum* Stolet.
- 4 subsp. *indicum* Stolet.
 - 4.1 var. *indicum* Stolet.
 - 4.2 var. *pygmaeum* Stolet.

Die Bezeichnung subsp. *microcarpum* DC. wird in der Arbeit nicht verwendet und bei den benannten infraspezifischen Taxa nicht als Synonym aufgeführt, obwohl im einleitenden Text der Veröffentlichung eine bestehende Einteilung in die subsp. *vulgare* Alef. und subsp. *microcarpum* DC. zitiert wird. Alefeld (1866) gibt in seiner Arbeit de Candolle als Autor für die Benennung der subsp. *microcarpum* DC. an; die Verwendung der Bezeichnung subsp. *vulgare* Alef. muß jedoch abgelehnt werden, weil dabei nicht berücksichtigt wird, daß, nach den heutigen Regeln des ICBN, für diese Untergruppe die auf Linné zurückgehende Benennung *sativum* ein Autonym darstellt. Linnés Epithet *sativum* muß für jedes infraspezifische Taxon verwendet werden, dem der zugehörige Typus der Art entspricht. Die Benennung der subsp. *microcarpum* DC. erfolgte durch A. P. de Candolle 1830 nach der Beschreibung der Gattung *Coriandrum* und Art *C. sativum*, bei der er Koriander weiße Blüten zuspricht („Flores albi.,“). Er beschreibt: „ß? *microcarpum*, fructibus dimidio ferè minoribus, foliorum laciniis tenuissimis brevibus.,“ (..., mit ungefähr halb so großen Früchten, mit sehr schmalen kurzen Zipfeln der Blätter). Jansen (1981) interpretiert das vorangestellte „ß?“, als Hinweis darauf, daß de Candolle im Zweifel darüber war, ob diese Form des Korianders nicht als eigene Art angesehen werden sollte, so daß Jansen dem Namen den taxonomischen Rang einer subspecies gibt, während bei Hegi (1926) das nicht so hochrangige Taxon *varietas* verwendet wird. Der Einschätzung Jansens wird hier gefolgt, so daß es korrekt heißen müßte: „subsp. *microcarpum* DC. ex Jansen.,“; die taxonomische Literatur muß dazu noch eingehender darufhin geprüft werden, ob nicht schon früher das Taxon subspecies für den Namen de Candolles vorgeschlagen wurde. Sicher hat Stoletova schon vor Jansen diese Einstufung geteilt, aber das nicht explizit in ihren Arbeiten erwähnt. Alefeld (1866) übernahm wahrscheinlich von de Candolle die Beschreibung der Art und spricht Koriander ebenfalls weiße Blüten zu; entweder beobachteten die Autoren tatsächlich weißblühende Pflanzen, die jedoch recht selten sind, oder es wurde hier nur

voneinander abgeschrieben. Damit wäre der Ursprung der sich beim Koriander verhältnismäßig einfach gestaltenden Geschichte der formalen infraspezifischen Klassifikation erreicht. Einen Typus, d.h. ein in einer Publikation benanntes und hinterlegtes Herbarexemplar, wie er bei botanischen Artnamen gemäß der Regeln des ICBN (Greuter 1994) gefordert wird, ist für die subsp. *microcarpum* DC. bisher nicht benannt worden. Bei Ivanova u. Stoletova (1990) wird auf Typusbelege für die Subspezies *asiaticum* und *vavilovii* sowie die Varietäten *africanum*, *anatolicum* und *afghanicum* verwiesen, die im Herbarium des VIR in St. Petersburg hinterlegt sind. Gleichzeitig werden die Nummern der Muster in der lebenden Kollektion des VIR genannt, von denen Pflanzen als Typus herbarisiert wurden. Diese Vorgehensweise muß als vorbildlich bei der infraspezifischen Klassifikation von Kulturpflanzen bezeichnet werden, weil so von einem Bearbeiter nicht nur der originäre aber tote Herbarbeleg, sondern auch die lebenden Pflanzen untersucht werden können, wenn das Saatgut verfügbar ist. Schon vor zehn Jahren wurde somit exemplarisch vorgeführt, was inzwischen bei abstrakterer Herangehensweise als „Core Collection,“ bezeichnet wird, und unter diesem Schlagwort für wesentlich mehr Aufsehen sorgt (vergl. Hodgkin et al. 1995). Leider wurde die Typisierung bei Ivanova und Stoletova (1990) nicht für alle vergebenen Namen infraspezifischer Taxa des Korianders durchgeführt und der Herbarbeleg für den Typus der subsp. *vavilovii* Stolet. fehlte im Herbarium des VIR.

Für den Koriander soll nachfolgend ein Kompromiß zwischen einer formalen und einer informellen Klassifikation vorgestellt werden, um den Vorteil einer gewissen Verbindlichkeit mit dem einer erwünschten Flexibilität zu vereinen. Die formalen Gesichtspunkte der Klassifikation werden dabei so gehandhabt, wie es im Rahmen dieser Arbeit angemessen erscheint; auf lateinische Diagnosen wird deshalb verzichtet. Bei der Nennung der den neu gebildeten Gruppen entsprechenden Namen von Stoletova wird der Ort der Publikation der Arbeit von Ivanova und Stoletova aus dem Jahre 1990 nicht an jeder Stelle zitiert. Die vorgestellte Gruppierung kann als eine multiple Klassifikation oder mixed classification bezeichnet werden (Hanelt et al. 1993, Hanelt u. Hammer 1995). Formal gestaltet wird die Gruppierung des Korianders in drei Subspezies. Der Rang Subspezies impliziert, daß die darunter zusammengefaßten Gruppen evolutionsbiologisch sehr früh voneinander getrennte Entwicklungen nahmen, ein Genaustausch zwischen den Subspezies also praktisch unterbunden war. Der Koriander bietet, im Gegensatz zu den bedeutenderen Kulturpflanzen, die Möglichkeit einer ansatzweise natürlichen Systematisierung, weil eine züchterische Kreuzung verschiedener geographischer Herkünfte bisher kaum stattgefunden hat. Im zweiten Schritt werden dann innerhalb der benannten Subspezies Gruppen abgegrenzt. Diese Gruppen nehmen den infraspezifischen Rang, d.h. das Taxon, einer Varietät bzw. varietas ein. Eine formale Benennung auf dieser Rangstufe wird jedoch nicht vorgenommen. Die

Formengruppen innerhalb der Subspezies erhalten hier deutsche Namen, die eine geographische Bezeichnung enthalten. Diese Bezeichnung sollte so verstanden werden, daß in der entsprechenden Region die nach ihr benannten Gruppen eine hervorragende Bedeutung haben und über lange Zeiträume kultiviert wurden. Die Gruppierung soll aber ganz konkret an beobachtbaren Pflanzenmerkmalen orientiert sein, so daß bei offenbar homologen Entwicklungen in der Evolution des Korianders der Zusammenhang zwischen Benennung und Ursprung nicht zutrifft. Die Einteilung der Untergruppen stellt somit im Sinne Danerts (1962), der diese Problematik bei der Kulturpflanzen-systematik erörterte, eher eine künstliche Gliederung dar. Bei den Gruppen können teilweise noch besondere Formen angegeben werden, denen formal taxonomisch der Rang einer forma zukäme. Für die Subspezies wie für deren Untergruppen werden die entsprechenden Namen der Klassifikation bei Ivanova und Stoletova (1990) aufgeführt und die von ihnen benannten Typen im Herbarium des VIR erwähnt. Bei neu gebildeten Gruppen wird auf charakteristische Muster der lebenden Kollektion in Gatersleben verwiesen, von der Herbarbelege in der Referenzsammlung vorhanden sind. Die kennzeichnenden Merkmale zur Unterscheidung werden in Form eines dichotomen Schlüssels zur Bestimmung der Subspezies bzw. Gruppen benannt, so daß dort keine zusammenfassende Beschreibung wiederholt wird, sondern nur weitere Besonderheiten angegeben werden. Bei Benutzung der Schlüssel müssen immer mehrere der genannten Kriterien geprüft werden, bevor eine Entscheidung gefällt wird. Zu beachten ist, daß, wenn die Anzahl der basalen Blätter als Merkmal genannt wird, von den Blättern einer Pflanze auszugehen ist - werden ganze Früchte ausgesät, stehen oft zwei Pflanzen dicht beieinander, die einem Schizokarpium entstammen. Die phänologischen Angaben beziehen sich auf eine Frühjahrsaussaat am Standort Gatersleben, können aber auf andere Standorte übertragen werden, wie der Vergleich mit den Angaben bei Ivanova und Stoletova (1990) und Palamarja und Chotina (1953) zeigte. Für das sehr wichtige Merkmal der Fruchtgröße wird im folgenden die Tausendfruchtmasse verwendet, während bei Ivanova und Stoletova (1990) die Länge und Breite der Früchte angegeben wird. Die TFM ist eng mit diesen Merkmalen korreliert (Diederichsen u. Hammer 1994). Eine Regression ergab, daß eine TFM von 10 g einem Fruchtdurchmesser von etwa 3,9 mm entspricht. Hilfreich bei Benutzung des Schlüssels sind Abbildung A1 und A2 im Anhang.

Schlüssel zur Bestimmung der Subspezies

A Vegetative Pflanzenteile: Pflanzen mit mindestens drei basalen Blättern, das längste Basalblatt einfach oder mehrfach gefiedert, seine Länge übertrifft immer 10 cm; Wuchshöhe meist wesentlich größer als 70 cm; stark verzweigt und deswegen reichblütig; starke Beblätterung der ganzen Pflanze; kontinuierlicher Übergang der Blattformen der ersten Laubblätter zu denen höher inserierter Blätter oder mächtige basale Blattrosetten mit Übergängen der Blattformen zu stärker eingeschnittenen Blättern; oberste Blätter gefiedert mit pfriemlichen Abschnitten; lange Juvenilphase, späte Blüte und Reife.

Generative Pflanzenteile: Petalen der randständigen Blüten der Döldchen nicht auffällig verlängert; TFM meist deutlich geringer als 10 g; reife Früchte immer rundlich, nicht oder nur in geringem Ausmaß in die Teilfrüchte zerfallend.

Ätherisches Öl der Früchte: Gehalt an ätherischem Öl variabel, meistens jedoch weit über 0,3 % oder als Ausnahme kein oder weniger als 0,1 % ätherisches Öl enthaltend; Anteil des Camphers über 2 %.
→ 1. subsp. *microcarpum* DC.

A* Vegetative Pflanzenteile: Pflanzen mit ein bis drei, selten vier basalen Blättern; das längste Basalblatt gelappt oder einfach gefiedert, seine Länge unterschreitet meist 15 cm; Wuchshöhe nicht über 75 cm; gering verzweigt und deswegen mit wenigen Blüten; plötzlicher Übergang der Blattformen der basalen Blätter zu denen der stark eingeschnittenen Blättern höherer Blattetagen; oberste Blätter gefiedert mit linealen Abschnitten; kurze bis mittlere Juvenilphase und frühe bis mittlere Blüte und Reife.

Generative Pflanzenteile: Petalen der randständigen Blüten oft auffällig verbreitert und verlängert; TFM meist deutlich größer als 9 g oder Früchte oval, bisweilen leicht in die Teilfrüchte zerfallend; reife Früchte rundlich oder auffallend oval, dann leicht in die Teilfrüchte zerfallend.

Ätherisches Öl der Früchte: Gehalt an ätherischem Öl gering, meist weit unter 0,7 %; Anteil des Camphers unter 3 %.
→ B

B Generative Pflanzenteile: Früchte rundlich, reife Früchte nicht oder nur in geringem Ausmaß in die Teilfrüchte zerfallend; TFM größer als 9,5 g.

Ätherisches Öl der Früchte: Anteil des Camphers über 1 %; Myrcen und Limonen enthaltend.
→ 2. subsp. *sativum*

B* Generative Pflanzenteile: Früchte leicht oder deutlich oval, leicht in die Teilfrüchte zerfallend; TFM sehr variabel, bisweilen geringer als 8,5 g.

Ätherisches Öl der Früchte: Anteil des Camphers unter 1 %, bisweilen ganz fehlend; Myrcen und Limonen oft fehlend oder nur mit sehr geringen Anteilen enthaltend.

→ 3. subsp. *indicum* Stolet.

1. subsp. *microcarpum* DC., Prodr. 4 (1830) 250.

Als Synonyme sind subsp. *asiaticum* Stolet. und subsp. *vavilovii* Stolet. anzusehen, deren Zusammenfassung innerhalb einer Subspezies gerechtfertigt scheint. Die Subspezies *microcarpum* zeigt generell eine starke vegetative Entwicklung der Pflanze. Sie hat das Kerngebiet ihrer Verbreitung im Kaukasus, von wo aus eine Ausbreitung in nördlicher und östlicher Richtung stattfand. Geographisch isoliert kommt sie auch in anderen Regionen vor.

Schlüssel zur Bestimmung von Untergruppen der subsp. *microcarpum* DC.

A Pflanzen mit meist weit über zehn basalen Blättern, die entweder flach dem Boden anliegen oder bogig aufsteigend eine starke basale Blattrosette bilden; das längste Basalblatt meist über 20 cm lang; sehr spät einsetzendes Streckungswachstum, sehr spät blühend, sehr spät reifend.

→ B

A* Pflanzen mit höchstens zehn basalen Blättern, die eine lockere basale Blattrosette bilden; das längste Basalblatt selten über 25 cm lang; mittelfrüh bis spät einsetzendes Streckungswachstum, spät blühend, spät reifend.

→ C

B Basalblätter flach dem Boden anliegend, ihre Anzahl 10 bis höchstens 25, eine lockere ausgebreitete Blattrosette bildend; Blätter mit deutlich aromatischem Geschmack; Pflanzen oft gegen Blühende mit dunkler Anthocyanfärbung im Stengelbereich; Früchte mit mittlerem oder geringem Gehalt an ätherischem Öl, der immer 0,2 % überschreitet, seine Zusammensetzung wenig variabel, Anteil des a-Pinens nicht auffällig hoch.

→ 1.1 Mittelasiatische

Gruppe

B* Basalblätter bogig aufsteigend, ihre Anzahl immer über 20, eine dichte zusammengezogene Blattrosette bildend; Blätter mit gering aromatischem Geschmack; Pflanzen auch gegen Blühende mit weniger auffallender Anthocyanfärbung im Stengelbereich; Früchte mit sehr geringem Gehalt an ätherischem Öl, der immer 0,08 % unterschreitet oder kein ätherisches Öl enthaltend; seine Zusammensetzung variabel, meist mit hohem Anteil des a-Pinens.

→ 1.2 Syrische Gruppe

C Längstes Basalblatt einfach oder bisweilen doppelt gefiedert, Ränder der Blattabschnitte weit gebuchtet; meist weniger als 7 Basalblätter; Blätter der obersten Blattetagen mit pfriemlichen Abschnitten; Pflanzen stark verzweigt, die Seitentriebe nicht ausladend abstehend, kein buschförmiger Habitus der Pflanze; Wuchshöhe immer über 70 cm; im Stengelbereich wie in den Petalen fast immer deutlich sichtbar Anthocyan enthaltend; TFM meist weit unter 10g; Gehalt an ätherischem Öl in den Früchten variabel, meist weit über 0,3 %.

→ 1.3 Kaukasische Gruppe

C* Längstes Basalblatt doppelt gefiedert, Ränder der Abschnitte eng gebuchtet; mehr als 6 Basalblätter; Blätter der obersten Blattetagen mit linealen Abschnitten; Pflanzen stark verzweigt, die Seitentriebe ausladend in großem Winkel abzweigend dadurch buschförmiger Habitus der Pflanze; im Stengelbereich wie in den Petalen wenig auffällig oder kein Anthocyan enthaltend; TFM zwischen 7 g und 12 g; Gehalt an ätherischem Öl in den Früchten gering, weniger als 0,5 %.

→ 1.4 Äthiopische Gruppe

1.1 Mittelasiatische Gruppe

Die Gruppe entspricht der var. *asiaticum* Stolet., für die ein Typus vorliegt: Herb. VIR Nr. 46194 (leg. Borodkin 1991), beruhend auf: Kollektion VIR Nr. k-187. Ein Duplikat ist CORI 158 in Gatersleben. Als Typus wurde dieses Muster für die subsp. *asiaticum* Stolet. hinterlegt. Es handelt sich um ein 1975 gefundenes Sammelmuster aus Kasachstan. Als Verbreitungsgebiet geben Ivanova und Stoletova (1990) Kleinasien, die ehem. Sowjetunion, Afghanistan, Iran, Mittelasien und Westchina (Kaschgarien) an. In Gatersleben sind Muster dieser Gruppe aus Armenien, Georgien, Daghestan, Kasachstan und Kirgisien vorhanden. Sehr gute Beschreibungen dieser Gruppe für armenische Herkünfte finden sich bei Stoletova (1931) und Palamarja u. Chotina (1953).

1.2 Syrische Gruppe

Charakteristisches Muster: CORI 86 in Gatersleben, Sammelmuster aus Syrien. Die Gruppe wird hier erstmalig aufgeführt. Sie ist eindeutig morphologisch unterscheidbar und muß gleichzeitig als Chemotyp bezeichnet werden. Der sehr geringe Gehalt an ätherischem Öl, der teilweise unterhalb der Nachweisgrenze des gewählten Analyseverfahrens zur Bestimmung des absoluten Gehalts lag, ist ein Kennzeichen dieser Gruppe. Eine nähere Untersuchung muß noch klären, ob bei den Früchten die üblicherweise das ätherische Öl enthaltenden Ölstriemen (*vittae*) fehlen. In Gatersleben sind neun Muster dieser Gruppe vorhanden, die an unterschiedlichen Orten im nordwestlichen Syrien gesammelt wurden; sieben davon sind Bestandteil der dreijährigen Feldversuche gewesen. Eine Besonderheit, durch die diese Gruppe nur in den Jahren mit heißen Sommern auffiel, war der hohe Gehalt an fettem Öl.

1.3 Kaukasische Gruppe

Diese Gruppe umfaßt die var. *anatolicum* Stolet. und var. *afghanicum* Stolet. Für die var. *anatolicum* Stolet. liegt ein Typus vor: Herb. VIR Nr. 46202 (leg. Borodkin 1991), beruhend auf Kollektion VIR Nr. k-40. Ein Duplikat ist CORI 146 in Gatersleben. Bei dem Typus in St. Petersburg fehlen leider die

basalen Pflanzenteile. Es handelt sich um ein 1961 in Abchasien gesammeltes Muster. Die var. *afghanicum* Stolet. [Typus: Herb. VIR Nr. 46206 (leg. Borodkin 1991), beruhend auf Kollektion VIR Nr. k-108, Duplikat in Gatersleben: CORI 150] wird hier ebenfalls der Kaukasischen Gruppe zugeordnet, obwohl dieses Muster durch etwas niedrigeren Wuchs und eine auffällige Neigung zum Zerfall der Früchte abweicht. Beim Herbarbeleg im VIR fehlen leider auch hier die basalen Pflanzenteile. Es handelt sich um ein Sammelmuster aus Afghanistan, welches eine Übergangsform zur subsp. *indicum* Stolet. darstellt. Ähnliche Übergangsformen finden sich in Pakistan (CORI 129, CORI 130, CORI 132). Überhaupt ist die hier vorgeschlagene Kaukasische Gruppe als verhältnismäßig heterogen zu bezeichnen. Eine weitere Untergliederung schien aber anhand der gewählten Merkmale nicht möglich. Diese Gruppe ist geographisch sehr weit verbreitet. Die vegetative Entfaltung wird betont, gleichzeitig gehören die Muster mit den höchsten Gehalten an ätherischem Öl in diese Gruppe, was chemotypisch als eine besondere Form unterschieden werden könnte. Die Nutzung des Korianders als Gemüse hat zur Selektion dieser Gruppe geführt. Es finden sich deshalb auch im Fernen Osten Herkünfte, die diese Bezeichnung erhalten; so z.B. CORI 98 aus China, der sich zusätzlich durch das Fehlen der Anthocyane auszeichnet. Ein anderes Extrem in dieser Gruppe bildet CORI 49 aus Spanien, welcher ganzrandige basale Blätter hat, und wenig verzweigt ist. Im Gegensatz dazu fällt CORI 149 (Duplikat von Kollektion VIR k-100), ein Sammelmuster aus Weißrußland, durch extreme Fiederung der primären Laubblätter auf. Primäre Laubblätter mit einer solchen auffälligen Fiederung haben ebenfalls ein Sammelmuster dieser Gruppe aus Kasachstan (Gatersleben Nr. D-6444, Duplikat von VIR Nr. k-206) und die sowjetische Zuchtsorte 'Tminovidnyi' (CORI 28), wobei letztere in dieser Hinsicht nicht homogen ist, was bereits Beobachtungen in St. Petersburg zeigten (Girenko 1996, pers. Mitteilung). Die Kreuzungsversuche bestätigten, daß diese Merkmale auf ein einzelnes Gen zurückzuführen sind, so daß es nicht gerechtfertigt erschien, diesen Formen den Rang einer Gruppe, entsprechend dem einer varietas, zu geben.

1.4 Äthiopische Gruppe

Diese Gruppe entspricht der subsp. *vavilovii* Stolet. mit den Varietäten var. *vavilovii* Stolet. und var. *arabicum* Stolet. Der in der Arbeit bei Ivanova und Stoletova (1990) genannte Typus, beruhend auf Kollektion VIR Nr. k-33, fehlte im Herbarium in St. Petersburg, aber ein anderes Herbarblatt gab einen authentischen Eindruck, weil es von Stoletova selbst als subsp. *vavilovii* Stolet. bestimmt wurde: Herb. VIR Nr. 1503 (leg. Vavilov 1930, det. Stoletova). Das Muster VIR Nr. k-33 ist jedoch in der Lebendsammlung in St. Petersburg erhalten und ein Duplikat stellt CORI 142 in Gatersleben dar. Es handelt

sich um ein 1927 von Vavilov in Äthiopien gesammeltes Muster. Die bei Ivanova u. Stoletova (1990) beschriebene var. *arabicum* Stolet. mit größeren Früchten und niedrigerem Wuchs ist nicht typisiert worden und konnte innerhalb der untersuchten Muster nicht gefunden werden. In Gatersleben sind nur drei Muster der äthiopischen Gruppe vorhanden, die alle Duplikate aus dem VIR darstellen, und von Sammelreisen Vavilovs vor 1930 stammen (CORI 142 = VIR Nr. k-33, CORI 143 = VIR Nr. k-34; CORI 148 = VIR Nr. k-96). Bei Ivanova u. Stoletova (1990) wird für die Verbreitung Äthiopien, Eritrea und Arabien angegeben. Die starke vegetative Entwicklung deutet auf eine Nutzung als Gemüsepflanze, die aber gegenwärtig in Äthiopien offenbar von geringer Bedeutung ist (Jansen 1981).

2. subsp. *sativum*

Als Synonym ist subsp. *vulgare* Alef., Landw. Fl. (1866) 165, anzusehen. Als Typus gilt der auf Linné zurückgehende Herbarbeleg (vergl. Anfang des Kapitels).

Die Subspezies *sativum* zeigt durch größere Früchte eher eine Betonung der generativen Teile der Pflanze. Sie hat eine weite Verbreitung innerhalb des mediterranen Raums und des Nahen Ostens, kommt aber auch in anderen Weltteilen vor.

Schlüssel zur Bestimmung von Untergruppen der subsp. *sativum*

A Pflanzen mit zwei oder mehr basalen Blättern; mittelstark beblättert; Wuchshöhe meist über 50 cm; mittelstark verzweigt; kurze Juvenilphase, mittelfrüh blühend und mittelfrüh reifend; reife Früchte nicht oder nur zu einem geringen Teil in die Teilfrüchte zerfallend. Gehalt an ätherischem Öl gering, aber meist über 0,3 %.

→ 2.1 Europäische Gruppe

A* Pflanzen mit ein, zwei oder selten drei basalen Blättern; gering beblättert; Wuchshöhe meist deutlich unter 70 cm; gering verzweigt; sehr kurze Juvenilphase, früh blühend und früh reifend; reife Früchte bisweilen mit höherem Anteil in die Teilfrüchte zerfallend. Gehalt an ätherischem Öl sehr gering, meist unter 0,5 %.

→ 2.2 Nordafrikanische Gruppe

2.1 Europäische Gruppe

Aufgrund der Photographie des auf Linné zurückgehenden Typus für die Art *Coriandrum sativum* kann vermutet werden, daß diese Pflanze in die Europäische Gruppe gehört. Von den Mustern der Kollektion in Gatersleben kann CORI 25, eine ungarische Zuchtsorte ('Budakalaszki Rekord') als

typischer Vertreter angesehen werden. Die Vegetationsdauer dieser Gruppe ist gut an die Bedingungen in Mitteleuropa angepaßt. Die Gruppe ist geographisch weit verbreitet. Herkünfte aus dem Fernen Osten und der Neuen Welt fallen ebenfalls in diese Gruppe. Auch aus Nordafrika befinden sich Muster dieser Gruppe in der Kollektion in Gatersleben. Pflanzen der Europäischen Gruppe sind für beide Nutzungsrichtungen des Korianders geeignet.

2.2 Nordafrikanische Gruppe

Diese Gruppe entspricht der var. *africanum* Stolet., für die ein Typus vorliegt: Herb. VIR Nr. 44196 (leg. Borodkin 1991), beruhend auf Kollektion VIR Nr. k-233. Ein Duplikat ist CORI 279 in Gatersleben, es handelt sich um ein 1974 in Ägypten gesammeltes Muster. Die Herkünfte dieser ausgesprochen gering beblätterten Gruppe kommen schwerpunktmäßig in Nordafrika und im Nahen Osten vor. Aber auch von den Mustern aus der Neuen Welt fallen einige in diese Gruppe. Auffallend ist, daß in den Mustern dieser Gruppe häufiger Pflanzen ohne jegliche Anthocyanbildung auftraten (z.B. in CORI 119 aus dem Sudan).

3. subsp. *indicum* Stolet., in: Ivanova et Stoletova, Sb. nau. . . n. tr. prikl. bot., gen. i sel. 133 (1990) 33.

Eine Typisierung dieser Subspezies sowie der darunter fallenden var. *indicum* Stolet. und var. *pygmaeum* Stolet. wurde bei Ivanova u. Stoletova (1990) leider nicht vorgenommen, ebenso wurden keine Muster aus der Kollektion des VIR benannt. Allein aufgrund vegetativer Merkmale kann diese Gruppe nicht von der subsp. *sativum* unterschieden werden. Die Früchte der subsp. *indicum* Stolet. haben oft ein deutlich geringeres TFM als 10 g, so daß bei Beibehaltung von nur zwei Subspezies die hier abgesonderte subsp. *indicum* Stolet. sich auf die beiden subsp. *sativum* und *microcarpum* DC. verteilt. Die Abgrenzung dieser Subspezies ist einerseits aufgrund der Fruchtform und der Neigung der Früchte zum Zerfall und andererseits wegen der chemischen Besonderheiten der Früchte gerechtfertigt.

Schlüssel zur Bestimmung von Untergruppen der subsp. *indicum* Stolet.

A Äußere Petalen der randständigen Blüten der Döldchen auffallend breit und verlängert; TFM der Früchte sehr groß, immer über 10 g, Fruchtform nur wenig verlängert.

→ 3.1 Omanische Gruppe

A* Äußere Petalen der randständigen Blüten der Döldchen auffallend, aber nicht sehr breit und verlängert; TFM der Früchte variabel, wenn deutlich über 10 g, dann sehr verlängerte, ovale bis

spitzovale Früchte.

→ B

B TFM der Früchte variabel, Früchte deutlich oval bis spitzoval; Gehalt an ätherischem Öl meist deutlich unter 0,3 %.

→ 3.2 Indische Gruppe

B* TFM der Früchte nur selten über 10 g, Früchte nur wenig verlängert; Gehalt an ätherischem Öl meist über 0,2 %.

→ 3.3 Bhutanische Gruppe

3.1 Omanische Gruppe

Charakteristisches Muster: CORI 88 in Gatersleben, Sammelmuster aus dem Oman (1987). Zehn Muster aus dem Oman und zwei Muster aus Jemen der Kollektion Gatersleben fallen in diese Gruppe. Die Abgrenzung dieser Gruppe von der Nordafrikanischen Gruppe der subsp. *sativum*, entsprechend var. *africanum* Stolet. ist besonders auf die chemische Abweichung durch den geringen Anteil an Campher, Myrcen und Limonen gestützt. Die morphologische Unterscheidung ist schwierig, weil die Früchte bei den Mustern der Omanischen Gruppe nur wenig verlängert sind.

3.2 Indische Gruppe

Bei Ivanova und Stoletova (1990) wird für diese Gruppe der Name var. *indicum* Stolet. angegeben. Ein charakteristisches Muster ist CORI 154 in Gatersleben, ein Sammelmuster aus Indien, das ein Duplikat von Kollektion VIR Nr. k-139 darstellt. Muster dieser Gruppe sind in Gatersleben aus Pakistan und Indien vorhanden. Stoletova u. Ivanova (1990) nennen als weiteres Verbreitungsgebiet Sri Lanka und seltener Äthiopien, Ägypten und den Sudan. Sie unterscheiden zusätzlich bei der subsp. *indicum* Stolet. eine var. *pygmaeum* Stolet. für eine Zwergform aus dem Sudan und Ägypten, geben aber leider keinen Typus an. In Gatersleben ist ein Sammelmuster aus Ägypten (CORI 26) vorhanden, das sehr niedrigwachsend und durch ovale Früchte gekennzeichnet ist und auch durch die Zusammensetzung des ätherischen Öls mit der hier gebildeten Gruppe übereinstimmt. Ob es sich um eine homologe Entwicklung oder um eine direkte genetische Verwandtschaft handelt, kann nicht gesagt werden.

3.3 Bhutanische Gruppe

Charakteristisches Muster: CORI 126 in Gatersleben, Sammelmuster aus Bhutan (1981). Sieben Muster aus Bhutan fielen durch die genannten Abweichungen auf und ebenfalls ein Muster aus Tadschikistan wurde dieser Gruppe zugerechnet.

Die vorstehende, infraspezifische Klassifikation weist drei Subspezies aus, die neun Gruppen umfassen. In Tabelle A15 sind die Mittelwerte der Muster aus den jeweiligen Gruppen für die bei der

Einteilung besonders wichtigen Merkmale zusammengestellt. Aus Tabelle A16 im Anhang geht hervor, welcher Gruppe jedes der 192 Muster, die Grundlage für diese Systematisierung waren, zugeordnet wurde. Abbildung 4 zeigt, wie sich die einzelnen hier vorgeschlagenen Gruppen bei Verwendung der ersten beiden Hauptkomponenten der Hauptkomponentenanalyse graphisch in einem kartesischen Koordinatensystem verteilen. Es wurden dabei nicht die Koordinaten aller 192 Muster überprüft; aber eine Stichprobe ließ erkennen, daß eine Zuordnung der infraspezifischen Gruppen zu bestimmten Bereichen der Graphik in groben Zügen möglich ist. Um die Koordinaten der Hauptkomponenten zu verstehen, ist ein Vergleich mit den in Tabelle 13 angegebenen Korrelationen zwischen den Hauptkomponenten und den erhobenen Merkmalen notwendig. Die infraspezifische Gruppierung wurde abgeschlossen, bevor die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse vorlagen. Die vorgeschlagene Klassifikation weicht gering von dem System bei Ivanova und Stoletova (1990) ab. Die subsp. *vavilovii* Stolet. erhält nur den niedrigeren Rang einer Gruppe (Äthiopische Gruppe) und gehört zur subsp. *microcarpum* DC. Die subsp. *indicum* Stolet. wurde feiner gegliedert. Es gibt andere Übersichten über die Variabilität des Korianders; so haben Bhandar und Gupta (1991) über Untersuchungen an 200 Genotypen berichtet. Leider bleibt diese Untersuchung, wie die meisten neueren Arbeiten zur Variabilität bei Kulturpflanzen, bei der Darstellung der züchterisch interessanten Korrelationen. Eine solche Aussage bleibt, ebenso wie eine isolierte Klusteranalyse, für die tiefergehenden Anliegen der Kulturpflanzenforschung abstrakt. Der klassische botanische Ansatz, der eine Benennung und Typisierung einschließt, muß im Sinne der Kulturpflanzenforschung vorgezogen werden, damit die Verbindung zu bereits geleisteten hervorragenden Arbeiten ermöglicht wird.

Im weiteren Verlauf der Diskussion der Ergebnisse wird die hiermit erarbeitete Benennung für die infraspezifischen Gruppen als Verständigungsgrundlage verwendet. Dadurch wird die Bedeutung einer solchen Gliederung und Benennung für die Kommunikation vorgeführt. Besonders die Abgrenzung der drei Subspezies stellt ein Ergebnis der infraspezifischen Gruppierung dar, das auch außerhalb des engen Kreises der Kulturpflanzentaxonomen nachvollziehbar sein sollte. Die vorgeschlagenen infraspezifischen Gruppen und die Anzahl der ihnen zugeordneten dreijährig untersuchten Muster sind nachfolgend aufgelistet:

- 1 subsp. *sativum*
 - 1.1 Europäische Gruppe (18 Muster)
 - 1.2 Nordafrikanische Gruppe (27 Muster)
- 2 subsp. *microcarpum* DC.
 - 2.1 Kaukasische Gruppe (99 Muster)

- 2.2 Mittelasiatische Gruppe (9 Muster)
- 2.3 Syrische Gruppe (7 Muster)
- 2.4 Äthiopische Gruppe (3 Muster)
- 3 subsp. *indicum* Stolet.
 - 3.1 Indische Gruppe (9 Muster)
 - 3.2 Bhutanische Gruppe (8 Muster)
 - 3.3 Omanische Gruppe (12 Muster)

4.2. Rückschlüsse auf die Evolution der Kulturpflanze

Zunächst ist interessant festzustellen, daß nicht nur die Tausendfruchtmasse von hoher Erblichkeit ist, wie es allgemein bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen der Fall ist, bei denen die Früchte genutzt werden. Auch die anderen Eigenschaften, die Koriander zu einer alten Kulturpflanze machten, zeigen hohe Erblichkeit. Das betrifft die Beblätterung und bei den Inhaltsstoffen die ätherischen Öle. Es wurden Pflanzen selektiert, die die gewünschten Eigenschaften mit Sicherheit ausprägten, auch wenn die Umweltbedingungen ungünstiger ausfielen. Das fette Öl in den Früchten hat erst neuerdings an Bedeutung gewonnen und Gehalt und Zusammensetzung des fetten Öls sind demnach nicht in demselben Ausmaße genetisch stabilisiert. Hinzu kommt, daß es sich bei dem ätherischen Öl um ein Produkt des Sekundärstoffwechsels handelt, der offenbar weniger umweltabhängig ist, weil die Pflanzen dafür wesentlich weniger Energie aufwenden müssen, als für die Bildung der energiereichen fetten Öle des Primärstoffwechsels, die zudem einen wesentlich größeren Anteil der Masse ausmachen.

Die in dieser Arbeit vorgeschlagene infraspezifische Gliederung des Korianders zeigt, daß sich charakteristische Gruppen geographisch bestimmten Regionen zuordnen lassen. Sie bestätigt, daß sich als geographisches Ausgangszentrum für die Evolution dieser Gruppen der zentral gelegene Nahe Osten annehmen läßt. Der älteste archäologische Fund des Korianders stammt aus Israel und wird auf 6000 v.Chr. datiert (Zohary u. Hopf 1993). Im folgenden soll die beobachtete Verteilung der Variabilität zur Diskussion der Abstammung herangezogen werden; für die kulturhistorischen Aspekte vergl. auch Diederichsen (1996).

Die deutliche Anpassung des Korianders an die unterschiedlichen Nutzungsrichtungen wurden bereits von Stoletova (1931) in ihrer Pionierarbeit vorgeführt. Die Herkünfte der Subspezies *microcarpum* haben hervorragende Eigenschaften zur Nutzung der vegetativen Pflanzenteile, während die Subspezies *indicum* und besonders die Subspezies *sativum* die generative Entwicklung betonen und

damit eher die Nutzung der Früchte naheliegt. In besonderer Weise trifft das auf die Herkünfte der Nordafrikanischen Gruppe zu. Auch wenn, gemessen an dem Gehalt an ätherischem Öl, die Subspezies *sativum* unter den Standortbedingungen in Gatersleben weit hinter der Subspezies *microcarpum* zurückblieb, so muß davon ausgegangen werden, daß dieses Verhältnis in den Ursprungsgebieten der Muster u.U. anders ausfällt. Außerdem ist nicht ausgeschlossen, daß das Ziel der Selektion an diesen Standorten ein geringeres Aroma der Früchte bei anderer Zusammensetzung des ätherischen Öls war. Die starke Aufgliederung in die vegetativ betonte Subspezies *microcarpum* und die generativ betonten Subspezies *sativum* und *indicum* stellt eine auffällige Parallele zur Kulturpflanze Lein (*Linum usitatissimum* L.) dar, bei der ebenfalls eine Unterscheidung von vegetativ betonten Faserleinen (convar. *elongatum* Vav. et Ell.) und generativ betonten Ölleinen [convar. *mediterraneum* (Vav. ex Ell.) Kulpa et Danert] möglich ist (Kulpa u. Danert 1962). Die großfrüchtigen Herkünfte des Korianders (subsp. *sativum*, Nordafrikanische Gruppe) haben sich interessanterweise in denselben Gebieten wie die großsamigen Herkünfte des Leins (convar. *mediterraneum*) herausgebildet. Damit bestätigt sich erneut Vavilovs Feststellung, daß bei Kulturpflanzen besonders im mediterranen Raum eine Tendenz zur Bildung großer Früchte vorherrscht (Vavilov 1926). Eine dritte Parallele besteht darin, daß die äthiopischen Herkünfte, ebenso wie beim Lein, auch beim Koriander eine Ausnahme von dieser Regel darstellen: Bei beiden Kulturpflanzen entwickelten sich in dieser Region kleinsamige bzw. kleinfrüchtige Formen. Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß von Sinskaja (1969) berichtet wird, daß in Ägypten im klassischen Altertum unterschiedliche Benennungen für die grüne Korianderpflanze einerseits und die Korianderfrüchte andererseits bestanden. Das deutet auf die doppelte Nutzung dieser Pflanze hin, die sich dann vielleicht nur noch im äthiopischen Raum erhalten hat, so daß sich hier die Äthiopische Gruppe der Subspezies *microcarpum* erhielt und entwickelte, während im übrigen nordafrikanischen und vorderasiatischen Gebiet die Nordafrikanische Gruppe des Korianders der Subspezies *sativum* ausgelesen wurde. Gegenwärtig spielt in Äthiopien allerdings die Nutzung der Früchte eine größere Rolle (Jansen 1981), was zeigt, daß die Anforderungen an die Kulturpflanze zeitlichen Veränderungen unterliegen und über lange Zeiträume auch zur Selektion anderer Formen führen können. Eine isolierte Sonderform des Korianders im Nahen Osten bilden die Herkünfte der Syrischen Gruppe der Subspezies *microcarpum*. Hier hat eine eindeutige Selektion auf Nutzung als Gemüse stattgefunden. Vermutlich spielte die Verträglichkeit des Korianders gegenüber Trockenheit eine Rolle bei Auswahl dieser Pflanzenart zur Selektion einer sehr blattreichen Salatpflanze. Auch im klassischen Palästina bestanden die Nutzung der grünen Pflanzenteile einerseits und der Früchte andererseits nebeneinander (Löw 1924), während heutzutage nur die letztgenannte Verwendung verbreiteter ist.

Nach der griechisch-römischen Kulturepoche gelangte Koriander aus dem mediterranen Raum nach Mittel- und Nordeuropa, wo sich die Europäische Gruppe der Subspezies *sativum* herausbildete, bei der wiederum eine Akzentverschiebung zugunsten der vegetativen Pflanzenteile stattfand. Ebenfalls aus dem mediterranen Gebiet gelangte Koriander nach 1593 in die Neue Welt. Die neuweltlichen Herkünfte betonen die vegetative Entfaltung generell mehr als die Herkünfte aus dem Mittelmeerraum. Die noch heute in Südamerika sehr beliebte Nutzung als Gemüse trat in den Vordergrund und die fruchtbetonte Subspezies *sativum* fügte sich dieser Selektionsrichtung durch vermehrte Blattbildung. Der Unterschied ist aber nur graduell, weshalb die mittel- und südamerikanischen Herkünfte bei der vorgeschlagenen infraspezifischen Gliederung in die Europäischen Gruppe fallen.

Die Subspezies *microcarpum* hat sich schwerpunktmäßig im Kaukasus und von dort ausgehend nach Norden ausbreiten können. Als Kaukasische Gruppe des Korianders hat sie sich in dieser Region etabliert. Im zentralen Rußland (Moskau) wird Koriander erstmalig 1787 erwähnt und gewann erst nach 1830 Koriander größere wirtschaftliche Bedeutung (Stoletova 1931). Ebenfalls im Kaukasus hat sich vermutlich die als Mittelasiatische Gruppe bezeichnete, sehr blattreichen Form des Korianders entwickelt, bei der ein Beispiel für Parallelvariation innerhalb einer Art zur Syrischen Gruppe vorliegt. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß in Mittelasien auch bei der Umbellifere Dill (*Anethum graveolens* L.) Formen mit stark beblätterten basalen Blattrossetten kultiviert werden (Girenko 1996, pers. Mitteilung). Übergangsformen zwischen der Kaukasischen Gruppe und der Mittelasiatischen Gruppe finden sich bei den untersuchten Mustern aus dem Iran und Pakistan.

Sehr frühzeitig wird Koriander aus dem Ursprungsgebiet im Nahen Osten nach Indien gebracht worden sein, wo sich, parallel zur Nordafrikanischen Gruppe, ebenfalls eine früh reifende, blattärmere Form, jedoch mit ovalen Früchten herausbildete, die hier als Indische Gruppe der Subspezies *indicum* zugeordnet wird. Von Prakash (1990) wird die Kultivierung des Korianders in Indien seit 5000 v.Chr. behauptet; die Angabe ist jedoch nicht weiter belegt. Zuverlässige Angaben bestehen erst für die Zeit nach Entstehung des Sanskrit. Die chemotaxonomisch interessante Abweichung des geringen Gehalts an ätherischem Öl einerseits, und dessen Zusammensetzung andererseits findet sich ebenfalls in den Herkünften aus Bhutan und dem Oman. Das legt die Vermutung nahe, daß letztere Gruppen, die deshalb auch der Subspezies *indicum* zugerechnet werden, wenigstens anfänglich den Entwicklungsweg der Indischen Gruppe teilten, bevor sie in den jeweiligen Gegenden ihre Eigenarten ausbildeten. Auch hier gibt es eine Parallele beim Dill. Bei chemischen Untersuchungen der Zusammensetzung des ätherischen Öls der Dillfrüchte wurden auch hier deutliche Unterschiede bei indischen Herkünften gefunden: Eine bereits morphologisch beschriebene Abweichung für indischen Dill konnte so chemotaxonomisch

bestätigt werden (Hammer u. Krüger 1995). Nach China ist der Koriander vermutlich erst im fünften Jahrhundert nach Chr. gekommen (Laufer 1919), auch wenn an anderer Stelle erwähnt wird, daß Koriander dort bereits seit 2000 Jahren genutzt worden sei (Leung 1984). In China bestehen beide Nutzungen, die der grünen Pflanze - im Englischen daher die Bezeichnung „Chinese parsley„ - und die der Früchte, nebeneinander und hier finden sich demgemäß Formen der Europäischen Gruppe der Subspezies *sativum* sowie der Kaukasischen Gruppe der Subspezies *microcarpum*. Die Vermutung, daß Koriander relativ spät nach China kam, nämlich erst nachdem der Handelsweg der Seidenstraße größere Bedeutung erlangte, scheint deswegen gerechtfertigt, weil sich, im Gegensatz zu Indien, hier Formen des Korianders durchgesetzt haben, die eine nähere Verwandtschaft zu den im westlichen Eurasien vorkommenden Gruppen erkennen lassen.

4.3 Bedeutung der Ergebnisse für Anbau und Züchtung

Für den Anbau des Korianders ist es entscheidend, adäquate Sortengruppen für die jeweils angestrebte Nutzungsrichtung auszuwählen. Bei züchterisch stärker bearbeiteten Fruchtarten ist dies eine Binsenweisheit, beim Koriander jedoch ist die Kenntnis der genetischen Variationsbreite der Kulturpflanze bisher insbesondere in westlichen Ländern sehr gering oder in Vergessenheit geraten. Das wird daran deutlich, daß bei neu aufkommendem Interesse an dieser Kulturpflanze teilweise offenbar nicht die richtigen Formen für den Anbau ausgewählt wurden. So berichten z.B. Luayza et al. (1995), daß sie in Argentinien Koriander zur Nutzung der ätherischen Öle in Anbauversuchen geprüft haben, und daß die beobachtete Wuchshöhe der Pflanzen 30-70 cm betrug. Daraus ergibt sich, daß hier offenbar Pflanzen der Europäischen oder gar Nordafrikanischen Gruppe geprüft wurden, die sich, wie die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, durch geringe Gehalte an ätherischem Öl auszeichnen. Ein anderes Beispiel wurde dem Verfasser kürzlich aus den USA von dem Pflanzenzüchter R. L. Johnston (Albion, Maine) berichtet: Durch die zahlreichen mexikanischen Einwanderer wurde in den Vereinigten Staaten in den letzten Jahren der Verzehr von Koriandergrün als Beigabe zu Salaten bekannt und beliebt, so daß eine große Nachfrage nach frischen Pflanzen entstand. Für diese Nutzungsrichtung sind Formen mit verlängerter vegetativer Entwicklung geeigneter, weil sie über einen längeren Zeitraum geerntet werden können und zudem mehr basale Blätter bilden. Von den Anbauern wurde jedoch vielfach Saatgut zufälliger Herkunft verwendet, und nur langsam setzte sich die Erkenntnis durch, daß sog. „slow-bolt-coriander„ für diese Nutzungsrichtung geeigneter ist. Ein Blick in die vorhandene russischsprachige Literatur zum Koriander hätte in diesen Fällen schon früh den Weg weisen können (für die Nutzung der grünen Pflanzen z.B. AlboriÓvili 1971 u. 1984, Girenko 1982; für die Nutzung des

ätherischen Öls z.B. Girenko et al.1985).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit gestatten eine Zuordnung der beschriebenen Subspezies bzw. Gruppen des Korianders zu bestimmten Nutzungen.

Wenn das ätherische Öl Ziel der Nutzung ist, lassen sich bei der Subspezies *microcarpum* innerhalb der Kaukasischen Gruppe besonders geeignete Herkünfte finden. Voraussetzung für einen erfolgreichen Anbau ist genügend Feuchtigkeit während der Juvenilphase der Pflanzen, wie auch, daß Blüh- und Abreifepériode in einen Zeitraum mit warmer, trockener Witterung fallen. In Regionen mit kürzerer Vegetationszeit wird deshalb die Europäische Gruppe aus der Subspezies *sativum* des Korianders geeignete Herkünfte für diese Nutzung aufweisen. Von Lawrence (1986) wird Koriander als Xerophyt bezeichnet, der bei Dürre einen erhöhten Gehalt an ätherischem Öl bildet, was die Beobachtungen im Trockenjahr 1995 bestätigten (vergl. Tab. 15). Ein näherungsweise xerophytischer Morphotyp kann aufgrund der vorliegenden Beobachtungen den Herkünften der Nordafrikanischen Gruppe der Subspezies *sativum* und teilweise den Gruppen der Subspezies *indicum* zugesprochen werden. Wenn die Zusammensetzung des ätherischen Öls allerdings von Bedeutung ist, und Campher, der bei ätherischen Ölen als qualitätsmindernd gilt, unerwünscht ist, sollte auf die Subspezies *indicum* zurückgegriffen werden. Innerhalb dieser zeichnet sich bei gleich niedrigen Anteilen des Camphers die Bhutanische Gruppe durch doppelt so hohen Gehalt an ätherischem Öl wie die Indische Gruppe aus.

Bei der Nutzung des fetten Öls sind die Auswahlkriterien bezüglich der Anpassung an die Vegetationsperiode ähnlich, hierbei ist es allerdings noch wichtiger, daß ein vollständiges Ausreifen der Früchte möglich ist. Darauf weisen die geringen Ölgehalte im feuchtkühlen Versuchsjahr 1996 hin, und dasselbe bestätigen die Untersuchung des Ölgehalts bei verschiedenen Ernteterminen. Zu beachten ist dabei, daß nicht nur der Ölgehalt bei vollständiger Ausreife der Früchte steigt (s. Abb. 2), sondern in dieser Phase auch der Anteil der Petroselin-säure noch zunimmt (s. Abb. 3), womit die Qualität der Früchte als besser zu beurteilen ist, wenn die Nutzung dieser Fettsäure beabsichtigt wird. Die Herkünfte der Europäischen Gruppe der Subspezies *sativum* werden deshalb in gemäßigten Breiten für diese Nutzung am ehesten geeignet sein. Auf die generell höheren Gehalte an Petroselin-säure dieser großfrüchtigen Sortengruppe weist die Korrelation zwischen Tausendfruchtmasse und Gehalt an Petroselin-säure hin, wenn auch tendenziell der Ölgehalt der Früchte bei größeren Früchten niedriger liegt (s. Tab. A 10). Die für Ölgehalt und Fettsäuremuster gering ausfallenden Werte für die Heritabilität (s. Tab. 12 u. Tab. 15) zeigen, daß bei diesen Merkmalen durch Gestaltung der Umweltfaktoren, d.h. durch geeignete Anbaumaßnahmen, erheblicher Einfluß auf die phänotypische Merkmalsausprägung genommen werden kann. Es wäre lohnenswert, die Winterhärte des Korianders eingehender zu untersuchen.

Da besonders der Gehalt an fettem Öl von einer Ausreife unter günstigen Bedingungen abhängt, ließe sich die Blühperiode durch Winteranbau zeitlich vorverlegen, so daß die Abreife ebenfalls in einen wärmeren Zeitraum fiel. Die Herkünfte der Kaukasischen Gruppe könnten dann hohe Gehalte an fettem Öl erzielen, bei gleichzeitig hohem Gehalt an ätherischem Öl. Die in dieser Arbeit angestellten Versuche zur Herbstaussaat bieten allerdings noch keine genügende Grundlage zur Beurteilung dieser Frage.

Aus der Beobachtung der Herkünfte ergibt sich für den Anbau von Koriander zur Nutzung der Früchte, daß bei den großfrüchtigen Herkünften die Aussaatmenge so zu bemessen ist, daß mindestens 75 Pflanzen/m² im Bestand erreicht werden. Das betrifft besonders die Nordafrikanische Gruppe der Subspezies *sativum*, aber auch die Formen der Subspezies *indicum*. Diese Herkünfte haben ein geringes Vermögen, durch starke Verzweigung einen größeren Standraum auszunutzen. Die Plastizität dieser Herkünfte ist wesentlich geringer als die der Subspezies *microcarpum*. Bei den Letzteren wurde auch bei großer Standweite durch die starke Fähigkeit zur Verzweigung auf den Versuchspartzen der Eindruck eines dichten Bestandes erweckt und dabei ein hoher Ertrag erzielt. Ganz besonders traf das auf die Pflanzen der Mittelasiatischen und Syrischen Gruppen zu: Diese Pflanzen bedürfen eines großen Standraumes, wenn sie zur vollen Entfaltung kommen sollen; bei neun Pflanzen pro Quadratmeter wurden sehr große Blattrosetten gebildet, und die blühenden Pflanzen bedeckten die Parzelle vollständig. Das deutet darauf hin, daß Pflanzen dieser Gruppen eher an eine gartenbauliche Kultur, als an eine landwirtschaftliche Nutzung angepaßt sind. Die frühreifen und geringe vegetative Entfaltung zeigenden Herkünfte der Nordafrikanischen Gruppe und tendenziell auch die Gruppen der Subspezies *indicum* zeigen durch schnelles Abreifen eine Anpassung an Umweltbedingungen, in denen Wassermangel auftritt. Bei Standorten, an denen mit Dürresituationen zu rechnen ist, eignen sich diese Typen für den Anbau, obwohl der Fruchtertrag bei ihnen vergleichsweise gering ausfällt. Allgemein ist es erstaunlich, wie hoch die beim Feldanbau beobachtete Ertragsleistung einiger Muster war, wenn man bedenkt, daß es sich größtenteils um Landsorten handelte. Von Dambroth und Bramm (1991) wurde gezeigt, daß eine Stickstoffdüngung bei Koriander keine Ertragssteigerungen bewirkte, die Pflanzendichte hingegen sehr entscheidend den Ertrag minderte, wenn sie unter 40 Pflanzen/m² lag. Aus den in dieser Arbeit vorgelegten Ergebnissen kann geschlossen werden, daß von Dambroth und Bramm offenbar nur Herkünfte der Subspezies *sativum* geprüft wurden, sonst hätte man auch bei geringerer Bestandesdichte höhere Erträge erzielt. Bei unseren Untersuchungen wurde ohne Stickstoffdüngung in dem witterungsmäßig günstigen Jahr 1995 bei 25 % der Muster ein Parzellenertrag von mehr als 810 g/m² erreicht, was immerhin 27 dt/ha entspräche. Der gute Bodenzustand sowie die Witterungsverhältnisse

haben das ermöglicht, denn im Versuchsjahr 1996 fielen die Erträge trotz guten Fruchtansatzes wesentlich geringer aus. Koriander kann mit Recht als anspruchslos bzw. als Low-input-Frucht bezeichnet werden.

Für die Nutzung der Blätter und Stengel zum Verzehr sind bei der Auswahl geeigneter Herkünfte andere Kriterien maßgeblich. Es werden einerseits mit den Wurzeln aufgezogene Jungpflanzen in kleinen Bündeln zum Frischverzehr gehandelt (Gimson 1985). Für diese Nutzung sind Herkünfte der Kaukasischen Gruppe besonders geeignet, da sie eine verlängerte Juvenilphase haben und eine gut entwickelte basale Blattrosette mit langen Blättern aufweisen. Andererseits werden auch geschnittene Blätter vermarktet, so z.B. in den USA für fertige Salatmischungen, oder es werden die geschnittenen Blätter getrocknet und in dieser Form auch über große Distanzen verkauft. Bei dieser Nutzung können mehrere Schnitte der Grünmasse durchgeführt werden. AlboriÓvili (1971) berichtet von dieser wenig bekannten Nutzung des Korianders, daß in Abchasien bei Herbstsaat eine viermalige Schnittnutzung bis in den Mai des Folgejahres mit Frischmasseeerträgen von bis zu 2,4 kg/m² möglich ist. Für diese Nutzungsrichtung scheint besonders die Mittelasiatische Gruppe geeignet, weil sie stattliche basale Rosetten bildet. Auch die Herkünfte der Syrischen Gruppe wären in dieser Hinsicht zu prüfen. Bei der Nutzung der grünen Pflanzen ist zu beachten, daß die aromatischen Eigenschaften der vegetativen Pflanzenteile bei den Herkünften unterschiedlich ausfallen. So sind die Blätter der Pflanzen der Syrischen Gruppe, die kein oder fast kein ätherisches Öl in den Früchten enthält, sehr milde im Geschmack, während die Herkünfte der Kaukasischen Gruppe aromatischere Blätter haben. Diese Eigenschaften bedürfen einer näheren Untersuchung, denn es lassen sich in dieser Hinsicht große Unterschiede der Herkünfte vermuten. Der Beliebtheitsgrad des Korianders als Gemüsepflanze drückt sich darin aus, daß selbst Pflanzen anderer Gattungen als Koriander bezeichnet werden, wenn deren Blätter ein ähnliches Aroma aufweisen. Das betrifft für Mittelamerika den sog. „Mexican coriander,, (*Eryngium foetidum* L.) und für Vietnam den „Vietnamese coriander,, (*Polygonum odoratum* Lour.). Bei letzterem hat eine Analyse der aromatischen Verbindungen in den Blättern viele Gemeinsamkeiten mit den Substanzen in den Blättern von Koriander zeigen können (Potter et al. 1993).

Zusammenfassend ergibt sich für den Anbauer von Koriander aus den vorliegenden Untersuchungen, daß es lohnend ist, sich mit der infraspezifischen Gruppierung des Korianders auseinanderzusetzen, weil so deutlich erkannt und benannt werden kann, welche agronomischen und qualitativen Eigenschaften von unterschiedlichen Sortengruppen des Korianders zu erwarten sind.

Für die züchterische Bearbeitung des Korianders ergeben sich aus der vorgelegten Arbeit je nach dem Zuchtziel einige wichtige Hinweise.

Die hohen Werte der operativen Heritabilitäten bei dem Gehalt und der qualitativen Zusammensetzung des ätherischen Öls zeigen, daß ein großer Züchtungsfortschritt bei Bearbeitung dieser Eigenschaften erwartet werden kann (s. Tab. 12). Zudem ist eine große Variabilität in dem zur Verfügung stehenden Ausgangsmaterial vorhanden, und eine Kombination mit agronomisch wichtigen Merkmalen wie angepaßter Vegetationsdauer und hoher Tausendfruchtmasse scheint möglich. Unter den dreijährig geprüften Mustern waren acht Zuchtsorten, die, bis auf die deutsche Sorte 'Corry' (CORI 186), für die Nutzung des ätherischen Öls gezüchtet oder wenigstens gehandelt werden bzw. wurden. Im einzelnen handelte es sich um folgende Sorten: 'Thüringer' (deutsche Herkunft, CORI 14), 'Rodina' (CORI 20), 'Lu...' (CORI 21), 'Budakalaszí Rekord' (CORI 25), 'Tminovidnyi' (CORI 28), 'Hrubcicky' (CORI 30) und 'Jantar'' (CORI 215). Für die Sorte 'Jantar'' werden in der russischsprachigen Literatur Gehalte von bis zu 2,2 % an ätherischem Öl beschrieben (Luk'janov u. Reznikov 1976), während bei den Untersuchungen in Gatersleben im dreijährigen Mittel 1,10 % festgestellt wurden (s. Tab. A12). Die Umweltbedingungen zur Zeit der Abreife sind im südlichen Teil des europäischen Rußlands und in der Ukraine aufgrund des kontinentalen Klimas für Koriander besser als in Deutschland; lediglich der Sommer 1995 lieferte vergleichbare Ergebnisse. Erstaunlich ist allerdings, daß keine der übrigen Sorten im dreijährigen Mittel auch nur Gehalte an ätherischem Öl von über 1,00 % hatte. Dafür fanden sich in 17 anderen Herkünften, bei denen es sich um Landsorten handelt, Gehalte an ätherischem Öl zwischen 1,00 % und 1,42 % (vergl. Tab. A12: CORI 11, CORI 27, CORI 52, CORI 54, CORI 56, CORI 62, CORI 65, CORI 71, CORI 73, CORI 80, CORI 103, CORI 107, CORI 112, CORI 151, CORI 173, CORI 191, CORI 209). Eines dieser Muster stammt aus deutscher Handelsware, während die übrigen auf Sammelreisen gefunden wurden. Die Ursprungsgebiete waren dabei Georgien (12 Muster), China (1), Tadschikistan (1), Ukraine (1) und Rumänien (1). Gemäß der vorgeschlagenen infraspezifischen Klassifikation fallen diese Muster alle in die Kaukasische Gruppe der Subspezies *microcarpum*. An diesem Sachverhalt wird einerseits deutlich, welches Potential selbst für eine einfache Auslesezüchtung in den Landsorten liegt, andererseits zeigt sich, daß auf Sammelreisen sehr interessantes Material zusammengetragen wurde. Dabei muß bemerkt werden, daß diese Sammelreisen nicht dem Ziel dienen, Koriander besonderer Qualität zusammenzutragen, sondern ein breiter Ansatz der Sammlungstätigkeit zugrunde lag (vergl. Hammer 1996).

Aufgrund der hohen Heritabilitäten scheint es sogar möglich, auf züchterischem Wege Einfluß auf die qualitative Zusammensetzung des ätherischen Öls zu nehmen, und so z.B. den Gehalt an Campher in den kaukasischen Typen herabsenken zu können. Für eine Sortenbeschreibung wären nicht nur der Gehalt an, sondern auch die Anteile der Monoterpene am ätherischen Öl ein wünschenswertes

Merkmal.

Ganz anders stellt sich die züchterische Ausgangslage bei der Bearbeitung des Korianders in Richtung auf die Nutzung des fetten Öls. Die geringen Heritabilitäten lassen erkennen, daß die Muster allenfalls ein genetisch bedingtes Potential zur maximalen Einlagerung von fettem Öl in das Endosperm besitzen. Das Verhalten der extremen Herkünfte der Syrischen Gruppe verdeutlicht das (vergl. Tab. A12: CORI 82, CORI 86, CORI 136, CORI 137, CORI 140). In den Jahren 1994 und 1995 fand die Abreife dieser sehr spät blühenden Herkünfte noch bei trockener und warmer Witterung statt, sie erreichten in beiden Jahren die höchsten Gehalte an fettem Öl von über 25 %. Im feuchtkühlen Sommer 1996 lag bei denselben Mustern der Ölgehalt zwischen 15,17 % und 18,36 %, und sie fielen damit in diesem Jahre in den Bereich der Muster mit den geringsten Gehalten überhaupt (vergl. Tab. A8). An dieser Beobachtung wird deutlich, daß bei dem Merkmal Ölgehalt eine indirekte Selektion auf Fruchttertrag bei gleichzeitiger Frühreife eher zum Ziel führen wird, als eine direkte Selektion auf hohen Ölgehalt. Eine züchterische Bearbeitung der Zusammensetzung an Fettsäuren ist ebenfalls aufgrund der geringen Heritabilitäten der Fettsäurenanteile schwierig. Die höchste Heritabilität bei gleichzeitiger negativer Korrelation mit dem Anteil der Petroselinensäure zeigte die doppelt ungesättigte Linolsäure. Eventuell könnte eine indirekte Selektion auf geringen Gehalt an Linoläure den Anteil der Petroselinensäure erhöhen. Eine eingehendere Betrachtung der physiologischen Vorgänge während der Abreifephase wäre notwendig, um diese Zusammenhänge zu beurteilen. Die große Bedeutung der Abreifephase auch für die Zusammensetzung des fetten Öls (vergl. Abb. 3) lassen es allerdings wesentlich aussichtsreicher erscheinen, ebenso wie beim Ölgehalt, auf das Zusammenfallen von genetisch bedingter Entwicklungsdauer und den Standortgegebenheiten züchterisch hinzuarbeiten. Interessant ist in diesem Zusammenhang die relativ starke Korrelation der vom Anteil her nur in geringen Mengen vorhandenen, einfach ungesättigten Vaccensäure mit einem geringen Gehalt an ätherischem Öl (vergl. Tab. A10).

Eine neue Aufgabe für die Pflanzenzüchtung besteht in der auch für Mitteleuropa aussichtsreich einzuschätzenden Gemüsenutzung des Korianders. In dieser Richtung gibt es aufgrund der stärkeren Nachfrage aus den USA schon Aktivitäten (Firma „Darbonne,,“, Milly-la-Forêt, Frankreich; Firma „Johnny’s Selected Seeds,,“, Albion, Maine, USA). Für die Ganzpflanzennutzung sind die Herkünfte der Kaukasischen Gruppe unmittelbar geeignet. Schwieriger ist es, für die Schnittnutzung geeignete Formen zu finden, da hierbei besondere Anforderungen gestellt werden. So ist neben der Wüchsigkeit und den aromatischen Qualitäten auch eine optische Qualität der getrockneten Blätter gefordert. Insbesondere ist eine dunkle Verfärbung des Ernteguts durch Anthocyane unerwünscht. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß die spätreifenden Herkünfte, und so besonders die für die Schnittnutzung geeignet erschei-

nenden Herkünfte der Mittelasatischen Gruppe, zu starker Anthocyanbildung neigen. Es dürfte nicht schwierig sein, die rezessiv bedingte Abwesenheit von Anthocyanen, die in verschiedenen Herkünften beobachtet wurde, züchterisch in diesen Formenkreis zu übertragen. Ebenfalls ist für diese Nutzungsrichtung Winterhärte als Merkmal von Bedeutung, weil bei Herbstsaat ein verlängerter Nutzungszeitraum möglich würde. Die wertgebenden Inhaltsstoffe der Blätter sind einerseits die hohen Gehalte an den Vitaminen A und B2 (Girenko 1982, Prakash 1990), geschmacklich aber besonders aldehydische und alkoholische Verbindungen, von denen Potter und Fagerson (1990) insgesamt 41 Komponenten angeben, die 4 mg/g Frischmasse der Blätter ausmachen. Die Vermutung liegt nahe, daß sich die genetische Vielfalt des Korianders auch in diesen Substanzen ausdrückt, und vielerlei Geschmacksrichtungen gefunden bzw. gezüchtet werden können. Die große Variationsbreite verbunden mit starker Erblichkeit der Merkmale, die die vegetativen Pflanzenteile betreffen (vergl. Tab. 12), deuten darauf hin, daß sich für die Gemüsenutzung züchterisch ein reiches, erfolgversprechendes Arbeitsfeld auftut.

Für die züchterische Bearbeitung der bakteriellen Doldenwelke (*Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola*) ist darauf hinzuweisen, daß von T. A. Al-Shinawi (1993) in Göttingen ein Screening für Resistenz durchgeführt wurde, bei dem inzwischen 109 Muster hauptsächlich der Subspezies *microcarpum* des Gaterslebener Sortiments berücksichtigt wurden. Bei 28 Herkünften wurde eine Resistenz gefunden, und 3 von diesen Mustern erwiesen sich als hoch resistent gegenüber dem bakteriellen Krankheitserreger. Eine Regelmäßigkeit im geographischen Auftreten der Resistenz läßt sich nicht erkennen: Innerhalb der Subspezies *microcarpum* gab es resistente Herkünfte bei Mustern der Kaukasischen, der Mittelasatischen und der Syrischen Gruppe.

Bei den Ergebnissen der für 192 Muster abgeschlossenen Charakterisierung und der Evaluierung der Fruchtöle des Korianders in der Kollektion der Genbank Gatersleben bleibt für den Pflanzenzüchter als potentiellm Nutzer dieser Informationen zu bedenken, daß es sich bei den als Einheit erhaltenen und untersuchten Mustern um Populationen handelt. In drastischer Form wird das an einem Muster aus China der Subspezies *sativum* (CORI 9) deutlich: Bei den vorgenommenen Resistenzuntersuchungen stellten sich Pflanzen dieses Musters als hoch resistent gegenüber dem Erreger der bakteriellen Doldenwelke heraus; diese Pflanzen fanden bereits erfolgreich Eingang in ein Resistenzzüchtungsprogramm. Für die gesamte Population wurde allerdings bei den Feldbonituren im Versuchsjahr 1994 ein Totalausfall wegen krankheitsbedingten vorzeitigen Absterbens notiert. Es ist demnach immer mit einer Restvariabilität innerhalb der Muster zu rechnen, die den Reichtum an genetischer Vielfalt erhöht, dessen Nutzung jedoch nicht in jedem Fall erleichtert.

Der Rückgriff auf den sekundären oder tertiären Genpool für die züchterische Bearbeitung des

Korianders scheint aufgrund der vorhandenen großen Variabilität innerhalb des zur Verfügung stehenden primären Genpools der Art selbst nicht notwendig.

Zusammenfassend bleibt für die züchterische Bearbeitung des Korianders festzustellen, daß die Art eine große genetische Diversität aufweist und somit für die vielfältigen Nutzungsrichtungen geeignete Ausgangsformen für eine züchterische Verbesserung gefunden werden können.

4.4 Bedeutung der Ergebnisse für die Erhaltung der biologischen Vielfalt

Die Darstellung der Variabilität des Korianders hat gezeigt, daß Muster von Sammelreisen in ganz besonderer Weise dazu beigetragen haben, einen Überblick über die Variationsbreite der Art anhand der vorgenommenen Charakterisierung und Evaluierung zu ermöglichen. Dabei wurden nicht nur unter taxonomischen, sondern auch unter züchterischen Gesichtspunkten äußerst interessante Formen zusammengetragen. Die meisten Muster wurden innerhalb der letzten 25 Jahre an ihren In-situ-Standorten, d.h. in einer Landwirtschaft vorgefunden, die diese Vielfalt kultiviert. Leider muß davon ausgegangen werden, daß, aufgrund ökonomischer Zwänge, diese Vielfalt akut bedroht oder gar schon verloren ist. Für Georgien, das eine wichtige Region für die Herausbildung besonderer Formen des Korianders darstellt, berichtete Beridze (1995) über den großen Verlust an genetischen Ressourcen innerhalb der Landwirtschaft in den letzten zehn Jahren. In den weltweit vorhandenen Kollektionen von Koriander befinden sich schätzungsweise 1500 Muster der Kulturpflanze. Die in dieser Arbeit gezeigte Variationsbreite der Art, bei der einige der benannten Gruppen nur durch wenige Muster repräsentiert waren, läßt darauf schließen, daß eine bei weitem größere Vielfalt der Art besteht, die nicht in den bestehenden Ex-situ-Kollektionen erhalten wird. Es sollten deshalb alle Bemühungen gefördert werden, die den Erhalt und die Entwicklung vielfältiger landwirtschaftlicher Strukturen ermöglichen, wenn man effektiv die Erhaltung der Kulturpflanzenvielfalt betreiben will. Ex-situ-Kollektionen sind noch störanfälliger gegenüber gesellschaftlichen Umwälzungen als eine vielfältige Landwirtschaftsstruktur, wie die gegenwärtig äußerst schwierige Situation sehr bedeutender Kollektionen pflanzengenetischer Ressourcen zeigt.

Die geographische Verteilung der Variabilität läßt besonders im Nahen und Mittleren Osten sowie in Mittelasien noch das Vorkommen von Übergangsformen zwischen den beschriebenen infraspezifischen Gruppen des Korianders erwarten. Auch in Nepal lassen sich Formen des Korianders vermuten, die für eine Aufklärung der Evolution der Kulturpflanze von Bedeutung wären. Ebenfalls wäre es interessant der Frage nachzugehen, ob sich in Äthiopien noch Formen der vor 1930 von Vavilov dort

gesammelten Muster im Anbau befinden. Die Besonderheit der Äthiopischen Gruppe des Korianders ist erstaunlich, und es wäre wichtig, zu untersuchen, ob sich hier die bei Ivanova u. Stoletova (1990) beschriebene großfrüchtige Form var. *arabicum* Stolet. finden läßt. An diesem Beispiel wird deutlich, welchen Wert klassisch botanische Arbeiten, verbunden mit einer Dokumentation der untersuchten Pflanzen in Herbarien, zur Untersuchung der gegenwärtig brisanten Fragen zum Verlust an biologischer Vielfalt haben. Ein wesentlicher Beitrag, den Genbanken für die Erhaltung der biologischen Vielfalt leisten können, besteht deshalb darin, einen Überblick über die vorhandene genetische Diversität zu geben, und damit überhaupt ein Bewußtsein für die geleistete Kulturarbeit der Pflanzen anbauenden und züchtenden Menschen zu ermöglichen. Eine solide durchgeführte infraspezifische Gliederung einer Art erleichtert dabei die Verständigung. Es ist ein Grundbedürfnis des Menschen, seine Umgebung begrifflich zu durchdringen und nur so kann er gestaltend darin tätig werden. Verlust an Biodiversität wird meistens zunächst mit Artensterben verbunden. Darüber, daß der Verlust einer Art beklagenswert ist, besteht ein gesellschaftlicher Konsens. Das liegt daran, daß man im allgemeinen einen, wenn auch oft unklaren Begriff davon hat, was eine Art ist. Für Wildpflanzen wird deshalb zunehmend die Bedeutung des Wissenschaftszweigs der Systematik und deren Teildisziplin Taxonomie erkannt (Vane-Wright 1996). Bei Kulturpflanzen hingegen ist es falsch von Artensterben zu sprechen, sondern es müßte von Sortensterben gesprochen werden. Auf diesem Gebiet fehlt im allgemeinen das Verständnis. Paradoxerweise macht man sich offenbar mehr Gedanken und Sorgen um die vom Menschen weniger bewußt gestaltete, uns umgebende Natur, als über die unmittelbar von unseren Intentionen abhängige Kulturarbeit an der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft und im Gartenbau. Bei Pflanzenzüchtern dagegen kann oft ein Verständnis für diese Fragen vorausgesetzt werden; sie befinden sich allerdings unter denselben gegenwärtig obwaltenden ökonomischen Zwängen wie die Landwirtschaft auch, und geraten deshalb in die widersprüchliche Situation, durch ihre eigenen, genetisch homogenen Schöpfungen in der den Züchtungsfortschritt nutzenden Landwirtschaft die Vielfalt zu verdrängen, von der sie letzten Endes abhängig sind (Hawkes 1994).

Für die konkrete Arbeit an der Erhaltung der genetischen Vielfalt des Korianders kann die vorgeschlagene infraspezifische Klassifikation genutzt werden, um sich einen Überblick über die bestehenden Kollektionen zu verschaffen. Es würde sich zeigen, an welchen Stellen die Gruppierung eventuell erweitert werden müßte. Durch Anwendung der vorgeschlagenen Gruppierung kann die Verständigung zwischen den Bearbeitern dieser Fruchtart erleichtert werden. Wenn die mit einem richtig vergebenen Namen einer infraspezifischen Gruppe verbundene Information von anderen verstanden wird, ist maximaler Informationsaustausch bei geringstem Aufwand möglich.

Bei der Gruppierung wurden bewußt Merkmale bevorzugt herangezogen, die bei der Erkundung von Kulturpflanzenfloren auf Sammelreisen ohne apparativen Aufwand bestimmt werden können, so daß eine Beurteilung der Pflanzen an ihrem In-situ-Standort in gewissen Grenzen möglich erscheint. Dadurch wird eine zielgerichtete Sammlungsarbeit ermöglicht und gleichzeitig ist die Gruppierung auch für interessierte Menschen, die der Kulturpflanzen-taxonomie ferner stehen, nachvollziehbar. Dabei wurde auch an die auf dem Gebiet der Erhaltung der Biodiversität engagierten Nichtregierungsorganisationen gedacht (Arrowsmith 1993).

Eine sorgfältige Beobachtung und daran gebildete Begrifflichkeit der vorhandenen Variabilität einer Kulturpflanze bildet die einzig vernünftige Entscheidungsgrundlage, wenn es gilt, eine Auswahl von Mustern aus einer oder mehreren Kollektionen zu treffen, die charakteristische Eckpunkte der Gesamtvariabilität darstellen. Eine solche Auswahl wurde z.B. in der vorliegenden Arbeit bei der Festlegung der Muster für den Versuch zur Herbstaussaat getroffen. Vor der Entscheidung, solche Auswahlen zu treffen, stehen die Kuratoren großer Kollektionen pflanzengenetischer Ressourcen ständig, denn die Anfragen der Nutzer der Kollektionen sind oft wenig präzisiert. Eine infraspezifische Klassifikation erleichtert solche Entscheidungen wesentlich, weil im einfachsten Fall ein Muster als Repräsentant jeder infraspezifischen Gruppe herangezogen werden kann, und damit schon ein guter Querschnitt durch die verfügbare Vielfalt gewährleistet ist. Leider mangelt es oft, wie in der Einleitung erwähnt, an solchen Übersichten und erst recht an systematischen Gliederungen. Kuratoren größerer Kollektionen fehlt damit ein wichtiges Instrumentarium, einen Überblick über die Sammlung zu bekommen. Dieser Thematik widmete van Hintum (1994) eine Arbeit unter dem hier ins Deutsche übersetzten Titel: „Im Genepool ertrinkend,“. Van Hintum schlägt in seiner Arbeit ebenfalls verschiedene Gruppierungen am Objekt Gerste (*Hordeum vulgare* L.) vor, die schließlich die Grundlage zur Bildung einer „Core-Collection,“ bilden. Auch wenn bei van Hintum die Gruppierungen weniger auf klassisch botanischen Kriterien beruhen, so stellen sie doch eine andere Annäherung an das Problem dar, das in der vorliegenden Arbeit für den Koriander bearbeitet wurde. Ad absurdum geführt werden allerdings solche Auswahlen repräsentativer Muster, wenn man dazu übergeht, diese mehrfach zu selbstem, um genetisch homozygote Linien zu erzeugen, wie es schließlich im Verfolg der Anregungen van Hintums bei der Gerste geschah (Knüpfner u. van Hintum 1995). Eine solche „Core-Collection,“ verliert an genetischer Information und der Bezug zu den jedes Muster begleitenden Paßportdaten wird damit sehr vage. Bei Landsorten, die solchen Prozeduren unterworfen werden, geht auf diese Weise gerade die sie charakterisierende genetische Vielfalt verloren, und die Auswahl der zu selbstenden Einzelpflanzen muß unsicher bleiben. Solche Arbeiten haben sicherlich interessante Aspekte, sind jedoch der Erhaltung der genetischen

Vielfalt, so sie denn primäres Interesse der Genbankarbeit ist, wenig dienlich (vergl. Plarre 1997). Zur Klärung wichtiger Detailfragen sind diese Herangehensweisen jedoch notwendig. Homozygote Linien wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit in begrenzter Anzahl ebenfalls erzeugt, um Untersuchungen zum Erbgang auffälliger Merkmale durchzuführen. Außerdem bieten sie wertvolles Ausgangsmaterial zur Untersuchung bestäubungsbiologischer Fragen, die bei potentiellen Fremdbefruchtern wie dem Koriander von unmittelbarem Interesse für den Reproduktionsanbau sind. In gleicher Weise können molekulare Methoden zur Klärung wichtiger Detailfragen herangezogen werden. Es wäre interessant, die angestellten Überlegungen zur Evolution des Korianders anhand einiger Muster mit diesen Methoden zu überprüfen. Ebenso wäre es wünschenswert, genauere Aussagen zur genetischen Diversität innerhalb eines Musters beim Koriander anhand von Einzelpflanzenuntersuchungen auch mit molekularen Methoden zu erarbeiten. Daraus ergäben sich unter populationsgenetischen Gesichtspunkten wichtige Hinweise für die Gestaltung der Sammlungstätigkeit und des Reproduktionsanbaus. Wenn jedoch diese Techniken, die hohen Aufwand erfordern, als primäre Grundlage zur Erfassung der biologischen Vielfalt verstanden werden, wird das Pferd gleichsam beim Schwanz aufgezäumt. Außerdem werden durch einseitige Betonung dieser Methoden den Ländern, die reich an genetischer Vielfalt aber nicht an technisch aufwendigen Instrumentarien zu ihrer Erfassung sind, nicht die zunächst dringenden Hilfsmittel für eine Erfassung der Diversität gegeben. Dafür scheint eine handfeste Gruppierung wie die vorgeschlagene brauchbarer. Eine solche kann nur erarbeitet werden, wenn wenigstens zeitweise große Kollektionen an einem Ort bestehen, um die entscheidenden Deskriptoren festzulegen. Auch wenn dabei zunächst viele genetisch mehr oder weniger nahe verwandte Muster einer Region zusammengetragen werden, wie es im vorliegenden Fall für die Herkünfte des Korianders aus Georgien gilt, so steckt auch darin eine wertvolle Information, weil nur so erkannt werden kann, welchen Umfang die Diversität innerhalb einer Region aufweist.

Im Sinne der Kulturpflanzenforschung wäre es ein schwerer Fehler, wenn Genbanken dazu übergängen, ihre begrenzten Kapazitäten dafür zu verwenden, die vorhandenen Muster durch Selektion auf gegenwärtig züchterisch interessant erscheinende Eigenschaften in ihrer Struktur zu beeinflussen. Ein Erkennen evolutionsbiologischer Zusammenhänge würde für zukünftige Untersuchungen an lebenden Pflanzen unmöglich gemacht. Genbanken würden allein schon aufgrund der von ihnen zu betreuenden großen Anzahl von Arten nur eine diletantische züchterische Vorarbeit leisten können, wobei die Kulturpflanzenforschung verlöre und die Pflanzenzüchtung nichts gewönne. Aus demselben Grunde muß die Zusammenfassung morphologisch ähnlicher oder identischer Muster zu größeren, einfacher zu handhabenden Populationen abgelehnt werden, wie sie bei Kohl (*Brassica oleracea* L.) durchgeführt

wurde (van Hintum et al. 1996). Ob Genbanken sich auf Dauer den in Richtung auf eine Verarmung der genetischen Vielfalt innerhalb ihrer Kollektionen drängenden Zwängen entziehen können, scheint zweifelhaft. Um so wichtiger ist es, mit Kreisen auch außerhalb der Wissenschaft in Verbindung zu treten, die sich ebenfalls um die Erhaltung und Entwicklung der biologischen Vielfalt bemühen.

Es besteht geradezu eine Gefahr darin, wenn ein hoher Einsatz an apparativem Aufwand und schwieriger Technik bei der Bearbeitung der Fragen zur Erhaltung und Beschreibung der biologischen Vielfalt als notwendige Voraussetzung oder gar als das einzige Kriterium für Wissenschaftlichkeit erachtet wird. Es entsteht die Tendenz, zu viel Energie für technisch aufwendige Methoden zur Beschreibung der Vielfalt einzusetzen und den eigenen Sinnen nicht mehr zu vertrauen. Die Begriffe, die man sich über die biologische Vielfalt bildet, fußen zunehmend nicht mehr auf einer geschulten Wahrnehmung der Wirklichkeit, sondern die zwischengeschaltete Technik erlaubt nur noch das zu beobachten, was ihrer eigenen Matrix entspricht. Der vordringliche Erhalt der Vielfalt wird dadurch gefährdet und die Verständigung mit andern, die ganz konkret in Landwirtschaft und Gartenbau mit biologischer Vielfalt umgehen, wird auf diese Weise nicht erleichtert. Ähnliche Gedanken, bezogen auf die Systematik, äußerte Mansfeld (1962) bereits vor mehr als dreißig Jahren.

In dieser Arbeit wurde versucht, bei der Bearbeitung des Korianders von einer unvoreingenommenen Beobachtung an der Pflanze auszugehen, und die angestellten Beobachtungen zu ordnen. Allein schon die Auswahl der erhobenen Merkmale beeinflussten in erheblicher Weise das Ergebnis dieser Arbeit. Während der Anlage, Durchführung und Auswertung der Feldversuche wurden ständig weitere Entscheidungen getroffen, die ebenfalls die hier vorgelegten Ergebnisse bestimmten. Anspruch auf Objektivität der Untersuchung und Schlußfolgerungen im üblichen Sinne kann nicht erhoben werden. Ganz entschieden waren jedoch die Bemühungen darauf gerichtet, zu den dargestellten Ergebnissen und Betrachtungen auf nachvollziehbare Weise zu kommen.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt anhand der Kollektion von Koriander (*Coriandrum sativum* L.) der Genbank in Gatersleben die biologische Vielfalt dieser Kulturpflanze dar. Es konnten insgesamt 290 verschiedene Herkünfte einer Charakterisierung anhand morphologischer und phänologischer sowie agronomisch bedeutender Merkmale und einer Evaluierung des Gehalts und der Zusammensetzung von ätherischem und fettem Öl in den Früchten unterzogen werden. Die in einem dreijährigen Vergleichsanbau an 192 Herkünften gesammelten Daten wurden als Grundlage für die Erarbeitung einer infraspezifischen Klassifikation der Art verwendet. Zusätzlich wurden einige Untersuchungen an anderen Arten aus der Tribus Coriandreae angestellt, um die Bedeutung dieser für die Evolution der Kulturpflanze Koriander zu klären und die Relevanz dieser Arten für die züchterische Bearbeitung des Korianders zu beleuchten.

Hohe Erblichkeiten und damit hohen diagnostischen Wert haben die an den vegetativen Pflanzenteilen bestimmten Merkmale Anzahl der Basalblätter, Form der Basalblätter und die Beblätterung der Pflanze insgesamt. Von den an den generativen Pflanzenteilen bestimmten Merkmalen sind die Fruchtgröße, bestimmt als Tausendfruchtmasse, und die Form der Früchte wichtige Merkmale. Zur sicheren Unterscheidung von drei Subspezies des Korianders (subsp. *sativum*, subsp. *microcarpum* DC., subsp. *indicum* Stolet.) sind diese Merkmale hinreichend. Durch die Unterschiede in Gehalt und die Zusammensetzung des ätherischen Öls wird die Einteilung in die Subspezies bestätigt.

Ein dichotomer Schlüssel dient zu Bestimmung der infraspezifischen Gruppen. Innerhalb der Subspezies lassen sich Gruppen morphologisch unterscheiden, die sich in bestimmten geographischen Regionen herausgebildet haben, wobei gleichartige Formen, die entweder die vegetative Entwicklung oder die schnelle Bildung meist großer Früchte als Hauptcharakteristik zeigen, unabhängig voneinander selektiert wurden. Die subsp. *sativum* umfaßt die an mitteleuropäische Klimabedingungen am besten angepaßten Formen und großfrüchtige, gering beblätterte Herkünfte aus dem mediterranen Raum und Vorderasien. Zu den schwerpunktmäßig aus dem Kaukasus kommenden Herkünften der subsp. *microcarpum* DC. gehören alle Muster mit den höchsten Gehalten an ätherischem Öl. Die subsp. *indicum* Stolet. umfaßt drei Gruppen aus Indien, Bhutan und Oman, die durch geringe Gehalte an ätherischem Öl mit geringen Anteilen von Campher, Myrcen und Limonen gekennzeichnet sind. Wegen des äußerst geringen Gehalts an ätherischem Öl und der Bildung großer basaler Blattrossetten sind einige Herkünfte aus Syrien als besonderer Morphotyp und Chemotyp zu bezeichnen. Eine charakteristische Gruppe läßt sich für Äthiopien unterscheiden, wobei nur vor 1930 von N. I. Vavilov gesammelte Muster

zur Verfügung standen und nicht bekannt ist, ob diese Formen noch kultiviert werden. In Mittelasien finden sich besonders blattreiche Formen des Korianders, die für dessen Nutzung und Züchtung als Gemüsepflanze besonders geeignet sind. Vergleiche mit Literaturangaben und Herbarmaterial lassen bisher ungenügend beschriebene Formen des Korianders im Mittleren Osten erwarten, die Übergangsformen zwischen den Subspezies darstellen.

Die Ergebnisse einer Hauptkomponentenanalyse bestätigen die hauptsächlich morphologisch orientierte Klassifikation. Die Anwendung der vorgeschlagenen Klassifikation unterstützt eine effiziente Handhabung großer Sammlungen.

Begleitende Untersuchungen zeigen, daß Koriander ein fakultativer Fremdbefruchter ist. Eine starke Fiederung der Blattspreite der basalen Blätter und die Fähigkeit zur Anthocyanbildung werden dominant vererbt. Die Merkmale sind nicht miteinander gekoppelt.

Nach Blühende steigt der Gehalt an fettem Öl und der Anteil der Petroselinsäure an. Der Gehalt und die Zusammensetzung des fetten Öls sind sehr stark umweltabhängig, und sie werden, ebenso wie der Gehalt an ätherischem Öl, durch trockenes, warmes Wetter nach dem Einsetzen der Blüte bis zur Abreife gefördert. Züchterisch kann auf Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls starker Einfluß genommen werden. Die große, innerhalb der Art zur Verfügung stehende Variabilität bietet reiches Ausgangsmaterial für eine züchterische Bearbeitung der verschiedenen Nutzungsrichtungen des Korianders.

Winterfestigkeit kennzeichnet die Muster mit basalen Blattrosetten. Ein Winteranbau von Koriander zur Blatt- und Fruchtnutzung ist möglich.

Die Arten *Bifora radians* und *B. testiculata* sind Unkräuter vom konvergenten Entwicklungstyp; die Früchte dieser Arten enthalten kein ätherisches, aber dem Koriander vergleichbare Mengen an fettem Öl.

Abstract

The collection of coriander (*Coriandrum sativum* L.) germplasm at the Gatersleben Genebank was used to study the range of variation of this species. 290 accessions were subject to a characterization by morphological, phenological and agronomical important traits. Furthermore, an evaluation was done by investigating the content and the composition of the volatile oil and the fatty oil of the fruits. The results of three years of field trials have been completed for 192 accessions. These data were used to work out an infraspecific classification of the species. In addition, some other species of the tribus Coriandreae have been investigated in order to clarify their role for the evolution of the cultivated species. Their relevance for breeding of coriander is discussed.

High heritabilities and thus a high diagnostic value for taxonomical purposes show several traits of the vegetative parts of the plant, i. e. 'number of basal leaves', 'shape of the blade of the basal leaves' and 'degree of foliation of the plant'.

From the generative parts of the plants the traits 'weight of 1000 fruits' and 'shape of the entire fruits' are important. The mentioned characters are sufficient to distinguish three subspecies of coriander (subsp. *sativum*, subsp. *microcarpum* DC., subsp. *indicum* Stolet.). The traits describing the content and the composition of the volatile oil support to differentiate these subspecies.

Within the subspecies there can by morphological characters be distinguished groups, which have different geographical origin. A dichotomous key for determination of the subspecies and groups is elaborated. The groups thereby sometimes show parallelism of development in geographic different areas. They either have a long vegetation period and many leaves, or a short vegetation period, few leaves and large fruits. The subsp. *sativum* is well adapted to the temperate climate of Central Europe and also contains the accessions with large fruits and very few leaves from the Mediterranean area and the Near East. Small fruits and a high content of essential oil shows the subsp. *microcarpum* DC., for which the accessions of the Caucasus are typical and have the highest content of essential oil. The subsp. *indicum* Stolet. is made up by three distinct geographical groups from India, Bhutan and Oman, which are characterized by low content of essential oil. The components campher, myrcen and limonen are missing or only of low percentage in the subsp. *indicum* Stolet.

A distinct group, which originates from Syria, contains no or very few volatile oil and forms huge basal leaf rosettes. It represents a distinct chemotype and morphotype. Some accessions from Ethiopia, which were collected by N. I. Vavilov before 1930, differ morphologically. It is unknown, whether such forms are still grown in Ethiopia. Leafy forms of coriander origin from Central Asia; they seem perspective for breeding of vegetable coriander. From literature and herbarium specimens it can be judged, that there exist further forms of coriander in the Middle East, which might be missing links between the described subspecies.

A principal component analysis confirmed the proposed way of infraspecific classification, which is mainly based on morphological traits. Therefore, such classification seems very useful for management of large genebank collections.

Additional investigations proved that coriander is a facultative cross pollinator. The inflexion of the primary stem leaves and the ability to produce anthocyanins show dominant inheritance. These characters are not linked with each other.

During ontogenesis the content of fatty oil and the percentage of petroselinic acid increase after flowering is finished. Content and composition of the fatty oil are very much influenced by environment. Warm and dry climate during ripening increases both of them as well as the content of volatile oil. The content and the composition of the volatile oil are more dependent on the genotype and, therefore, can be influenced by breeding more easily. There is an enormous range of variation available within the species for breeding coriander for its different uses.

Winter hardiness can be found in the accessions with many basal leaves, therefore, it could become a winter annual crop.

The species *Bifora radians* and *B. testiculata* are weeds of the convergent type; the fruits of them contain no volatile oil, but the fatty oil content is within the range of variation of coriander.

6 Literaturverzeichnis

- Alborisvili, C. A., 1971: Izmencivost' chozjajstvenno-biologiceskich osobennostej salata i koriandra v zavisimosti ot srokov poseva [Variability of economical and biological characters of lettuce and coriander cultivars in relation to sowing dates] (Russ., Engl. abstr.). - Tr. po prikl. bot., gen. i sel. **45**, 216-227.
- Alborisvili, C. A., 1984: Perspektivnye sorta listovyh zelenykh ovosnykh kul'tur [Promising varieties of vegetable herbs] (Russ., Engl. abstr.). - Naucn. techn. bjull. VIR im. Vavilova **141**, 53-56.
- Alefeld, Fr., 1866: Landwirthschaftliche Flora. - S. 165, Wiegandt & Hempel, Berlin.
- Al-Shinawi, T. A., 1993: Untersuchungen zur Anfälligkeit verschiedener Korianderherkünfte (*Coriandrum sativum* L.) für den Erreger der "Bakteriellen Doldenwelke" *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola*. - Magisterarbeit, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Universität Göttingen.
- Arrowsmith, N., 1993: Informelle Einrichtungen zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in Europa. - Votr. Pflanzenzüchtg. **25**, 156-158.
- Baur, E., 1914: Die Bedeutung der primitiven Kulturrassen und der wilden Verwandten unserer Kulturpflanzen für die Pflanzenzüchtung. - Jahrb. dt. Landw. Ges. **29**, 104-110.
- Becker, H., 1993: Pflanzenzüchtung. - S. 156-164, Ulmer, Stuttgart.
- Beridze, R. K., 1996: Collection missions and cultivated plants in Georgia. - Schriften zu Genetischen Ressourcen **4**, 217-223.
- Beridze, R. K., P. Hanelt, D. Mandzgaladze & K. Pistrick, 1986: Collection of plant-genetic resources in the Georgian SSR 1986. - Kulturpflanze **35**, 335-353.
- Bhandari, M. M. & A. Gupta, 1991: Variation and association analysis in coriander. - Euphytica **58**, 1-4.
- Borodin, A. M. (ed.), 1984: Krasnaja kniga SSSR [Red Book of the USSR] (Russ.). - 2nd ed., pp. 51-53, Izdatel'stvo „Lesnaja promyšlennost'“ Moskva.
- Bykova, B. A. (ed.), 1981: Krasnaja kniga kazachskoj SSR, čast 2, rastenija [Red Book of the Kazakhic SSR, Part 2, Plants] (Russ.). - pp. 130-132, Nauka, Alma-Ata.
- Candolle, A. P. de, 1830: Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis. - Vol. 4, pp. 249-250, Treuttel et Würtz, Paris.

- ukavina, A. P. (ed.), 1984: Flora Tadžikskoj SSR [Flora of the Tadzhik SSR] (Russ.). - Vol. 6, pp. 38-45, Nauka, Leningrad.
- Darwin, C., 1868: The Variation of Plants and Animals under Domestication. - 2nd ed. revised 1875, Murray, London.
- Dambroth, M. & A. Bramm, 1991: Untersuchung über die Eignung semi-domestizierter ölsamenhaltiger Pflanzenarten, insbesondere aus der Familie der Doldenblütler (Umbelliferen) für den Industriepflanzenbau. - In: Bundesamt für Ernährung und Forstwirtschaft (Hrsg.): Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A, Angewandte Wissenschaft, Sonderheft. - S. 375-383, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- Danert, S., 1962: Über Gliederungsprobleme bei Kulturpflanzen. - Kulturpflanze **10**, 350-358.
- Diederichsen, A., 1996: Coriander. - In: J. Heller, J. Engels & K. Hammer (eds): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. - Vol. 3, International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Diederichsen, A. & K. Hammer, 1994: Vielfalt von Koriander im Weltsortiment der Genbank Gatersleben. - Drogenreport **7** (11), 13-17.
- Drude, O., 1898: Umbelliferae. - In: A. Engler & K. Prantl (Hrsg.): Die natürlichen Pflanzenfamilien. - Bd. 3/8, S. 63-250, Engelmann, Leipzig.
- FAO, 1995: Germplasm conserved in genebanks. FAO - World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources. - FAO, Rome.
- FAO, 1996: The State of The World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (Background Documentation prepared for the International Technical Conference on Plant Genetic Resources Leipzig, Germany, 17-23 June 1996). - FAO, Rome.
- Fedorov, A. A., 1969: Chromosome Numbers of Flowering Plants. - Nauka, Leningrad.
- Gildemeister, E. & Fr. Hoffmann, 1931: Corianderöl. - In: E. Gildemeister (Hrsg.): Die ätherischen Öle. - Bd.3, 3. Aufl., S. 455-461, Schimmel & Co., Miltitz bei Leipzig.
- Gimson, P., 1985: Oxfam veg project full of Eastern promise. - Grower **103**, 21.
- Girenko, M. M., 1982: Ischodnyj material i osnovnye napravlenija selekcii nekotorych malorasprotranennyh vidov ovočnyh rastenij [Initial material and basic trends in breeding of some uncommon species of vegetables]. (Russ., Engl. abstr.). - Bjull. VIR im. Vavilova **120**, 33-37.

- Girenko, M. M., A. S. Borodkin & V. M. Sil' enko, 1985: Mestnye populjaccii koriana-dra kak ischodnyj material v selekcii na firnomasli nost' [Local populations of coriander as initial material in breeding for the essential oil content] (Russ., Engl. abstr.). - Nau n. techn. bjull. VIR **148**, 38-41.
- Gladis, Th., 1995: Crossing experiments in cultivated *Brassica oleracea*. - FAO/IPGRI Plant Genetic Resources Newsletter **104**, 32.
- Gladis, Th., O. Diagne, M. Spahillari & K. Hammer, 1996: Reproduction of Medicinal and aromatic plants in the Gatersleben Genebank. - In: F. Pank (ed.): Proceedings International Symposium: Breeding Research on Medicinal and Aromatic Plants, June 30 - July 4, 1996, Quedlinburg, Germany. - pp.25-28, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Quedlinburg.
- Goldblatt, P. & D. A. Johnson, 1994: Index to plant chromosome numbers 1990-1991. - Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden **51** - 26-32.
- Greuter, W. (ed.), 1994: International Code of Botanical Nomenclature (Tokyo Code) - Adopted by the Fifteenth International Botanical Congress, Yokohama, August - September 1993. - Koeltz, Königstein.
- Hammer, K., 1984: Das Domestikationssyndrom. - Kulturpflanze **32**, 11-34.
- Hammer, K., 1988: Präadaptionen und die Domestikation von Kulturpflanzen und Unkräutern. - Biol. Zent.bl. **107**, 631-636.
- Hammer, K., 1993a: Heil- und Gewürzpflanzen in der Genbank Gatersleben. - Drogenreport **6** (10), 16-18.
- Hammer, K., 1993b: The 50th anniversary of the Gatersleben Genebank. - FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsletter **91/92**, 1-8.
- Hammer, K., 1996: Kulturpflanzenforschung und Pflanzengenetische Ressourcen. - Schriften zu Genetischen Ressourcen **4**, 245-283.
- Hammer, K. & W. Hondelmann, 1997: Genbanken. - In: W. Odenbach (Hrsg.): Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung. - S. 23-30, Parey, Berlin.
- Hammer, K. & H. Krüger, 1995: Evaluierung der Dill (*Anethum graveolens* L.) -Kollektion der Genbank Gatersleben. - Drogenreport **8** (13), 20-25.
- Hanelt, P. & K. Hammer, 1995: Classification of intraspecific variation in crop plants. - In: L. Guarino, V. Ramanatha & R. Reid (eds): Collecting Plant Genetic Diversity Technical Guidelines. - pp. 113-120, CAB International, Wallingford.

- Hanelt, P., G. Linne von Berg & M. Klaas, 1993 ('1992'): Taxonomische Untersuchungen zur infraspezifischen Variabilität bei Kulturpflanzen. - Vortr. Pflanzenzüchtg. **25**, 212-227.
- Harlan, J. R. & J. M. J. de Wet, 1971: Toward a rational classification of cultivated plants. - Taxon **20**, 509-517.
- Harten, A. M. van, 1974: Koriander: de geschiedenis van een oud gewas. - Landbouwkundig Tijdschrift **86** (3), 58-64.
- Hawkes, J. G., 1994: The history of crop genetic resources. - In: A. T. Szabó (ed.): Vavilov Lectures 1995, BIO TÀR, Ethnobotany and Ethnobiobiodiversity Ser., Collecta Clusiana. - Vol. 4, pp. 28-39, University of Western Hungary Publ., Mosonmagyaróvár, Sopron, Szombathely.
- Hedge, I. C. & J. M. Lamond, 1972: *Coriandrum* L. - In: P. H. Davis, D. F. Chamberlain & V. A. Matthews (eds): Flora of Turkey. - Vol. 4, pp. 330-331, University Press, Edinburgh.
- Heeger, E. F., 1956: Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues. - S. 361-366, Deutscher Bauernverlag, Berlin.
- Hegi, G. (Hrsg.), 1926: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. - Bd. 5/2, S. 1071-1074, Lehmanns, München.
- Hettterscheid, W. L. A. & W. A. Brandenburg, 1995: Culton versus taxon: conceptual issues in cultivated plant systematics. - Taxon **44**, 161-175.
- Hintum, Th. J. L. van, 1994: Drowning In The Genepool, Managing Genetic Diversity in Genebank Collections. - The Swedish University of Agricultural Sciences, Svalöv.
- Hintum, Th. J. L. van, I. W. Boukema & D. L. Visser, 1996: Reduction of duplication in a *Brassica oleracea* germplasm collection. - Genetic Resources and Crop Evolution **43**, 343-349.
- Hodgkin, T., A. H. D. Brown, Th. J. L. van Hintum & E. A. V. Morales (eds), 1995: Core Collections of Plant Genetic Resources. - John Wiley & Sons., Chister, New York, Brisbane, Singapore.
- Hondelmann, W., 1985: Das Vorkommen einer ungewöhnlichen Fettsäure, der Petroselinensäure, in der Familie der Doldengewächse als Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Ölfrüchte - Bestandesaufnahme und kritische Würdigung. - Landbauforschung Völkenrode **35**, 185-190.
- Ivanova, K. V. & E. A. Stoletova, 1990: Istorija kul'tury i vnutrividovaja klassifikacija koriandra posevnogo (*Coriandrum sativum* L.) [The history of culture and intraspe-

- cific taxonomy of *Coriandrum sativum* L.]. (Russ., Engl. abstr.). - Sb. nau n. tr. prikl. bot., gen. i sel. **133**, 26-40.
- Jansen, P. C. M., 1981: *Coriandrum sativum* L. - In: College of Agriculture, Addis Ababa University, Ethiopia and The Agricultural University, Wageningen, The Netherlands (eds): Spices, condiments and medicinal plants in Ethiopia, their taxonomy and agricultural significance. - pp. 56-67, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Jirásek, V., 1966: Systematika kulturních rostlin a jí tčídící kategorie [Die Systematik der Kulturpflanzen und ihre Klassifizierungskategorien] (Tschechisch, deutsche Zusammenfassung). - Preslia **38**, 267-284.
- Kleiman, R. & G. F. Spencer, 1982: Search for new industrial oils: XVI. Umbelliflorae-seed oils rich in petroselinic acid. - J. Amer. Chem. Soc. **59**, 29-38.
- Knüpffer, H., 1993: Dokumentation pflanzengenetischer Ressourcen. - In: Jutzi S. C. & B. Becker (Hrsg.): Planzengenetische Ressourcen - Erhaltung und multiple Nutzung. Beiträge zur 21. Witzenhäuser Hochschulwoche, 2.-4. Juni 1993. - Der Tropenlandwirt, Beiheft **49**, 79-88.
- Knüpffer, H. & Th. J. L. van Hintum, 1995: The Barley Core Collection: An international effort. - In: T. Hodgkin, A. H. D. Brown, Th. J. L. van Hintum & E. A. V. Morales (eds): Core Collections of Plant Genetic Resources. - pp. 171-186, John Wiley & Sons, Chister, New York, Brisbane, Singapore.
- Kulpa, W. & S. Danert, 1962: Zur Systematik von *Linum usitatissimum* L. - Kulturpflanze, Beiheft **3**, 341-388.
- Laufer, B., 1919: Sino-Iranica. - Field Museum of Natural History Publication 201, Anthropological Series Vol. 15, No.3, pp. 297-299, Blackstone Expedition, Chicago.
- Lawrence, B. M., 1986: Essential oil production, a discussion of influencing factors. - American Chemical Society Symposium Series **317**, 363-369.
- Lehmann, C. O. & R. Mansfeld, 1957: Zur Technik der Sortimentserhaltung. - Kulturpflanze **5**, 108-138.
- Leung, A. Y., 1984: Chinesische Heilkräuter. - S. 122-125, Eugen Diederichs, Mainz.
- Linné, C. von, 1780: Des Ritters Carl von Linné, königlich schwedischen Leibarztes u. u., vollständiges Pflanzensystem nach der dreyzehnten lateinischen Ausgabe und nach Anleitung des holländischen Houttuynischen Werks übersetzt und mit einer ausführlichen Erklärung ausgefertigt. Sechster Theil. Von den Kräutern. - S.152-154, Gabriel Nicolaus Raspe, Nürnberg.

- Löw, I., 1924: Die Flora der Juden. - Bd. 3, S. 441-447, Löwit, Wien & Leipzig.
- Luayza, G., R. Bredan & R. Palomo, 1995: Coriander under irrigation in Argentina. - In: Advances in New Crops. Program & Abstracts of the third national symposium "New crops: new opportunities, new technologies", Indianapolis, Indiana, USA, 22.-25. October 1995. - p. 83, Indianapolis.
- Luk'janov, I. A. & A. R. Reznikov, 1976: Koriandr. - In: A. M. Smoljanova & A. T. Ksendza (eds): firnomasli nye kyl'tury. - pp. 9-57, Kolos, Moskva.
- Mansfeld, R., 1953: Zur allgemeinen Systematik der Kulturpflanzen I. - Kulturpflanze **1**, 138-155.
- Mansfeld, R., 1954: Zur allgemeinen Systematik der Kulturpflanzen II. - Kulturpflanze **2**, 130-142.
- Mansfeld, R., 1959: Vorläufiges Verzeichnis landwirtschaftlich oder gärtnerisch kultivierter Pflanzenarten (mit Ausschluß von Zierpflanzen) - Prodrum enumerationis specierum plantarum agri- et horticulturae (Plantis ornamentalibus exceptis). Die Kulturpflanze **7**, Beiheft 2 - S. 316-317, Akademie-Verlag, Berlin.
- Mansfeld, R., 1962: Über „alte“ und „neue“ Systematik der Pflanzen. - Kulturpflanze, Beiheft **3**, 26-46.
- Mouterde, P. (ed.), 1986: Nouvelle Flore du Liban et de la Syrie. - Vol. 2, pp. 612-613, Dar El-Marcheq Éditeurs, Beyrouth.
- Palamarja, N. S. & A. A. Chotina, 1953: Koriandr [Coriander] (Russ.). - Sel'chozgiz, Moskva.
- Pavlov, N. V. (ed.), 1963: Flora Kazachstana [Flora of Kazakhstan]. (Russ.) - Vol. 4, pp. 286-287, Nauka, Alma-Ata.
- Pimenov, M. G. & M. V. Leonov, 1993: The Genera of the *Umbelliferae*. - In: J. M. Lock (ed.): The Genera of the *Umbelliferae*. - Whistable Litho, Whistable.
- Plarre, W., 1997: Systematik und Taxonomie. - In: W. Odenbach (Hrsg.): Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung. - S. 30-34, Parey, Berlin.
- Potter, Th. L. & I. S. Fagerson, 1990: Composition of coriander leaf volatiles. - J. Food Chem. **38**, 2054-2056.
- Potter, Th. L., I. S. Fagerson & L. E. Craker, 1993: Composition of vietnamese coriander leaf oil. - Acta horticulturae **344**, 305-311.
- Prakash, V., 1990: Leafy Spices. - pp. 31-32, CRC Press Inc., Boca Raton.
- Purseglove J. W., E. G. Brown, C. L. Green & S. R. J. Robbins, 1981 (eds):

- Spices. - Vol. 2, pp. 736-788, Longman, London.
- Reinhardt, L., 1911: Kulturgeschichte der Nutzpflanzen. - Bd. 1, S. 550-551, Reinhardt, München.
- Rickett, H. W. (ed.), 1969: Wild Flowers of the United States. - Vol. 3/1, p. 193, Botanical Garden, New York.
- Röbbelen, G., 1993: The state of new crops development and their future prospects in Northern Europe. - In: K. R. M. Anthony, J. Meadley & G. Röbbelen (eds): New Crops for Temperate Regions. - pp. 22-34, Chapman & Hall, London.
- Romanenko, L. G., 1990: Nasledovanie beloju okraski ven ika cvetka koriandra [Inheritance of white coloration of the corolla in coriander] (Russ.). - In: VsNsojuznyi simpozium "Osnovnye napravlenija nau nych issledovanij po intensivnizacii efirnomaslicnogo proizvodstva", Kisinev, 17. - 19. sentjabrja 1990 g. Tezisy dokladov. - pp. 41-42, Simferopol'.
- Romanenko, L. G. & N. V. Nevkrytaja, 1988: Zimostojkie obraszy koriandra [Winter hardy forms of coriander] (Russ.). - Selekcija i semenovodstvo (Moskva) **1988**, 37-39.
- Romanenko, L. G., N. V. Nevkrytaja & E. JU. Kuznecova, 1991: Osobennosti opylenija koriandra [Features of pollination in coriander] (Russ.). - Selekcija i semenovodstvo (Moskva) **1991**, 16-17.
- Romanenko, L. G., N. V. Nevkrytaja & E. JU. Kuznecova, 1992: O samofertil'nosti u koriandra [Self fertility in coriander] (Russ.). - Selekcija i semenovodstvo (Moskva) **1992**, 25-28.
- Rottmann-Meyer, M.-L., 1993: Modellanbauprojekt Koriander in Niedersachsen. - Gartenbaumagazin **12/1993**, 26-27.
- Schuemer, R., G. Ströhlein & J. Gogolok, 1990: Datenverarbeitung und statistische Auswertung mit SAS, SAS-Versionen 5 (Großrechner) und 6 (PC). - Fischer, Stuttgart, New-York.
- Schulenburg, H. Graf von der, H. Meier zu Beerentrup & H. Toben, 1991: Genetische Analysen über die Vererbung von Ertragsmerkmalen nach Kreuzung verschiedener Korianderformen unter besonderer Berücksichtigung der Resistenz gegen bakterielle und pilzliche Erreger. - In: Bundesamt für Ernährung und Forstwirtschaft (Hrsg.): Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A, Angewandte Wissenschaft, Sonderheft. - S. 411-421, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- Schultze-Motel, J., 1968-1987: Literatur über archäologische Kulturpflanzenreste. - Kulturpflanze 1968: **16**, 215-230; 1976: **24**, 159-178; 1981: **29**, 447-463; 1987: **35**, 401-420.

- Schultze-Motel, J., 1993, 1994: Literature on archaeological remains of cultivated plants. - *Vegetation History and Botany* 1993: **2**, 47-59; 1994: **3**, 33-61.
- Sergeeva, D. S. & V. M. Sil'cenko, 1984: Ustojcivost' koriandra k nizkim temperaturam. [Resistance of coriander to low temperatures] (Russ, Engl. abstr.). - *Fiziologija i biochimija kul'turnych rastenij* **16**, 52-55.
- Sil'senko, V. M., 1981: Mezsorovaja gibridizacija koriandra [Intervarietal hybridization in coriander] (Russ.). - 4. s'esd genetikov i selekcionerov Ukrainy, Odessa, 1981, Tez. dokl. - Vol. 3, pp. 225-227, Odessa.
- Sinskaja, E. N., 1969: Istori eskaja geografija kul'turnoj flory [Historical Geography of Cultivated Plants] (Russ.). - Kolos, Leningrad.
- Siskin, B. K. (ed.), 1950: Flora SSSR [Flora of the USSR] (Russ.) . - Vol. 16., pp. S. 185-203, Izdatel'stvo akademii nauk SSSR, Leningrad.
- Stafleu, F. A. & R. S. Cowan (eds), 1976-1988: Taxonomic literature - A selective guide to botanical publications and collections with dates, commentaries and types. - 2nd ed., Vol. 1-7, Bohn Scheltema & Holkema, Utrecht/Antwerpen and dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague/Boston.
- Stoletova, E. A., 1931: Koriandr. [Coriander] (Russ.). - VsNsojuznaja akademija sel'sko-chosjajstvennych nauk imeni Lenina izdanie instituta rastenievodstva, Leningrad.
- Tachtadzjan, A. L., 1990: Cisla chromosom cvetkovych rastenij flory SSSR: Semejstva Aceraceae - Menyanthaceae [Chromosome Numbers of flowering Plants of the Flora of the USSR: Families Aceraceae - Menanthaceae] (Russ.). - Nauka, Leningrad.
- Thies, W., 1993: Determination of the petroselinic acid content of *Coriandrum sativum* by gas liquid chromatography. - *Fett Wissenschaft Technologie - Fat Science Technology* **95**, 20-23.
- Thies, W., 1994: Determination of the content of essential oils in seeds of umbellifers by gas chromatography. - Universität Göttingen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (nicht publ.).
- Tillmann, P. & T.-C. Reinhardt, 1994: Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) zur schnellen Qualitätsbestimmung von Raps am Beispiel der Glucosinolate. - *Votr. Pflanzenzüchtg.* **30**, 80-88.
- Toben, H. M., H. Meier zu Beerentrup, K. Rudolph & H. Graf von der Schulenburg, 1994: Koriander als Petroselinsäurelieferant für die industrielle Verwendung. Stand der Züchtung und Bekämpfungsmöglichkeiten der "Bakteriellen Doldenwelke". - *Votr. Pflanzenzüchtg.* **30**, 173-183.

- Trehane, P. (ed.), 1995: International Code of Nomenclature for Cultivated Plants - 1995. - Quarterjack Publishing, Wimborne, UK.
- Utz, H. F., 1989: PLABSTAT, ein Computerprogramm zur statistischen Analyse von pflanzlichen Experimenten; Version 2d-Huge.- Stuttgart: Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart.
- Vane-Wright, R. I., 1996: Systematics and the conservation of biological diversity.- *Annales of the Missouri Botanical Garden* **83**, 47-57.
- Vavilov, N. I., 1920: Zakon gomologi eskich rjadov v nasledstvennoj izmencivosti [The law of homologous series in variation] (Russ.). Dokl. na 3. Vseros. selekc. s'ezde v g. Sarotove 4 ijunja 1920 g. - Gubpoligrafotdel, Saratov.
- Vavilov, N. I., 1926: Studies on the origin of cultivated plants. - Tr. po prikl. bot., gen. i sel. **16** (2), 3-248.
- Vinogradova, V. M., 1995: Novye dannye o rode *Grammosciadium* i sistemati eskom položenii *Fuernrhoria setifolia* (Apiaceae) [New data on the genus *Grammosciadium* and the systematic position of *Fuernrhoria setifolia* (Apiaceae)] (Russ., Engl. abstr.). - *Bot. žurn.* **80**, 91-99.
- Vvedenskij, A. I. (ed.), 1983: Opredelitel' rastenij srednej asii, kriticeskij konspekt flory [Key for the Determination of the Plants of Central Asia, Critical Conspect of the Flora]. - Vol. 4. pp. 189-194, Izdatel'stvo „FAN“, Taskent.
- Zohary, D. & M. Hopf, 1993: Domestication of Plants in the Old World. - 2nd ed., p.188, Clarendon Press, Oxford.