

# **Schriften zu Genetischen Ressourcen**

---

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

BAND 18

## **Wildpflanzen als Genetische Ressourcen**

**Phänotypische Variabilität bei  
Echtem Feldsalat (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.),  
Wiesen-Kümmel (*Carum carvi* L.) und Hopfen (*Humulus lupulus* L.) in  
Nordrhein-Westfalen**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt dem Rat der Biologisch-Pharmazeutischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Dipl.-Biol. Julia Forwick-Kreuzer  
geboren am 12. März 1969 in Bielefeld

Erster Gutachter: Prof. Dr. F. Hellwig  
Zweiter Gutachter: PD Dr. G. Jetschke  
Dritter Gutachter: Prof. Dr. E. Fischer

**Tag der Verteidigung: 1. Juli 2002**

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

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

Schutzgebühr 24,- €

ISSN 0948-8332

© ZADI Bonn, 2002

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



# **Wildpflanzen als Genetische Ressourcen**

**Phänotypische Variabilität bei  
Echtem Feldsalat (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.),  
Wiesen-Kümmel (*Carum carvi* L.) und Hopfen (*Humulus lupulus* L.) in  
Nordrhein-Westfalen**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt dem Rat der Biologisch-Pharmazeutischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Bonn, 2002



## Inhaltsverzeichnis

	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>i</b>
	<b>Zusammenfassung / Abstract</b> .....	<b>v</b>
<b>I</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1	<b>Biodiversität und genetische Ressourcen</b> .....	<b>1</b>
2	<b>Datengrundlage und Arbeitshypothesen</b> .....	<b>2</b>
2.1	Datengrundlage .....	2
2.2	Arbeitshypothesen.....	5
<b>II</b>	<b>Die untersuchten Pflanzenarten</b> .....	<b>8</b>
<b>A</b>	<b><i>Valerianella locusta</i> (L.) Laterr. Echter Feldsalat</b> .....	<b>8</b>
<b>A 1</b>	<b>Charakterisierung der Gattung und der Art</b> .....	<b>8</b>
A 1.1	Taxonomie, Verbreitung, Gefährdung .....	8
A 1.2	Morphologie und Autökologie.....	9
A 1.3	Nutzung, Pathogene, Zuchtziele .....	10
<b>A 2</b>	<b>Material</b> .....	<b>11</b>
<b>A 3</b>	<b>Methoden</b> .....	<b>13</b>
A 3.1	Geländearbeit.....	13
A 3.2	Probennahmen und Anbau .....	14
A 3.3	Morphologisch-biometrische Untersuchungen .....	17
A 3.4	Infektionstests mit Pathogenen.....	22
A 3.5	Statistische Methoden.....	22
A 3.6	Molekulargenetische Untersuchungen.....	24
<b>A 4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>25</b>
A 4.1	Morphometrische Untersuchungen zur Differenzierung der Populationen....	25
A 4.1.1	Differenzierung der Populationen anhand der Keimblätter und Rosetten.....	25
A 4.1.2	Differenzierung der Populationen anhand der Sprosse, Tragblätter und Blüten .....	28
A 4.1.3	Differenzierung der Populationen anhand der Früchte .....	35
A 4.2	Gruppierung der Populationen – Korrelationen zu geographischen und standörtlichen Parametern.....	36
A 4.3	Vergleich von <i>In-situ</i> - und <i>Ex-situ</i> -Pflanzenmaterial.....	42

A 4.4	Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten.....	43
A 4.4.1	Morphologischer Vergleich .....	43
A 4.4.2	Infektionstests mit Pathogenen .....	45
A 4.5	Zusammenfassung .....	48
<b>B</b>	<b><i>Carum carvi</i> L. Wiesen-Kümmel.....</b>	<b>52</b>
<b>B 1</b>	<b>Charakterisierung der Gattung und der Art .....</b>	<b>52</b>
B 1.1	Taxonomie, Verbreitung, Gefährdung .....	52
B 1.2	Morphologie und Autökologie.....	52
B 1.3	Nutzung, Pathogene, Zuchtziele .....	54
<b>B 2</b>	<b>Material.....</b>	<b>55</b>
<b>B 3</b>	<b>Methoden.....</b>	<b>57</b>
B 3.1	Geländearbeit.....	57
B 3.2	Probennahmen und Anbau .....	57
B 3.3	Morphologisch-biometrische Untersuchungen.....	60
B 3.4	Inhaltsstoffanalysen und Infektionstests mit Pathogenen.....	63
B 3.5	Statistische und molekulargenetische Methoden.....	63
<b>B 4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>64</b>
B 4.1	Morphometrische Untersuchungen zur Differenzierung der Populationen....	64
B 4.1.1	Differenzierung der Populationen anhand der Sprosse und Dolden.....	64
B 4.1.2	Differenzierung der Populationen anhand der Früchte.....	66
B 4.2	Gruppierung der Populationen – Korrelationen zu geographischen und standörtlichen Parametern.....	66
B 4.3	Vergleich von <i>In-situ</i> - und <i>Ex-situ</i> -Pflanzenmaterial.....	68
B 4.3.1	Differenzierung der Populationen <i>in situ</i> .....	69
B 4.3.2	Vergleich der Populationen <i>in situ</i> und <i>ex situ</i> .....	70
B 4.4	Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten.....	71
B 4.4.1	Tausendkorngewicht .....	71
B 4.4.2	Inhaltsstoffanalysen .....	72
B 4.4.3	Infektionstests mit Pathogenen .....	74
B 4.5	Zusammenfassung .....	75

<b>C</b>	<b><i>Humulus lupulus</i> L. Hopfen.....</b>	<b>78</b>
<b>C 1</b>	<b>Charakterisierung der Gattung und der Art .....</b>	<b>78</b>
C 1.1	Taxonomie, Verbreitung, Gefährdung .....	78
C 1.2	Morphologie und Autökologie .....	78
C 1.3	Nutzung, Pathogene, Zuchtziele .....	80
<b>C 2</b>	<b>Material.....</b>	<b>82</b>
<b>C 3</b>	<b>Methoden.....</b>	<b>84</b>
C 3.1	Geländearbeit.....	84
C 3.2	Probennahmen und Anbau .....	84
C 3.3	Morphologisch-biometrische Untersuchungen.....	87
C 3.4	Inhaltsstoffanalysen und Infektionstests mit Pathogenen.....	89
C 3.5	Statistische und molekulargenetische Methoden.....	90
<b>C 4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>91</b>
C 4.1	Morphometrische Untersuchungen zur Differenzierung der Populationen....	91
C 4.1.1	Differenzierung der Populationen anhand der Blätter.....	91
C 4.1.2	Differenzierung der Populationen anhand der Blütenstände.....	94
C 4.2	Gruppierung der Populationen – Korrelationen zu geographischen und standörtlichen Parametern.....	96
C 4.3	Vergleich von <i>In-situ</i> - und <i>Ex-situ</i> -Pflanzenmaterial.....	98
C 4.3.1	Differenzierung der Populationen <i>in situ</i> .....	98
C 4.3.2	Vergleich der Populationen <i>in situ</i> und <i>ex situ</i> .....	100
C 4.4	Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten.....	103
C 4.4.1	Morphologischer Vergleich .....	103
C 4.4.2	Handbeurteilung und Feldbonitur .....	104
C 4.4.3	Inhaltsstoffanalysen .....	106
C 4.4.4	Infektionstests mit Pathogenen .....	107
C 4.5	Zusammenfassung .....	109
<b>III</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>112</b>
<b>1</b>	<b>Einbettung der Arbeit in den Forschungskontext .....</b>	<b>112</b>
<b>2</b>	<b>Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen.....</b>	<b>113</b>
2.1	<i>Valerianella locusta</i> (Echter Feldsalat) .....	113
2.2	<i>Carum carvi</i> (Wiesen-Kümmel).....	120



2.3	<i>Humulus lupulus</i> (Hopfen).....	126
<b>3</b>	<b>Konsequenzen für Züchtung und Naturschutz .....</b>	<b>131</b>
3.1	Züchtung .....	131
3.1.1	<i>Valerianella locusta</i> (Echter Feldsalat).....	131
3.1.2	<i>Carum carvi</i> (Wiesen-Kümmel) .....	132
3.1.3	<i>Humulus lupulus</i> (Hopfen) .....	134
3.1.4	Schlußfolgerungen.....	137
3.2	Naturschutz.....	137
3.2.1	<i>Valerianella locusta</i> (Echter Feldsalat).....	140
3.2.2	<i>Carum carvi</i> (Wiesen-Kümmel) .....	141
3.2.3	<i>Humulus lupulus</i> (Hopfen) .....	142
3.2.4	Schlußfolgerungen.....	143
<b>IV</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>145</b>
<b>V</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>155</b>
	Tabellen und Abbildungen zu <i>Valerianella locusta</i> .....	A-1
	Tabellen und Abbildungen zu <i>Carum carvi</i> .....	A-13
	Tabellen und Abbildungen zu <i>Humulus lupulus</i> .....	A-26

Danksagung

Tabellarischer Lebenslauf

Selbständigkeitserklärung

## Zusammenfassung

Die Erfassung und Untersuchung der intraspezifischen Diversität ist von zentraler Bedeutung für den Schutz der genetischen Vielfalt innerhalb der Arten und den Erhalt genetischer Ressourcen. In der vorliegenden Forschungsarbeit wurden exemplarisch drei Pflanzenarten unterschiedlicher Biologie ausgewählt, die im Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen relativ weit verbreitet sind und die derzeit als Kulturpflanzen genutzt werden: Echter Feldsalat (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.), Wiesen-Kümmel (*Carum carvi* L.) und Hopfen (*Humulus lupulus* L.). Von allen drei Arten wurden Stichproben aus verschiedenen Populationen sowohl unter natürlichen Standortverhältnissen (*in situ*) als auch unter gleichen Anbaubedingungen (*ex situ*) über einen Zeitraum von vier Jahren morphologisch untersucht. Von seiten spezialisierter Zuchtbetriebe bzw. Forschungseinrichtungen wurden die Wildpflanzen auf ihren Gehalt an Inhaltsstoffen sowie auf ihr Verhalten nach Infektion mit Pathogenen geprüft. Zusätzlich standen molekulargenetische Daten zu den Populationen zur Verfügung.

Aus den Untersuchungen konnte für die drei Arten eine beachtliche Diversität zwischen den Populationen auf allen Ebenen nachgewiesen werden.

*Valerianella locusta* zeigte als Selbstbefruchter unter Anbaubedingungen deutliche morphologische sowie phänologische Differenzen zwischen den Populationen, so daß diese jeweils als eigenständige, meist sehr homogene Gruppen charakterisiert werden konnten. Zwischen den *in situ* und den *ex situ* untersuchten Pflanzen bestanden große Unterschiede. Obwohl gewisse Ähnlichkeiten zwischen den Herkünften aus den verschiedenen nordrhein-westfälischen Großlandschaften bestanden, zeichnete sich doch jede Population durch typische Eigenschaften aus.

Bei *Carum carvi* dagegen, der von Insekten bestäubt wird, konnten die Populationen anhand der morphologischen Merkmale aus dem Sproß- und Doldenbereich nicht identifiziert werden. Die Pflanzen jeder Herkunft variierten so stark, daß sie von denen anderer Bestände nicht unterschieden werden konnten. Die Früchte jedoch erwiesen sich als populationsspezifisch. *In situ* unterschieden sich die Bestände in erster Linie durch homogenere Phänotypen, größere morphologische Differenzen bestanden jedoch nicht. Die Individuen aus denselben Großlandschaften des Landes zeigten keine morphologischen Gemeinsamkeiten.

Die Populationen von *Humulus lupulus* konnten anhand ihrer morphologischen Eigenschaften aus dem weiblichen Infloreszenzbereich unter Anbaubedingungen recht gut voneinander unterschieden werden. Allerdings zeigte sich, daß bereits zwischen den Individuen einer Population große Unterschiede bestehen konnten. *In situ* konnten starke jährliche Schwankungen der Merkmale aufgezeigt werden. Anhand der Blätter gelang eine Differenzierung der Herkünfte nicht. Eine Korrelation zwi-

schen den Ausprägungen und der geographischen Lage der Populationen konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei verschiedenen Populationen von allen drei Arten wurden Eigenschaften von besonderer züchterischer Relevanz gefunden. Einige Feldsalatpopulationen enthielten einen hohen Anteil gegen den Falschen Mehltau (*Peronospora valerianellae*) resistenter Pflanzen, zahlreiche Kümmelherkünfte zeichneten sich durch hohe Inhaltsstoffgehalte aus, und einzelne scheinen über Resistenzen gegenüber den Erregern der Doldenbräune zu verfügen. Beim Hopfen, der durch hohe Alphasäurewerte und gute Aromaqualität überraschte, befanden sich mehrere gegen den Echten Mehltau (*Sphaerotheca humili*) vollständig resistente Individuen. Diese Wildpflanzen werden bereits in der Züchtung eingesetzt.

Die Untersuchungsergebnisse spielen eine wichtige Rolle für die Umsetzung von naturschutzorientierten Konzepten, die den Schutz pflanzengenetischer Ressourcen unterhalb des Artniveaus zum Ziel haben. Da fast jede Population eine eigenständige Einheit mit charakteristischen Qualitäten darstellt, bedeutet jeder Verlust einer Population einen Verlust eines Anteils am Gesamtgenpool der Art und damit an genetischer Vielfalt.

Eine Intensivierung der Forschungsarbeiten mit dem Ziel der Erfassung pflanzengenetischer Ressourcen ist demnach in Zukunft dringend anzustreben.

## **Abstract**

*Cataloguing and examining intraspecific diversity is of primary importance for the protection of genetic diversity within species and for protecting genetic resources. This scientific study examines three representative plant species with different biological criteria, all of which are relatively common in the research area of North-Rhine-Westphalia, where they are cultivated as crop plants. They are Corn Salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr.), caraway (*Carum carvi* L.) and hops (*Humulus lupulus* L.). Samples of all three species were taken from various populations at natural growing sites (in situ) and from sites under identical conditions (ex situ) and examined morphologically over a four-year period.*

*The wild plants were examined by plant cultivators and cultivation research institutes with regard to their content of secondary compounds and their reaction to infection with pathogens. Molecular genetic data on the populations was also available.*

*The test results showed a remarkable diversity between the populations at all levels. Distinct morphological and phenological differences became apparent under growing conditions in the populations of the self-fertilizer *Valerianella locusta*. As a result,*

*these could be characterised as individual, usually very homogenous groups. The most marked differences were apparent between the in situ and the ex situ groups of plants. Although there were certain similarities between the origins from the various landscape regions of North-Rhine-Westphalia, each population showed its own distinct characteristics.*

*In the case of *Carum carvi*, on the other hand, which is pollinated by insects, it was not possible to identify the populations using morphological characteristics from the umbel and shoot region. The plants of each individual origin varied to such an extent that they could not be distinguished from plants of other origins. However, the fruits did prove to be population specific. The specimens in situ varied primarily through homogenous phenotypes, there were, however, no major morphological differences. The individuals from the same landscape within the state shared no morphological properties.*

*Under growing conditions the *Humulus lupulus* populations were easily distinguishable due to the morphological characteristics from their female inflorescence area. However, it was discovered that there can already be major differences between the individuals of a single population. Strong annual variation became apparent in situ. It was not possible to differentiate between their origins based on the leaves and it was not possible to make a correlation between their characteristics and the geographic location of the populations.*

*Characteristics of specific breeding relevance were found in some populations of all three species. Some populations of Corn Salad contained a high percentage of plants resistant against downy mildew (*Peronospora valerianellae*), numerous caraway tribes were high in secondary compounds and some appeared to be resistant to the umbel browning. Among the hops, which showed a surprisingly high level of alpha-acids and a good aroma, a number of individuals proved to be wholly resistant to powdery mildew (*Sphaerotheca humili*). These wild plants are already being used for cultivation.*

*The results of this study play an important role in applying nature protection concepts aimed at protecting plant resources below the species level. Since almost every population represents an individual unit with characteristic qualities, every loss of an individual population is a loss of part of the whole genetic pool of the species and thus a loss of genetic diversity.*

*It is strongly recommended that the research work be continued with the objective of cataloguing plant genetic resources.*

# I Einleitung

## 1 Biodiversität und pflanzengenetische Ressourcen

Der Begriff „Biodiversität“ oder „biologische Vielfalt“ ist in jüngster Zeit verstärkt in den Vordergrund arten- und naturschutzorientierter Diskussionen getreten. Ursache hierfür stellt der auf globaler wie auch auf regionaler Ebene festzustellende Artenrückgang dar und die dringende Notwendigkeit, ihm entgegenzuwirken. **Biodiversität** oder **biologische Vielfalt** ist als ein Komplex mehrerer Ebenen der Betrachtungsweise interpretierbar: Die größte räumliche Ebene stellt die Vielfalt der Lebensräume oder Biotope dar, ihr folgt die Vielfalt verschiedener Arten und schließlich – die Ebene der kleinsten Strukturen und Grundlage für die übrigen – die genetische, intraspezifische Vielfalt innerhalb einer Art, die der Populationen (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1997).

Die drei Ebenen dürfen aufgrund ihrer gegenseitigen Wechselbeziehungen nicht isoliert betrachtet werden. In der Naturschutzpraxis ist oftmals die Population Gegenstand der Untersuchungen, da diese eine Einheit darstellt, in der genetisch verschiedenartig ausgeprägte Individuen einer Art nebeneinander existieren (Ausnahme: Klone), welche in unterschiedlicher Weise auf Veränderungen ihrer Umwelt reagieren können. Die resultierende Anpassungsfähigkeit kann zu einer Erhöhung der Überlebenschance dieser Population und damit der Art führen sowie evolutionäre Entwicklungen ermöglichen. Da eine Art nur an ihrem jeweiligen Wuchsort den dort vorherrschenden Bedingungen ausgesetzt ist und sich kontinuierlich weiterentwickelt, kommt dem *In-situ*-Schutz vorrangige Bedeutung zu. Vielfach sind aber auch ergänzende Schutzmaßnahmen *ex situ*, also in menschlicher Obhut, z. B. in Genbanken oder botanischen Gärten, sinnvoll oder notwendig (BERNHARDT 1996).

Gefährdet oder im Rückgang begriffen sind weltweit nicht nur Wildpflanzen, sondern auch Kulturpflanzen – als Lebensgrundlage des Menschen –, deren ursprüngliche Vielfalt in Form alter Sorten und Landrassen einer abnehmenden Zahl hochspezialisierter Hochleistungssorten weichen mußte. Diese verfügen einerseits unter wirtschaftlichen Aspekten über herausragende Qualitäten – z. B. Ertrag –, andererseits aber fehlen ihnen oftmals wertvolle Eigenschaften – z. B. Resistenzen. Daher stellt die Einbeziehung der Wildflora neben der Erhaltung der Sortenvielfalt eine wichtige Aufgabe für zukünftige Züchtungsvorhaben dar. Die Bedeutung der Wildpflanzen als **genetische Ressourcen** mit ihrem Reservoir an Eigenschaften wurde bislang vielfach unterschätzt, so daß heute auf dem Gebiet der Erfassung und Untersuchung pflanzengenetischer Ressourcen großer Handlungsbedarf besteht.

Sowohl die Entwicklung gezielter Konzepte zum nachhaltigen Schutz der biologischen Vielfalt, unabhängig von ihren räumlichen Dimensionen, als auch der Einsatz

der als genetische Ressourcen dienenden Wildpflanzen in der Züchtung setzt detaillierte Grundlagenforschung zur intraspezifischen Diversität von Wildarten voraus. Hierzu zählen Kenntnisse zur Verbreitung und Biologie der Art, ihrer ökologischen Ansprüche, Untersuchungen zu populationsbiologischen und –genetischen Aspekten sowie zur Besiedlungsgeschichte und Bestandsentwicklung. Hin-zu kommt die Ermittlung von Eigenschaften von züchterischer Relevanz wie die Qualität bestimmter Inhaltsstoffe und die Reaktion der Pflanzen gegenüber Pathogenen.

Die vorliegende Arbeit soll mit dem Schwerpunkt der Untersuchungen zur morphologischen Vielfalt von natürlichen Populationen einheimischer Pflanzenarten einen Beitrag zur Erfassung der intraspezifischen Diversität dieser Arten für das Land Nordrhein-Westfalen leisten. Unter Berücksichtigung standörtlicher und populationsbiologischer Faktoren, der Analyse von züchterisch bedeutsamen Eigenschaften sowie unter Einbeziehung molekulargenetischer Daten wird versucht, einer umfassenden Betrachtung gerecht zu werden und Anwendungsmöglichkeiten für Züchtung und Naturschutz zu bieten.

## 2 Datengrundlage und Arbeitshypothesen

### 2.1 Datengrundlage

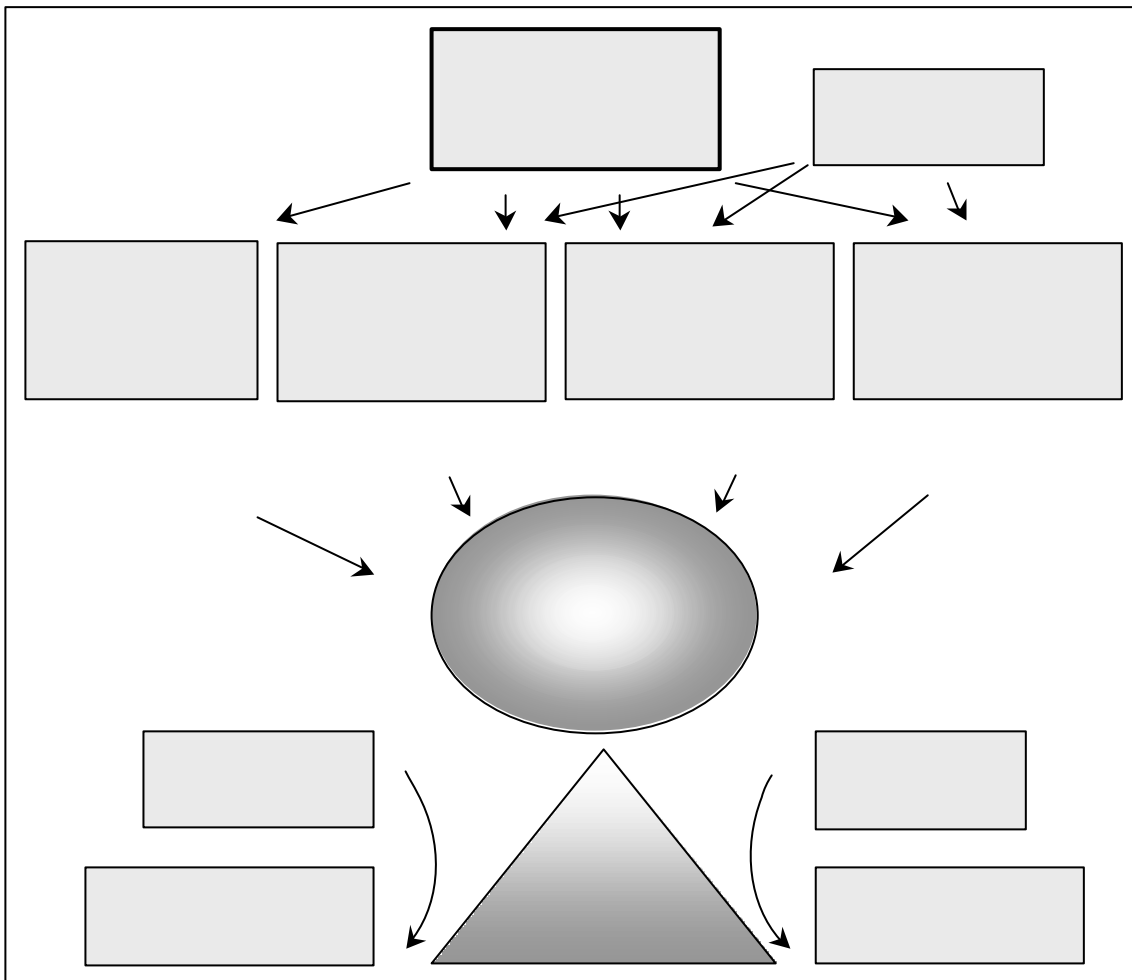
Das Thema der vorliegenden Arbeit verdankt seinen Ursprung dem im Zeitraum von Mai 1996 bis April 2000 an der Universität Bonn durchgeführten Forschungsprojekt „Vegetationskundlich-floristische und molekularbiologische Erfassung und Untersuchung von Wildpflanzenpopulationen in Nordrhein-Westfalen als pflanzen genetische Ressourcen“<sup>1</sup>. Dieses Projekt sollte mit Hilfe interdisziplinärer Methoden einen Beitrag leisten zur

- Dokumentation von Wildvorkommen rezenter Nutzpflanzen in Nordrhein-Westfalen: *Valerianella locusta* (L.) LATERR. (Echter Feldsalat), *Carum carvi* L. (Wiesen-Kümmel) und *Humulus lupulus* L. (Hopfen),
- Ermittlung der innerartlichen Variabilität auf morphologischer und auf molekular genetischer Ebene (RAPD-PCR),
- Ermittlung von Eigenschaften von züchterischer Relevanz,
- Überarbeitung bisheriger und Entwicklung neuer *In-situ*-Schutzkonzepte und
- Bereitstellung von Daten und Methoden für weiterführende Forschungsprojekte.

---

<sup>1</sup> Das Projekt wurde im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“ der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn durchgeführt und vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert.

Abb. 1 stellt die Durchführung des Forschungsvorhabens schematisch dar (vgl. auch FORWICK et al. 1996 und FORWICK-KREUZER et al. *i. p.*).



**Abb. 1** Ablaufschema der im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführten Untersuchungen zur Diversität von Wildpflanzenpopulationen.

Fig. 1 Procedure of tests performed to determine diversity of wild plant populations within the framework of the research project.

Aus den zwei getrennt voneinander bearbeiteten Bereichen Morphologie bzw. Molekulargenetik resultierten zwei Dissertationen; die vorliegende sowie die zeitgleich von WUNDER erstellte Arbeit<sup>2</sup>. Das gemeinsame Ziel der beiden Arbeiten stellte dabei unter Anwendung jeweils unterschiedlicher Methoden die Suche nach intraspezifischer Diversität der oben genannten Pflanzenarten dar. Aus zuvor definierten Populationen wurde Pflanzenmaterial für beide Untersuchungsrichtungen entnommen, so daß auf diese Weise für jede Population sowohl eine phänotypische als auch eine

<sup>2</sup> Arbeitstitel „Wildpflanzen als genetische Ressourcen – Genetische Diversität von Echtem Feldsalat (*Valerianella locusta* (L.) LATERR.), Wiesen-Kümmel (*Carum carvi* L.) und Hopfen (*Humulus lupulus* L.) in Nordrhein-Westfalen.“



genotypische Charakterisierung vorlag und eine abschließende Suche nach Übereinstimmungen zwischen den Ergebnissen beider Methoden möglich wurde. Aufgrund der Bedeutung der Untersuchungsmethoden und –ergebnisse bestand im Verlauf des Projektes eine enge Zusammenarbeit mit Institutionen der Züchtungsforschung<sup>3</sup>. Charakterisierte Wildakzessionen wurden in den jeweiligen Versuchsgeländen angebaut und im Hinblick auf züchterisch relevante Merkmale (v. a. Inhaltsstoffe und Resistenzen) bonitiert. Gleichzeitig wurden Kultursorten in die morphologischen wie molekulargenetischen Analysen einbezogen und mit dem Wildmaterial verglichen. Die Untersuchungen zur Diversität auf Populationsniveau sollten zum einen dazu dienen, charakterisiertes Wildmaterial für den möglichen Einsatz in der Züchtungsforschung zu stellen, zum anderen dazu, eine Grundlage für eine neue Orientierung in der Naturschutzpraxis zu bieten.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich somit mit einem Teil des für das Gesamtprojekt formulierten Konzeptes. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den zeitlichen Rahmen und die darin durchgeführten Untersuchungen.

**Tab. 2 Zeitrahmen des Forschungsprojekts (1996-2000) und durchgeführte Untersuchungen.**  
 Tab. 2 Time frame of research project (1996-2000) and tests performed.

1996	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suche und Auswahl von Wuchsorten der zu untersuchenden Pflanzen;</li> <li>• Standörtliche und floristisch-vegetationskundliche Charakterisierung der Wuchsorte;</li> <li>• Sammlung von Samen an den Fundstellen für den Anbau (<i>ex situ</i>);</li> <li>• Sammlung von Pflanzenmaterial für die molekulargenetischen Untersuchungen.</li> </ul>
1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der zuvor ausgewählten Fundstellen auf Beständigkeit der Vorkommen;</li> <li>• Gezielte Suche weiterer Wuchsorte;</li> <li>• Morphologische Untersuchungen an <i>In-situ</i>-Material;</li> <li>• Weiterleitung von <i>In-situ</i>-Material für Inhaltsstoffanalysen und Pathogenitätstests.</li> </ul>
1998	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morphometrische Vergleiche von <i>Ex-situ</i>-Material (<i>Valerianella</i>, <i>Carum</i>);</li> <li>• Dokumentation von standörtlichen oder populationsbezogenen Veränderungen <i>in situ</i>.</li> </ul>
1999	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Morphometrische Vergleiche von <i>Ex-situ</i>-Material (<i>Humulus</i>) bzw. Wiederholungsmessungen bei <i>Valerianella</i> und <i>Carum</i>;</li> <li>• Dokumentation von standörtlichen oder populationsbezogenen Veränderungen <i>in situ</i>.</li> </ul>
2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf ihre praktische Anwendung in den Bereichen Naturschutz und Pflanzenzüchtung;</li> <li>• Bereitstellung der Ergebnisse der Bonitierungen bzw. Pathogenitätstests</li> </ul>

<sup>3</sup> *Valerianella locusta*: Julius Wagner GmbH, Heidelberg; *Carum carvi*: Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Quedlinburg; *Humulus lupulus*: Hans-Pfülf-Institut für Hopfenforschung, Wolnzach.

von Seiten der Zuchtbetriebe bzw. Forschungsinstitute.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden die drei Pflanzenarten *Valerianella locusta* (L.) LATERR. (Echter Feldsalat), *Carum carvi* L. (Wiesen-Kümmel) und *Humulus lupulus* L. (Hopfen) untersucht. Alle drei Arten sind im Untersuchungsgebiet heimisch (s. dazu aber A 1.1) und von aktuellem Nutzwert, unterscheiden sich aber deutlich in ihrer Biologie sowie im standörtlichen Bereich, worüber Tab. 3 in Kürze Auskunft gibt. Bei *Valerianella locusta* und *Carum carvi* handelt es sich um Arten mit regional unterschiedlicher Verbreitungsdichte, während *Humulus lupulus* im gesamten Gebiet häufig anzutreffen ist.

**Tab. 3 Übersicht über die Eigenschaften der untersuchten Pflanzenarten.**

Tab. 3 Overview of characteristics of examined plant species.

	<i>Valerianella locusta</i> (Echter Feldsalat)	<i>Carum carvi</i> (Wiesen-Kümmel)	<i>Humulus lupulus</i> (Hopfen)
<b>Nutzung</b>	⇒ Salat	Gewürz, Gemüse, Arzneimittel	Aromastoffe, Arzneimittel, Gemüse, Fasern
<b>Lebensform</b>	⇒ Therophyt, winterannuell, krautig	Hemikryptophyt, zweijährig, krautig	Hemikryptophyt, ausdauernd, verholzend
<b>Vermehrungsbiologie</b>	⇒ Selbstbefruchtung	Fremdbefruchtung (Insekten)	Fremdbefruchtung (Wind)
<b>Wuchsorte</b>	⇒ Acker- und Weiderränder, Böschungen, Grasplätze	Wiesen, Weiderränder, Weiden, Grasplätze	Auwälder, Waldränder, Gebüsche, ruderales Flächen

Mit dem Ziel, ein möglichst breites Spektrum der innerartlichen Variabilität jeder der ausgewählten Pflanzen im Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen zu erfassen, wurden die Populationen nach geographischen Kriterien (Herkunft aus den verschiedenen Großlandschaften des Landes), nach standörtlichen Faktoren (geologischer Untergrund, Höhenlage), nach der Bewirtschaftungsweise sowie nach dem Natürlichkeitsgrad der Standorte ausgewählt.

## 2.2 Arbeitshypothesen

Das methodische Vorgehen für Untersuchungen zur Ermittlung von Diversität unterhalb des Artniveaus ist von den Arbeitshypothesen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, abhängig. Im Rahmen der Arbeit wurden zwei Hypothesen formuliert, die sich aus der Frage ableiteten, wo innerhalb des Untersuchungsgebietes Nordrhein-Westfalen intraspezifische Diversität bei allen drei Pflanzenarten zu vermuten war.

## **1. Hypothese: Diversität ist auf der Ebene von Populationen zu finden.**

Als Untersuchungseinheit wurde für alle Pflanzen die Population gewählt. Dies ist durch zwei wesentliche Untersuchungsziele begründet: Aus den Ergebnissen sollten sich zum einen mögliche Maßnahmen für die Überarbeitung von Naturschutzkonzepten ableiten, in denen es darum gehen muß, nicht das einzelne Individuum, sondern Biotope mit ihrem gesamten Arteninventar und ihrer Vielfalt zu erhalten. Zum anderen sollten Eigenschaften von züchterischer Relevanz ermittelt werden, die nicht bei einzelnen Individuen auftreten, sondern bei möglichst zahlreichen Pflanzen eines Bestandes zu finden sind.

## **2. Hypothese: Diversität ist nach verschiedenen Mustern gliederbar.**

Diese Gliederbarkeit kann zum einen nach geographischen Gesichtspunkten erfolgen: Populationen, die aus derselben Großlandschaft stammen, verfügen über ähnliche Merkmalsausprägungen und unterscheiden sich von denen anderer Regionen. Sie kann zum anderen aus standörtlichen Gegebenheiten resultieren: Eine ähnliche Art der Standortbewirtschaftung führt zu ähnlichen Ausprägungen der Pflanzen eines Bestandes.

Für die geographische Untergliederung des Landes Nordrhein-Westfalen wurde die Einheit der Großlandschaft gewählt. Die Abgrenzung der Großlandschaften beruht auf naturräumlichen Grundlagen, mit denen die betreffenden Räume jeweils in relativ einheitlicher Weise ausgestattet sind. Hierzu zählen der geologische Untergrund des Gebietes, seine Höhenlage, die vorherrschenden Böden, die mittlere Jahrestemperatur und der mittlere Jahresniederschlag sowie die sich daraus ableitende Länge der Vegetationsperiode. Hinzu kommt die dominierende Nutzung, aus der sich der jeweilige Anteil von Grünland, Ackerland und Wald ergibt (DINTER 1986). Diese Einteilung bietet somit eine erste Klassifizierungsmöglichkeit der Fundstellen, auch wenn dabei zunächst ein relativ grober Maßstab zugrunde liegt und kleinräumig solche Faktoren zum Tragen kommen können, die von der allgemeinen Beschreibung des Gebiets abweichen.

Eine feinere Untergliederung erfolgte durch Überprüfung der Zusammenhänge zwischen morphologischen Eigenschaften und den Parametern Höhenlage und Jahresniederschlag am jeweiligen Wuchsort.

Ein weiterer Grund für die Aufstellung der Hypothese, daß sich Diversität zwischen den Großlandschaften findet, war die Annahme, daß ein direkter Austausch zwischen den Herkünften verschiedener Großlandschaften mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Beim überwiegend selbstbefruchtenden Feldsalat ist ein genetischer Austausch höchstens über geringe Distanzen anzunehmen. Auch die Ausbreitungsmechanismen des Feldsalats lassen keine Durchmischung von Be-

ständen verschiedener Regionen erwarten. Schließlich gibt es keine kontinuierlichen Feldsalatvorkommen in Nordrhein-Westfalen.

Letzteres trifft ebenfalls für den Wiesen-Kümmel zu. Über die Flugdistanzen des von Insekten bestäubten Kümmels liegen derzeit keine genauen Untersuchungen vor. Da es aber keine Flugeinrichtungen gibt, die für den Ferntransport geeignet sind, werden auch hier bestimmte Distanzen nicht überwunden werden. Lediglich beim Hopfen, der fast im gesamten Untersuchungsgebiet vorkommt, könnte in Anbetracht der Anemogamie und Anemochorie eine gewisse Durchmischung bzw. ein Kontinuum an Merkmalsausprägungen vorliegen.

Eine weitere mögliche Ursache für die Ausprägung unterschiedlicher Merkmale könnte die Art der Bewirtschaftung am jeweiligen Wuchsort darstellen. Sowohl *Valerianella locusta* als auch *Carum carvi* kommen auf zumindest zwei sehr unterschiedlichen Sekundärstandorten der Kulturlandschaft vor: Beim Feldsalat stehen die Ackerstandorte den gemähten Straßenböschungen und den beweideten Flächen gegenüber, und Kümmel findet sich sowohl im gemähten als auch im beweideten Wirtschaftsgrünland. In beiden Fällen ist ein Zusammenhang zwischen den Standorttypen und den Merkmalsausprägungen infolge der möglicherweise selektierenden Wirkung der Bewirtschaftung denkbar.

Beim Hopfen hingegen kann lediglich zwischen eher naturnahen (und damit i. d. R. feuchteren) und eher ruderalen (i. d. R. trockeneren) Wuchsorten unterschieden werden, wobei die Abgrenzungen hier allerdings oft undeutlich sind.

Insgesamt wurden somit im Zusammenhang mit den vorangestellten Hypothesen von jeder Art Populationen ausgewählt, deren Wuchsorte sich in den verschiedenen Großlandschaften des Landes Nordrhein-Westfalen befanden, und die in unterschiedlicher Weise bewirtschaftet wurden. Es wurde geprüft, ob sich Diversität zwischen den Populationen einer Art nachweisen läßt und ob übergeordnete Muster bestehen, nach denen sie zu gliedern ist.

## II Die untersuchten Pflanzenarten

<b>A</b>	<b><i>Valerianella locusta</i> (L.) LATERR.</b>	<b>Echter Feldsalat</b>
----------	---	-------------------------

### A 1 Charakterisierung der Gattung und der Art

#### A 1.1 Taxonomie, Verbreitung, Gefährdung

Die Familie Valerianaceae (Baldriangewächse) umfaßt weltweit 13 Gattungen mit rund 400 Arten, von denen etwa 80 Arten der Gattung *Valerianella* angehören (HEYWOOD 1982). Neben Südamerika ist als zweites Diversitätszentrum der Familie der Mittelmeerraum zu nennen, welcher auch das Hauptverbreitungsgebiet der Gattung *Valerianella* darstellt. Von dort aus erstrecken sich die Vorkommen der Arten vorwiegend nach Osten – wobei die östlichsten Vorkommen bis weit in den vorderasiatischen Raum hineinreichen –, aber auch ins nördliche Europa. Fraglich ist, ob die Feldsalatarten Nordeuropas auch Bestandteil der ursprünglichen Vegetation sind, oder ob es sich hierbei ausschließlich um Kulturbegleiter aus dem mediterranen Raum handelt (TUTIN et al. 1976, vgl. aber WEBERLING 1969).

In anderen Erdteilen beschränken sich die Nachweise von Vertretern der Gattung auf vereinzelte, in der Regel verschleppte Vorkommen. Lediglich in Nordamerika gibt es zwei endemische *Valerianella*-Arten. Für Deutschland werden von OBERDORFER (1994) sieben, von WAGENITZ (1970) noch drei weitere *Valerianella*-Arten angegeben, wobei letztere jedoch unbeständig oder im Gebiet heute nicht mehr nachweisbar sind. In Nordrhein-Westfalen kommen derzeit vier Sippen aus der Gattung *Valerianella* vor:

<i>Valerianella locusta</i> (L.) LATERR.	(Echter Feldsalat)
<i>Valerianella carinata</i> LOISEL.	(Gekielter Feldsalat)
<i>Valerianella dentata</i> (L.) POLL.	(Gezählter Feldsalat)
<i>Valerianella rimosa</i> BAST.	(Gefurchter Feldsalat)

WAGENITZ (1970) nennt bei *Valerianella locusta* die Kulturform *var. oleracea* (SCHLECHT.) BREISTROFFER, die in mehreren, nicht näher spezifizierten Sorten angebaut wird. Möglicherweise handelt es sich dabei aber nur um eine polyploide Form von *V. locusta*. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde sie außer Betracht gelassen. Weitere Varietäten oder chromosomale Rassen sind auch außerhalb Deutschlands nicht bekannt. *Valerianella carinata* und *V. rimosa* werden in der Florenliste von Nordrhein-Westfalen (WOLFF-STRAUB et al. 1988) mit dem Gefährdungsgrad 2, d. h. „stark gefährdet“ geführt, während *V. locusta* und *V. dentata* hier als „nicht gefährdet“ gelten. Die genaue Verbreitung der einheimischen Arten ist jedoch aufgrund der Schwierigkeit der Bestimmung im vegetativen Zustand und der oftmals übersehenen Vorkommen bisher nicht in befriedigender Weise erfaßt (WAGENITZ 1970).

## A 1.2 Morphologie und Autökologie

Alle Arten der Gattung *Valerianella* sind annuelle Kräuter. Nach der Keimung im Herbst überwintert *Valerianella locusta* in einem rosettenähnlichen Stadium, das durch mehr oder weniger gedrängte Blattwirtel zustande kommt und je nach Wachstumsbedingungen auch ganz fehlen kann („subrosulate Gewächse“, TROLL in WAGENITZ 1970, S. 112).

Im Frühjahr setzt das Wachstum des Sprosses ein, der sich ein- bis mehrfach dichotom-gabelig verzweigt, wobei einer der beiden Äste an jeder Verzweigung sowohl in Längenentwicklung als auch in Kräftigkeit anisotom gefördert wird (vgl. Abb. A-4). Werden Seitentriebe ausgebildet, so wiederholen sie den Verzweigungsmodus der Hauptachse (ERNET 1977a).

Die generative Phase wird durch Einwirkung niedriger Temperaturen – zwei Wochen unter 14° C – ausgelöst. Die weißlich-blaßblauen bis hell-violetten Blüten schließen in dichtgedrängten, je zwei, vier, acht oder mehr Blüten tragenden Teilblütenständen die Sprosse ab. Sie besitzen drei Staubblätter, einen dreifächerigen Fruchtknoten, von dem nur ein Fach fertil ist, sowie einen dreinarbigen Griffel. Die Kronblätter der Einzelblüten sind zu einer kurzen Kronröhre verwachsen, der Kronsaum ist fünfgliedrig und schwach zygomorph: Aus zwei paarigen Kronsaumklappen wird die Oberlippe gebildet, die Unterlippe besteht aus drei Lappen. Von diesen ist der mittlere der größte, während die zwei benachbarten kleiner, aber auch ungleich groß sind. Beide sind dabei größer als die Kronsaumklappen der Oberlippe (ERNET 1977b und 1978, WEBERLING 1981, vgl. auch Abb. A-3).

Die Frucht ist im Vergleich zu der der anderen heimischen *Valerianella*-Arten rundlich, ihr Kelchsaum bis auf eine kleine Spitze reduziert. Die zwei sterilen Fruchtfächer sind hohl und etwas erweitert, die Außenwand des fertilen Faches schwammig verdickt (WAGENITZ 1970). *Valerianella locusta* gilt als selbstbefruchtende Art, doch wird verschiedenen Autoren zufolge zu geringem Anteil Fremdbefruchtung durch Insekten angenommen (WAGENITZ 1970, VOGEL 1996). Aus der Erfahrung von Züchtern jedoch (SCHLEMMER, mdl. Mittlg.) ist Allogamie beim Feldsalat nahezu auszuschließen.

Die Ausbreitung der Früchte erfolgt nach ERNET (1978) vorwiegend durch einfaches Herunterfallen oder durch Abschleudern von der Pflanze, ausgelöst durch Tiere oder Regentropfen (passive Ballochorie). Ferner sind in Anbetracht der hohlen Fruchtfächer Anemochorie und Hydrochorie anzunehmen. Die Verbreitung durch Ameisen (Myrmekochorie) kann ebenfalls eine Rolle spielen. Nicht zuletzt ist Anthropochorie von Bedeutung, eine meist unbeabsichtigte Folge der Ausbringung verunreinigten Saatguts. Zudem bietet die Erweiterung von Kulturlächen, aus denen Feldsalat verwildern kann, Möglichkeiten der Besiedlung neuer Gebiete.

Angaben zur Chromosomenzahl sind in der Literatur uneinheitlich. Die häufigste Chromosomenzahl scheint  $2n = 16$  zu sein (ERNET in WAGENITZ 1970 und TUTIN et al. 1976), doch gibt z. B. OBERDORFER (1994)  $2n = 14, 16$  oder  $34$  an. DARLIGTON & WYLIE (1955) nennen dagegen nur  $2n = 14$ .

*Valerianella locusta* ist im Gebiet auf unterschiedlichen Standorttypen anzutreffen: So besiedelt sie einerseits Äcker und Getreidefelder – Polygono-Chenopodietalia- bzw. Secalietalia-Gesellschaften (OBERDORFER 1994) –, kommt aber ferner an Straßenböschungen, Wegrändern, an Mauern und Weinbergen, Grasplätzen, Bahndämmen und ähnlichen, anthropogenen und meist etwas gestörten Wuchsorten vor. Unbeständigkeit der Bestände ist oftmals die Folge. Als primär gelten die Vorkommen des Echten Feldsalats und weiterer *Valerianella*-Arten in Sedo-Scleranthetea-Gesellschaften (Mauerpfeffer-Triften, Sandrasen, Felsgrus- und Felsband-Gesellschaften (OBERDORFER 1992a). Deren ökologische Korrespondenz zu den mediterranen Gesellschaften der Therobrachypodietea spricht nach MÜLLER (in WEBERLING 1969, S. 38) für ein natürliches Vorkommen des Feldsalates in der heimischen Flora bereits vor Beginn des Ackerbaus. Bei den Böden handelt es sich bevorzugt um frische bis mäßig frische, nährstoff- und basenreiche, sandige oder reine Lehmböden (OBERDORFER 1994).

### **A 1.3 Nutzung, Pathogene, Zuchtziele**

Der kommerzielle Nutzen des Feldsalates liegt in der Verwendung seiner Rosetten, die als winterharte Salatpflanzen aus Deutschland von Oktober bis März auf dem Markt sind, während z. Z. überwiegend in Frankreich der Feldsalatanbau im Sommer praktiziert wird. Hier beträgt die Saison bereits acht Monate, von spezialisierten Feldsalat-Betrieben wird Feldsalat mittlerweile sogar ganzjährig produziert (VOGEL 1996). Der Feldsalatanbau wurde bisher v. a. von französischen Firmen beherrscht. Seit einigen Jahren nehmen jedoch deutsche wie auch holländische Firmen durch Neuzüchtungen größere Marktanteile ein. Nach Schätzung von Züchtern (SCHIEDER, schriftl. Mittlg.) dürften sich derzeit ca. 30 Sorten auf dem Markt befinden.

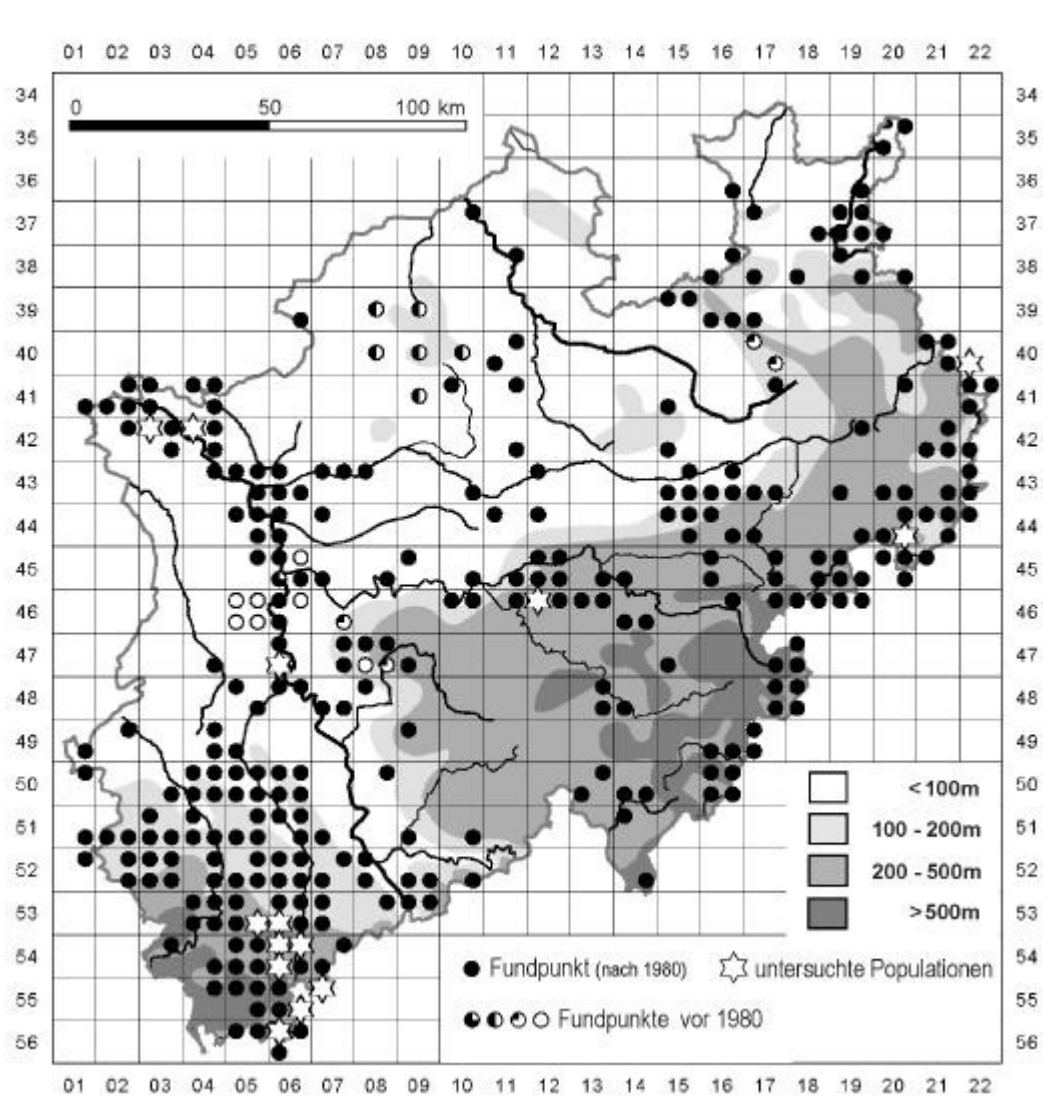
Bei der Züchtung neuer Sorten liegt das Augenmerk zum einen auf dem Ertrag der Sorte und auf ihren habituellen Eigenschaften wie Blattform, –größe und –farbe, Adern, Blattstellung, Glanz und Festigkeit, d. h. der Haltbarkeit im Lager. Von größerem Interesse ist jedoch die Resistenz gegenüber Krankheitserregern. Oberste Priorität hat hierbei die Resistenz gegen den Falschen Mehltau (*Peronospora valerianellae*), der häufigsten Krankheit des Feldsalats. Ein weiteres Problem stellt der Echte Mehltau (*Erysiphe communis* und *E. polyphaga*) dar, gegen den bisher bei keiner Sorte Resistenz nachgewiesen werden konnte. Virenbefall, Ausfälle durch tierische Schädlinge sowie Salzschäden spielen dagegen eine eher untergeordnete Rolle (VOGEL 1996).





## A 2 Material

Das Material für die verschiedenen Untersuchungen – Wildpflanzen des Echten Feldsalates (*Valerianella locusta*) – wurde im Zeitraum Mai 1996 bis Juni 1999 aus dem Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen zusammengetragen. Die Fundpunkte der Wildherkünfte sind in Abb. A-1 auf Quadrantenebene abgebildet. Sofern verschiedene Populationen innerhalb desselben Quadranten gesammelt wurden, wurden sie unter einer Signatur zusammengefaßt. Eine genaue Dokumentation der verschiedenen Wuchsorte befindet sich in Tab. 1 (Anhang); eine Übersicht über das verwendete Pflanzenmaterial gibt Tab. A-2.



**Abb. A-1** Verbreitung des Echten Feldsalates (*Valerianella locusta*) in NRW (nach SCHUMACHER et al. 1996 und JAGEL & HÄUPLER 1995) unter Angabe der ausgewählten Populationen, der rezenten und früheren Fundstellen sowie der Höhenlagen.

Fig. A-1 Occurrence of common cornsalad (*Valerianella locusta*) in NRW (according to SCHUMACHER et al. 1996 and JAGEL & HÄUPLER 1995) taking into consideration selected populations, recent and earlier occurrences and site altitude.

Neben den Populationen des Echten Feldsalates (*Valerianella locusta*) wurden einige Populationen des Gekielten Feldsalates (*V. carinata*) in die Untersuchungen einbezogen. Ebenso wurden die drei von der Firma Julius Wagner (Heidelberg) zur Verfügung gestellten Kultursorten *Dunkelgrüner Vollherziger*, *Vit* und *Etampes* zum Vergleich hinzugezogen.

**Tab. A-2 Übersicht über die morphologisch und molekulargenetisch untersuchten sowie in Pathogenitätstests einbezogenen Populationen *Valerianella locusta*.**

Tab. A-2 Overview of morphological and molecular genetic examinations in pathogenicity tests of included populations of *Valerianella locusta*.

<b>Morphologische Untersuchungen</b>		
<b>Gesamtzahl ausgewählter natürlicher Populationen: 24</b>		
<b>a) Rosetten</b>		
<i>in situ</i> 1997	⇒ 20 Populationen à 6-11 Individuen	Σ 189 Rosetten
<i>in situ</i> 1998	⇒ 13 Populationen à 10-20 (-50) Individuen	Σ 192 Rosetten
Anbau 1997/98	⇒ 17 Populationen à 8 Individuen	Σ 136 Rosetten
1997	⇒ 3 Kultursorten à 2 Individuen	Σ 6 Rosetten
Anbau 1998/99	⇒ 9 Populationen à 7-18 Individuen	Σ 106 Rosetten
1998	⇒ 2 Kultursorten à 10 Individuen	Σ 20 Rosetten
<b>b) Sprosse und Blüten</b>		
<i>in situ</i> 1996	⇒ 14 Populationen à (2-) 4-7 (-20) Individuen	Σ 126 blühende Pflanzen
<i>in situ</i> 1997	⇒ 20 Populationen à (7-) 10 Individuen	Σ 192 blühende Pflanzen
<i>in situ</i> 1999	⇒ 11 Populationen à 10 (-11) Individuen	Σ 122 blühende Pflanzen
Anbau 1997/98	⇒ 17 Populationen à 8 Individuen	Σ 136 blühende Pflanzen (incl. Tragblätter und Blüten)
1998	⇒ 3 Kultursorten à 2 Individuen	Σ 6 blühende Pflanzen
Anbau 1998/99	⇒ 10 Populationen à (4-) 8-14 Individuen	Σ 92 blühende Pflanzen (ohne Tragblätter u. Blüten)
<b>c) Früchte</b>		
<i>in situ</i> 1996	⇒ 20 Populationen	Mischproben aus jeder Population
<i>in situ</i> 1997	⇒ 19 Populationen	Mischproben aus jeder Population
<i>in situ</i> 1999	⇒ 7 Populationen	Mischproben aus jeder Population
Anbau 1997/98	⇒ 17 Populationen	Mischproben aus jeder Population
Anbau 1998/99	⇒ 10 Populationen	Proben von 92 Einzelindividuen
<b>Molekulargenetische Untersuchungen</b>		
	10 Populationen à 3-10 Individuen	Σ 72 Individuen
	10 Kultursorten à 1 Individuum	Σ 10 Individuen
<b>Pathogenitätstests</b>		
1997	⇒ 8 Populationen <i>Valerianella locusta</i> à 5-20 Individuen pro Test	Σ 123, 96 bzw. 100 Individuen pro Test
	⇒ 3 Populationen <i>Valerianella carinata</i> à 8-10 Individuen pro Test	

## **A 3 Methoden**

### **A 3.1 Geländearbeit**

Bei der Auswahl der zu untersuchenden Populationen wurden geographische Kriterien, standörtliche Faktoren sowie die Bewirtschaftungsweise berücksichtigt. Wegen der stellenweise sehr lückenhaften Verbreitung des Feldsalates im Untersuchungsgebiet war jedoch eine gleichmäßige Probennahme aus den verschiedenen Großlandschaften Nordrhein-Westfalens nicht möglich. Aus jeder Großlandschaft, aus der Proben gesammelt wurden, wurden nach Möglichkeit sowohl nah benachbarte als auch weit voneinander entfernt wachsende Bestände einbezogen, um den Zusammenhang zwischen der geographischen Distanz und der morphologischen Ähnlichkeit der Proben zu prüfen. So wuchsen beispielsweise die Populationen F-26a und F-26b auf aneinander grenzenden Äckern, und F-29, F-30 und F-31b aus dem Weserbergland kamen in wenigen hundert Metern Entfernung vor.

Zur Orientierung der Verbreitung der Art diente zunächst die aus derzeit bekannten Vorkommen zusammengestellte Punktkarte der floristischen Kartierung (SCHUMACHER et al. 1996, JAGEL & HÄUPLER 1995, s. Abb. A-1). Die Fundstellen am Niederrhein, im Sauerland und in Ostwestfalen wurden entweder durch Recherchen in der Datenbank der Floristischen Kartierung oder durch gezielte Ansprache einzelner Kartierer/-innen ermittelt.

Von besonderer Bedeutung schien neben der geographischen Herkunft die Probenahme aus unterschiedlichen Biotoptypen zu sein, so daß Ackerränder, Weg- und Straßerböschungen sowie Weiden gleichermaßen einbezogen wurden. Die innerhalb einer Gruppe ähnlich bewirtschafteter Flächen bestehenden Unterschiede (z. B. Anbaufrucht oder Nutzungsintensität von Ackerstandorten) wurden allerdings nicht berücksichtigt.

Die Lokalisation der jeweiligen Fundstellen erfolgte unter Angabe von Rechts- und Hochwerten und wurde durch genaue Ortsbeschreibungen sowie Markierungen im entsprechenden Kartenausschnitt (TK 25) ergänzt. Standörtliche Parameter umfaßten Daten zu Höhenlage, Inklination, Exposition und Niederschlag sowie Angaben zum geologischen Untergrund und zur Bodenart. Die Höhenlagen wurden dabei dem entsprechenden Meßtischblatt (TK 25) entnommen, die Inklination wurde im Gelände abgeschätzt und die Exposition mit dem Kompaß bestimmt. Die durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmengen wurden dem Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen (MURL 1989) entnommen. Die geologische Einordnung der Fundstellen orientierte sich an geologischen Karten im Maßstab 1 : 25 000 oder 1 : 50 000, in Einzelfällen auch 1 : 100 000. Die Bodenarten wurden im Gelände durch Fingerproben ermittelt, genauere Angaben über die Zusammensetzung des Bodens den genannten geologischen Karten entnommen.

Zur Charakterisierung der Begleitvegetation wurden an allen Fundstellen der untersuchten Populationen Florenlisten erstellt – die Bestimmung der Sippen erfolgte nach ROTHMALER (1990) und OBERDORFER (1994), nach welchem sich auch die Nomenklatur richtete. Wurden Vegetationsaufnahmen zur ergänzenden Wuchsortbeschreibung durchgeführt, so erfolgten sie mit Beginn der Blühphase des Feldsalates in Anlehnung an ELLENBERG (1956), BRAUN-BLANQUET (1964) und BARKMANN et al. (1964).

Bei der Auswahl der Aufnahmeflächen kam es nicht darauf an, Bestände unter pflanzensoziologischen Gesichtspunkten auszuwerten, sondern darauf, einen typischen Ausschnitt des betreffenden Feldsalatvorkommens in seinem jeweiligen Umfeld zu erfassen. Demzufolge wurden die Flächen jeweils so gewählt, daß sie einen Teil der untersuchten Feldsalatpopulation enthielten, während im übrigen nicht auf das Vorhandensein von Kennarten des pflanzensoziologischen Systems geachtet wurde. Die hier durchgeführte grobe Auswertung der Aufnahmen genügte somit den Ansprüchen.

Die Populationsgröße wurde durch Abschätzen der Individuenzahlen im Rosettenstadium angegeben. Alle Populationen wurden bei der Benennung mit dem Vorsatz „F-“ für Feldsalat versehen.

### **A 3.2 Probennahmen und Anbau**

Aus dem Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen wurden zunächst 24 Feldsalatpopulationen ausgewählt. Die Zahl wurde im Verlauf der Untersuchungen geringfügig modifiziert: Zum einen konnte in Anbetracht der oft schwer zu findenden Bestände (z. B. im Niederrheinischen Tiefland) der gewünschte Stichprobenumfang nicht direkt im ersten Jahr zusammengestellt werden, so daß im zweiten Untersuchungsjahr die Probenzahl vervollständigt wurde. Zum anderen erwiesen sich verschiedene Populationen als unbeständig, so daß in den Beständen keine kontinuierliche Entwicklung nachvollzogen werden konnte. Hiervon waren Feldsalatpopulationen an Straßenböschungen betroffen, die früh im Jahr gemäht wurden, sowie solche von Ackerstandorten mit Nutzungsänderungen.

Die Abgrenzung von Populationen orientierte sich zunächst an der von URBANSKA (1992, S. 8) gegebenen Definition, nach der „*eine Population eine Gruppe von Individuen (ist), die der gleichen taxonomischen Einheit angehören und sowohl im gleichen Raum als auch zum selben Zeitpunkt zusammen vorkommen*“. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen kam es jedoch nicht darauf an, eine Population als solche umfassend zu charakterisieren, sondern jeweils einen typischen Ausschnitt mit gut entwickelten Vertretern der betreffenden Art herauszuheben. Deshalb konzentrierte sich das Augenmerk bei der Probennahme auf einen repräsentativen Bereich innerhalb der Population, allerdings immer begleitet von einer umfassenden Beschreibung der Gesamtpopulation.

Bei zahlreichen Populationen waren im Gelände bereits klare Abgrenzungen durch natürliche oder künstliche Grenzen gesetzt. Feldsalatpflanzen waren beispielsweise auf den ungespritzten Ackerrand begrenzt und kamen außerhalb des Ackers nur vereinzelt im angrenzenden Biototyp (Feldwegrand, Straßengraben etc.) vor. Auch an Straßenböschungen waren meist die Pflanzen auf bestimmte Abschnitte begrenzt und kamen darüber hinaus nicht mehr vor. In der Regel erreichten die Bestände eine Ausdehnung von nicht mehr als ca. 50 m Länge und etwa 2 m Breite. Erstreckten sich die Vorkommen in Einzelfällen – wie bei F-27 – doch auf größere Böschungsabschnitte, so erfolgte die Probennahme über die verschiedenen Jahre jeweils in demselben, einem etwa 50 m umfassenden Ausschnitt, der sich weitgehend homogen darstellte.

Die Materialproben wurden während dreier Wachstumsphasen der Pflanzen gesammelt:

1. Rosetten(*ex situ*: November, *in situ*: März bis Anfang April),
2. Sproß und Blüten (Ende April bis Anfang Mai) und
3. Früchte (Ende Mai bis Anfang Juni).

Vor der **Probennahme *in situ*** wurden die einzelnen Feldsalatbestände im Gelände beschreibend charakterisiert (Farbeinstufung der Rosetten, Glanz, Blattstellung, Wuchs). Anschließend wurden aus jeder Population 6 bis 15 Rosetten entnommen, die Blätter jeder Rosette abgetrennt und für die weitere Verwendung individuenweise herbarisiert.

Die Wahl des Untersuchungszeitpunktes der Feldsalatpopulationen im Rosettenstadium erforderte die Angabe eines definierten Entwicklungsstadiums, da im Gelände neben standörtlichen Parametern (mikro-)klimatische Faktoren oder auch die verschiedenen Bewirtschaftungsarten Einfluß auf das Entwicklungsstadium ausüben können. *In situ* wurden die Bestände somit nicht zeitgleich beprobt, sondern jeweils dann, wenn an den Rosetten die Keimblätter noch deutlich erkennbar waren, so daß auch die Folgeblätter in ihrer Abfolge identifiziert und mit anderen Individuen verglichen werden konnten.

1998 und 1999 wurden die Messungen an je zehn Individuen aus elf Populationen durchgeführt. Bei solchen Populationen, in denen neben *Valerianella locusta* auch *V. carinata* auftrat (Populationen F-26a, F-26b, F-31b und F-33), war eine genaue Zuordnung der Rosetten zu einer der beiden Arten nicht möglich, so daß es sich in diesen Fällen möglicherweise um Mischproben handelt.

Da der modifizierende Einfluß der oftmals kleinräumig wechselnden Standortbedingungen meist deutlich im Phänotyp zum Ausdruck kam, wurden bei der Proben-

nahme zur morphologischen Untersuchung der *In-situ*-Bestände gezielt zehn relativ homogen ausgebildete Rosetten bzw. blühende Pflanzen ausgewählt, da das Ziel der Untersuchungen darin bestand, Differenzen zwischen verschiedenen Populationen nachzuweisen und nicht die Variabilität innerhalb der Bestände zu erfassen. Pflanzen mit extremen Merkmalsausprägungen, die eindeutig von den gegebenen Standorteinflüssen geprägt waren, wurden deshalb zwar registriert, nicht aber in die Untersuchungen einbezogen. Blühende Pflanzen wurden als Ganzes herbarisiert und Proben ihrer Blüten in 70%igem Ethanol konserviert.

Im Gegensatz zu Rosetten und blühenden Pflanzen wurden die Früchte, die im Anbau unter gleichen Bedingungen zur Keimung gebracht werden sollten, immer von möglichst vielen Pflanzen der Population gesammelt, unabhängig von ihrem Habitus. Dadurch sollte geprüft werden, wie sich der jeweilige Bestand unter Ausschluß modifikativ wirkender Einflüsse verhalten würde, d. h. ob die unterschiedlichen Eigenschaften heterogener *In-situ*-Bestände genetisch fixiert sind oder ob es sich dabei um modifikative Erscheinungen handelt, die unter Anbaubedingungen in den Hintergrund treten.

Von 17 der 24 aufgenommenen Populationen wurde ein zufällig entnommener Teil der Früchte für die **Untersuchungen *ex situ*** an die Saatgutfirma Julius Wagner (Heidelberg) weitergeleitet, die ihrerseits wiederum eine zufällige Probe daraus zur Keimung brachte, so daß insgesamt eine zufällige Probenauswahl der *ex situ* angebauten Pflanzen aus jedem Bestand gewährleistet war. Zusätzlich erfolgte der Anbau von sechs Populationen *Valerianella carinata*, welche im Rahmen der nachfolgenden Untersuchungen jedoch lediglich in den Pathogenitätstests berücksichtigt wurden, während die ebenfalls erhobenen morphologischen Daten aus Gründen des Arbeitsaufwandes nicht weiter ausgewertet wurden.

Die Untersuchungen erfolgten zu dem Zeitpunkt, zu dem die Kultursorten, die gleichzeitig ausgesät worden waren, kurz vor der Ernte standen und bonitiert wurden. Aus den bis zu 80 Einzelpflanzen enthaltenden Saatschalen wurde jeweils eine Stichprobe von je 18 durchschnittlich entwickelten Pflanzen entnommen. Die Rosetten bestanden hier aus mindestens drei gut entwickelten Blattpaaren bei noch vollständig ausgebildeten Keimblättern. Pro Population wurden davon je acht Rosetten innerhalb von ein bis zwei Tagen herbarisiert, unabhängig davon, wie weit jeweils die Folgeblätter entwickelt waren. Dies ermöglichte auch einen unmittelbaren Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten. Je zwei Rosetten wurden unter Erhaltung der Blattfarben für die Verwendung als digitale Bilder in den Computer eingescannt und gespeichert. Acht weitere Pflanzen pro Herkunft überwinterten in Einzeltöpfen im Freiland und standen für die Messungen der Sprosse und Blüten als Frischmaterial im folgenden Frühjahr zur Verfügung. Die Vermessung der blühenden Pflanzen erfolgte *ex situ* innerhalb von ca. 3 Wochen, immer dann, wenn die meisten Blüten der Pflanzen geöffnet waren, da sich die Sproßachsen der Pflanzen bis zu diesem Zeitpunkt

im Wachstum befanden. Bis zur Fruchtreife wuchsen die Pflanzen i. d. R. noch wenige Zentimeter weiter, was jedoch in diesem Zusammenhang vernachlässigt wurde. Zur Blütezeit wurden die Tragblätter von jeder Pflanze entfernt und im herbarisierten Zustand vermessen.

Bei zehn der Populationen von *V. locusta* wurde im Herbst 1998 der Anbau wiederholt und hierbei die Individuenzahl der zur Frucht gelangenden Pflanzen auf bis zu 14 pro Population erhöht. Die Samen stammten aus derselben Probe wie für den Anbau im Vorjahr. Die Ernte der Früchte *ex situ* erfolgte im Mai 1998 als Mischprobe über alle Individuen einer Population, im darauffolgenden Jahr individuenweise. Für die phänologischen Beobachtungen wurde im Zeitraum vom 6. April 1999 bis zum 8. Mai 1999 im Abstand von jeweils zwei Tagen die Entwicklung jedes Individuums von der Knospe bis zur beginnenden Frucht anhand einer zuvor definierten Skala eingestuft (vgl. Abbildungsunterschrift A-7).

### A 3.3 Morphologisch-biometrische Untersuchungen

Für die morphometrischen Untersuchungen wurde zunächst eine Fülle von Eigenschaften aus allen Entwicklungsphasen der Pflanze ausgewählt. Die Untersuchungen wurden an *Ex-situ*-Material durchgeführt, während die *in situ* gesammelten Proben nur auf eine Auswahl von Eigenschaften hin verglichen wurden. Folgende Quellen dienen der Zusammenstellung der Merkmale:

<u>Eigenschaften der Merkmale</u>	<u>Quelle</u>
variabel nach Literaturangaben	➔ Bestimmungsschlüssel (OBERDORFER 1994, ROTHMALER 1990), Monographien (ERNET 1977a,b; 1978, WAGENITZ 1970)
züchterische Relevanz	➔ Richtlinien für die Durchführung der Prüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit (UPOV 1980); Gespräche mit Züchtern
variabel nach eigenen Beobachtungen	➔ Beschreibungen der Pflanzen und morphometrische Voruntersuchungen

Die Messungen der Rosetten- und Tragblätter wurden an Herbarmaterial, die der Sprosse an Frischmaterial durchgeführt. In jeder „Sproßhälfte“ (vgl. Abb. A-4) wurden über jeder Verzweigung beide Internodien vermessen, anschließend wurde die Messung an dem längeren der beiden Abschnitte fortgesetzt. Die Winkel wurden nur aus der Hälfte „a“ aufgenommen, die Tragblätter jeweils am längeren Internodium der Hälfte „a“ entfernt.

Insgesamt wurden somit an jeder Pflanze der untersuchten Feldsalatpopulation 83 morphologische Merkmale erhoben und 49 Indices <sup>1</sup> aus ihnen berechnet. Die Merkmale bezogen sich auf folgende Bereiche der Pflanzen und wurden der Einfachheit halber abgekürzt:

Keim- und Rosettenblätter	⇒	17 Merkmale;	8 Indices
Sproß und Tragblätter	⇒	51 Merkmale;	34 Indices
Blüten	⇒	7 Merkmale;	4 Indices
Früchte	⇒	4 Merkmale;	3 Indices

### **Keimblätter und Rosetten** (vgl. Abb. A-3):

#### Abschätzung der Rosettenmerkmale

1. Blattfarbe [gelbgrün / hellgrün / mittelgrün / dunkelgrün / graugrün / blaugrün]
2. Glanz [gering / mittel / stark]
3. Blattstellung [liegend / halbaufrecht / aufrecht / sehr aufrecht]
4. Aderung [gering / mittel / stark]

#### Messung der Merkmale

5. Länge Keimblatt, incl. Stiel (cm) [L\_KB\_ges]
6. Länge Keimblattstiel (cm) [L\_KB\_Stiel]
7. Breite Keimblatt (cm) [B\_KB]
- 8.-10. Längen der ersten drei Rosettenblattpaare (cm) [L\_1, L\_2, L\_3]
- 11.-13. Breiten der ersten drei Rosettenblattpaare (cm) [B\_1, B\_2, B\_3]
- 14.-17. Breite bei 25 % bzw. 50 % der Gesamtlänge des 2. und 3. Rosettenblattpaares [B\_25\_2, B\_50\_2, B\_25\_3, B\_50\_3]

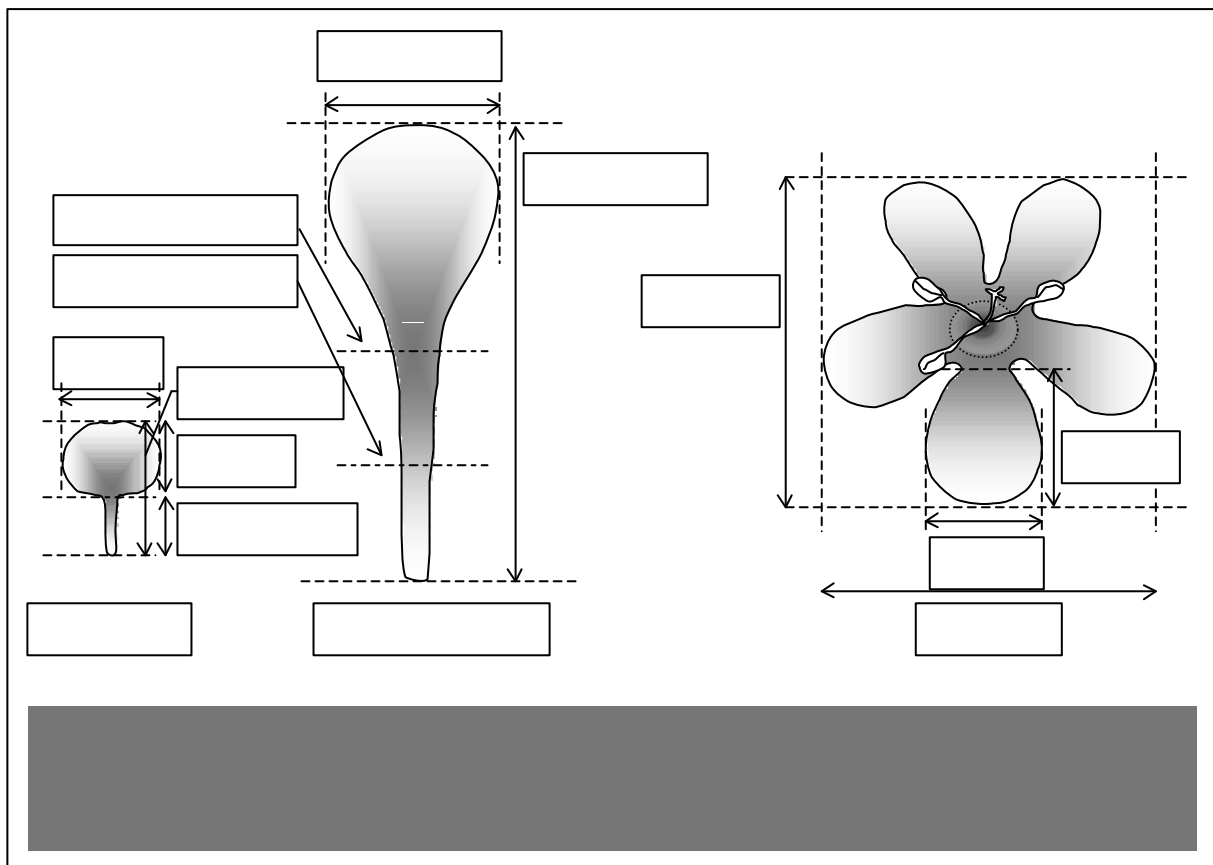
#### Berechnung der Indices

- |        |  |                                      |
|--------|--|--------------------------------------|
| I      | Keimblattlänge zu –breite (Blattspreite)   | [L/B_KB]                             |
| II-IV  | Blattlänge zu –breite der ersten drei Rosettenblattpaare   | [L/B_1, L/B_2, L/B_3]                |
| V-VIII | Anteil der Breite bei 25 % bzw. 50 % der Gesamtlänge an der Gesamtbreite des Blattes (2. und 3. Rosettenblattpaar) | [pro25_2, pro50_2, pro25_3, pro50_3] |

---

<sup>4</sup> Die Indices repräsentieren strukturerhaltende Abbildungen der Einzelmerkmale. Wenn eine Indexbildung inhaltlich und statistisch nicht legitimierbar schien, wurden die entsprechenden Einzelmerkmale in den statistischen Analysen beibehalten.





## Sproß und Tragblätter (vgl. Abb. A-4):

### 1. Angabe des Datums Blühbeginn

#### Messung der Merkmale:

- |         |  |  |
|---------|--|--|
| 2.-3.   | Länge 1. Internodium, Hälfte „a“ bzw. „b“ (cm)   | [L_1a bzw. L_1b]                               |
| 4.-7.   | Länge 2. bis 5. längeres Internodium, Hälfte „a“ (cm)  | [LI_2a bis LI_5a]                              |
| 8.-11.  | Länge 2. bis 5. kürzeres Internodium, Hälfte „a“ (cm)  | [Lk_2a bis Lk_5a]                              |
| 12.-15. | Länge 2. bis 5. längeres Internodium, Hälfte „b“ (cm)  | [LI_2b bis LI_5b]                              |
| 16.-19. | Länge 2. bis 5. kürzeres Internodium, Hälfte „b“ (cm)  | [Lk_2b bis Lk_5b]                              |
| 20.-21. | Durchmesser 1. Internodium, Hälfte „a“ bzw. „b“ (cm)   | [D_1a bzw. D_1b]                               |
| 22.-29. | Durchmesser 2. bis 5. längeres bzw. kürzeres Internodium, Hälfte „a“ (cm)  | [DI_2a bis DI_5a]<br>bzw.<br>[Dk_2a bis Dk_5a] |
| 30.-37. | Durchmesser 2. bis 5. längeres bzw. kürzeres Internodium, Hälfte „b“ (cm)  | [DI_2b bis DI_5b]<br>bzw.<br>[Dk_2b bis Dk_5b] |
| 38.-40. | Winkel über der 1., 2. und 3. Verzweigung (°)  | [W_1 bis W_3]                                  |
| 41.     | Höhe der Pflanze zum Blütezeitpunkt (cm)   |  |
| 42.-46. | Länge des jeweils am längeren Internodium der Hälfte „a“ befindlichen Tragblattes an der 1. bis 5. Verzweigung (cm)  | [L_tr1 bis L_tr5]                              |
| 47.-51. | Breite des jeweils am längeren Internodium der Hälfte „a“ befindlichen Tragblattes an der 1. bis 5. Verzweigung (cm) | [B_tr1 bis B_tr5]                              |

### Berechnung der Indices

I-XVIII	Länge zu Durchmesser aller vermessenen Internodien	[L/D_1a, L/D_1b] [LI/DI_2a bis LI/DI_5a] [Lk/Dk_2a bis Lk/Dk_5a] [LI/DI_2b bis LI/DI_5b] [Lk/Dk_2b bis Lk/Dk_5a]
XIX- XXVII	Länge des längeren zu Länge des kürzeren Internodiums für jeden Abschnitt	[L_1a/L_1b] [LI_2a/Lk_2a bis LI_5a/Lk_5a] [LI_2b/Lk_2b bis LI_5b/Lk_5b]
XXVIII- XXIX	Länge 3. bzw. 4. längeres zur Länge 2. bzw. 3. längeres Internodium, Hälfte „a“	[LI_3a/LI_2a] [LI_4a/LI_3a]
XXX- XXXIV	Länge zu Breite aller 5 Tragblätter	[L/B_tr1 bis L/B_tr5]

### **Blüten** (vgl. Abb. A-2):

#### Abschätzung der Merkmale

1.	Blütenfarbe	[weiß / hellblau / dunkelblau]
2.	Grad der Behaarung der Kronröhre	[kahl / spärlich / stark]

#### Messung der Merkmale

3.	Länge Kronröhre (mm)	[L_röhre]
4.-5.	Länge und Breite Blütensaum (mm)	[L_saum, B_saum]
6.-7.	Länge und Breite des mittleren Blütenzipfels (mm)	[L_mK, B_mK]

### Berechnung der Indices

I	Länge zu Breite Blütensaum	[L/B_saum]
II	Länge zu Breite mittlerer Blütenzipfel	[L/B_mK]
III	Länge Blütensaum zu Länge mittlerer Blütenzipfel	[L_saum/L_mK]
IV	Breite Blütensaum zu Breite mittlerer Blütenzipfel	[B_saum/B_mK]

### **Früchte:**

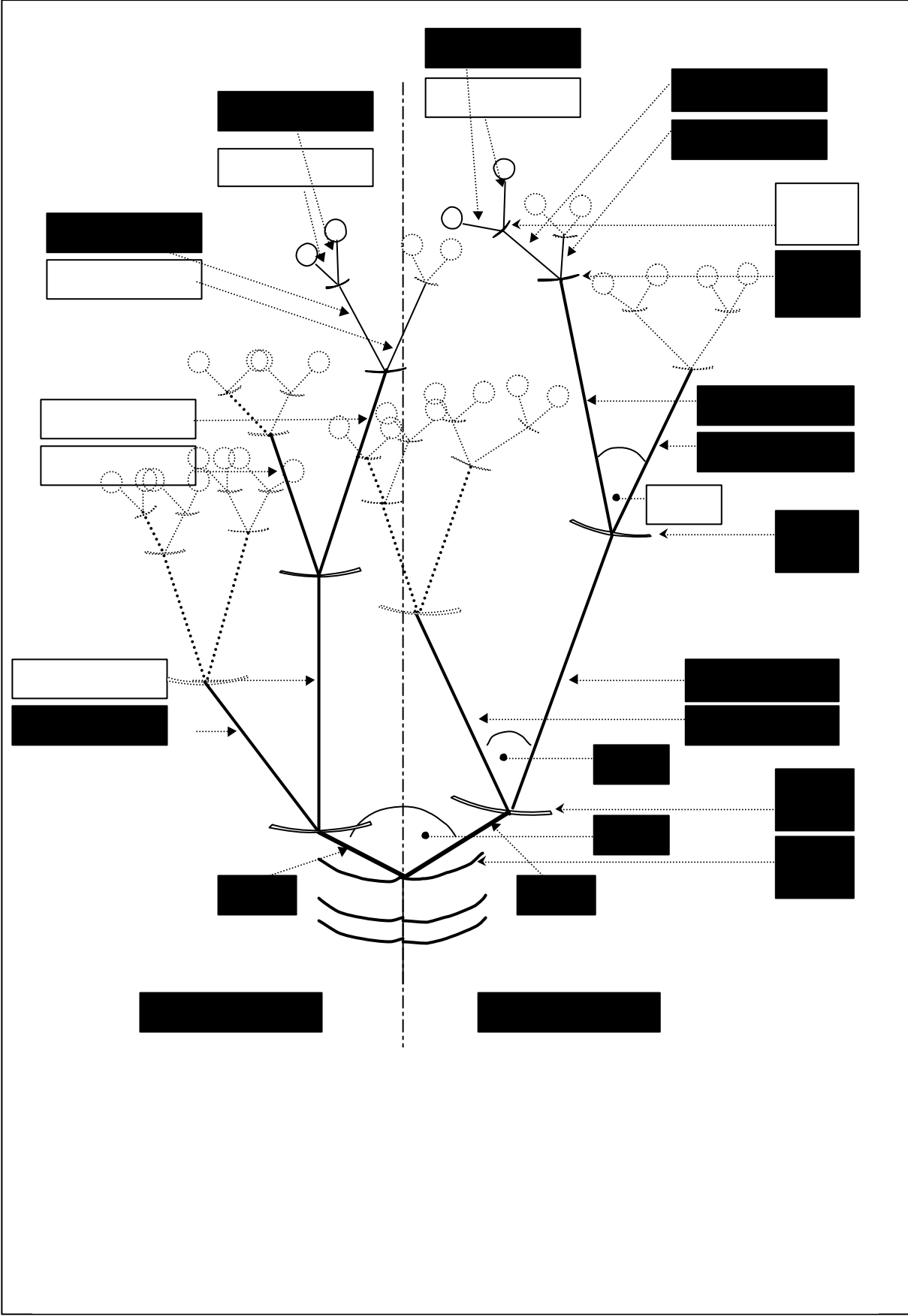
1. Abwiegen des Tausendkorngewichts (g)

#### Messung der Merkmale

2.-4.	Länge, Breite und Dicke der Frucht (mm)	[L_frucht, B_frucht, D_frucht]
-------	---	--------------------------------

### Berechnung der Indices

I	Länge zu Breite	[L/B_frucht]
II	Länge zu Dicke	[L/D_frucht]
III	Breite zu Dicke	[B/D_frucht]



### A 3.4 Infektionstest mit Pathogenen

Die Infektionstests mit Pathogenen (*Peronospora valerianellae*, Falscher Mehltau) wurden an der TU Weihenstephan durchgeführt. Dazu wurden jeweils zehn Individuen aus acht Populationen *Valerianella locusta* und drei Populationen *V. carinata* im Gewächshaus herangezogen und ca. drei Wochen nach Aussaat in einer Klimakammer infiziert. Die Erregerisolate stammten von oosporenverseuchtem Saatgut oder von infizierten Blättern verschiedener Kultursorten. Von verseuchtem Saatgut konnten insgesamt sieben Isolate (Pilzrassen) gewonnen werden.

Der Grad des Befalls nach Infektion wurde mit Hilfe einer vierstufigen Skala angegeben. Aus der Anzahl der Pflanzen pro Befallsstärke berechnete sich der Disease-Index, der von 1 = kein Befall bis 9 = sehr starker Befall reichte. Der Anteil befallener Pflanzen wurde über die Sporulationshäufigkeit ausgedrückt (PIETREK 2000).

### A 3.5 Statistische Methoden

Die statistische Analyse der morphometrischen Daten wurde mit Hilfe des Programmsystems SPSS für Windows in den Versionen 7.5 und 9.0 durchgeführt (BÜHL & ZÖFEL 1998 und 2000). Bei den angewendeten Testverfahren handelte es sich um die gängigen, in der morphometrischen Praxis üblicherweise eingesetzten multivariaten Verfahren (vgl. TITZ 1982).

Für die Überprüfung der **Normalverteilung der Meßwerte**, die Voraussetzung für einige weiterführende statistische Analysen ist, wurde aus den verschiedenen möglichen Verfahren (vgl. KÖHLER et al. 1996) der KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test, bei Stichprobenumfängen bis 50 der SHAPIRO-WILKS-Test ausgewählt. Das Signifikanzniveau wurde gemäß gängiger Konventionen mit 5% definiert, die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug somit  $p \leq 0,05$  (vgl. ZÖFEL 1992). Variablen mit stark von einer Normalverteilung abweichenden Werten wurden in weiteren Analysen nicht verrechnet.

Zur Ermittlung der linearen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Variablen wurde die **Korrelationsanalyse** nach SPEARMAN durchgeführt, die für ordinalskalierte oder intervallskalierte Stichproben geeignet ist (BÜHL & ZÖFEL 1998). Das Maß der Korrelation wird durch den Korrelationskoeffizienten  $r$  wiedergegeben, dessen Wert zwischen  $-1$  und  $+1$  liegt. Je nach Vorzeichen liegen somit schwache ( $r$  nahe null) bzw. starke ( $r$  nahe  $1$  oder  $-1$ ) positive oder negative Korrelationen zwischen den Wertepaaren vor.

Die Prüfung auf Korrelationen diente einer ersten Einschätzung der Zusammenhänge zwischen den aufgenommenen Variablen. Von sehr hoch miteinander korrelierten Variablen ( $|r| \geq 0,90$ ) wurde von dem Datenpaar jeweils nur eine der beiden abhängigen Variablen verwendet.

Zur Zusammenfassung von Merkmalsblöcken wurde an statistischen Verfahren die **Hauptkomponentenanalyse** (Principal Component Analysis, PCA) durchgeführt. Sie dient der Reduktion einer größeren Anzahl von Variablen zu einer kleineren Anzahl unabhängiger Einflußgrößen – sog. Faktoren oder Hauptkomponenten (OPITZ 1980, HERMY & WILMOTTE 1988 und FLURY 1997). Für die hier gegebene Fragestellung nach einer Differenzierung von Gruppen (Populationen) eignet sich das Verfahren lediglich als vertiefende Prüfung auf Korrelationen zwischen einer Vielzahl von Variablen und eröffnet Möglichkeiten der Datenreduktion durch Faktoren.

Ein wesentliches Ziel innerhalb der vorliegenden Arbeit stellte die Differenzierung der ausgewählten Wildpflanzenpopulationen anhand von Merkmalen dar, von denen bei der Datenerhebung noch nicht bekannt war, ob und in welchem Maße sie zur Differenzierung geeignet waren. Das statistische Verfahren der **Diskriminanzanalyse** (Canonical Analysis, CA) erschien vor diesem Hintergrund das am besten geeignete Verfahren zu sein, aus der Fülle an Daten diejenigen herauszufiltern, die eine möglichst gute Trennung vorgegebener Gruppen erlaubten (vgl. TITZ 1982 und BÜHL & ZÖFEL 1998).

Aus den eingegebenen Variablen werden dabei Diskriminanzfunktionen berechnet, die jeweils einen bestimmten Anteil der im Datensatz enthaltenen Gesamtvarianz erklären. Der Wert, mit dem die verschiedenen Variablen in die Funktionen einfließen, der sog. Korrelationskoeffizient zwischen der Variablen und der Diskriminanzfunktion, kann dabei unterschiedlich hoch ausfallen: Hoch ladende Variablen können als solche interpretiert werden, die die Gruppen am besten zu trennen vermögen, da sie eine geringe Varianz innerhalb einer Gruppe und eine hohe Varianz zwischen den Gruppen aufweisen. Besitzen die in die erste Funktion eingegangenen Variablen geringe Koeffizienten, so resultiert daraus trotz der besten Eignung zur Differenzierung der Gruppen in der Regel kein gutes Klassifizierungsergebnis. Dies gilt auch für den Fall, daß die höchsten Korrelationskoeffizienten der verschiedenen Variablen erst in der zweiten oder einer nachfolgenden Funktion erreicht werden, während sie in der ersten Funktion nur mit geringen Werten vertreten sind.

Ließen sich die vorgegebenen Gruppen mit Hilfe der Diskriminanzanalyse mit einem guten Klassifizierungsergebnis gegeneinander abgrenzen, wurde im Anschluß der **Vergleich der Mittelwerte** nach DUNCAN angewendet, um zu prüfen, ob zwischen den Mittelwerten der differenzierenden Variablen signifikante Unterschiede bestanden. Der Test ordnet alle Mittelwerte der vorgegebenen Gruppen nach Rängen und ermittelt Signifikanzen zwischen homogenen Gruppen. Für den Vergleich zweier unabhängiger Stichproben wurde der nichtparametrische U-Test nach MANN und WHITNEY eingesetzt (BÜHL & ZÖFEL 1998).

Ziel der **hierarchischen Clusteranalyse**, die für die geographische Differenzierung der Arten angewandt wurde, ist eine Zusammenstellung von Gruppen (hier: Populationen) ähnlicher Eigenschaften auf verschiedene *cluster*. Als übliches Maß für intervallskalierte und beliebig viele Daten wurde als Ähnlichkeitsmaß die quadrierte euklidische Distanz gewählt. Vor der Analyse wurde eine z-Transformation der Daten vorgenommen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte durch Dendrogramme.

### **A 3.6 Molekulargenetische Untersuchungen**

Für die Analyse der intraspezifischen Diversität auf genetischer Ebene wurde die Methode der RAPD-PCR (**R**andom **A**mplified **P**olymorphic **D**NA; **P**olymerase **C**hain **R**eaction) durchgeführt. Mit dieser Methode werden unter Einsatz verschiedener Primer (Oligonucleotide) bestimmte DNA-Sequenzen vervielfältigt. Durch Elektrophorese ergeben sich Gele, auf denen DNA-Fragmente unterschiedlicher Größe aufgetrennt sind (WILLIAMS et al. 1990). Auf diese Weise liegen – je nach Fragestellung – auf Individuen-, Populations- oder Artniveau spezifische Bandenmuster vor.

Die molekulargenetischen Untersuchungen wurden von Dipl.-Biol. J. Wunder durchgeführt. Die hier dargestellten Methoden gelten für alle drei Pflanzenarten gleichermaßen. Sie sind ausführlich im Rahmen der Doktorarbeit „Wildpflanzen als genetische Ressourcen – Genetische Diversität von Echtem Feldsalat (*Valerianella locusta* (L.) Laterr., Wiesen-Kümmel (*Carum carvi* L.) und Hopfen (*Humulus lupulus* L.) in Nordrhein-Westfalen“ (Arbeitstitel, WUNDER *i. p.*) sowie in FORWICK et al. (2001, unveröff.) zusammengestellt.

## A 4 Ergebnisse

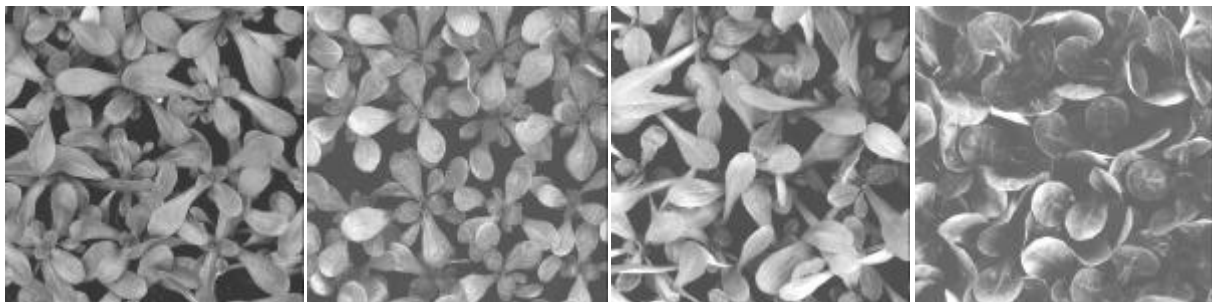
### A 4.1 Morphometrische Untersuchungen zur Differenzierung der Populationen

Das gesamte Pflanzenmaterial für die morphologisch-biometrischen Untersuchungen von *Valerianella locusta* stammte aus Wildpopulationen aus dem Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen (s. Tab. 1, Anhang). Alle Pflanzen, die unter gleichen Anbaubedingungen betrachtet wurden, wurden aus Samenmaterial dieser Wuchsorte zur Keimung gebracht. Die Untersuchungen wurden in erster Linie an Pflanzen *ex situ* durchgeführt.

Da die Rosetten- bzw. die Sproß- und Blütenmerkmale an unterschiedlichen Individuen einer Population durchgeführt werden mußten – die Rosetten wurden herbarisiert und gelangten nicht zur Blüte –, erfolgte die Auswertung dieser Bereiche zunächst getrennt, eine Kombination der Merkmale erst im Anschluß über die Mittelwerte der Populationen.

#### A 4.1.1 Differenzierung der Populationen anhand der Keimblätter und Rosetten

Bezüglich des Keimungszeitpunktes verhielten sich die angebauten Populationen ähnlich. Die Keimungsrate lag bei nahezu 100 % bei allen Herkünften (SCHLEMMER, mdl. Mittlg.). Erste Unterschiede zwischen den Populationen ließen sich jedoch wenige Wochen später erkennen. Sie waren zwar geringfügig, aber deutlich und betrafen die Blattfarben sowie deren Stellung und Form.



**Abb. A-5** Feldsalat unter gleichen Anbaubedingungen in den Saatschalen (Ausschnitte)  
(v. l. n. r.: F-18, F-27, F-4b, Sorte Vit; 10.11.1997) – vgl. auch Abb. 7, Anhang.

Fig. A-5 *Cornsalad under identical conditions in sowing containers (excerpt)*  
(from left to right: F-18, F-27, F-4b, Type Vit, 10.11.1997) – s. appendix, figure 7.

Das farbliche Spektrum reichte von „gelbgrün“ bei F-4b über „hellgrün“ (F-39) und „mittelgrün“ (F-22, F-23, F-36) bis „mittel- bis graugrün“ (alle übrigen Populationen). F-18 wies als einzige Population graugrüne Blätter auf. Auch hinsichtlich der Blattstellung fiel F-18 mit liegenden Blättern auf, während die von F-39 als einzige aufrecht standen. Die restlichen Populationen wurden mit „halbaufrecht“ charakterisiert.

Die unterschiedlichen Blattformen wurden im weiteren Verlauf der Untersuchungen biometrisch erfaßt (s. u.).

In weiteren züchterisch relevanten Merkmalen wie Glanz und Aderung unterschieden sich die Wildherkünfte nicht nennenswert voneinander. Alle Rosetten wurden mit „geringem Glanz“ und „mittlerer Aderung“ eingestuft. Abb. A-5 zeigt exemplarisch drei Wildherkünfte in den Saatschalen.

Aus der mit 16 normalverteilten Variablen durchgeführten **Diskriminanzanalyse** resultierte eine deutliche Differenzierung der vorgegebenen Gruppen. Eine Zuordnung der Blätter zu ihrer jeweiligen Population gelang zu einem korrekten Anteil von 68,8 %. Zwar war keine Population so gestaltet, daß sie vollständig als homogene Gruppe wiedererkannt wurde, doch hielten nahezu alle Populationen zu einem hohem Anteil zusammen (Tab. A-6) <sup>1</sup>.

Wichtigste differenzierende Merkmale waren die Längen der ersten beiden Rosettenblätter (L\_1 und L\_2), die Gesamtlänge des Keimblattes (L\_KB\_ges) sowie zwei Variablen zur Beschreibung der Form des 3. Blattpaares: pro25\_3 und L/B\_3. Die Spanne der Mittelwerte reichte beim ersten Rosettenblatt von 3,2 cm (F-27) bis 5,5 cm (F-4b) und bei den Keimblättern von 0,89 cm (F-27) bis 1,50 cm (F-4b). Durch besonders große Blätter zeichneten sich die Populationen F-4b und F-12 aus, deren erstes Blattpaar im Durchschnitt über 4,9 cm und das zweite über 7,9 cm maß. Die Blattspreite verbreiterte sich hier erst im obersten Blattbereich deutlich – ausgedrückt durch die Breite bei einem Viertel bzw. bei der Hälfte der Gesamtlänge –, so daß das Blatt löffelförmig aussah. Im Ganzen rundlichere Blätter mit einem weniger stark ausgeprägten blattstielartigen Ansatz besaßen hingegen F-30 und F-27, während sich F-36 durch große Blätter auszeichnete, deren Verbreiterung im unteren Bereich einsetzte. Eine Korrelation zwischen den Blattlängen und ihrer Form lag nicht vor.

Nach Auswahl einzelner Herkünfte und unter Ausschluß derjenigen Populationen, die sich nur zu einem geringen Anteil klassifizieren ließen (z. B. F-26a, F-31b), ergab sich eine nahezu 100 %ige Trennung der Gruppen. Ähnlich hohe Klassifizierungsergebnisse konnten auch bei anderen Kombinationen von Populationen erreicht werden konnten.

---

<sup>1</sup> Auch auf der molekulargenetischen Ebene gelang eine Differenzierung der Populationen. Alle Populationen – abgesehen von F-31b – konnten als zusammengehörige Gruppen identifiziert werden. Während der größte Teil der Varianzen zwischen den Populationen lag, war die Varianz innerhalb der Populationen deutlich geringer. Hinsichtlich der Bandenmuster ergab sich, daß fast 40 % aller polymorphen Banden populationsspezifisch waren, d. h. entweder in nur einer Population vorkamen und bei allen anderen fehlten oder in nur einer Population fehlten, in allen anderen aber vorkamen.



**Tab. A-6 Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse mit allen normalverteilten Keimblatt- und Rosettendaten für alle untersuchten Feldsalatpopulationen. Schattiert: Anzahl der korrekt zu den vorgegebenen Populationen zugeordneten Fälle.**

*Tab. A-6 Classification results of canonical variate analysis with all normally distributed cotyle and rosette leaf data for all examined cornsalad populations. Shaded areas: number of cases correctly allocated to the respective populations.*

Vor-gegebene Population	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit																	
	F-4b	F-5	F-11	F-12	F-18	F-19	F-22	F-23	F-26a	F-26b	F-27	F-29	F-30	F-31b	F-33	F-36	F-39	Gesamt
F-4b	10	2		3					1									16
F-5		12	1						2			1						16
F-11			7	2			2	1	2						1		1	16
F-12	1		2	11					1	1								16
F-18					12	1						2	1					16
F-19					1	12		3										16
F-22			1			3	10	1		1								16
F-23						1		13				1		1				16
F-26a		3	2	1					6					1	2		1	16
F-26b			1				2			11		1			1			16
F-27											13			3				16
F-29			1							1	1	11		2				16
F-30					1							1	14					16
F-31b		3				3	1		1		3			5				16
F-33	1	1								1					12	1		16
F-36					2											14		16
F-39								2									14	16

Der Wiederholungsanbau 1998/99 zeigte sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zu den Ergebnissen des ersten Jahres. Übereinstimmend gelang die Trennung der zehn angebauten Herkünfte; im zweiten Jahr fiel das Klassifizierungsergebnis mit 86,9 % korrekt zugeordneter Fälle sogar noch besser aus als im Vorjahr. Dabei stimmten die dafür verrechneten Variablen in den beiden Jahren überein: Die Länge des ersten Rosettenblattes und der Keimblätter (L\_1, L\_KB\_ges), die Blattform des dritten Blattpaares (L/B\_3, pro25\_3) sowie die Länge des zweiten Blattes (L\_2).

Bei der Wiederholung jedoch wichen die Meßwerte zum Teil signifikant voneinander ab. So waren bei fast allen Populationen die ersten Rosettenblätter um durchschnittlich etwa 0,5 cm größer als im Vorjahr. Das kleinste Rosettenblatt wies hier mit 3,7 cm F-19 auf, das größte mit 6,0 cm F-4b. Von wenigen Ausnahmen abgesehen blieben dabei die Ränge der einzelnen Populationen innerhalb des Wertespektrums erhalten, d. h. Populationen, die 1997/98 große Blätter besaßen, bewegten sich 1998/99 ebenfalls in den obersten Wertebereichen. Der Blattspreitenindex des ersten

Blattpaares (L/B\_1) veränderte sich innerhalb einer Population (Ausnahme F-27) in den beiden Jahren nicht signifikant.

Im Unterschied zum ersten Blattpaar war bei allen Populationen das zweite Blattpaar im Wiederholungsanbau kleiner und runder als im ersten Jahr (kleinerer Blattspreitenindex). Der Rang, den die einzelnen Herkünfte im zweiten Jahr einnahmen, stimmte mit dem des Vorjahres nur in einigen Fällen überein, meist jedoch nahmen die Populationen deutlich vom ersten Jahr abweichende Positionen innerhalb des Wertespektrums ein.

#### **A 4.1.2 Differenzierung der Populationen anhand der Sprosse, Tragblätter und Blüten**

Die Entwicklung vom Rosettenstadium zur blühenden Pflanze verlief bei verschiedenen Populationen sehr unterschiedlich. Dies betraf beispielsweise die Ausbildung des Sprosses, die bei einigen Herkünften früher einsetzte als bei anderen. Die Individuen aus F-23 beispielsweise waren beim ersten Meßzeitpunkt (8.4.1999) bereits bis zu 11 cm groß, ihre Sprosse sehr dünn, aufgrund spitzer Verzweigungswinkel aufrecht stehend und zweimal verzweigt. Das dritte Internodium war bereits über 1 cm lang, so daß die Pflanzen fast sparrig aussahen. Die Individuen aus F-18 und F-19 dagegen waren zu diesem Zeitpunkt erst 4-5 cm groß mit sehr kurzen Internodien, die sich kurz über dem Erdboden mit großem Winkel zu verzweigen begannen und der Pflanze dadurch eine kissenähnliche Form gaben. F-30 zeichnete sich durch dicke Internodien aus, die sich ebenfalls mit großen Winkeln verzweigten und die Pflanzen in der Aufsicht breit erscheinen ließen.

Bei der Mehrzahl der Herkünfte waren sich die Individuen der betreffenden Population so ähnlich, daß sie bereits mit bloßem Auge ihrer jeweiligen Gruppe zugeordnet werden konnten (vgl. Abb. 8 im Anhang). Ausnahmen stellten hierbei die Populationen F-4b und F-33 dar. Von den acht Individuen aus F-4b waren sich jeweils vier Pflanzen sehr ähnlich, die einen klein und kompakt wachsend, die anderen sehr kräftig und schon früh mehrfach verzweigt. Bei F-33 fielen zwei Individuen auf, die sich durch eine kompaktere Wuchsform und deutlich hellere Blätter auszeichneten. Die Knospenbildung setzte hier erst zwei Wochen nach allen anderen Pflanzen dieser Population ein.

Zwischen den heranwachsenden Pflanzen der einzelnen Populationen ließen sich z. T. beträchtliche Unterschiede hinsichtlich ihrer **Phänologie** feststellen (vgl. Abb. A-7). Als erste Population ließ F-19 Anfang April Knospen erkennen. Die Blühphase, die wenige Tage später einsetzte, hielt bei dieser Population mit einer Dauer von etwa zehn Tagen – bis zum Verblühen der ersten Blüten – auffällig lange an. Ebenfalls relativ früh setzte die Blühphase der Individuen aus F-22 und F-18 ein. Sie dauerte je etwa sechs bis acht Tage. Wie bei F-19 war bei diesen Populationen in den letzten Apriltagen ein Teil der Blüten verblüht.

Diesen drei Herkünften folgten die Populationen F-4b, F-23, F-30, F-39 und F-36, die alle etwa zur gleichen Zeit zu blühen begannen. Sie unterschieden sich jedoch in der Dauer des Knospenstadiums, das bei vier Pflanzen aus F-4b recht früh einsetzte und ca. zehn Tage anhielt. Die darauf folgende Blühphase dauerte bei fast allen Individuen der Population mit ebenfalls etwa zehn Tagen verhältnismäßig lange. Sehr einheitlich verhielten sich die Pflanzen aus F-23, F-39 und F-36, die mit sechs Tagen voller Blüte eine mittlere Länge dieser Phase aufwiesen. Recht heterogen erwies sich das Blühverhalten innerhalb der Populationen F-30 und F-33, in denen die einzelnen Individuen nicht nur zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu blühen begannen, sondern deren Blühphasen auch unterschiedlich lange anhielten. Auffällig kurz blühten die Pflanzen aus F-33, die bereits nach zwei Tagen wieder verblühten. Zwei Individuen aus F-33, die bereits habituell aufgefallen waren (s. o.) blühten erst Mitte Mai, also etwa einen Monat nach Blühbeginn der ersten Feldsalatpflanzen aus F-19.

Nächste Seite:

**Abb. A-7 Phänogramm der angebauten Feldsalatpflanzen im Zeitraum vom 6.4.99 bis zum 12.5.99 (Ernte: 26.5.99). Z. B. F-19/1: Individuum 1 der Population F-19.**

*Fig. A-7 Phenogramme of cultivated cornsalad plants between 06.04.99 and 12.05.99 (harvest: 26.05.99). E.g. F-19/1: Individual 1 of population F-19.*

links der Schattierung:

...	Knospen	Nur Knospen erkennbar, keine geöffneten Blüten
-	Knospe - Beginn Blüte	1 - 2 offene Blüten pro Teilblütenstand
=	Beginn Blüte	2 - 6 offene Blüten pro Teilblütenstand, < 1/3 aller Blüten offen
+	Beginn Blüte - Vollblüte	maximal 2/3 aller Blüten geöffnet
*	Vollblüte	Mehr als 2/3 aller Blüten geöffnet, maximal 100 %

rechts der Schattierung:

+	Vollblüte - Beginn Frucht	einzelne Blüten verblüht
=	Beginn Frucht	Weniger als 1/3 der Blüten verblüht, Früchte gut erkennbar
-	Beginn Frucht - Vollfrucht	Maximal 2/3 der Blüten verblüht, einzelne Früchte reif
...	Vollfrucht	Mehr als 2/3 der Blüten verblüht, Früchte reif
	<u>Schattierung</u>	Mehr als die Hälfte einer Population in voller Blüte

left of shaded area

...	<i>buds</i>	<i>only buds distinguishable, no opened blossoms</i>
-	<i>bud – start of blossoming</i>	<i>1-2 open blossoms per partial blossom status</i>
=	<i>start of blossoming</i>	<i>2-6 open blooms per partial blossom status, &lt; 1/3 of all</i>
		<i>blossoms open</i>
+	<i>start of blossoming - full flower</i>	<i>max 2/3 of all blossoms open</i>
*	<i>full flower</i>	<i>more than 2/3 all flowers opened, maximal 100%</i>

right of shaded area

+	<i>full flower – begin of fruit</i>	<i>individual flowers wilted</i>
=	<i>start of fruit</i>	<i>&lt; 1/3 of flowers wilted, fruit easily distinguishable</i>
-	<i>start of fruit – full fruit</i>	<i>max. 2/3 of flowers wilted, individual ripe fruit</i>

... full fruit  
shaded area

> 2/3 fruit wilted, fruit ripe  
more than half a population in full flower

	6.4.	8.4.	10.4.	12.4.	14.4.	16.4.	18.4.	20.4.	22.4.	24.4.	26.4.	28.4.	30.4.	2.5.	4.5.	6.5.	8.5.	10.5.	12.5.....	26.5.	
F-19/1	-	=	=								+	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/2	...	=	+								+	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/3	-	=	+								+	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/4	-	=	+								+	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/5	-	=	+								+	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/6	-	=	+								*	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/7	-	=	+								+	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/9	-	=	+								+	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/10		...	-								*	+	+	=	=	=	-			...	
F-19/11		...	...								*	+	+	=	=	=	-			...	
-----																					
F-22/1		...	-	=	=	+	+					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/2		-	-	=	=	=	=					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/3		-	-	=	=	=	=					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/4		-	-	=	=	=	=					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/5		-	-	=	=	+	+					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/7		-	-	=	=	+	+					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/8		-	-	=	=	+	+					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/9		-	-	=	=	+	+					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/10		-	-	=	=	=	=					+	+	+	+	=	-			...	
F-22/12		-	-	=	=	=	=					+	+	+	+	=	-			...	
-----																					
F-18/1		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/2		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/3		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/4		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/5		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/6		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/7		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/8		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/9		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/10		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
F-18/12		...	...	-	=	+	+					+	+	=	=	=	-			...	
-----																					
F-4b/1									-	-							+	+		...	
F-4b/2					...	-	-	=	+	+							+	+		...	
F-4b/3									-	-							*	+		...	
F-4b/4									-	-							+	+		...	
F-4b/5					...	-	-	=	+	+							+	-		...	
F-4b/6									-	-							+	+		...	
F-4b/7					...	-	-	=	+	*							+	-		...	
F-4b/8					...				+	*							+	-		...	
-----																					
F-23/1									-	-	+				+	+	=	-		...	
F-23/2									-	-	+				+	+	=	-		...	
F-23/3									-	-	+				+	+	=	-		...	
F-23/4									-	-	+				+	+	=	-		...	
F-23/5									-	-	+				+	+	=	-		...	
F-23/6									-	-	+				+	+	=	-		...	
F-23/7									-	-	+				+	+	=	-		...	
F-23/8									-	-	+				+	+	=	-		...	
-----																					
F-30/1									-	-	+	+			+	+	+	+		...	
F-30/2									-	-	+	+	*		+	+	+	+		...	
F-30/3									-	-	+	+	*		+	+	+	+		...	
F-30/4									-	-	+	+	*	*	+	+	+	+		...	
F-30/5									-	-	+	+	*		+	+	+	+		...	
F-30/6									...	...	-	+	+		+	+	+	+		...	
F-30/7									...	...	-	+	+		+	+	+	+		...	
F-30/8									-	=	+	+	+		+	+	+	+		...	
F-30/9									-	=	+	+	+	*		+	+	+	+	...	
F-30/10									-	=	+	+	+		+	+	+	+		...	
-----																					
F-39/1									...	...	-	+	+		+	+	=	-		...	
F-39/2									...	...	-	+	+		+	+	=	-		...	
F-39/3									...	...	-	+	+		+	+	=	-		...	
F-39/4									...	...	-	+	+		+	+	=	-		...	
-----																					
F-36/1									...	...	-	+	+	*		+	+	+		...	
F-36/2									...	...	-	+	+		+	+	+	+		...	
F-36/3									...	...	-	+	+		+	+	+	+		...	
F-36/4									...	...	-	...	-		*	+	+	+		...	
F-36/5											-	-	...		=	+	+	+		...	
F-36/6									-	-	=	+	+		+	+	+	+		...	
F-36/7									-	-	=	+	+		+	+	+	+		...	
F-36/8									-	-	=	+	+		+	+	+	+		...	
F-36/9									-	-	=	+	+		+	+	+	+		...	
F-36/11									-	-	=	+	+		+	+	+	+		...	
-----																					
F-33/1									-	-	=	+	+		*	+	+	+		...	
F-33/2									-	-	=	+	...		=	+	+	+	*	+	
F-33/3									-	-	=	+	+		*	*	+	+	+	*	
F-33/4											=	...			=	+	+	+	+	+	
F-33/5									-	-	=	+	+		*	+	+	+	+	+	
F-33/6									-	-	=	+	+		+	+	+	+	+	+	
F-33/7									-	-	=	+	+		+	+	+	+	+	+	
-----																					
F-27/1									...	...	-	+	+		+	+	+	+		...	
F-27/2									...	...	-	+	*				+	+		...	
F-27/3									...	...	-	...	+				+	+		...	
F-27/4									...	...	-	-	=	+			+	+		...	
F-27/5									...	...	-	...	*				+	+		...	
F-27/6									...	...	-	-	=	+			+	+		...	
F-27/7									...	...	-	...	+				+	+		...	
F-27/8									-	=	+	*					+	+		...	

Zuletzt gelangten die Pflanzen aus F-27 zur Blüte. Ihre Blühphase setzte erst Anfang Mai ein, als bereits über die Hälfte aller untersuchten Populationen abgeblüht war. So konnten insgesamt mehrere, zeitlich versetzte Zyklen der verschiedenen Populationen beobachtet werden.

Die **morphometrischen Untersuchungen** zur Erfassung der Eigenschaften aus dem Sproß- und Blütenbereich erfolgten zu dem Zeitpunkt, als die meisten Blüten der betreffenden Pflanze geöffnet waren.

Nach der **Korrelationsanalyse** waren zahlreiche Merkmale aus den Bereichen Sproß, Tragblätter und Blüten hoch bis sehr hoch hochsignifikant korreliert. So waren nicht nur die Sproßabschnitte einer Sproßhälfte des Hauptsprosses (Hälfte „a“ bzw. „b“, s. Abb. A-4) untereinander korreliert, sondern auch die Internodien zwischen den beiden Sproßhälften. Herausragend waren beispielsweise die Korrelationskoeffizienten zwischen längerem und kürzerem Ast derselben Gabelung (z. B. LI\_2a zu Lk\_2a = 0,944) sowie die zwischen sich entsprechenden Abschnitten der beiden Sproßhälften. Die Information dieser Merkmale zur Charakterisierung der untersuchten Pflanzen war somit in etwa identisch, und die Vielzahl der erhobenen Merkmale im weiteren Verlauf der Analysen auf eine wesentlich geringere Anzahl reduzierbar. Desweiteren bestand eine positive mittlere, im Einzelfall hohe Korrelation zwischen den Längen und Breiten der Tragblätter einerseits sowie den beiden genannten Merkmalen und den Durchmessern verschiedener Sproßabschnitte andererseits. Die Winkel über den Verzweigungen hingegen standen in keiner Beziehung zu den Sproßlängen oder -durchmessern. Ebenso unabhängig waren die Ausprägungen im Blütenbereich.

Aufgrund der gegebenen linearen Zusammenhänge zwischen den Sproßhälften „a“ und „b“ wurde für die weitere Analyse der Daten auf die Meßwerte der Sproßhälfte „b“ verzichtet. Eine nachträgliche Prüfung ergab, daß bei Austausch der beiden Datengruppen „a“ und „b“ die Ergebnisse keine nennenswerten Differenzen aufwiesen. Aufgrund ihrer großen Streuung blieben außerdem die Maße des ersten und des fünften Internodiums, die des fünften Tragblattes und des Winkels über der dritten Verzweigung in folgenden Analysen unberücksichtigt.

In die **Diskriminanzanalyse** wurden 35 Variablen aufgenommen. Neun von ihnen reichten bereits aus, um die vorgegebenen Gruppen zu einem sehr guten Anteil (84,7 %) voneinander zu trennen. Sieben Herkünfte (F-5, F-11, F-18, F-26b, F-29, F-30 und F-39) wurden aufgrund ihrer morphologischen Eigenschaften aus dem Sproß- und Blütenbereich zu 100 % als zusammengehörige Gruppe erkannt. Das schlechteste Ergebnis wurde bei F-31b erzielt, aus der nur vier der sieben Individuen korrekt gruppiert wurden (Tab. A-8) – vgl. Fußnote 5, S. 26.

Bei ausschließlicher Betrachtung der neun Herkünfte, die bereits in der ersten Diskriminanzanalyse gute Klassifizierungsergebnisse ( $\geq 87,5\%$ ) erzielten und unter Ausschluß derjenigen, die sich nicht gut gruppieren ließen, war nach einer erneuten Analyse eine vollständige Trennung all dieser Populationen gegeben.

Die für die Differenzierung geeigneten Merkmale stammten in erster Linie aus dem Blütenbereich. Hier waren besonders die Breite und Länge des Kronsaumes sowie die der Kronröhre von Bedeutung. Die blühenden Pflanzen ließen bereits mit bloßem Auge Unterschiede in der Größe ihrer **Einzelblüten** erkennen, dem wichtigsten in der Diskriminanzanalyse ermittelten Merkmal. So setzten sich die Populationen F-36 und F-4b mit einer Blütensaumbreite von durchschnittlich 2,14 mm bzw. 2,15 mm und einer Blütensaulänge von 2,12 mm von allen übrigen ab. Ihre Kronröhre erreichte mit 1,19 mm bzw. 1,22 mm – nach F-5 – die höchsten gemessenen Werte. Die längsten Kronröhren besaßen die Individuen aus F-5 mit durchschnittlich 2,27 mm. Im Unterschied zu F-4b und F-36 waren die Blüten bei F-5 nur mittelgroß. Die kleinsten Blüten wurden in den Populationen F-11, F-12, F-18 und F-26b gemessen. Sowohl ihre Länge als auch die Breite betrug jeweils lediglich 1,7 mm. Mit Ausnahme von F-11 besaßen sie dabei eine kurze Kronröhre (0,9-1,0 mm). Mit 1,3 mm lag die Länge der Kronröhre bei F-11 deutlich über diesem Bereich.

**Tab. A-8 Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse mit allen Sproß-, Tragblatt- und Blütenmerkmalen. Insgesamt korrekt klassifiziert: 84,7 % (schattiert).**

*Tab. A-8 Classification results of canonical variate analysis with all shoot, bract and flower characteristics. Total correct classified: 84.7% (shaded).*

Vorgegeb. Population	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit																Gesamt	% korrekt klassifiziert	
	F-4b	F-5	F-11	F-12	F-18	F-19	F-22	F-23	F-26a	F-26b	F-27	F-29	F-30	F-31b	F-33	F-36			F-39
F-4b	5								1					1		1		8	62,5
F-5		8																8	100
F-11			8															8	100
F-12				7							1							8	87,5
F-18					8													8	100
F-19					2	6												8	75,0
F-22							5						1					6	83,3
F-23								7			1							8	87,5
F-26a						1			5								1	7	71,4
F-26b										8								8	100
F-27						2					6							8	75,0
F-29												8						8	100
F-30													8					8	100
F-31b	1					1			1					4				7	57,1
F-33				1		1									5			7	71,4
F-36	2											1				5		8	62,5
F-39																	8	8	100

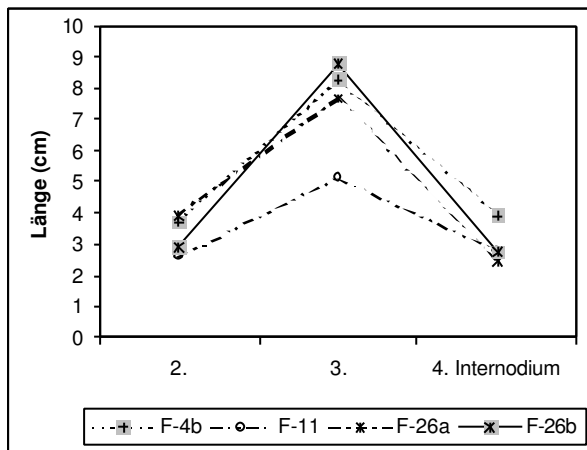
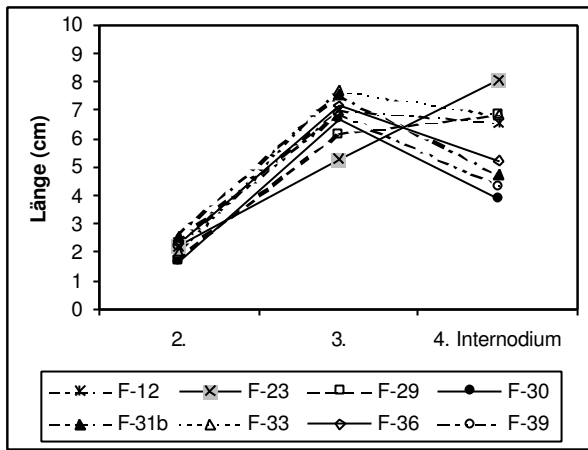
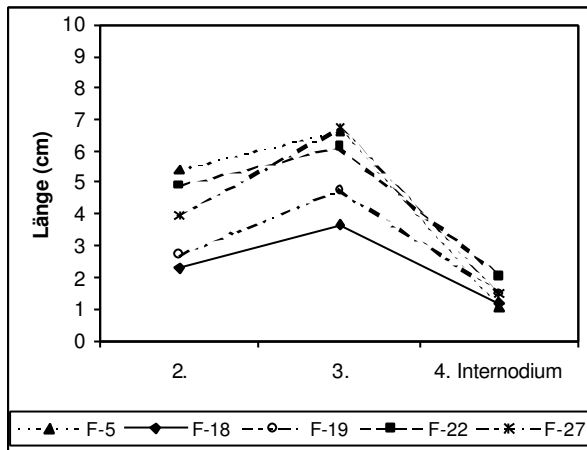
Aus dem Sproßbereich unterschieden sich die **Internodienlängen** voneinander, während die Eigenschaften der **Tragblätter** (v. a. L\_tr1 und L/B\_tr3) eher eine untergeordnete Rolle spielten. Am besten gelang hier die Trennung der Populationen anhand des vierten Internodiums (Lk\_4a). Die Spanne reichte diesbezüglich von durchschnittlich 1,0 cm (F-5) bis 7,6 cm (F-23). Auffallend waren hier die vier Herkünfte F-12, F-33, F-29 und F-23, deren Werte weit über dem Durchschnitt aller vermessenen Pflanzen lagen. Auch bei den übrigen Internodien bestanden signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Herkünften, allerdings reichte eine einzige Internodienlänge für sich genommen für eine eindeutige Differenzierung nicht aus.

Aus der Summe der Internodienlängen resultierte für alle Feldsalatpopulationen eine Gesamthöhe zwischen 14 cm und 19 cm. Trotz einzelner Ausnahmen (z. B. F-18 mit nur 8,5 cm) handelte es sich hierbei aber um kein gutes Differenzierungsmerkmal. Entscheidend waren hingegen die Anteile der verschiedenen Internodien an der Gesamthöhe der Pflanze. Aus dem Entwicklungsverlauf bis zur Blüte konnten danach die Populationen folgendermaßen charakterisiert werden (vgl. Abb. A-9):

1. Die Gesamthöhe wurde überwiegend vom zweiten und dritten Internodium bestimmt. Der Anteil des zweiten Internodiums an der Gesamthöhe dominierte mit über 35 %, der des dritten folgte mit mindestens 30 % (F-5, F-18, F-19, F-22, F-27).
2. Die Gesamthöhe wurde überwiegend vom dritten und vierten Internodium bestimmt. Der Anteil des dritten Internodiums an der Gesamthöhe erreichte über 35 %, der des vierten mindestens 30 % (F-12, F-23, F-29, F-30, F-31b, F-33, F-36, F-39).
3. Die Gesamthöhe wurde überwiegend vom dritten Internodium bestimmt. Der Anteil des dritten Internodiums an der Gesamthöhe lag über 40 %, der des zweiten bzw. vierten machte jeweils weniger als 30 % aus (F-4b, F-11, F-26a, F-26b).

Aus dem Bereich der **Tragblätter** dienten die Länge des ersten sowie die Form des dritten Tragblattes der Differenzierung der Populationen, letztere allerdings mit nur noch schwacher Bedeutung. Die Spanne der Größe des ersten Tragblattes reichte von 4,3 cm (F-19) bis 7,5 cm (F-5). Der Blattspaltenindex des dritten Tragblattes lag zwischen 4,0 (F-27) und 5,6 (F-23).





Eine direkte Korrelation zwischen den Tragblättern und den zuvor vermessenen Rosettenblättern konnte nicht hergestellt werden, da es sich jeweils um unterschiedliche Individuen handelte – die Rosetten wurden nicht weiterkultiviert, sondern herbarisiert. Ein Vergleich der Mittelwerte der verschiedenen Populationen ließ jedoch erkennen, daß in den meisten Fällen ein Zusammenhang zwischen den Blattformen bestand. Populationen mit eher rundlichen Rosettenblättern (z. B. F-27 und F-30) bildeten auch rundliche Tragblätter aus. Bei Populationen mit schmalen Rosettenblättern traten auch eher längliche Tragblätter auf (wie bei F-4b oder F-12). Ausnahmen stellten z. B. F-5 dar, deren Rosettenblätter einen relativ geringen Index aufwiesen, während er bei den Tragblättern hohe Werte erreichte, F-33 besaß dagegen zunächst längliche Blätter, die sich in eher rundlichen Tragblättern fortsetzten.

Im Herbst 1998 wurden erneut Individuen aus zehn Feldsalatpopulationen angebaut. Die Messungen im Frühjahr 1999 beschränkten sich hierbei auf den Sproßbereich. Wie im ersten Jahr gelang auch hier die Differenzierung der Populationen in hohem Maße: Knapp 75 % der Individuen wurden anhand ihrer morphologischen Eigenschaften der Sproßachse ihrer Population wieder korrekt zugeteilt. Zu 100 % erfolgte die Zuordnung der Individuen aus F-19 und F-27, zu über 83 % der aus F-18 und F-23. Als heterogen erwiesen sich F-4b, F-30 und F-36, von denen weniger als zwei Drittel korrekt zugeordnet wurden. Diese Populationen waren bereits aufgrund ihres Habitus und der zu unterschiedlichen Zeitpunkten einsetzenden Blühphase aufgefallen (s. o.).

Wie im Vorjahr diente die Länge des vierten Internodiums (LI<sub>4a</sub>) der Unterscheidung der Herkünfte. Hinzu kamen der Durchmesser (Dk<sub>2a</sub>) sowie der Quotient aus Länge zu Durchmesser des zweiten Internodiums (Lk/Dk<sub>2a</sub>). Hinsichtlich des vierten Internodiums bildeten sich drei signifikant unterschiedliche Gruppen: F-18 als einzige mit Internodien < 2 cm, eine Dreiergruppe aus F-23, F-33 und F-39 mit Internodien > 5,9 cm sowie alle weiteren sechs Herkünfte mit Längen zwischen 3,5 cm und 4,5 cm. F-33 setzte sich zudem durch einen Sproßdurchmesser am zweiten Internodium von 4,8 mm von allen anderen Populationen ab (Durchschnitt aller Populationen: 3,5 mm).

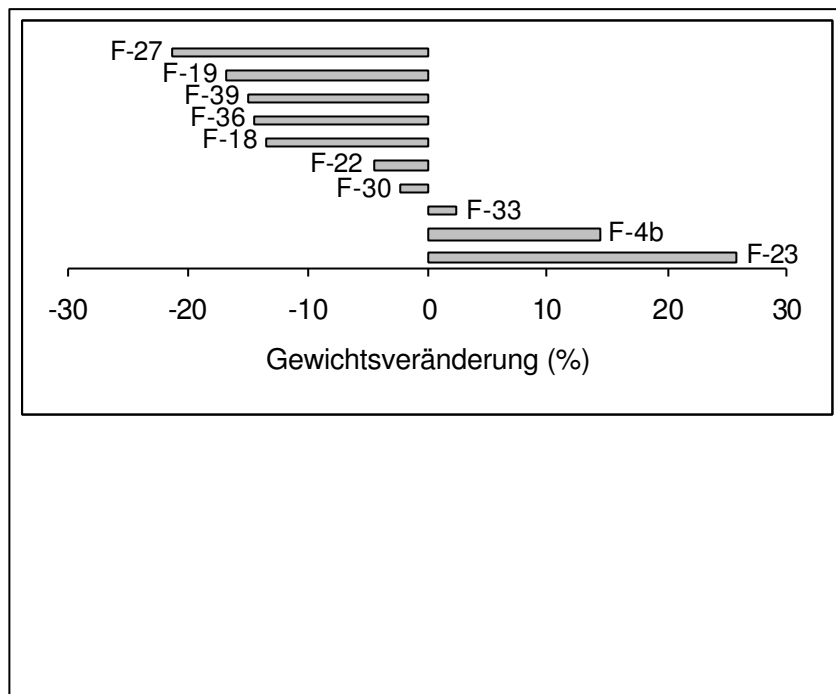
Aus dem Vergleich der Jahre resultierte eine z. T. hohe Übereinstimmung zwischen den Merkmalen. Bereits habituell ließen sich die Pflanzen ihrer jeweiligen Population zuordnen, sei es durch Wuchshöhe, Blühbeginn, Verzweigungswinkel oder Tragblattformen. Die Auswertung der Meßwerte ergab jedoch, daß diese in den meisten Fällen zwischen den beiden Anbaujahren so stark voneinander abwichen, daß sich fast jede 1998 vermessene Population von der 1999 untersuchten mit statistischen Verfahren gegeneinander abgrenzen ließ. Eine Ausnahme stellte die Wuchshöhe dar, die sich bei fast allen Herkünften im Folgejahr bestätigte. Die Gesamthöhe wurde wiederum von ein bis zwei dominierenden Internodien bestimmt, doch verhielten sich die Längen der zweiten Internodien meist sehr variabel, so daß drei Populationen anders klassifiziert wurden als im Vorjahr.

#### **A 4.1.3 Differenzierung der Populationen anhand der Früchte**

Bei der Untersuchung der Feldsalatfrüchte wurden zum einen Früchte aus allen 1997/98 angebauten Populationen (jeweils Mischproben) vermessen, zum anderen wurde das Tausendkorngewicht aus beiden Anbaujahren (17 bzw. 10 Populationen) bestimmt. Zwischen allen Maßen der Früchte und ihrem Gewicht bestand mit Ausnahme zweier Populationen eine lineare positive Korrelation.

Die Populationen zeigten deutliche Unterschiede im Fruchtbereich. Das Tausendkorngewicht der 1998 geernteten Früchte reichte von 0,930 g (F-29) bis 1,658 g (F-33); der Höchstwert übertraf den niedrigsten Wert somit um fast das 1,8-fache. Im

Wiederholungsanbau betrug der Mittelwert 1,183 g. Die leichtesten Früchte brachte F-18 mit 0,941 g, die schwersten wiederum F-33 mit 1,433 g hervor.



Die Differenzen, die zwischen den beiden Jahren bei den Individuen derselben Population festgestellt wurden, waren z. T. beträchtlich. Bei F-23 übertraf der im zweiten Jahr gemessene Wert den des Vorjahres um über 25 % (vgl. Abb. A-10), bei F-27 wogen die Früchte im zweiten Jahr über 21 % weniger als im ersten. Annähernd konstant blieben die Werte von F-22, F-30 und F-33, während die Differenzen

zwischen den beiden Meßwerten bei allen übrigen Herkünften um 15 % lagen. Bei fast allen Populationen war das Tausendkorngewicht 1998 höher als 1999.

#### A 4.2 Gruppierung der Populationen – Korrelationen zu geographischen und standörtlichen Parametern

Bei der Gruppierung der Populationen wurde mit den jeweiligen Mittelwerten der Variablen gerechnet, da auf diese Weise die Merkmale aus dem Rosetten- bzw. Sproß- und Blütenbereich kombiniert werden konnten. Eigenschaften der Früchte wurden aus Gründen ihrer Variabilität nicht einbezogen.

Die 17 1997/98 angebauten Populationen wurden als Ergebnis der **Clusteranalyse** unter Vorgabe von fünf Clustern folgendermaßen zusammengefaßt (vgl. Abb. A-11):

- Cluster I            F-4b, F-5
- Cluster II           F-11, F-12, F-23, F-26b, F-29, F-31b, F-33, F-36, F-39
- Cluster III          F-18, F-19, F-22
- Cluster IV          F-26a, F-27
- Cluster V            F-30

Bei den in Cluster II zusammengefaßten Populationen handelte es sich um solche, deren Meßwerte jeweils mittlere Positionen einnahmen und sich nicht an den Randbereichen aller gemessenen Werte bewegten. Dies betraf in erster Linie die für die Differenzierung der Populationen am besten geeigneten Merkmale. Bezüglich der

Länge des 4. Internodiums (Lk\_4a) nahmen alle diese Populationen benachbarte Ränge ein. Gleiches galt für die Länge des zweiten Rosettenblattes (L\_2).

Die beiden Herkünfte des ersten Clusters dagegen fielen durch ähnliche Eigenschaften im Blütenbereich (lange Kronröhren) auf. Der Zusammenhalt der Populationen des dritten Clusters beruhte auf Ähnlichkeiten sowohl der Rosetten als auch der Sprosse und Blüten: kleine Rosettenblätter, niedriger Wuchs, kleine Blüten. Bei den Populationen des Clusters IV fanden sich Gemeinsamkeiten im Sproßbereich. Der Grund für die Abgrenzung von F-30 (Cluster V) konnte in der Ausprägung rundlicher Rosetten- und Tragblätter gefunden werden. Bei Vorgabe von nur vier Clustern wurde F-30 zu den Populationen des Clusters III gruppiert, denen sie in allen Eigenschaften am ähnlichsten war.

**Abb. A-11 Dendrogramm mit allen Keimblatt-, Rosetten-, Sproß-, Tragblatt- und Blütenmerkmalen aller untersuchten Feldsalatpopulationen unter Angabe des jeweiligen Clusters, der geographischen Lage<sup>2</sup> und der Höhenlage des Fundortes.**

*Fig. A-11 Dendrogramme with all cotyle, rosette leaf, shoot system, bract and flower characteristics of all examined cornsalad populations taking into consideration the respective cluster, geographical site and site altitude.*

---

<sup>2</sup> EIFEL: Eifel/Siebengebirge; NRBU: Niederrheinische Bucht; NRTL: Niederrheinisches Tiefland; WFBU: Westfälische Bucht / Tiefland; WBGL: Weserbergland; SBGL: Süderbergland

## Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der geographischen Lage

Die untersuchten Populationen stammten aus den folgenden Großlandschaften des Landes Nordrhein-Westfalen – da aus dem Sauerland nur die Daten einer Population vorlagen, wurden diese in die folgenden Analysen nicht einbezogen:

Eifel	F-4b, F-5, F-11, F-12, F-26a, F-26b, F-27, F-33	Σ 72 Individuen
Niederrheinisches Tiefland	F-18, F-19, F-22	Σ 24 Individuen
Weserbergland	F-29, F-30, F-31b, F-36	Σ 32 Individuen
Süderbergland	F-39	Σ 8 Individuen

In dem aus der Clusteranalyse resultierenden Dendrogramm (Abb. A-11) ließen sich bezüglich der geographischen Zugehörigkeit Ähnlichkeiten zwischen den drei Populationen aus dem Niederrheinischen Tiefland erkennen. Einige Gemeinsamkeiten dieser drei Herkünfte waren bereits mit bloßem Auge sichtbar: Die Pflanzen waren relativ kleinwüchsig und erreichten in allen Organbereichen eher kleinere Maße. Ihre Blühphase setzte vor allen anderen ein. Die Populationen der Eifel dagegen fielen durch größeren Wuchs und große Blätter und Sproßabschnitte auf. Die gezielte Suche nach Differenzen zwischen den Großlandschaften erfolgte mittels Diskriminanzanalysen unter Vorgabe der Gruppen „Eifel“, „Niederrhein“ und „Weserbergland“, wobei jeweils alle Individuen einer Großlandschaft ohne Berücksichtigung ihrer Populationszugehörigkeit zusammengefaßt wurden. Aufgrund der Größe der Eifelgruppe wurden mehrere Analysen mit jeweils vier unterschiedlich kombinierten Populationen dieser Herkunft durchgeführt.

Da bei dieser Vorgehensweise wiederum auf Individuenebene und nicht mit den Mittelwerten der Populationen gerechnet wurde, erfolgte die Trennung der beiden Bereiche Keimblätter und Rosetten einerseits sowie Sproßachse, Tragblätter und Blüten andererseits.

Die drei Gruppen der Großlandschaften zeigten hinsichtlich beider Bereiche sehr gute Differenzierungsergebnisse. Der Anteil korrekt klassifizierter Individuen lag im ersten Fall (Rosetten) um 80 %, im zweiten zwischen 80 % und 90 % (Sprosse und Blüten).

Bei der Differenzierung der geographischen Räume anhand der **Keimblätter und Rosetten** war in jeder Analyse die Form des zweiten Rosettenblattes (pro50\_2) von Bedeutung. Die Breite der Blätter der Individuen aus der Eifel betrug bei halber Blattlänge im Durchschnitt nur 35 % der maximalen Breite im oberen Blattabschnitt und unterschied sich diesbezüglich signifikant von den Individuen aus Weserbergland und Niederrheinischem Tiefland, deren Breite bereits über 44 % an der Gesamt-

breite ausmachte. Die Feldsalatrosetten aus der Eifel besaßen somit tendenziell eine eher stielähnliche Basis. Bei den Herkünften der beiden anderen Großlandschaften war diese Eigenschaft weniger stark ausgeprägt, so daß sie im Ganzen rundlicher wirkten.

Auch die Trennung von jeweils zwei Großlandschaften gelang anhand der vermessenen Merkmale zu einem sehr großen Anteil. Die Populationen der Eifel ließen sich zu über 90 % von denen des Niederrheinischen Tieflandes abgrenzen. Sie unterschieden sich vorwiegend in der Breite des ersten Rosettenblattes (B\_1). Die Herkünfte des Weserberglandes unterschieden sich von denen des Niederrheins bzw. der Eifel hinsichtlich der Form ihres dritten Rosettenblattes, das im Durchschnitt im unteren Viertel im Verhältnis zur Gesamtbreite breiter war.

Obwohl die Populationen einer jeden Großlandschaft hinsichtlich des genannten Merkmals pro50\_2 Ähnlichkeiten untereinander aufwiesen und die drei Gruppen Eifel, Niederrheinisches Tiefland und Weserbergland recht gut voneinander zu unterscheiden waren, ließen sich die einzelnen Populationen immer noch aufgrund anderer Merkmale gegeneinander abgrenzen. So zeichneten sich die Herkünfte aus der Eifel durch signifikant unterschiedlich große Keimblätter, die des Niederrheins durch verschieden lange dritte Rosettenblätter aus. Die Populationen des Weserberglandes unterschieden sich in der Form des dritten Blattes signifikant voneinander (Tab. A-12).

**Tab. A-12 Mittelwerte der Merkmale, in denen sich die Populationen innerhalb der Großlandschaften voneinander unterschieden. Verschiedene Spalten: Signifikanz < 0,05.**

*Tab. A-12 Average characteristic differences between the populations within the various geographical areas. Various columns: significant <0.05.*

Eifel			Niederrheinisches Tiefland		
Population	N	Gesamtlänge Keimblatt (cm)	Population	N	Länge 3. Rosettenblatt (cm)
F-27	16	0,89	F-18	16	5,60
F-23	16	0,93	F-19	16	6,50
F-11	16	1,08	F-22	16	7,35
F-26a	14	1,10	<b>Weserbergland</b>		
F-26b	16	1,23	Population	N	Länge : Breite 3. Rosettenblatt
F-5	16	1,28	F-30	16	3,05
F-33	15	1,28	F-29	16	3,52
F-12	16	1,31	F-31b	14	3,56
F-4b	16	1,50	F-36	16	4,29

Im Hinblick auf die Eigenschaften der **Sprosse, Tragblätter und Blüten** setzten sich die drei Populationen des Niederrheinischen Tieflandes in den Längen des dritten Internodiums sowie des ersten Tragblattes (LI\_3a, L\_tr1) von denen aus der Eifel und dem Weserbergland ab. Mit durchschnittlich 4,7 cm waren ihre Internodien deut-

lich kürzer als die der anderen Großlandschaften (WBGL: 6,8 cm; EIFEL: 7,0 cm). Auch das erste Tragblatt unterschied sich durch geringere Größen: 4,5 cm (NRTL) gegenüber 5,6 cm (WBGL) und 6,0 cm (EIFEL).

Die Individuen der Eifel und des Weserberglandes ließen sich in nur unzureichendem Maße gegeneinander abgrenzen. Zwar wiesen die Pflanzen aus dem Weserbergland tendenziell rundere Tragblätter auf als die aus der Eifel, doch wurde die überwiegende Zahl der Individuen der Eifelgruppe zugeteilt.

Wie bei den Rosetten bestanden bei den Populationen innerhalb einer Großlandschaft, auch wenn sie über gemeinsame Merkmale verfügten, außerdem populationspezifische Eigenschaften. In der Eifelgruppe lag das Klassifizierungsergebnis der Herkünfte bei über 94 %, welche sich in der Länge des vierten Internodiums (Lk\_4a) unterschieden. Die Individuen des Niederrheinischen Tieflandes konnten zu fast 96 % aufgrund verschiedener Verzweigungswinkel der Sproßachse (W\_1) und die des Weserberglandes zu knapp 91 % anhand des Blattspreitenindex des ersten Tragblatts (L/B\_tr1) differenziert werden<sup>3</sup>.

Im Wiederholungsanbau zeigten sich insofern ähnliche Ergebnisse, als die Individuen des Niederrheinischen Tieflandes in beiden Organbereichen deutlich von denen aus den anderen beiden Großlandschaften unterscheidbar waren. Die Individuen aus Eifel und Weserbergland dagegen ließen sich nicht gut gegeneinander abgrenzen. Die zur Differenzierung geeigneten Merkmale stimmten jeweils nahezu überein, nahmen jedoch unterschiedliche Positionen in der Gewichtung ein. Insgesamt konnten somit die Ergebnisse des ersten Jahres weitgehend bestätigt werden, auch wenn die Priorität der differenzierenden Merkmale nicht identisch war.

### **Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der Höhenlage**

Die Einteilung der Populationen erfolgte in acht Klassen von 0-50 m ü.NN bis >400-450 m ü.NN, wobei aus den zwei Klassen >50-100 m ü.NN und >300-350 m ü.NN keine Populationen vorlagen.

Eine klare Korrelation zwischen den morphologischen Eigenschaften der Populationen und der Höhenlage ihrer Wuchsorte konnte weder bei den Rosetten noch bei den Sprossen und Blüten festgestellt werden.

---

<sup>3</sup> Aus den molekulargenetischen Untersuchungen erschloß sich keine eindeutige Korrelation zwischen den Eigenschaften der Populationen und ihrer Herkunft aus den verschiedenen Großlandschaften des Landes Nordrhein-Westfalen. Auch nah benachbarte Populationen wiesen z. T. große genetische Distanzen zueinander auf. Lediglich das Populationspaar F-18/F-19, das sich auch morphologisch ähnlich war, wurde aufgrund seiner genetischen Ähnlichkeit zusammen gruppiert.

## **Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und dem mittleren jährlichen Niederschlag**

Die Populationen wurden den sieben Niederschlagsklassen 550-600 mm, 600-650 mm, 650-700 mm, 700-750 mm, 750-800 mm, 800-850 mm und > 850 mm zugeteilt.

Weder in Bezug auf die Rosetten- noch auf die Sproß- und Blütenmerkmale der untersuchten Populationen konnte eine Korrelation zur mittleren jährlichen Niederschlagsmenge am betreffenden Wuchsort festgestellt werden. Nur einzelne Merkmale wie der Blattspreitenindex der Rosettenblätter (L/B\_2) oder die Blütenform (L\_saum/L\_mK) unterschieden sich in Einzelfällen signifikant voneinander, vermochten aber die vorgegebenen Gruppen nicht in ausreichendem Maße voneinander zu trennen.

## **Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der Standortbewirtschaftung**

Die untersuchten Populationen stammten von Ackerrändern, Straßenböschungen, Deichen und Weiden sowie aus Übergangsbereichen zwischen zwei Standorttypen (s. Tab. 1, Anhang). Für die folgende Fragestellung wurden die Populationen zur Vermeidung unklarer Zuordnungen lediglich in zwei Klassen eingeteilt, nämlich die der Ackerstandorte und die anderer Standorte ohne Ackernutzung:

Populationen der Äcker	F-4b, F-12, F-26a, F-26b, F-29, F-30, F-33, F-36
Populationen anderer Standorte	F-5, F-11, F-18, F-19, F-22, F-23, F-27, F-31b, F-39

In der Gegenüberstellung ließen sich die beiden Gruppen, in denen die Individuen ohne Zuordnung zu ihrer jeweiligen Population zusammengefaßt wurden, relativ gut voneinander unterscheiden: Das Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse betrug mit den Variablen der Rosetten in beiden Anbaujahren über 84 %, mit denen der Sprosse und Blüten im ersten Jahr knapp 80 %, im zweiten knapp 90 % korrekt klassifizierter Fälle (Tab. A-13). Zur Differenzierung dienten die Längen der Rosettenblätter und die der dritten Internodien sowie der Sproßdurchmesser am zweiten Internodium. In allen Fällen lagen signifikante Unterschiede zwischen den beiden Standortgruppen vor. Danach zeichneten sich die Herkünfte der Ackerränder durch durchschnittlich längere Rosettenblätter sowie längere und dickere Internodien als die anderer Standorte aus<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Auf genetischer Ebene zeigten die Populationen der Ackerstandorte keine signifikanten größeren Ähnlichkeiten zueinander als zu Populationen anderer Standorte.



Die Ergebnisse ließen sich im zweiten Anbaujahr reproduzieren. Sie unterschieden sich lediglich in den am besten zur Differenzierung geeigneten Variablen, doch handelte es sich hierbei um hoch miteinander korrelierte Eigenschaften (L\_1 zu L\_2, LI\_3a zu Lk\_3a bzw. DI\_2a zu Dk\_2a).

**Tab. A-13 Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse zur Differenzierung von Standortstypen des Echten Feldsalats und Mittelwerte der wichtigsten differenzierenden Merkmale.**

Tab. A-13 Classification results of canonical variate analysis to differentiate between site types of genuine cornsalad and average of the most significant differentiating characteristics.

<b>Ia. Keimblätter und Rosetten, Anbau 1997/98</b>						
Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						
Vorgegebener Standort	Acker	kein Acker	Gesamt	% korrekt	Mittel	
					L 2 (cm)	
Acker	83	29	112	74,1	7,12 cm	
kein Acker	12	148	160	92,5	6,35 cm	
insgesamt korrekt klassifiziert: 84,9 %						
<b>Ib. Keimblätter und Rosetten, Anbau 1998/99</b>						
Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						
Vorgegebener Standort	Acker	kein Acker	Gesamt	% korrekt	Mittel	
					L 1 (cm)	
Acker	41	11	52	78,8	5,03 cm	
kein Acker	6	64	70	91,4	4,04 cm	
insgesamt korrekt klassifiziert: 86,1 %						
<b>Ila. Sprosse, Tragblätter und Blüten, Anbau 1997/98</b>						
Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						
Vorgegebener Standort	Acker	kein Acker	Gesamt	% korrekt	Mittel	Mittel
					LI 3a (cm)	DI 2a (cm)
Acker	45	11	56	80,4	7,59	0,33
kein Acker	19	61	80	76,3	5,86	0,31
insgesamt korrekt klassifiziert: 77,9 %						
<b>Ilb. Sprosse, Tragblätter und Blüten, Anbau 1998/99</b>						
Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit						
Vorgegebener Standort	Acker	kein Acker	Gesamt	% korrekt	Mittel	Mittel
					Lk 3a (cm)	Dk 2a (cm)
Acker	27	7	34	79,4	5,95	0,41
kein Acker	2	51	53	96,2	4,96	0,32
insgesamt korrekt klassifiziert: 89,7 %						

#### A 4.3 Vergleich von *In-situ*- und *Ex-situ*-Pflanzenmaterial

Die Untersuchungen an Feldsalatpflanzen am jeweiligen Wuchsort (*in situ*) ergaben einen deutlichen Zusammenhang zwischen den morphologischen Ausprägungen und den verschiedenen Standortstypen. Da an jedem Wuchsort heterogene standörtliche Gegebenheiten vorlagen, war bereits innerhalb einer Population eine große Variabilität der Ausprägungen festzustellen.

Feldsalatpflanzen der grasreichen Böschungen zeichneten sich beispielsweise durch frühzeitige Streckung ihrer Internodien aus, während ein Rosettenstadium nicht ausgebildet wurde. Sie besaßen bei relativ großer Wuchshöhe lange, dünne Internodien. Pflanzen der lückigen Bereiche der Böschungen dagegen, an denen sich Feldsalat mit Vorliebe ansiedelt, bildeten durch gestauchte Internodien ein rosettenähnliches Stadium aus und verzweigten sich noch in Bodennähe. Auf lückigeren Äckern war das Rosettenstadium in der Regel ebenfalls gut ausgeprägt. Die blühenden Pflanzen waren meist stabil, obwohl sie aufgrund des hohen Nährstoffangebots überdurchschnittliche Größen erreichten – die größten waren mit 55 cm die der Population F-26b (Rapsfeld in der Eifel). Auf Weiden und an Weiderändern fand man häufig stark durch Verbiß geschädigten Feldsalat, der infolge des fehlenden Haupttriebs zahlreiche Seitentriebe ausbildete und somit stark asymmetrisch wuchs.

Unter Anbaubedingungen waren die Pflanzen einer Population homogener. Extreme (modifikative) Eigenschaften wurden hier nicht ausgeprägt. Stattdessen kamen andere (genetisch fixierte) Charakteristika zur Ausbildung, die *in situ* nicht erkennbar gewesen waren.

In Abb. A-14 sind vier Merkmale dargestellt, die an denselben Populationen *in situ* und *ex situ* erhoben wurden. Je näher die Werte an der Diagonalen liegen, desto ähnlicher waren die Werte beider Untersuchungen. Danach erwiesen sich die ersten Rosettenblätter bei annähernd gleicher Form (*ex situ* etwas länglicher als *in situ*) im Anbau als um das drei- bis fünffache länger als im Gelände. Die Gesamtgröße der Pflanzen zur Blütezeit war hingegen nur bei wenigen Populationen größer als am Wuchsort: Einige Populationen erreichten *ex situ* lediglich die Hälfte der *in situ* gemessenen Größe. Das Tausendkorngewicht wich bei den meisten Populationen im Anbau leicht nach oben ab.

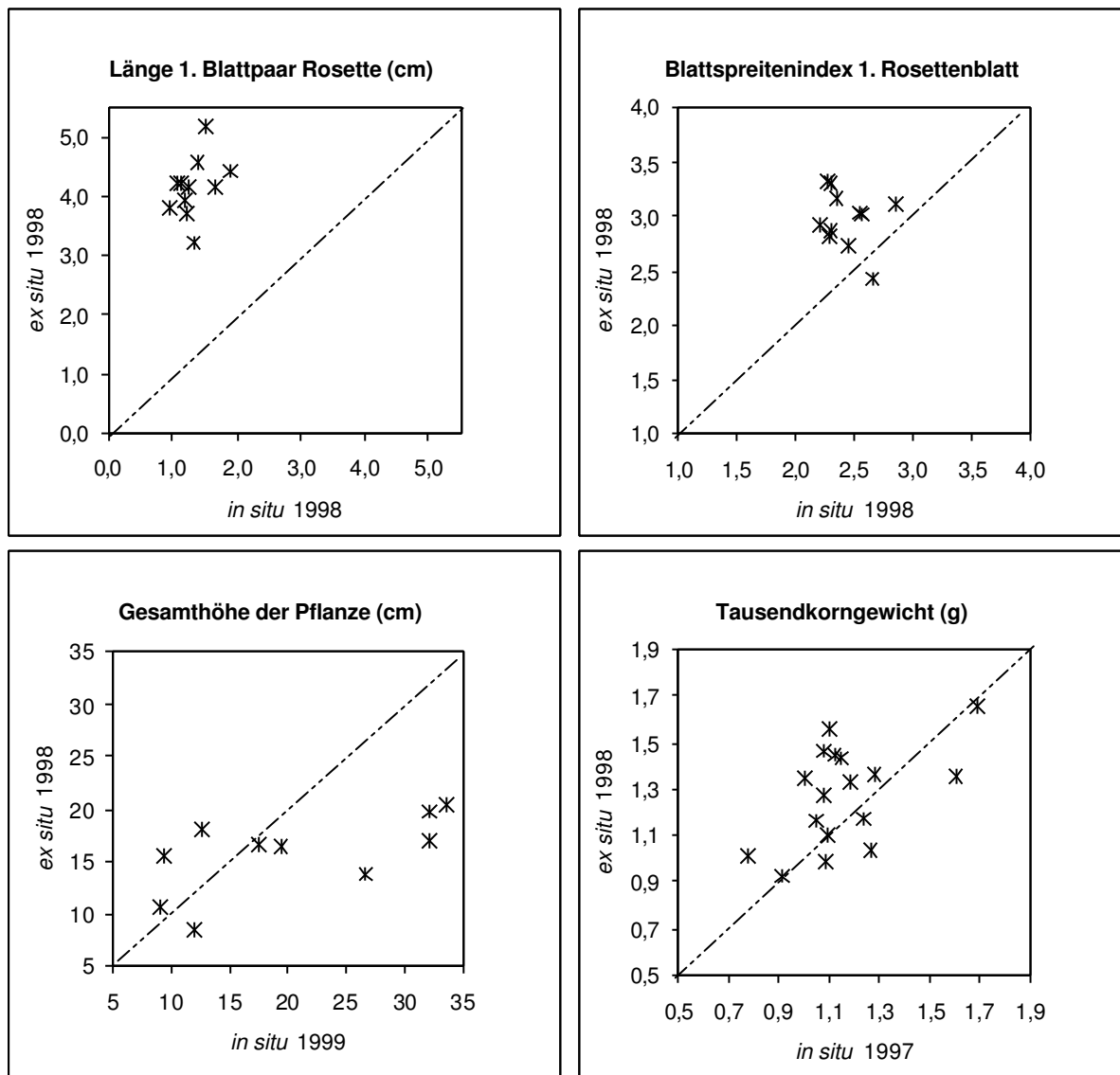
#### **A 4.4 Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten**

Der Vergleich zwischen Wildpflanzen und Kultursorten bezieht sich zum einen auf die morphologischen Untersuchungen, zum anderen auf die Ergebnisse aus den Pathogenitätstests.

##### **A 4.4.1 Morphologischer Vergleich**

In der Gegenüberstellung von Wildpflanzen und Kultursorten ließen sich die bereits mit bloßem Auge erkennbaren Differenzen im **Rosettenstadium** folgendermaßen beschreiben: Die Sorten zeichneten sich durch feste, dunkelgrüne, stark glänzende und kaum geaderte Blätter aus. Sie begannen sich bereits an der Basis zu verbreitern, so daß ihre Form in der Regel nahezu rund war bei meist aufrechter Blattstellung. Die Wildpflanzen waren dagegen deutlich heller und matter, ihre Aderung stärker ausgeprägt. Sie unterschieden sich von den Sorten durch länglichere Blattfor-

men, die z. T. eine stielähnliche Basis besaßen, sowie eine weniger aufrechte, in Einzelfällen liegende Blattstellung.



**Abb. A-14 Vergleich von vier jeweils *in situ* und *ex situ* erhobenen Merkmalen des Echten Feldsalats. Jedes Symbol gibt den Mittelwert einer Population wieder.**

*Fig. A-14 Comparison of four in situ and four ex situ characteristics respectively defined in genuine common cornsalad lettuce. Each symbol represents the average of a population.*

Die statistische Analyse ergab eine vollständige Differenzierbarkeit von Wildpflanzen und Kulturformen. Als primär differenzierende Variable dienten die Breiten der zweiten Rosettenblätter und deren Blattspreitenindices (L<sub>2</sub>: Durchschnitt 1,7 cm bzw. 2,5 cm; L/B<sub>2</sub>: Durchschnitt 3,9 bzw. 2,3).

Bei der Hinzunahme der Individuen aus dem Wiederholungsanbau resultierte aus der durchgeführten Diskriminanzanalyse eine deutliche Trennung der drei vorgegebenen Gruppen (Sorten, Wildpopulationen 1. Anbaujahr, Wildpopulationen 2. Anbaujahr). Die beiden Gruppen der Wildpflanzen ließen sich vollständig gegeneinander abgrenzen. Die Unterschiede fanden hierbei überwiegend beim dritten Rosettenblattpaar, das bei allen 1997/98 vermessenen Rosetten kleiner war als im Vorjahr; weitere Unterschiede wurden bereits unter A 4.1.1 beschrieben. Die Kultursorten setzten sich deutlich von den Wildherkünften ab, wobei die Distanz zu den Wildpflanzen, ausgedrückt durch die Werte der Diskriminanzfunktionen, größer war als die zwischen den beiden Wildpflanzengruppen. Bei den differenzierenden Merkmalen handelte es sich um die oben erwähnten Variablen.

Bezüglich des **Sproßsystems** bestanden ebenfalls Unterschiede zwischen den Wildherkünften und den Sorten. Die Sorten waren dabei durch breitere und rundere Tragblätter gekennzeichnet, sie besaßen dickere Sproßachsen und zeichneten sich insgesamt durch kräftigeren Wuchs als die Wildpflanzen aus. Hinsichtlich der Internodienlängen konnten keine Differenzen festgestellt werden.

Schließlich wurden bei den Sorten die größten **Blüten** vermessen. Der Blütensaum betrug im Durchschnitt 2,43 mm (L\_Saum) und 2,32 mm (B\_Saum) und unterschied sich damit signifikant von den Blüten der Wildpflanzen, die durchschnittlich 1,88 mm lang und 1,89 mm breit waren. Hinsichtlich der **Früchte** fiel die Sorte *Vit* auf, die sehr dicke Nüßchen hervorbrachte. Sie waren hier 1,880 mm dick, während der Durchschnittswert der Wildpflanzen 1,236 mm betrug. Das Tausendkorngewicht lag bei der Sorte *Vit* mit 1,610 g ebenfalls sehr hoch, wurde aber noch von F-33 übertroffen (1,658 g). Die beiden anderen Sorten, *Dunkelgrüner Vollherziger* und *Etampes*, unterschieden sich weder im Korngewicht noch in den Maßen von den Wildpflanzen, sondern reihten sich zwischen diese<sup>5</sup>.

#### **A 4.4.2 Infektionstests mit Pathogenen**

Die Anfälligkeit aller derzeit auf dem Markt befindlichen Kultursorten gegen den Falschen Mehltau (*Peronospora valerianellae*) stellt ein bedeutendes Problem im Feldsalatanbau dar. Im Rahmen von Untersuchungen zur Pathogenität konnten aus verschiedenen Kulturpflanzen fünf Rassen des Falschen Mehltaus identifiziert und isoliert werden. Keine der einbezogenen Sorten erwies sich als resistent gegen alle fünf Rassen, sondern die Sorten zeigten höchstens Teilresistenzen (PIETREK 2000).

---

<sup>5</sup> Aus den molekulargenetischen Untersuchungen resultierte im Gegensatz zu den morphologischen Befunden, daß sich beide Gruppen relativ ähnlich waren. Die Wildpflanzen waren jedoch deutlich variabler als die Kulturpflanzen und wiesen im Durchschnitt fast doppelt so hohe genetische Distanzen zueinander auf wie die Sorten untereinander.

Zur Prüfung des Verhaltens von Wildpflanzen gegenüber dem Pilz wurden acht Populationen *Valerianella locusta* sowie drei Populationen *V. carinata* in die Untersuchungen einbezogen und mit drei Isolaten von *Peronospora valerianellae* (HB-1, VdC-1 und L-1<sup>6</sup>) infiziert.

Alle natürlichen Populationen zeigten im Ergebnis unterschiedliche Reaktionen auf die drei Rassen des Pilzes. Im Unterschied zu den untersuchten Sorten, bei denen sich alle Individuen einer Sorte gleich verhielten (PIETREK 2001, mdl. Mittlg.), unterschieden sich bei den Wildpflanzen innerhalb der Populationen die Individuen voneinander (Tab. A-15). So gab es in den meisten Fällen innerhalb einer Herkunft sowohl resistente als auch anfällige Pflanzen.

Einheitlich verhielten sich alle untersuchten Populationen nach Infektion durch eines der Isolate (L-1), gegen das alle einbezogenen Pflanzen resistent waren. Bezüglich der Rasse HB-1 reagierten die Individuen aus drei Populationen einheitlich (F-19, F-23: alle resistent; F-33: mittelstarke Sporulation).

Heterogen dagegen war F-22, aus der die Hälfte der Pflanzen nicht, die andere Hälfte jedoch mittelstark oder sehr stark befallen wurde. Starken Befall zeigten auch die Pflanzen aus F-31b-*loc*, bei denen allerdings auch eine nicht befallen war. Auch die Individuen aus F-31b-*car*<sup>7</sup> erwiesen sich als sehr anfällig. Bei allen drei Populationen *Valerianella carinata* konnte zumindest mittelstarke Sporulation bei allen Pflanzen nach Infektion mit HB-1 festgestellt werden; keine Pflanze zeigte geringe Sporulation oder gar Resistenz.

Nach der Infektion mit einer weiteren Rasse von *Peronospora valerianellae* (VdC-1) erwiesen sich wiederum einige Populationen als homogen und andere als heterogen. Bei fünf Populationen konnte keine Sporulation festgestellt werden (F-22, F-26b, F-27, F-6, und F-31b-*car*), und bei F-19 und F-26a zeigte jeweils nur eine Pflanze Anfälligkeit. Sehr heterogen waren die Populationen F-23 und F-33, die Individuen jeder Befallsstärke aufwiesen, wobei bei F-23 der Erreger insgesamt stark sporulierte.

---

<sup>6</sup> Die Isolate stammten von den Sorten *Holländischer Breit* (HB-1), *Verte de Cambrai* (VdC-1) und *Louviers* (L-1).

<sup>7</sup> An diesem Wuchsort kamen sowohl *Valerianella locusta* als auch *V. carinata* vor.

**Tab. A-15 Ergebnisse der Resistenzprüfung verschiedener Wildherkünfte des Feldsalats auf Anfälligkeit gegen drei Isolate des Falschen Mehltaus (*Peronospora valerianellae*).**

**Befallsstufen:** 1 = keine Sporulation / 3 = Vereinzelte Sporangienträger / 5 = Mittelstarke Sporulation (bis zu 50 % der Blattfläche von mindestens einem Blatt sind mit Sporangienträgern bedeckt) / 9 = starke bis sehr starke Sporulation (mehr als 50 % der Blattfläche von mindestens einem Blatt sind mit Sporangienträgern bedeckt) – **DI:** Disease-Index  $DI = (i \times 1 + j \times 3 + y \times 5 + z \times 9) / n$  – **i, j, y, z:** Anzahl der Pflanzen pro Befallsstufe – **n:** Gesamtzahl der Pflanzen – **SH (%):** Sporulationshäufigkeit in %

*Tab. A-15 Results of resistance tests to infection against three isolates of downy mildew (*Peronospora valerianellae*) in various wild cornsalad.*

*Infection steps: 1 = no sporulation / 3 = individual sporangiophore / 5 = medium sporulation (up to 50% of leaf surface of at least one leaf covered in sporangiophores) / 9 = strong to very strong sporulation (more than 50% of leaf surface of at least one leaf covered in sporangiophores). – DI: Disease-Index  $DI = (i \times 1 + j \times 3 + y \times 5 + z \times 9) / n$  – i, j, y, z: number of plants per infection step – n: total number of plants – SH (%): frequency of sporulation in %:*

Population	Art	Anzahl befallener Pflanzen pro Befallstärke				DI	n	SH (%)
		1	3	5	9			
Isolat HB-1								
F-19	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1,0	10	0
F-22	<i>V. locusta</i>	10	0	9	1	3,2	20	50
F-23	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1,0	10	0
F-26a	<i>V. locusta</i>	10	2	0	0	1,3	12	16,7
F-26b	<i>V. locusta</i>	0	1	6	0	4,7	7	100
F-27	<i>V. locusta</i>	0	0	7	9	7,3	16	100
F-33	<i>V. locusta</i>	0	0	10	0	5,0	10	100
F-31b-loc	<i>V. locusta</i>	1	0	0	9	8,2	10	90
F-6	<i>V. carinata</i>	0	0	9	1	5,4	10	100
F-31b-car	<i>V. carinata</i>	0	0	1	7	8,5	8	100
F-40	<i>V. carinata</i>	0	0	5	5	7,0	10	100
Isolat VdC-1								
F-19	<i>V. locusta</i>	13	0	0	1	1,6	14	7,1
F-22	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1,0	10	0
F-23	<i>V. locusta</i>	0	1	2	7	7,6	10	100
F-26a	<i>V. locusta</i>	4	0	0	1	2,6	5	20
F-26b	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1,0	10	0
F-27	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1,0	10	0
F-33	<i>V. locusta</i>	2	3	1	2	4,3	8	75
F-6	<i>V. carinata</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-31b-car	<i>V. carinata</i>	9	0	0	0	1	9	0
F-40	<i>V. carinata</i>	0	0	9	1	5,4	10	100
Isolat L-1								
F-19	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-22	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-23	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-26a	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-26b	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-27	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-33	<i>V. locusta</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-6	<i>V. carinata</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-31b-car	<i>V. carinata</i>	10	0	0	0	1	10	0
F-40	<i>V. carinata</i>	10	0	0	0	1	10	0

Resistenz gegen alle drei Pilzrassen konnte insgesamt bei einzelnen Pflanzen, nicht jedoch bei ganzen Populationen ermittelt werden. F-19 erwies sich als nahezu vollständig resistent, und auch F-22 und F-26a enthielten Pflanzen, die bei keinem Erreger Sporulation zeigten. Umgekehrt gab es keine Population, die gegen alle drei Rassen stark anfällig gewesen wäre. Populationen, die beispielsweise bei HB-1 einen hohen Disease-Index zeigten, waren gegen VdC-1 in der Regel nicht anfällig. Dies galt auch für zwei der drei Populationen *Valerianella carinata*. Lediglich F-40 (*V. carinata*) wurde von beiden Rassen mittel bis stark befallen.

Im Verlauf der Infektion durch *Peronospora valerianellae* zeigte sich, daß die Wildpflanzen im Vergleich zu den Kulturpflanzen weniger stabil waren als diese. Die Blätter dehydrierten schneller, so v. a. bei F-27, F-33 und F-6. F-19 und F-26a zeigten relativ starke Punktnekrosen, und F-26b fiel durch sehr starke Punktnekrosen mit Verkrümmungen auf.

Insgesamt ergab sich, daß sich die Wildpflanzen bezüglich der Anfälligkeit gegen den Falschen Mehltau insofern von den Kulturpflanzen unterscheiden, als die Populationen in sich heterogen waren und aus verschiedenen Populationen einzelne Individuen vollständige Resistenz zeigten.

#### **A 4.5 Zusammenfassung**

Für die morphologischen Untersuchungen wurden insgesamt 24 natürliche Populationen des Echten Feldsalates (*Valerianella locusta*) in Nordrhein-Westfalen ausgewählt. Alle Wuchsorte wurden standörtlich und vegetationskundlich dokumentiert. Neben den Untersuchungen am Wuchsort (*in situ*) wurden je 16 Individuen aus 17 Populationen auch unter gleichartigen Bedingungen (*ex situ*) angebaut. Ein Wiederholungsanbau wurde durchgeführt. Insgesamt wurden an jeder Pflanze 83 Merkmale erfaßt und 49 Indices berechnet. Acht Populationen *Valerianella locusta* sowie drei Populationen *Valerianella carinata* wurden auf Anfälligkeit gegen den Falschen Mehltau (*Peronospora valerianellae*) getestet. Die Untersuchungen des Genoms wurden an 72 Individuen aus zehn der auch morphologisch untersuchten natürlichen Populationen sowie an zehn aktuell genutzten Kultursorten durchgeführt.

Aus den morphologischen Untersuchungen des **Keimblatt- und Rosettenbereichs** resultierten folgende Ergebnisse:

- Die Individuen jeder einzelnen Population waren sich einander so ähnlich, daß sie homogene Gruppen bildeten und sich gegen diejenige anderer Populationen abgrenzen ließen.
- Populationsspezifische Unterschiede waren sowohl beschreibbar (Farbe, Stärke der Aderung, Blattstellung, u. s. w.) als auch meßbar (Blattgrößen und -formen). Die Differenzierung der Populationen bestätigte sich durch statistische Auswertungen.

- Im Wiederholungsanbau ließen sich die Ergebnisse reproduzieren. Lediglich absolute Meßwerte wichen voneinander ab, die relativen Positionen der Populationen zueinander blieben dabei aber weitgehend erhalten.

Die Untersuchungen der **Sprosse, Tragblätter und Blüten** ergaben:

- Die Populationen unterschieden sich deutlich in ihrer Entwicklung von der Rosette zur blühenden Pflanze (z. B. Zeitpunkte der Sproßentwicklung, der Knospenbildung, Winkel der Sproßverzweigungen).
- Die Blühphase der Populationen setzte zeitlich versetzt ein und dauerte unterschiedlich lange. Als die letzten Populationen zu blühen begannen, waren die ersten bereits verblüht.
- Wie bei den Rosetten waren sich die Individuen einer Population so ähnlich, daß sie weitgehend homogene bildeten und sich die Populationen nahezu vollständig gegeneinander abgrenzen ließen.
- Bei den populationspezifischen Merkmalen, die zur Differenzierung der Herkünfte geeignet waren, handelte es sich in erster Linie um Internodienlängen, aber auch um Eigenschaften der Tragblätter und der Blüten. Die Ergebnisse wurden durch statistische Testverfahren abgesichert.
- Aus den Eigenschaften der Sprosse ließen sich die Populationen in drei Gruppen einteilen, je nachdem, welche Sproßabschnitte in der ausgewachsenen Pflanze dominierten.
- Im Wiederholungsanbau bestätigten sich die Ergebnisse des Vorjahres in Teilen. Einzelne Populationen wechselten ihre Position innerhalb der im ersten Jahr vorgenommenen Klassifizierung nach Internodiendominanz, da die Längen der zweiten Internodien beträchtlich schwankten. Alle anderen behielten ihre Position bei.

Hinsichtlich der **Früchte** wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

- Die Früchte der einzelnen Populationen unterschieden sich in ihrer Größe und Form signifikant voneinander. In der Regel bestand eine lineare Korrelation zum Tausendkorngewicht.
- Im Wiederholungsanbau wichen die Werte im Vergleich zum Vorjahr z. T. beträchtlich voneinander ab.

Aus der Suche nach **Korrelationen zwischen den morphologischen Ergebnissen und übergeordneten Parametern** wie der geographischen Lage, der Höhenlage, der Niederschlagsmenge und der Bewirtschaftungsweise der betreffenden Standorte läßt sich zusammenfassen:



- Mit statistischen Verfahren konnten die Populationen der drei vorgegebenen Großlandschaften – Niederrheinisches Tiefland, Eifel und Weserbergland – gut gegeneinander abgegrenzt werden. Bei den Rosettenmerkmalen spielte die Blattform die wichtigste Rolle, aus dem Sproßbereich eine Internodienlänge und eine Tragblattgröße.
- Die Populationen des Niederrheinischen Tieflandes zeigten bereits hinsichtlich des Blühverhaltens sowie ihrer Wuchsform mit bloßem Auge erkennbare Ähnlichkeiten.
- Trotz gewisser Ähnlichkeiten ließen sich die Populationen innerhalb jeder Großlandschaft vollständig differenzieren. Dazu eigneten sich jeweils unterschiedliche Merkmale.
- Deutliche Korrelationen zwischen bestimmten Merkmalsausprägungen und der Höhenlage sowie der Niederschlagssumme am jeweiligen Standort konnten nicht festgestellt werden.
- Bezüglich der Standortbewirtschaftung ergab sich, daß die Populationen, die von Äckern stammten, sich durch etwas längere Rosettenblätter sowie etwas längere und dickere Internodien von den Populationen anderer Standorte unterschieden.

Der morphologische Vergleich von ***In-situ-* und *Ex-situ-*Pflanzenmaterial** ergab:

- *In situ* konnte eine größere morphologische Variabilität festgestellt werden als *ex situ*. Es konnte ein Zusammenhang zwischen Merkmalsausprägungen und verschiedenen Standortparametern hergestellt werden.
- Die deutlichsten Unterschiede waren im Rosettenstadium ausgeprägt: Diese waren *in situ* deutlich kleiner als *ex situ*, während die blühenden Pflanzen *in situ* auch erheblich größer werden konnten als unter gleichen Anbaubedingungen.
- *Ex situ* waren die Populationen in sich homogener als am Standort und wiesen weniger Extreme auf. Populationsspezifische, genetisch fixierte Ausprägungen kamen erst hier zum Vorschein.

Der **morphologische Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten** ergab:

- Die beiden in die Analysen einbezogenen Kultursorten unterschieden sich im Rosettenstadium bereits habituell (Blattfarbe, -form, Glanz, Aderung) deutlich von den Wildpflanzen. In der statistischen Auswertung konnten die beiden Gruppen vollständig voneinander getrennt werden.
- Im Sproßbereich lagen die Unterschiede vor allem in der Ausprägung der Tragblätter, die als Folgeblätter der Rosetten zu verstehen sind. Außerdem waren die Sorten kräftiger im Wuchs. In der Internodienlänge unterschieden sie sich nicht von den Wildpflanzen.

- Die Blüten waren bei den Sorten größer als bei den Wildpflanzen. Die Sorte *Vit* fiel zudem durch sehr große und schwere Früchte auf, während die anderen beiden Sorten sich von den Wildpflanzen nicht unterschieden. Eine Population (F-33) wies ein noch höheres Tausendkorngewicht als die Sorte *Vit* auf.

Aus den **Infektionstests mit Pathogenen** resultierte:

- Die untersuchten Wildpopulationen verhielten sich gegenüber drei Isolaten des Falschen Mehltaus (*Peronospora valerianellae*) unterschiedlich. Gegen ein Isolat waren alle Pflanzen aller Herkünfte resistent, gegen das zweite fünf und gegen das dritte zwei Herkünfte.
- Die Wildpflanzen waren variabler als die Kultursorten. Innerhalb der Wildpopulationen verhielten sich die Individuen unterschiedlich, einzelne Pflanzen aus mehreren Populationen waren vollständig resistent. Die Sorten waren in sich homogen und wiesen lediglich Teilresistenzen auf.

**B 1 Charakterisierung der Gattung und der Art****B 1.1 Taxonomie, Verbreitung, Gefährdung**

Die Familie der Doldenblütler (Apiaceae) umfaßt insgesamt über 300 Gattungen mit etwa 2500 bis 3000 Arten bei nahezu weltweiter Verbreitung (HEYWOOD 1982). Die Gattung *Carum* umfaßt nach DRUDE in HEGI (1926) etwa 25 europäische Arten, bei TUTIN et al. (1968) werden hingegen nur fünf Arten aufgeführt, von denen drei im östlichen Mittelmeerraum verbreitet sind. Im westlichen und nördlichen Europa kommen schließlich nur noch zwei Arten vor:

*Carum carvi* (Wiesen-Kümmel) und  
*Carum verticillatum* (L.) KOCH (Stern-Kümmel).

Während der atlantisch verbreitete Stern-Kümmel (*Carum verticillatum*) in Westdeutschland seine östliche Verbreitungsgrenze erreicht, reicht das Areal des Wiesen-Kümmels (*Carum carvi*) über den mitteleuropäischen Raum hinaus: Nach Süden bis ins nördliche Spanien und Italien, nach Osten über den Balkan bis Sibirien und zum Himalaya. Weitere Vorkommen, z. B. aus Nordamerika und Neuseeland, sind nach HEGI (1926) nicht mit Sicherheit zum ursprünglichen Verbreitungsgebiet zu rechnen. Dort sind verschleppte Vorkommen nicht auszuschließen.

In Nordrhein-Westfalen ist die Art nicht gleichmäßig verbreitet. Typischerweise ist Kümmel in den Höhenlagen häufiger zu finden als in den Niederungen, so daß das Verbreitungsmuster von der Eifel über das Sauerland zum Weserbergland etwas dichter ausgeprägt ist als über den westfälischen und niederrheinischen Raum (vgl. Abb. B-1). Dieses Muster spiegelt sich auch in seinem Gefährdungsgrad wieder: In den drei erwähnten Großlandschaften Eifel/Siebengebirge, Süderbergland und Weserbergland liegt für *Carum carvi* derzeit keine Gefährdung vor. Für das Niederrheinische Tiefland sowie für die Westfälische Bucht (mit Westfälischem Tiefland) ist er dagegen mit der Gefährdungskategorie 3 („gefährdet“) in der Roten Liste Nordrhein-Westfalens ausgewiesen. In der Niederrheinischen Bucht ist der Wiesen-Kümmel verschollen oder ausgestorben (Kategorie 0). Insgesamt zählt *Carum carvi* in Nordrhein-Westfalen somit trotz stellenweise recht häufiger Vorkommen zu den gefährdeten Arten (alle Angaben aus WOLFF-STRAUB et al. 1988).

**B 1.2 Morphologie und Autökologie**

Der Wiesen-Kümmel (*Carum carvi*) ist eine zweijährige, krautige Pflanze, die im ersten Jahr Blattrosetten, im zweiten Jahr einen Sproß ausbildet und nach der Blüte- und Fruchtzeit abstirbt.

Die Laubblätter des Kümmels sind zwei- bis dreifach fiederteilig. Charakteristisch ist die Stellung der untersten Fiederpaare der Abschnitte zweiter Ordnung, welche bis an die Hauptspindel herabgerückt sind und sich dort nahezu kreuzweise gegenüberstehen.

Der Sproß ist meist mehrfach verzweigt und erreicht eine Höhe von bis zu 1 m. Die kleinen, weißen bis rötlichen, teils zwittrigen, teils männlichen, zu Döldchen vereinigten Einzelblüten sind zu jeweils 8 bis 16 über Strahlen zu einer Dolde zusammengefaßt. Durch den aus verschiedenen „Etagen“ aufgebauten Sproß – mit Dolden 1., 2., 3.,... Ordnung – ergibt sich eine innerhalb eines einzigen Individuums kontinuierlich von unten nach oben, also von niedriger zu höherer Ordnung verlaufende Blühabfolge. Auf diese Weise resultiert eine insgesamt relativ lange Blühdauer. Innerhalb der Dolden verläuft die Blühfolge von außen nach innen.

Die Einzelblüten des Kümmels unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Größe je nach Position im Döldchen: Blüten der äußeren Bereiche sind mit etwa 1,5 mm Länge und Breite etwas größer als solche im Inneren des Döldchens (HEGI 1926).

Die Blüten sind in der Regel zoogam, wobei besonders Coleopteren, Dipteren und Hymenopteren eine wichtige Rolle spielen. Selbstbefruchtung kann aufgrund ausgeprägter Proterandrie im allgemeinen ausgeschlossen werden (HEEGER 1956). Nach der Befruchtung wachsen etwa 4-5 mm lange, leicht gekrümmte Früchte heran, von denen jeweils zwei einsamige Teilfrüchte über einen Karpophor zu einer Doppelachäne verbunden sind und die bei der Reife (Juli/August) zerfallen. Äußerlich erkennbar sind fünf längs verlaufende, hellbraune Rippen. Zwischen diesen Längsrippen befinden sich Ölstriemen, welche die für den charakteristischen Kümmel-Geruch verantwortlichen ätherischen Öle bergen. Die Verbreitung der Früchte erfolgt durch einfaches Abfallen von der Pflanze, gelegentlich auch durch Huftiere (DÜLL & KUTZELNIGG 1994).

Die Chromosomenzahl beträgt  $2n = 20$  (DARLINGTON & WYLIE 1955).

*Carum carvi* ist eine – unter Berücksichtigung regionaler Unterschiede – relativ häufig in Wiesen vorkommende Pflanze und ist überwiegend in frischen und nährstoffreichen, aber auch in mageren Beständen enthalten. Er besiedelt ferner Weiden sowie Wegränder und Grasplätze und ist in den Alpen häufig in der Umgebung von Sennhütten zu finden. Ursprüngliche Wuchsorte dürften nach HEGI (1926) allerdings die Fluß- und Seemarschen sein. Insgesamt kennzeichnend sind die frischen, nährstoff- und basenreichen, mittel- bis tiefgründigen Böden kühl-humider Klimalage (OBERDORFER 1994).

Pflanzensoziologisch wird der Wiesen-Kümmel als Charakterart der Arrhenatheretalia (Tal- bzw. Gebirgs-Fettwiesen, Fettweiden und alpine Milchkrutweiden) ausgewiesen (OBERDORFER 1993).

### **B 1.3 Nutzung, Pathogene, Zuchtziele**

Kümmel findet als Nutzpflanze äußerst vielfältige Verwendung. In erster Linie ist er jedoch als Gewürzpflanze von kommerziellem Nutzen (FRANKE 1997). Weitere Verwendung finden die rübenartigen Wurzeln, die als Gemüse zubereitet werden können, sowie die jungen, als Salat genießbaren Blätter. Des Weiteren dient Kümmel als Futterpflanze mittleren Futterwertes und als Bienenfutter. Das destillierte Kümmelöl wird in der Branntwein- und Likörfabrikation zur Herstellung von Kümmelschnaps oder -likör eingesetzt. Schließlich dienen die ätherischen Öle, denen zudem auch eine beträchtliche fungizide Wirkung zugeschrieben wird, der Parfümierung beispielsweise von Seifen.

Von weiterer kommerzieller Bedeutung sind die Wirkstoffe der Früchte als Bestandteile von Arzneimitteln sowie als krampfstillende Mittel in der Tierheilkunde. Ferner wird Kümmel mit weiteren Gewürzen wie Fenchel und Anis als Tee-Ersatz verwendet (HEGI 1926, SIEWEK 1990).

Die wichtigsten Anbaugelände liegen derzeit in Mittel- und Osteuropa (Niederlande, Polen, Dänemark, Ungarn, Tschechien) sowie in Ägypten und der Türkei. Ideal geeignet scheinen die küstennahen Böden in Nähe der Nordsee zu sein (SIEWEK 1990, HEEGER 1956; vgl. Angaben zu den ursprünglichen Vorkommen, B 1.2).

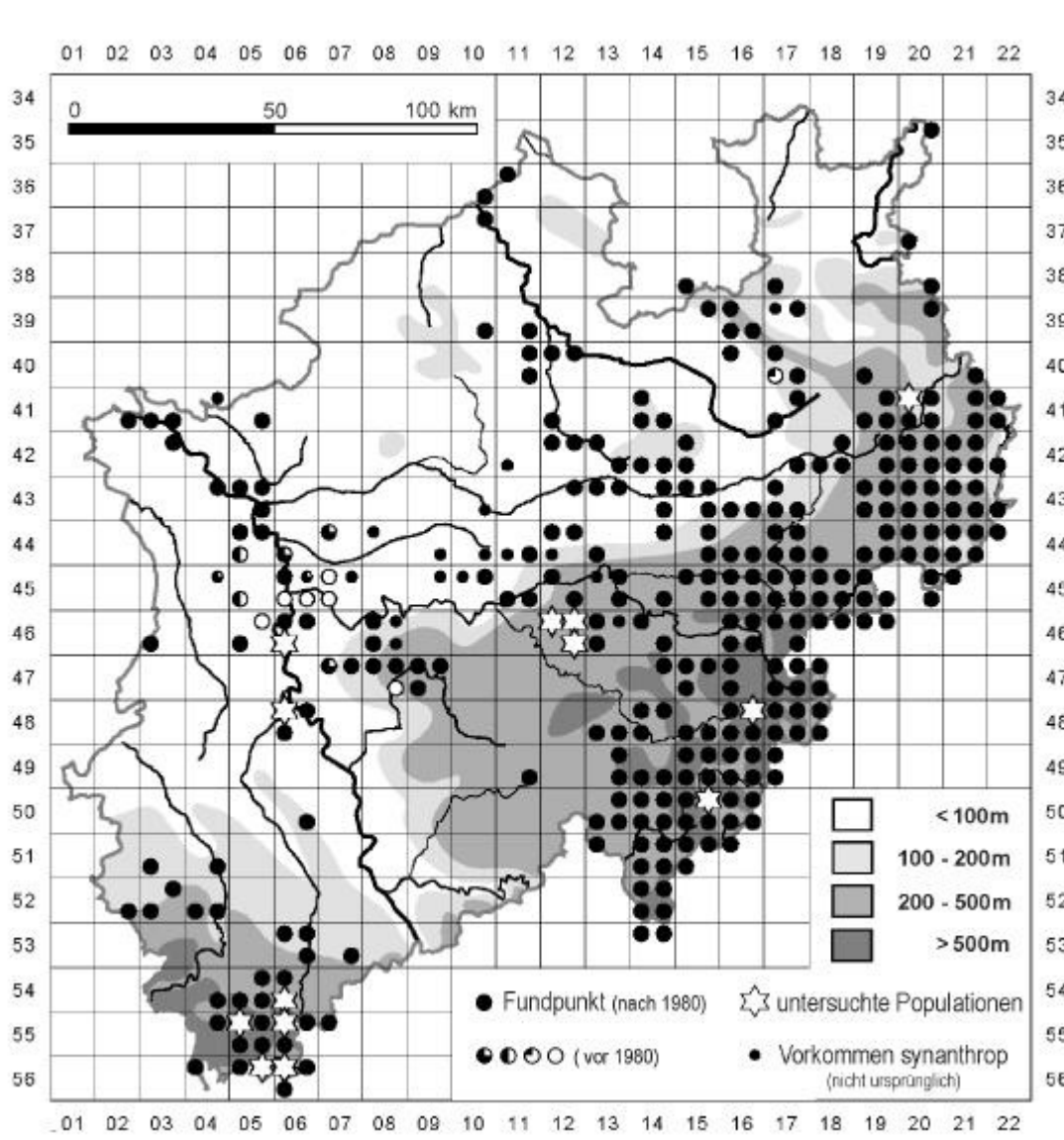
Einer der wichtigsten Krankheitserreger des Kümmels ist der Echte Mehltau (*Erysiphe heraclei*), der die Dolden und Früchte befällt und zu erheblicher Ertragsminderung führen kann. Ein weiteres wichtiges Schadbild stellt die Doldenbräune dar, die durch einen pilzlichen Komplex aus *Botrytis cinerea*, *Phomopsis diachenii* und *Alternaria spec.* sowie verschiedenen Bakterien ausgelöst wird (GABLER & EHRIG 2000). Von Bedeutung sind zudem tierische Schädlinge wie die Kümmelmotte (*Depressaria nervosa*), Blattläuse, Wurzelläuse und Blattwanzen (*Lygus spec.*) an Dolden und Stengeln sowie Mäuse im Wurzelbereich (PANK 2000).

Zu den Zuchtzielen des Kultur-Kümmels zählen phänologische Daten (Blühbeginn, Frucht reife), Standfestigkeit und Wuchshöhe, außerdem die Verbesserung von Erträgen und Inhaltsstoffen (Tausendkorngewicht, Gehalt an ätherischen Ölen, darunter Carvon und Limonen) (PANK schriftl. Mittlg.) sowie die Toleranz bzw. Resistenz gegenüber Pathogenen. In neuerer Zeit steht die Züchtung einjähriger Kümmelsorten (*Carum carvi* L. var. *annuum* hort.) im Blickpunkt der züchterischen Forschung, da diese aufgrund der kurzen Vegetationszeit gegenüber der zweijährigen Form große wirtschaftliche Vorteile versprechen (PANK & QUILITZSCH 1996).



## B 2 Material

Innerhalb des Untersuchungszeitraums wurden von Mai 1996 bis Juli 1999 insgesamt 19 Wildpopulationen des Wiesen-Kümmels (*Carum carvi*) ausgewählt und mehrmals im Jahr aufgesucht. Eine Übersicht über das verwendete Pflanzenmaterial gibt Tab. B-2, die Charakterisierung der Wildherkünfte befindet sich im Anhang (Tab. 10). In Abb. B-1 sind die Fundstellen auf Quadrantenebene eingetragen, wobei eine Signatur auch mehrere Populationen enthalten kann.



**Abb. B-1** Verbreitung des Wiesen-Kümmels (*Carum carvi*) in NRW (nach SCHUMACHER et al. 1996 und JAGEL & HÄUPLER 1995) unter Angabe der ausgewählten Populationen, der rezenten und früheren Fundstellen sowie der Höhenlagen.

*Fig. B-1* Occurrence of caraway (*Carum carvi*) in NRW (according to SCHUMACHER et al, 1996 and JAGEL & HÄUPLER 1995) taking into consideration the selected populations, recent and earlier occurrences and site altitude.

Dem Vergleich zu den Wildherkünften dienten Daten der aktuell genutzten Kultursorten *Bleja*, *Kami*, *Konczewicki*, *Mansholts*, *Maud*, *Niederdeutscher*, *Plewiski*, *Prochan*, *Rekord*, *Sylvia*, *Trojica* und *Volhouden*. Angaben zu molekularbiologischen Untersuchungen betreffen die von WUNDER in FORWICK et al. (2001, unveröff.) erhobenen RAPD-Daten.

**Tab. B-2 Übersicht über die morphologisch und molekulargenetisch untersuchten sowie in Inhaltsstoffanalysen und Pathogenitätstests einbezogenen Populationen *Carum carvi*.**

*Tab. B-2 Overview of morphological and molecular genetic tests of Carum carvi populations included in analyses of active substances and pathogenicity.*

<b>Morphologische Untersuchungen</b>		
<b>Gesamtzahl ausgewählter natürlicher Populationen: 19</b>		
<b>a) Sprosse und Dolden</b>		
<i>in situ</i> 1998	⇒ 11 Populationen à (6-) 10 Individuen	Σ je 106 Sprosse und Dolden 1. Ordnung
Anbau 1997/98	⇒ 10 Populationen à 4-16 Individuen	Σ je 88 Sprosse und Dolden 1. Ordnung
Anbau 1998/99	⇒ 13 Populationen à (2-) 10 Individuen	Σ je 125 Sprosse und Dolden 1. Ordnung
<b>b) Früchte</b>		
<i>in situ</i> 1996	⇒ 13 Populationen	Mischproben von 5-30 Individuen
<i>in situ</i> 1997	⇒ 17 Populationen	Mischproben von (1-) 5-30 Individuen
<i>in situ</i> 1998	⇒ 8 Populationen	Mischproben von 5-30 Individuen
<i>in situ</i> 1999	⇒ 4 Populationen	Mischproben von 5-30 Individuen
Anbau 1997/98	⇒ 10 Populationen à 4-16 Individuen	Mischproben aller Individuen jeder Population
Anbau 1998/99	⇒ 13 Populationen à (2-) 10 Individuen	Proben von 125 Einzelindividuen
<b>Molekulargenetische Untersuchungen</b>		
	9 Populationen à 3 (-10) Individuen	Σ 34 Individuen
	10 Kultursorten à 1 Individuum	Σ 10 Individuen
<b>Inhaltsstoffanalysen und Tausendkorngewicht</b>		
Anbau 1997/98	⇒ 10 Populationen à 4-16 Individuen	Σ 88 Individuen
1997 und 1998	⇒ 12 Kultursorten	Mischproben
Anbau 1998/99	⇒ 13 Populationen à (2-) 10 Individuen	Σ 125 Individuen
<b>Pathogenitätstests</b>		
Anbau 1997/98	⇒ 10 Populationen à 4-16 Individuen	Σ 88 Individuen
Anbau 1998/99	⇒ 13 Populationen à (2-) 10 Individuen	Σ 125 Individuen



## **B 3 Methoden**

### **B 3.1 Geländearbeit**

Die Vorgehensweise bei der Auswahl und Dokumentation der verschiedenen Fundstellen stimmt im wesentlichen mit der überein, die bereits im Abschnitt „*Valerianella locusta* (Echter Feldsalat) A 3.1“ dargestellt wurde. Die Proben wurden von Populationen aus den verschiedenen Großlandschaften des Landes genommen. Nach Möglichkeit wurde versucht, dabei sowohl nah benachbarte als auch weiter voneinander entfernte Bestände einzubeziehen. So wuchsen beispielsweise K-14 und K-15 in etwa 2 km Entfernung voneinander, während K-10 und K-17, ebenfalls aus dem Sauerland, etwa 30 km von diesen entfernt siedelten.

Neben der geographischen Lage der Populationen war die Bewirtschaftungsweise der Wuchsorte ein Kriterium der Probennahme. So stammten die Proben der Populationen zwar überwiegend von Wiesen, doch wurden auch Wegränder, Weiden oder wegbegleitende Einsaaten mit berücksichtigt.

Zur Einstufung der Populationsgröße wurden die blühenden Individuen gezählt oder, bei sehr großen Beständen, die Zahl auf die betreffende Fläche hochgerechnet. Rosetten wurden nicht gezählt. Von der Begleitflora wurden Vegetationsaufnahmen typischer Ausschnitte der Vorkommen erstellt. Alle Populationen wurden bei der Benennung mit dem Vorsatz „K-“ für Kümmel versehen.

### **B 3.2 Probennahmen und Anbau**

Für die Untersuchungen wurden zunächst 19 nordrhein-westfälische Wildpopulationen ausgewählt. Aus verschiedenen Gründen konnte nicht jede Population jedes Jahr untersucht werden. Durch sehr frühe Mahd oder Beweidung waren z. B. die Individuen der Populationen K-2 sowie K-16 zum Zeitpunkt der Untersuchungen so stark beschädigt, daß die Messungen zur Sproß- und Doldenmorphologie *in situ* nicht durchgeführt werden konnten. In einigen Fällen wurde die Bewirtschaftung der Flächen bereits vor der vollen Fruchtreife der Pflanzen durchgeführt, so daß hier keine Früchte geerntet werden konnten (z. B. K-4/97 und 99, K-5/99, K-16/98). Aus diesem Grund konnten auch Individuen einzelner Populationen nicht in beiden Jahren unter gleichen Bedingungen ausgesät werden.

Die Ausmaße der Populationen ergaben sich bei den meisten Beständen durch die vorgegebene Abgrenzung der Wiesen bzw. Weiden, bei Wegrändern meist durch deren begrenzte Länge und Angrenzung an andere Biotoptypen. Aufgrund der unterschiedlichen Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden einerseits sowie der angrenzenden Flächen andererseits konzentrierte sich die Probennahme auf einen der beiden Biotoptypen, auch wenn dadurch nur ein Teil der Gesamtpopulation erfaßt

wurde. Da Kümmel meist verstärkt in den weniger intensiv genutzten Randbereichen der Wiesen und Weiden vorkam, erfolgte die Probennahme in erster Linie hier.

Die **Probennahme *in situ*** erfolgte zu zwei Zeitpunkten im Jahr:

1. zur Blütezeit des Kümmels im Mai/Juni
2. zur Fruchtzeit im Juni/Juli.

Sofern große Bestände für die morphologischen Untersuchungen zur Verfügung standen, wurde für die Probennahme ein für den jeweiligen Bestand repräsentativer Ausschnitt ausgewählt und somit nur ein Teil der Population betrachtet. Bei kleinen Beständen (mit weniger als zehn Individuen) wurden alle blühenden Pflanzen untersucht.

Die Erhebung einiger morphometrischer Daten (z. B. Internodienlängen oder Höhe der Pflanzen, Abschätzung der Blütenfarbe), erfolgte an je zehn gut entwickelten lebenden Pflanzen pro Fundort im Gelände. Für spätere Untersuchungen wurden jeweils einige Döldchen von fünf Pflanzen aus jeder Population in 70 %igem Ethanol konserviert. Anschließend wurden je nach Bestandsgröße zwei bis fünf typische Kümmelpflanzen des Bestandes als Belegexemplare herbarisiert. Für die Untersuchungen der Primärdolden wurden diese im Gelände entfernt und trocken gelagert. Die Messungen erfolgten nach einigen Tagen am getrockneten Material.

Pflanzen, die zweifelsfrei von abweichenden lokalen Standortgegebenheiten geprägt waren, wurden nicht vermessen bzw. beprobt. Wie auch für den Feldsalat galt es hier, einen repräsentativen Ausschnitt der betreffenden Population zu erfassen, um unterschiedliche Merkmalsausprägungen typischer Vertreter verschiedener Populationen zu ermitteln und miteinander vergleichen zu können.

Die Kümmelfrüchte wurden im Gegensatz zu den blühenden Pflanzen als Mischproben über die gesamte zuvor definierte Population, d. h. einschließlich ihrer untypisch entwickelten Individuen (z. B. aus den Randbereichen) gesammelt. Unter gleichen Kulturbedingungen sollte sich schließlich zeigen, ob die Ausprägungen von der Einwirkung der im Gelände gegebenen Standortverhältnisse abhingen oder aber genetisch festgelegt waren.

Bei den *In-situ*-Untersuchungen wurde ein Zeitraum gewählt, in dem die Mehrzahl der Dolden blühte und die Primärdolde bereits verblüht war. Aufgrund der unterschiedlichen Wuchsorte sowie der über einen gewissen Zeitraum anhaltenden Blühphase wurde neben den Vermessungen der Pflanzen knospende, blühende und fruchtende Dolden abgezählt, um so mögliche Differenzen ggf. auf den Beprobungszeitpunkt zurückzuführen. Da nach den ersten Erfahrungen einige Populationen (K-2, K-16, K-19) sehr früh gemäht oder beweidet wurden (Ende Mai/Anfang Juni), wurde in diesen Fällen im zweiten Jahr eine Untersuchung der Bestände rechtzeitig vor

dem Schnitt bzw. dem Verbiß vorgezogen, auch wenn sich die meisten Dolden noch im Knospenstadium befanden. Für die Ernte der Früchte wurde nach Möglichkeit ein Termin gewählt, zu dem diese vollkommen reif waren und sich leicht von den Dolden lösen ließen. In Einzelfällen wurde jedoch auch nicht zur vollen Reife geerntet, da wiederum die Gefahr bestand, erst nach der Bewirtschaftung am Wuchsort einzutreffen. In diesen Fällen erfolgte eine Nachreife der Früchte, die mindestens zwei Wochen in warmer und trockener Umgebung ausgebreitet wurden.

Zur Bestimmung des Tausendkorngewichts wurden von jeder Probe drei Meßwerte zu je 100 Früchten erhoben, aus ihnen der Mittelwert berechnet und dieser auf g/1000 Früchte hochgerechnet. Die Vermessung der Früchte erfolgte lediglich 1996 mit im Gelände gesammelten Proben. Dazu wurden aus jeder Population 40 Früchte eingescannt und mit dem Bildbearbeitungsprogramm Adobe Photoshop 3.0 bearbeitet und vergrößert. Die Messungen erfolgten am Ausdruck im Maßstab 4:1.

Aus jeder Population, aus der Samenmaterial zur Verfügung stand, wurde ein zufällig entnommener Teil für den Anbau unter gleichartigen Bedingungen (*ex situ*) an die Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Quedlinburg (Versuchsgelände Aschersleben), weitergeleitet. Dort erfolgte wiederum eine zufällige Auswahl an Früchten für die Einsaat.

Der **Anbau** des zweijährigen Wiesenkümmels wurde auf den Versuchsflächen in Aschersleben durchgeführt. Die Aussaat von Samenmaterial, das im Sommer 1996 bzw. 1997 im Gelände gesammelt worden war, erfolgte im April 1997 bzw. 1998. Die Anzahl angebaute Pflanzen ergab sich aus Erfahrungswerten der Fachleute aus vorausgegangenen Untersuchungen an Kulturpflanzen, war zugleich aber an die räumlichen Kapazitäten des Versuchsfeldes gebunden. So war zunächst vorgesehen, von zehn Populationen je 16 Pflanzen anzubauen, doch keimten nicht alle Samen aus, andere Pflanzen entwickelten sich nicht über das Rosettenstadium hinaus. Während bei K-14 und K-13 mit 15 bzw. 14 Pflanzen die höchsten Individuenzahlen vorlagen, standen aus K-15 und K-10 lediglich drei bzw. vier Individuen zur Verfügung.

Des weiteren wirkte beeinträchtigend, daß die nach dem Auflaufen von maximal fünf Keimlingen notwendige Vereinzelung der Jungpflanzen nicht in allen Fällen vollständig gelang und sich an mehreren Standplätzen noch zwei Kümmelpflanzen befanden, was erst beim ersten Besuch zu Beginn der Messungen, also zur Blütezeit, erkannt wurde. Der Anbau wurde im Folgejahr unter Ausschluß von Anbaufehlern wiederholt. Hierzu standen Früchte aus drei weiteren Populationen zur Verfügung, wobei gleichzeitig die Individuenzahlen auf je zehn pro Herkunft beschränkt wurden. Im Vergleich zum ersten Jahr war die Keimungsrate jetzt deutlich höher, so daß mit Ausnahme einer Population (K-2), von der sich lediglich zwei Pflanzen entwickelten,

aus jeder Wildherkunft die gewünschten Daten von mindestens acht, meist aber von zehn Pflanzen vorlagen.

Die Datenerhebung erfolgte im Versuchsgelände. Wie *in situ* wurden auch hier die Primärdolden jeder Pflanze entfernt und trocken gelagert sowie Blütenproben in 70 %igem Ethanol konserviert. Aufgrund der etwa gleichzeitig einsetzenden Blühphase der *in situ* untersuchten und der *ex situ* angebauten Individuen aller Populationen und mit dem damit einhergehenden Arbeitsaufwand konnten die Pflanzen im Versuchsfeld in Aschersleben jeweils nur einmal im Jahr aufgesucht werden. Die Messungen erfolgten hier innerhalb von drei Tagen bei allen Populationen und nicht – wie *in situ* – in Anpassung an den jeweiligen Entwicklungsstand der Pflanzen.

Die Ernte erfolgte im ersten Jahr durch Mitarbeiter der Forschungsanstalt in Form von Mischproben über jede Population. Im zweiten Anbaujahr war vorgesehen, die Früchte individuenweise zu sammeln. Die Ernte wurde diesmal selbst durchgeführt und diese Arbeit mit der Vermessung der Sprosse und Dolden im Versuchsfeld kombiniert. Somit stimmen in den beiden Jahren die Meßzeiträume nicht genau überein. Da jedoch angenommen werden kann, daß die Pflanzen zum Zeitpunkt der ersten Messungen ausgewachsen waren, kann bezüglich der Wachstumsstadien zwischen den beiden Jahren von relativ geringen Differenzen ausgegangen werden.

### **B 3.3 Morphologisch-biometrische Untersuchungen**

Die Auswahl der untersuchten Eigenschaften des Wiesen-Kümmels erfolgte unter Zuhilfenahme folgender Quellen:

<u>Eigenschaften der Merkmale</u>	<u>Quelle</u>
variabel nach Literaturangaben	⇒ Bestimmungsschlüssel (OBERDORFER 1994, ROTHMALER 1990), Monographien (HEGI 1926)
züchterische Relevanz	⇒ Deskriptorenliste <i>Carum carvi</i> L. (PANK, schriftl. Mittlg.)
variabel nach eigenen Beobachtungen	⇒ Beschreibungen der Pflanzen und morphometrische Voruntersuchungen

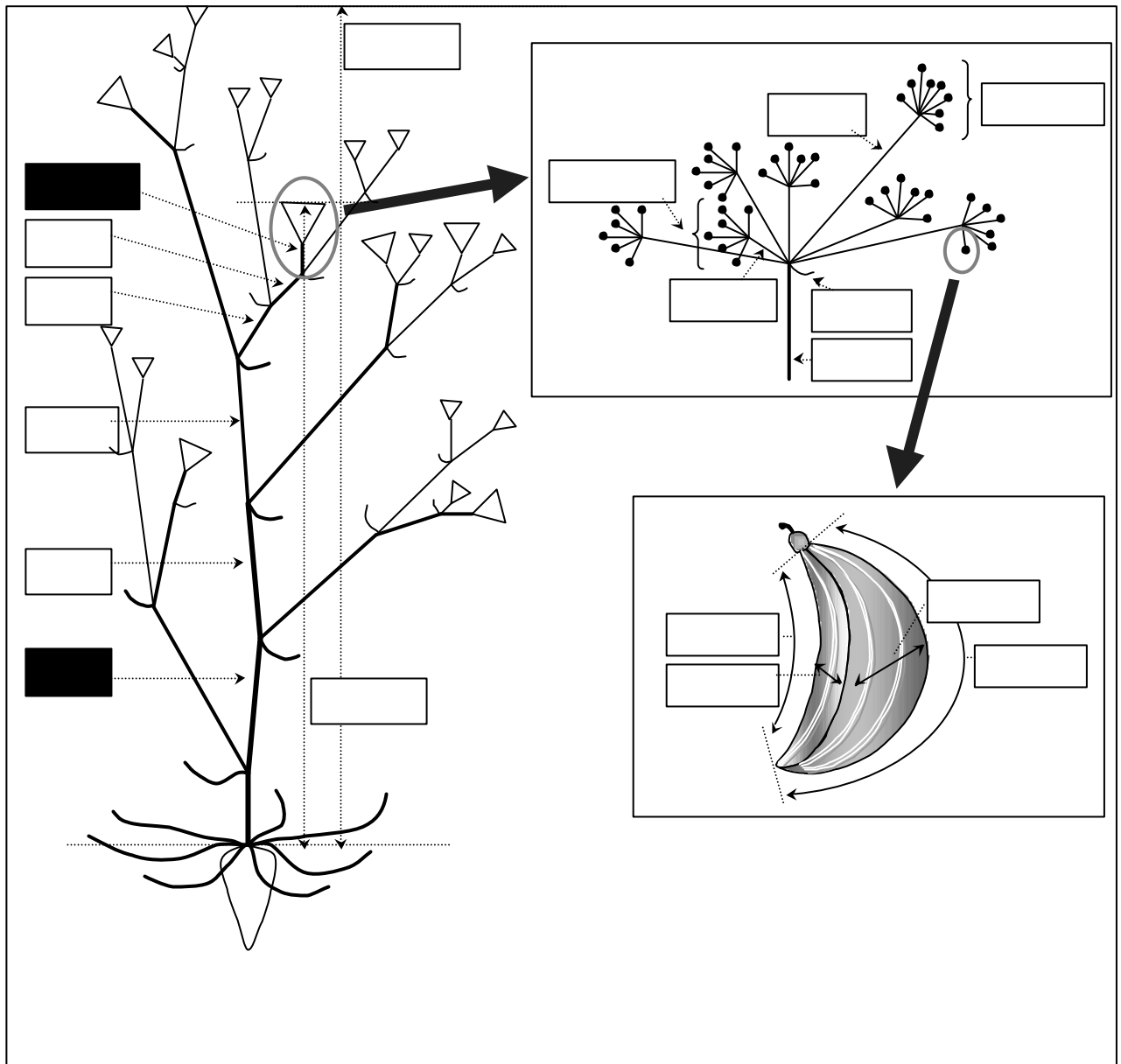
Insgesamt wurden 24 Merkmale des Wiesen-Kümmels erhoben und daraus 9 Indices berechnet:

Sproß	⇒	7 Merkmale;	4 Indices
Dolden	⇒	12 Merkmale;	1 Index
Früchte	⇒	5 Merkmale;	4 Indices

## Sproß (vgl. Abb. B-3):

### Messung der Merkmale

1. Gesamthöhe der Pflanze zum Blütezeitpunkt (cm)<sup>1</sup> [Höhe\_1]
2. Höhe der Pflanze bis zur Dolde 1. Ordnung (I) (cm) [Höhe\_2]
- 3.-7. Länge der letzten 5 Internodien unter der Dolde I (cm) [Int\_1 bis Int\_5]



<sup>1</sup> Die Messungen wurden durchgeführt, als die meisten Dolden in Blüte, wenige im Knospenstadium und die Primärdolden bereits verblüht waren.

### Berechnung der Anteile

I	Höhe_2 an Höhe_1 (s. o.) (%)	[Höhe_1/2]
II	Letztes Internodium vor Dolde I an Höhe_2 (%)	[pro1_Höhe_2]
III	Zwei letzte Internodien (Summe) vor Dolde I an Höhe_2 (%)	[pro2_Höhe_2]
IV	Fünf letzte Internodien (Summe) vor Dolde I an Höhe_2 (%)	[pro5_Höhe_2]

### **Dolden** (vgl. Abb. B-3):

#### Abschätzung des Merkmals

1. Knospen- und Blütenfarbe [weiß / gelblich / rosa]

#### Angabe der Anzahl:

1. Dolden an gesamter Pflanze [Anz\_Dolden]
- 2.-4. Dolden im Knospenstadium, in Blüte und in Frucht [Anz\_Kno, Anz\_Blü, Anz\_Fru]
5. Strahlen der Dolde I [Anz\_Str]
6. Strahlen d. Döldchens über längstem Strahl der Dolde I [Anz\_Dö1]
7. Strahlen d. Döldchens über kürzestem Strahl der Dolde I [Anz\_Dö2]
8. Hüllblätter an Dolde I [Hüll]

#### Messung der Merkmale

9. Länge des Doldenstiels der Dolde I (cm) [L\_Stiel]
10. Länge des längsten Doldenstrahls der Dolde I (cm) [Ll\_Str]
11. Länge des kürzesten Doldenstrahls der Dolde I (cm) [Lk\_Str]

#### Berechnung des Index

- I Länge längster zu Länge kürzester Strahl der Dolde I [Ll/Lk\_Str]

### **Früchte** (vgl. Abb. B-3):

#### Abwiegen des

1. Tausendkorngewichts (g)

#### Messung der Merkmale

2. Länge der äußeren (längeren) Fruchtseite (mm) [L1\_fru]
3. Länge der inneren (kürzeren) Fruchtseite (mm) [L2\_fru]
- 4.-5. Breite (quer und längs) (mm) [B1\_fru, B2\_fru]

### Berechnung der Indices

I	Länge der äußeren zur inneren Fruchtseite	[L1/L2_fru]
II	Breite quer zu Breite längs	[B1/B2_fru]
III	Durchschn. Länge (aus L1_fru u. L2_fru) zu Breite quer	[L/B1_fru]
IV	Durchschn. Länge (aus L1_fru u. L2_fru) zu Breite längs	[L/B2_fru]

### **B 3.4 Inhaltsstoffanalysen und Infektionstests mit Pathogenen**

Die Bestimmung von Qualitätsmerkmalen *ex situ* erfolgte an Populationsmischproben. Das Tausendkorngewicht wurde durch je zwei Messungen von jeweils 100 Früchten bestimmt. Der Gehalt an ätherischem Öl wurde durch Hydrodestillation der zerkleinerten Früchte gemäß DAB 10, der Carvongehalt gaschromatographisch und die Farbkomponenten L\*, a\* und b\* gemäß CIELAB-System mit dem Spektrophotometer CM 508d (Minolta) ermittelt (PANK et al. *i. p.*).

Der Doldenbräunefall wurde durch Abzählen erkrankter Dolden pro Pflanze an vier Terminen im Gelände ermittelt. Die Fläche unter der Befallskurve diente als Kriterium für den Resistenzgrad der Populationen. Die Isolierung der Krankheitserreger erfolgte durch Verwendung befallener Dolden, die oberflächensterilisiert, auf Agar ausgelegt und inkubiert wurden. Mit den so gewonnenen pilzlichen Krankheitserregern wurden Pathogenitätstests durchgeführt (GABLER & EHRIG 2000).

### **B 3.5 Statistische und molekulargenetische Methoden**

Die Wahl der statistischen Methoden entspricht derjenigen, die für den Feldsalat getroffen wurde. Erläuterungen finden sich unter A 3.5. Im Unterschied zu der Datenanalyse des Feldsalates wurde bei *Carum carvi* aufgrund der geringeren Variablenzahl auf eine Hauptkomponentenanalyse verzichtet.

Zu den molekulargenetischen Untersuchungen vgl. A 3.6.

## **B 4 Ergebnisse**

### **B 4.1 Morphometrische Untersuchungen zur Differenzierung der Populationen**

Die morphometrischen Untersuchungen des Wiesen-Kümmels wurden sowohl im Gelände (*in situ*) als auch nach dem Anbau unter gleichen Bedingungen (*ex situ*) auf dem Versuchsgelände der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Quedlinburg, durchgeführt. Die Samen für den Anbau stammten von 19 verschiedenen Wildpopulationen zuvor charakterisierter Herkunft aus Nordrhein-Westfalen (vgl. Abb. B-1 und Tab. 10, Anhang).

Die statistischen Analysen für den Sproß- und Doldenbereich beruhen zunächst auf den Daten des Wiederholungsanbaus (1998/99), die im Gegensatz zum ersten Anbaujahr vorbehaltlos ausgewertet werden konnten. Der unter B 3.2 geschilderte Anbaufehler des ersten Jahres könnte dagegen möglicherweise Einfluß auf die Merkmalsausprägung ausgeübt haben.

#### **B 4.1.1 Differenzierung der Populationen anhand der Sprosse und Dolden**

Die 112 Individuen aus 13 Wildpopulationen wiesen im Versuchsgelände zur Blütezeit keine mit bloßem Auge erkennbaren Unterschiede auf. Es konnte lediglich festgestellt werden, daß in einigen Populationen vermehrt rosafarbene Blüten auftraten (z. B. K-13, K-15). Im Rahmen der im ersten Anbaujahr erhobenen Symptombonitur, d. h. der Erfassung kranker Dolden, wurde bei K-9 am 23. April bereits ein recht hoher Anteil blühender Dolden festgestellt, während sich alle übrigen Pflanzen zu diesem Zeitpunkt noch im Knospenstadium befanden.

In die statistischen Analysen wurden 19 Sproß- und Doldenmerkmale einbezogen. Eine Differenzierung der Wildpopulationen anhand der erhobenen **Sproßmerkmale** gelang mit Hilfe der Diskriminanzanalyse nicht. Die Werte der Variablen streuten so stark, daß sich die Individuen der verschiedenen Populationen durchmischten und sich dadurch nicht gegeneinander abgrenzen ließen.

Unter ausschließlicher Berücksichtigung der **Doldenmerkmale** fiel das Klassifizierungsergebnis geringfügig besser aus, doch war es auch anhand dieser Merkmale nicht möglich, die Herkünfte voneinander zu trennen. Nur ein Viertel wurde korrekt klassifiziert, von fünf Populationen wurde dabei keine einzige Pflanze wiedererkannt (Tab. B-4). Nur von K-16 wurden sechs von neun Pflanzen (66,7 %) zusammen gruppiert. Diese fielen durch sehr kurze Strahlen an der Dolde erster Ordnung sowie den größten Wert des Verhältnisses von längstem zu kürzestem Strahl auf. Wurde die Analyse ohne K-16 durchgeführt, fielen zwei Herkünfte – K-3 und K-8 – durch



eine leicht erhöhte Anzahl Strahlen an der Primärdolde auf. Alle anderen Populationen wiesen keine besonderen Eigenarten auf<sup>1</sup>.

**Tab. B-4 Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse zur Differenzierung der Kümmelpopulationen anhand der Dolden (ex situ 1999).  
Insgesamt korrekt klassifiziert: 25,0 %.**

Tab. B 4 Classification results of the canonical variate analysis to differentiate the caraway population based on umbels (ex situ 1999). Total correctly classified: 25.0%.

Vorgegebenes Individuum	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit													Gesamt	Korrekt Klassifiziert (%)
	K-2	K-3	K-5	K-6	K-8	K-9	K-10	K-12	K-13	K-14	K-15	K-16	K-17		
K-2	0			1					1					2	0,0
K-3		4	1		3									8	37,5
K-5			4	3	1				2					10	0,0
K-6			2	4	1				3					10	40,0
K-8		2	2		2			2		1				9	22,2
K-9				5		0		1	1	1				8	0,0
K-10			1	4	1		0		2	1				9	0,0
K-12		1	1	1				4	1	2				10	40,0
K-13			1	4	1				2	2				10	50,0
K-14					1				5	2		2		10	0,0
K-15			1	1	2			1	3	1	0			9	0,0
K-16										3		6		9	66,7
K-17			3	2				2	1				0	8	0,0

Ein **Vergleich der beiden Anbaujahre** ergab, daß sich alle Populationen, die sich in beiden Jahren im Anbau befanden, anhand der Sproßmerkmale zu mindestens 80 %, in mehreren Fällen auch zu 100 % voneinander unterscheiden ließen. In fast allen Fällen wich das Merkmal Höhe<sub>1/2</sub>, also die Position der Dolde erster Ordnung im Verhältnis zur Gesamthöhe der Pflanze, signifikant voneinander ab. Im ersten Jahr befand sich dabei bei allen Herkünften die Dolde erster Ordnung weiter unten in der Pflanze als im zweiten Jahr (Gesamtdurchschnitt aller untersuchten Populationen im ersten Jahr: Höhe<sub>1/2</sub> = 53,2 %, im zweiten Jahr: Höhe<sub>1/2</sub> = 79,9 %). Alle Individuen eines Jahres zusammengenommen ließen sich in der Diskriminanzanalyse nahezu vollständig gegeneinander abgrenzen (Klassifizierungsergebnis: 91,1 % korrekt klassifizierter Fälle).

Hinsichtlich der Doldenmerkmale konnten die 1997/98 angebauten Individuen der verschiedenen Populationen nur in einigen Fällen von denen der jeweils entspre-

<sup>1</sup> Im Gegensatz zu den morphologischen Ergebnissen ließen sich die Populationen aufgrund spezifischer Bandenmuster genetisch differenzieren. Die Individuen der einzelnen Populationen zeichneten sich dabei durch große genetische Distanzen zueinander aus.

chenden Population des Anbaus 1998/99 voneinander unterschieden werden. Die Unterschiede lagen dabei in dem Verhältnis der Strahlenlängen der Dolde erster Ordnung. Mehrere Populationen unterschieden sich hingegen in den beiden Vergleichsjahren nicht signifikant voneinander. Insgesamt bestand unter Zusammenfassung aller Individuen des jeweiligen Anbaujahres – im Gegensatz zu den Analysen der Sproßmerkmale – kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen.

Der Vergleich der relativen Positionen der Mittelwerte ergab, daß die Ränge der verschiedenen Populationen in den beiden Jahren weder im Sproß- noch im Doldenbereich übereinstimmten. Die Ergebnisse sind diesbezüglich jedoch nicht vollständig abgesichert, da der Einfluß des Anbaufehlers nicht genau abgeschätzt werden kann.

#### **B 4.1.2 Differenzierung der Populationen anhand der Früchte**

Die verschiedenen Wildherkünfte unterschieden sich hinsichtlich des **Tausendkorngewichts** voneinander. Die Werte der 1998 *ex situ* erhobenen Daten lagen im Durchschnitt bei 2,954 g und reichten von 2,419 g (K-5) bis 3,495 g (K-9). Im zweiten Jahr fielen mit Ausnahme einer Population (K-5), deren Wert im zweiten Jahr um 12,3 % höher lag als im ersten, alle Meßwerte niedriger aus. Das geringste Gewicht wurde mit 2,011 g bei K-16, das höchste mit 3,215 g bei K-9a gemessen. Der Durchschnitt betrug 1999 2,716 g (Abb. B-7 unter B 4.4.2).

Die Schwankungen zwischen den beiden Jahren waren bei den einzelnen Populationen unterschiedlich. So lag die geringste Veränderungen mit 3,5 % Gewichtsverlust bei K-13 vor. Bei K-15 dagegen reduzierte sich das Gewicht um fast 20 % des 1998 gemessenen Gewichts. Die Differenzen der übrigen Populationen bewegten sich zwischen den beiden Jahren zwischen 6,8 % und 13,4 %. Die Ränge, die die einzelnen Herkünfte einnahmen, blieben bis auf den Wert von K-5 nahezu erhalten.

#### **B 4.2 Gruppierung der Populationen – Korrelationen zu geographischen und standörtlichen Parametern**

Da eine Charakterisierung und Differenzierung der einzelnen natürlichen Populationen *ex situ* nicht gelang, wurde auf eine Clusteranalyse, die das Ziel hat, Populationen ähnlicher Eigenschaften zusammenzufassen, verzichtet. Für die folgenden Fragestellungen nach der Differenzierbarkeit von Individuengruppen nach übergeordneten Kriterien wurden die Pflanzen unabhängig von ihrer Populationszugehörigkeit entsprechend zusammengefaßt.

## **Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der geographischen Lage**

Die 1998/99 angebauten Pflanzen aus 13 Populationen stammten aus folgenden Großlandschaften:

Eifel/Siebengebirge	⇒ K-3, K-5, K-6, K-8, K-9, K-12, K-13	Σ 73 Individuen
Niederrheinisches Tiefland	⇒ K-2	Σ 2 Individuen
Weserbergland	⇒ K-16	Σ 9 Individuen
Süderbergland (Sauerland)	⇒ K-10, K-14, K-15, K-17	Σ 36 Individuen

Da von der aus dem Niederrheinischen Tiefland stammenden Population K-19 kein einziges Individuum auskeimte, lag aus dieser Großlandschaft, wie auch aus dem Weserbergland, nur je eine Population vor. Aus K-2 keimten lediglich 2 Pflanzen aus. Beide Herkünfte wurden deshalb nicht in die statistischen Analysen aufgenommen, so daß sich die Differenzierung auf die beiden Großlandschaften Eifel/Siebengebirge und Süderbergland (Sauerland) beschränken mußte.

Zur besseren Vergleichbarkeit der ungleichen Gruppengrößen wurden mehrere Diskriminanzanalysen durchgeführt, in die jeweils vier Populationen aus der Eifel nach zufällig getroffener Auswahl gingen. In allen Analysen gelang eine Differenzierung der beiden Gruppen in nur unzureichendem Maße. Zwar wurden insgesamt jeweils 60-70 % der Fälle korrekt klassifiziert, doch erfolgte die Trennung jedesmal anhand anderer Merkmale. Bei einem Vergleich der Merkmalsmittelwerte der einzelnen Populationen mischten sich in allen Fällen die Populationen des Sauerlandes zwischen die der Eifel. In keinem Merkmal nahmen die Herkünfte aus dem Sauerland benachbarte Positionen ein<sup>2</sup>.

## **Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der Höhenlage**

Eine Korrelation zwischen den erhobenen morphologischen Daten und der Höhenlage der verschiedenen Wuchsorte konnte nicht ermittelt werden, da die meisten Populationen aus einer Höhe von 450-550 m ü.NN stammten und nur einzelne aus tieferen Lagen. Hierzu gehörte auch K-16 (150 m ü.NN), die aufgrund Eigenschaften im Doldenbereich auffiel. Wie bei der Differenzierung der Populationen hielten auch hier die Individuen aus K-16 zum großen Teil zusammen, bei den anderen Gruppen höherer Lagen gelang dies dagegen nicht. Eine wiederholte Analyse ohne K-16 erschien aufgrund der geringen Zahl verschiedener Höhenstufen nicht sinnvoll.

---

<sup>2</sup> Nach der genetischen Analyse wurde lediglich das Populationspaar K-14/K-15 zusammen gruppiert. Eine Korrelation zwischen genetischen und geographischen Distanzen konnte für alle übrigen Populationen jedoch nicht bestätigt werden.

## Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und dem mittleren jährlichen Niederschlag

Auch die Korrelationssuche zwischen den morphologischen Eigenschaften der Wildpopulationen und dem mittleren Jahresniederschlag an den Wuchsorten ließ keine Zusammenhänge erkennen. Die Individuen der verschiedenen Klassen wurden vollkommen durchmischt.

## Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der Standortbewirtschaftung

Die überwiegende Zahl der Standorte, von denen Pflanzen *ex situ* untersucht wurden, wurden ein- bis zweimal im Jahr gemäht. Zwei Standorte wurden ausschließlich beweidet und drei sowohl gemäht als auch beweidet:

1- bis zweischürige Mahd	⇒	K-3, K-5, K-6, K-13, $\Sigma$ 66 Individuen	
		K-14, K-15, K-16	
Beweidung (Schafe, Rinder)	⇒	K-10, K-17	$\Sigma$ 17 Individuen
Mahd und Beweidung (Schafe, Rinder)	⇒	K-8, K-9, K-12	$\Sigma$ 29 Individuen

Eindeutige Zusammenhänge zwischen den morphologischen Ausprägungen des Wiesen-Kümmels und der Bewirtschaftungsart der Standorte ergaben sich aus den Untersuchungen nicht. Zwar konnten durch statistische Verfahren, in die jeweils aus den gemähten Wiesen drei zufällig ausgewählte Populationen eingingen, die drei Gruppen relativ gut voneinander getrennt werden, doch waren bei jeder Analyse unterschiedliche Variablen dafür geeignet. Aufgrund dieser mangelnden Übereinstimmung konnte keine eindeutige Aussage über die Differenzierbarkeit der Individuen von Standorten gleicher Bewirtschaftungsart gemacht werden<sup>3</sup>.

### B 4.3 Vergleich von *In-situ*- und *Ex-situ*-Pflanzenmaterial

Für den Vergleich der im Gelände (*in situ*) und der im Anbau (*ex situ*) erhobenen Daten standen die folgenden Datensätze zur Verfügung:

- Morphologische Daten der Sprosse und Dolden ⇒ *in situ* 1998, *ex situ* 1998 und 1999
- Messungen des Tausendkorngewichts ⇒ *in situ* 1996 bis 1999, *ex situ* 1998 und 1999

---

<sup>3</sup> In Übereinstimmung mit den morphologischen Ergebnissen fanden sich auch auf der genetischen Ebene keine Ähnlichkeiten zwischen Populationen mit ähnlichen Standortparametern bzw. Bewirtschaftungsarten.

Dem Vergleich zum *Ex-situ*-Material ging die Frage voraus, ob die Herkünfte an ihren jeweiligen Wuchsorten Variabilität auf Populationsniveau zeigten. Anschließend wurden die einzelnen unter gleichen Bedingungen angebauten Herkünfte für sich genommen mit den entsprechenden Herkünften am natürlichen Standort verglichen, und schließlich erfolgte ein Vergleich unter Zusammenfassung aller am Wuchsort bzw. aller im Versuchsfeld untersuchten Pflanzen.

#### **B 4.3.1 Differenzierung der Populationen *in situ***

Mit Hilfe der Diskriminanzanalyse ließen sich die 126 Individuen aus 13 natürlichen Populationen anhand ihrer **Sproß- und Doldenmerkmale** zu einem Anteil von 51,6 % wieder korrekt ihrer zugehörigen Population zuteilen. Bei drei Populationen streuten die Werte allerdings so stark, daß deren korrekte Zuordnung jeweils bei unter 30 % lag. Unter Ausschluß von K-9, K-12 und K-14 resultierte eine deutlich bessere Klassifizierung. So gelang die Zuordnung im Durchschnitt zu über 64 %.

Bei den differenzierenden Variablen handelte es sich in erster Linie um den Anteil der letzten beiden Internodien vor der Dolde erster Ordnung ( $pro1+2\_Höhe\_2$ ) sowie um den Anteil der Höhe bis zur Dolde erster Ordnung an der Gesamthöhe der Pflanze ( $Höhe\_1/2$ ). Bezüglich des ersten Merkmals fielen besonders die beiden Populationen K-17 und K-19 auf, die sich mit Werten von  $pro1+2\_Höhe\_2 = 40,1$  % (K-19) bzw. 46,4 % (K-17) von allen übrigen Herkünften signifikant unterschieden (Mittelwert aller übrigen Herkünfte: 24,81 %). Auch zwischen K-17 und K-19 bestanden hierin signifikante Unterschiede. Übereinstimmend fanden sich bei beiden Populationen relativ lange Internodien. Im Gegensatz zu allen anderen Herkünften, bei denen unterhalb der Dolde erster Ordnung immer mindestens vier bis fünf Internodien folgten, besaßen K-17 und K-19 jeweils meist nur drei, selten aber nur vier oder fünf Internodien<sup>4</sup>.

In der Position der Dolde erster Ordnung innerhalb der Gesamtpflanze ( $Höhe\_1/2$ ) wies K-19 mit durchschnittlich 61,5 % den niedrigsten und K-3 mit 90,6 % den höchsten gemessenen Wert auf. Beide Populationen unterschieden sich darin signifikant von allen übrigen, die zusammengenommen einen Mittelwert von 78,1 % besaßen. K-17 fiel bezüglich dieses Merkmals nicht auf.

Aus zehn Populationen wurden *in situ* im ersten Untersuchungsjahr je 40 **Früchte** vermessen. Im Ergebnis zeigten sich populationsspezifische Ausprägungen und signifikante Unterschiede bezüglich ihrer Größe und Form. Unter Ausschluß von vier Populationen, deren Werte sehr stark streuten, gelang bei den übrigen Populationen eine Differenzierung der Proben zu einem recht großen Anteil (64,6 % der Fälle wur-

---

<sup>4</sup> Molekulargenetisch wurden K-17 und K-19 in die Gruppe der Sorten gestellt. Dies legt den Schluß nahe, daß es sich in beiden Fällen um Einsaaten handelt, bei denen Saatgut von Kultursorten verwendet wurde.

den in der Diskriminanzanalyse korrekt klassifiziert). Die Früchte unterschieden sich in erster Linie in ihrer Länge ( $L_{fru}$ ), in der Breite ( $B2_{fru}$ ) sowie dem Quotienten beider Größen ( $L/B2_{fru}$ ). Die größten Früchte brachten K-14 und K-15 hervor, die Längen von jeweils durchschnittlich über 4,7 mm erreichten. Die kleinsten Früchte fanden sich bei K-5 und K-6 mit je 3,7 mm Länge. Bei den Breiten lag die Spanne der Werte zwischen 0,87 mm (K-12) und 1,25 mm (K-9).

Das **Tausendkorngewicht** der natürlichen Populationen wurde *in situ* über insgesamt vier Jahre bestimmt. Dabei fiel das erste Jahr im Vergleich zu den folgenden Jahren durch besonders niedrige Werte auf. Der Durchschnitt aller Populationen lag hier bei 2,241 g. Vom ersten zum zweiten Jahr konnten z. T. beträchtliche Gewichtszunahmen verzeichnet werden. So nahm beispielsweise bei K-12 das Gewicht um fast 70 % von 1,550 g (1996) auf 2,630 g (1997) zu. Zwischen 1997 und 1998 veränderte sich das Tausendkorngewicht bei fast allen Populationen nur geringfügig, im Durchschnitt um weniger als 10 %. Auch die 1999 bei einigen Herkünften gemessenen Werte lagen nur wenig unter denen der Jahre 1997 und 1998. Die Schwankungen der Werte der einzelnen Populationen sind Tab. B-5 zu entnehmen.

**Tab. B-5** Einstufung des *in situ* bzw. *ex situ* gemessenen Tausendkorngewichts (TKG) der in mehreren Jahren untersuchten Wildherkünfte unter Angabe des Mittelwerts aller im jeweiligen Jahr gewogenen Früchte.

Tab. B 5 Evaluation of weight per thousand kernels measured over a number of years *in situ* and *ex situ* from wild plants taking into consideration the average of all fruit weighed in the respective year.

TKG (g)	<i>in situ</i> 1996	<i>in situ</i> 1997	<i>in situ</i> 1998	<i>in situ</i> 1999	<i>ex situ</i> 1998	<i>ex situ</i> 1999
< 2,0	K-12, K-13	K-13		K-13		
> 2,0 – 2,5	K-4, K-5, K-6, K-8, K-10	K-2, K-3, K-6, K-10, K-14, K-15	K-4, K-5	K-3, K-6, K-8, K-9, K-16		K-16
> 2,5 – 3,0	K-9, K-14, K-15	K-5, K-8, K-9, K-12, K-16	K-6, K-8, K- 9, K-12		K-4, K-5, K-6, K-8, K-10, K-12, K-13	K-3, K-5, K-6, K-8, K-9, K-10, K-12, K-13, K-14, K-15, K-17
> 3,0		K-17			K-9, K-15	K-2
<b>Mittelwert</b>	<b>2,241 g</b>	<b>2,470 g</b>	<b>2,458 g</b>	<b>2,194 g</b>	<b>2,942 g</b>	<b>2,724 g</b>

#### B 4.3.2 Vergleich der Populationen *in situ* und *ex situ*

Aus der Frage, ob sich die Individuen einer Population *in situ* von Individuen derselben Population *ex situ* unterscheiden, resultierten folgende Ergebnisse: Alle elf 1998 *in situ* und 1999 *ex situ* vermessenen Populationen ließen sich in den beiden Vergleichsjahren nahezu vollständig gegeneinander abgrenzen. Signifikante Unterschiede bestanden dabei sowohl im **Sproß-** als auch im **Doldenbereich**. In den

meisten Fällen unterschieden sich die Populationspaare in der Gesamthöhe der Pflanze, die am jeweiligen Wuchsort geringer war als im Anbau, sowie in der Strahlenlänge der Dolden erster Ordnung, die *in situ* kürzer als *ex situ* ausfiel. So wurden die Pflanzen am Wuchsort im Durchschnitt 58,5 cm groß, die mittlere Länge der längsten Strahlen über der Dolde erster Ordnung betrug 3,5 cm und die der kürzesten 1,2 cm. Unter gleichartigen Standortbedingungen erreichten die Pflanzen dagegen eine Höhe von durchschnittlich 80,9 cm, und die Strahlen über der Dolde erster Ordnung waren 5,2 cm bzw. 2,0 cm lang.

Auch die Zusammenfassung aller 238 Individuen, die im Gelände bzw. unter Anbaubedingungen (126 bzw. 112 Pflanzen) untersucht wurden, ergab aufgrund der genannten Merkmale eine fast vollständige Trennung der beiden Gruppen (Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse: 91,4 %).

In Abb. 13 (Anhang) sind die Mittelwerte von Merkmalen dargestellt, die sowohl an *In-situ*- als auch an *Ex-situ*-Material untersucht wurden. Je nach Lage der Symbole ist erkennbar, ob sich die Merkmale am Wuchsort und im Anbau entsprachen oder voneinander abwichen.

Hinsichtlich des Tausendkorngewichts war mit Ausnahme zweier Populationen (K-16, K-17) nach Anbau der Pflanzen eine Zunahme des Gewichts gegenüber dem der am Wuchsort gesammelten Früchte festzustellen. Bei den meisten Herkünften lagen die Werte *ex situ* etwa 20 % über denen *in situ*. Bei K-2 und K-13 unterschied sich das Tausendkorngewicht je nach Standort beträchtlich: Die Früchte aus K-13 übertrafen unter Anbaubedingungen den am Fundort gemessenen Wert um fast 50 %, die aus K-2 um fast 60 %.

#### **B 4.4 Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten**

Da im Rahmen der Untersuchungen keine derzeit genutzten Kultursorten als lebende Pflanzen zur Verfügung standen, beschränkt sich der Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten auf die Bestimmung des Tausendkorngewichts, die Inhaltsstoffe sowie die Infektionstests mit Pathogenen.

##### **B 4.4.1 Tausendkorngewicht**

Das Tausendkorngewicht des *ex situ* geernteten Wildkümmels lag 1998 zwischen 2,419 g (K-5) und 3,495 g (K-9) und 1999 zwischen 2,011 g (K-16) und 3,215 g (K-9a). Bei den zwölf zum Vergleich hinzugezogenen Kultursorten fand sich der niedrigste Wert mit 2,549 g bei der Sorte *Trojica* und der höchste mit 4,030 g bei der Sorte *Niederdeutscher* (vgl. Abb. 15, Anhang).

Im Vergleich der Mittelwerte aller Wildpflanzen und aller Sorten ergab sich nur eine geringfügige Differenz zwischen beiden Gruppen. Mit durchschnittlich 2,954 g (1998)

erreichten die Wildpopulationen fast den Durchschnittswert der Sorten von 3,054 g (1997). Zwei Wildherkünfte (K-9 und K-15) fielen durch besonders hohe Werte auf (3,459 g bzw. 3,233 g). Die Variabilität erwies sich zwischen den Sorten höher als zwischen den Wildpflanzen: Während der Variationskoeffizient bei den Sorten bei  $V = 13,2$  lag, betrug er zwischen den natürlichen Populationen 9,8 (1998) bzw. 10,6 (1999)<sup>5</sup>.

#### **B 4.4.2 Inhaltsstoffanalysen**

In beiden Erntejahren wurde der Gehalt an ätherischem Öl der Früchte sowie der Carvonanteil im ätherischen Öl an allen im Anbau befindlichen Wildkümmelpopulationen ermittelt. Hinsichtlich des **Gehalts an ätherischem Öl** ergab sich, daß die Wildpflanzen mit durchschnittlich ca. 6 % in beiden Jahren sehr hohe Werte erzielten – der Mittelwert der Sorten lag bei 4,3 %. Die höchsten Werte wurden bei K-3 mit fast 8 % sowie bei K-15 gemessen. Die geringsten Gehalte an ätherischem Öl besaßen K-10/98 und K-9a/99, deren Werte jedoch immer noch über dem Mittelwert der Sorten lagen.

Der Gehalt an ätherischem Öl schwankte zwischen den beiden Erntejahren in unterschiedlichem Maße. Bei K-12 beispielsweise stimmten die beiden Meßwerte nahezu überein, auch bei K-13, K-5 und K-8 veränderte sich der Gehalt nur geringfügig. Die größten Differenzen zeigten sich zwischen K-9/98 und K-9a/99 sowie K-14/98 und K-14/99, deren Früchte im ersten Jahr fast ein Drittel bzw. ein Viertel mehr ätherisches Öl als im Folgejahr enthielten<sup>6</sup>. Bei den anderen Herkünften lagen die Unterschiede zwischen den Jahren bei 10-16 %. In den meisten Fällen war dabei 1999 ein geringerer Wert als im Vorjahr zu verzeichnen.

Der **Anteil Carvon am ätherischen Öl** erreichte ebenfalls insgesamt recht hohe Werte. Die höchsten Werte lagen im ersten Jahr bei 66,3 % (K-8) und im zweiten Jahr bei 65,4 % (K-13). Der Durchschnittswert fiel im zweiten Jahr wie auch bei Tausendkorngewicht und Ätherisch-Ölgehalt etwas niedriger aus als im ersten Jahr. Die größten Abweichungen traten bei K-8 auf, deren Früchte im zweiten Jahr knapp 8 % weniger Carvon enthielten als im ersten Anbaujahr. Bei einzelnen Populationen dagegen erhöhte sich der Carvongehalt leicht: K-10 und K-13 wiesen einen um 5-6 % höheren Carvonanteil auf als im Vorjahr.

---

<sup>5</sup> Zwischen den Wildpflanzen und den untersuchten Kultursorten bestand eine relativ große genetische Ähnlichkeit. Die genetischen Distanzen zwischen den Sorten waren deutlich geringer als die zwischen den Wildherkünften. Hinsichtlich der Variabilität ergab sich, daß zehn beliebige Individuen aus Nordrhein-Westfalen eine um etwa 50 % höhere genetische Variabilität aufwiesen als zehn verschiedene Sorten.

<sup>6</sup> Das Saatgut von K-9 stammte in diesem Fall in den beiden Anbaujahren nicht von derselben Wiese, sondern von zwei aneinandergrenzenden Flächen mit unterschiedlicher Bewirtschaftung (Schafbeweidung / Mahd).

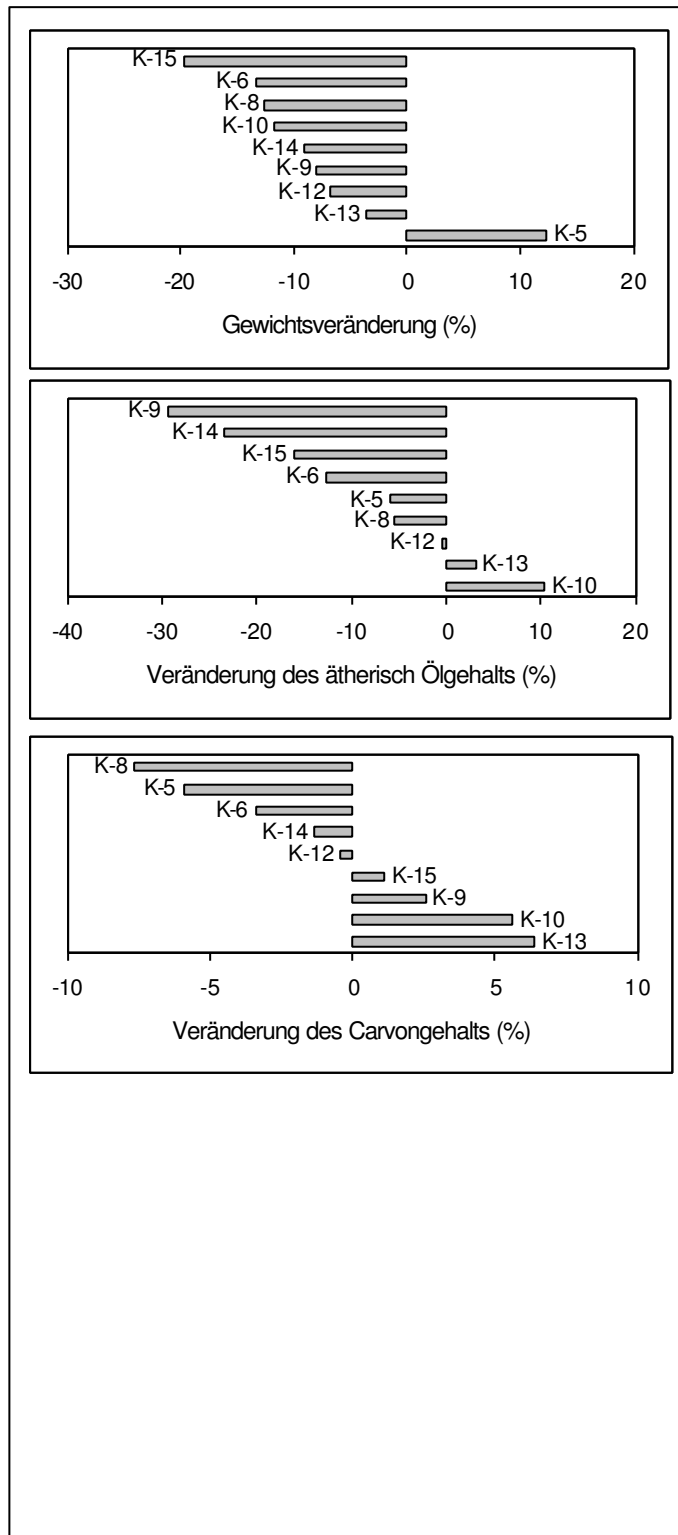


Im Vergleich zwischen Wildherkünften und Kulturpflanzen zeigten die meisten Sorten höhere Werte als die Wildpflanzen, doch mischten sich zwei Sorten (*Bleja* und *Plewiski*) mit eher niedrigen Werten unter die Wildpflanzen und zwei Wildpopulationen

(K-4 und K-8) mit eher höheren Werten unter die Sorten. Insgesamt lagen alle bei den Wildpflanzen gemessenen Carvongehalte des ätherischen Öls über dem nach DAB (1999) für pharmazeutische Ware geforderten Anteil von 50 %.

Zur Beschreibung der Fruchtfarbe wurden die **Farbkomponenten L\*, a\* und b\*** ermittelt. Dabei bewegt sich der Helligkeitswert L\* im Bereich von 0-100, wobei ein Wert von 0 schwarz und von 100 weiß bedeutet. Die Farbkoordinaten a\* und b\* messen die Übergänge von grün (-) nach rot (+) bzw. von blau (-) nach gelb (+) (PANK & QUILTZSCH 1996). Alle Wildpopulationen brachten Früchte mit einem Helligkeitswert L\* zwischen 28 und 35 hervor. Im ersten Jahr lagen alle Werte etwas niedriger als im zweiten Jahr, die Früchte waren somit etwas dunkler. Die Werte der Sorten lagen zwischen 33 und 37. Hinsichtlich der Farbkomponenten a\* und b\* war bei Wildpflanzen und Sorten nur eine geringe Spanne festzustellen. Insgesamt bestanden keine nennenswerten Unterschiede zwischen beiden Gruppen.

Ein Vergleich der Variabilität der Merkmale bei Wild- und Kulturkümmel ergab, daß die Sorten den höchsten Variationskoeffi-



zienten im Wertebereich des Ätherisch-Ölgehalts aufwiesen (V = 19,1; Wildpflanzen 1998: 8,7; 1999: 14,2). Bezüglich der Farbkomponenten schwankten die Wildpflanzen dagegen stärker als die Kulturpflanzen.

Die Mittelwerte des Tausendkorngewichts, des Gehalts an ätherischem Öl sowie an Carvon von Wildpflanzen und Kultursorten sind Tab. 14 und Abb. 15 (Anhang) zu entnehmen. Abb. B-6 zeigt die prozentualen Veränderungen der Meßwerte der Wildherkünfte zwischen den beiden Anbaujahren.

#### **B 4.4.3 Infektionstests mit Pathogenen**

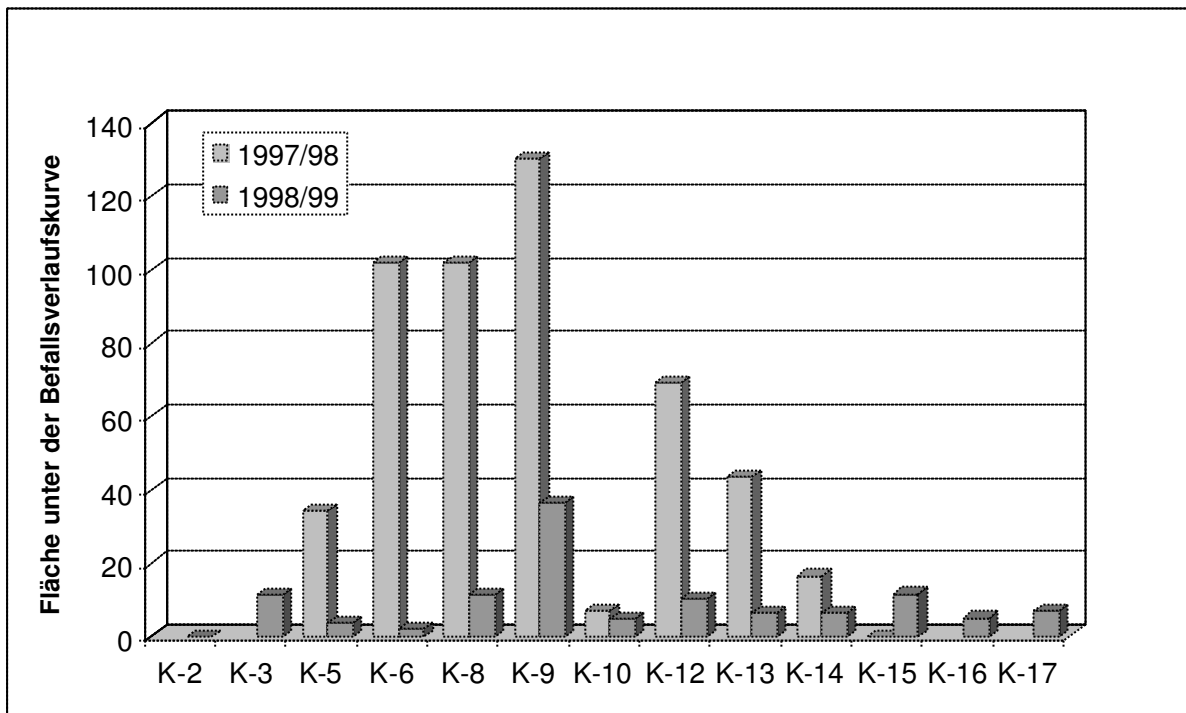
Im Rahmen der Pathogenitätstests wurde die Reaktion der Kümmelpflanzen auf den Erreger der sog. Doldenbräune überprüft. Bei dem Erreger handelt es sich um einen Komplex aus verschiedenen Pilzen, die gelegentlich von Bakterien begleitet werden. Am häufigsten tritt hierbei *Botrytis cinerea* auf, der jedoch in der Aggressivität von *Phomopsis diachenii* und *Alternaria* ssp. übertroffen wird. Die in einigen Fällen nachgewiesenen Bakterien (*Erwinia* ssp. und *Pseudomonas* ssp.) sind jedoch von eher geringerer Bedeutung. Werden Kümmelpflanzen befallen, so verbräunen die Dolden, und die Früchte verkümmern. Sofern eine Infektion mit *Phomopsis diachenii* vorliegt, greift der Befall auf die Stengel über und läßt in kürzester Zeit die gesamte Pflanze absterben (GABLER & EHRIG 2000).

Im Ergebnis zeigten die zehn bzw. 13 Kümmelpopulationen ein sehr unterschiedliches Verhalten gegenüber dem Erregerkomplex der Doldenbräune. Im ersten Jahr (Anbau 1997/98) erwies sich eine Population (K-15) als befallsfrei, drei weitere (K-4, K-10 und K-14) zeigten nur geringe Symptome, während bei K-6, K-8 und K-9 relativ starker Befall zu verzeichnen war (Abb. B-7).

Im zweiten Anbaujahr (1998/99) zeigten alle Populationen deutlich schwächere Befallssymptome. K-2 blieb in diesem Jahr vollkommen befallsfrei. Insgesamt acht Populationen wiesen Werte unter zehn auf (Fläche unter der Befallskurve, erstellt aus vier Bonitierungsterminen), während im Vorjahr nur zwei Populationen in diesem Bereich lagen. Der höchste im ersten Jahr gemessene Wert übertraf den höchsten im zweiten Jahr ermittelten Wert um mehr als das 3,5-fache.

Im Vergleich der Ergebnisse zeigte sich, daß es sowohl Populationen gab, die sich in beiden Jahren übereinstimmend verhielten als auch solche, die sich in beiden Jahren deutlich voneinander unterschieden. K-9 beispielsweise nahm jeweils die Position mit dem stärksten Befall ein, und auch K-8 zeigte mittleren bis starken Befall. Die Individuen aus K-15 dagegen, die im ersten Jahr vollkommen befallsfrei blieben, erwiesen sich im zweiten Jahr als relativ stark anfällig.

Insgesamt zeigten die Analysen, daß die verschiedenen Populationen sehr unterschiedlich auf die Infektion mit Pathogenen reagierten. Besonders die beiden Herkünfte, die keine Befallssymptome zeigten, stellen möglicherweise wertvolles Ausgangsmaterial für die Züchtung dar.



**Abb. B-7 Doldenbräunefall der untersuchten Kümmelpopulationen in den Anbaujahren 1997/98 und 1998/99.**

*Fig. B 7 Umbel browning infection in examined caraway populations in the years 1997/98 and 1998/99.*

#### **B 4.5 Zusammenfassung**

Insgesamt wurden 19 natürliche Populationen des Wiesenkümmels (*Carum carvi*) aus Nordrhein-Westfalen für die Untersuchungen ausgewählt. Alle Fundstellen wurden standörtlich sowie durch Vegetationsaufnahmen charakterisiert. Die morphologischen Untersuchungen erfolgten einerseits an insgesamt 126 Individuen am Wuchsort (*in situ*), andererseits an 78 Pflanzen aus zehn Populationen bzw. 112 Pflanzen aus 13 Populationen, die in zwei Anbaujahren unter gleichen Bedingungen kultiviert wurden (*ex situ*). Alle Individuen aus dem Anbau wurden im Hinblick auf Inhaltsstoffe und Reaktion gegenüber Pathogenen evaluiert. Daten von zwölf Kultursorten standen zum Vergleich zur Verfügung. Die molekulargenetischen Analysen (RAPD-PCR) erfolgten an insgesamt 34 Individuen aus neun Wildpopulationen sowie an zehn Kultursorten.

Aus den morphologischen Untersuchungen, die den **Sproß- und Doldenbereich ex situ** betrafen, resultierten folgende Ergebnisse:

- Die Populationen bildeten bezüglich der untersuchten Merkmale heterogene Gruppen. Weder morphologisch noch phänologisch konnten populationspezifische Merkmale erfaßt werden.
- In beiden Anbaujahren konnten die Populationen nur schlecht differenziert werden. Alle Individuen des ersten Jahres unterschieden sich signifikant von denen des zweiten in der Position der Dolde erster Ordnung.

Hinsichtlich der **Früchte** ergab sich:

- Die Wildpopulationen unterschieden sich hinsichtlich des Tausendkorngewichts.
- Im Wiederholungsanbau wurde bei fast allen Populationen ein geringeres Gewicht festgestellt. Die Differenzen waren z. T. gering, in einem Fall jedoch beträchtlich (fast ein Viertel Verlust). Die relative Position der Populationen zueinander blieb weitgehend erhalten.

Aus der **Korrelationsuche zwischen den morphologischen Ergebnissen und übergeordneten Parametern** wie der geographischen Lage, der Höhenlage, der Niederschlagsmenge und der Bewirtschaftungsweise der betreffenden Standorte läßt sich zusammenfassen:

- Unter Zusammenfassung aller Individuen aus den Großlandschaften Eifel/Siebengebirge und Süderbergland (Sauerland) resultierte keine erkennbare Differenzierung der Gruppen.
- Korrelationen konnten weder zwischen den morphologischen Merkmalen und der Höhenlage noch zu den Niederschlagsmengen am jeweiligen Wuchsort ermittelt werden. Es bestand kein Zusammenhang zwischen der Bewirtschaftungsweise und den Merkmalen der Populationen.

Der Vergleich von morphologischen Merkmalen, die **in situ** und **ex situ** erfaßt wurden, ergab:

- *In situ* konnten die meisten Populationen besser charakterisiert und gegeneinander abgegrenzt werden als *ex situ*. Bei den differenzierenden Merkmalen handelte es sich um Sproßmerkmale.
- Zwei Populationen (K-17 und K-19) fielen durch wenige, aber lange Internodien auf und wurden als Kultursorten identifiziert.
- Die *in situ* vermessenen Früchte verschiedener Populationen unterschieden sich signifikant in Größe und Form voneinander. Das *in situ* über vier Jahre bestimmte Tausendkorngewicht schwankte bei den Populationen in unterschiedlichem Maße, im Extremfall bis zu fast 70 %.

- Alle elf sowohl *in situ* als auch *ex situ* im Sproß- und Doldenbereich erfaßten Populationen unterschieden sich signifikant unter den verschiedenen Standortparametern. Die Unterschiede bestanden v. a. in der Pflanzengröße und in der Strahlenlänge der Primärdolde.
- Das Tausendkorngewicht lag unter Anbaubedingungen um etwa 20 % über dem am natürlichen Wuchsort gemessenen. Bei zwei Populationen übertraf das *ex situ* gemessene Gewicht das des Wuchsortes um 50 % bzw. fast 60 %.

Der **Vergleich von Wildpflanzen und zwölf Kultursorten**, der sich auf Tausendkorngewicht, Inhaltsstoffanalysen und Infektionstests mit Pathogenen bezog, ergab:

- Wildpopulationen und Kulturpflanzen besaßen ähnliche Tausendkorngewichte.
- Der Gehalt an ätherischem Öl der Wildpflanzen erreichte im Anbau sehr hohe Werte, die – von einer Ausnahme abgesehen – über denen der Kultursorten lagen.
- Der Carvongehalt im Öl lag ebenfalls in dem für Kultursorten geforderten Bereich, und die Farbkomponenten der Früchte ließen populationsspezifische Unterschiede erkennen.
- Hinsichtlich des Befalls mit den Erregern der Doldenbräune bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Wildherkünften. Zwei Populationen blieben vollkommen befallsfrei.

**C 1 Charakterisierung der Gattung und der Art****C 1.1 Taxonomie, Verbreitung, Gefährdung**

In der Familie der Hanfgewächse (Cannabaceae) werden die beiden Gattungen *Humulus* und *Cannabis* zusammengefaßt<sup>1</sup>. Die Gattung *Humulus* besteht aus den beiden rezent vorkommenden Arten *Humulus lupulus* (Hopfen) und dem in Südostasien heimischen und überwiegend als Zierpflanze genutzten Japanischen Hopfen (*Humulus japonicus*). Eine dritte, von NEVE (1991) erwähnte Art – *Humulus yunnanensis* – ist ausschließlich als Herbarmaterial ohne aktuelle Vorkommen bekannt.

*Humulus lupulus* ist eine nordhemisphärisch verbreitete Art, deren Vorkommen zirkumpolar zwischen dem 35. und 70. Breitengrad liegen. Als ursprüngliches Areal ist jedoch lediglich der südeuropäische bis westasiatische Raum mit Sicherheit nachweisbar (HEGI 1981), während in den übrigen Gebieten infolge der inzwischen weltweiten Nutzung des Hopfens Angaben zu natürlichen Vorkommen unsicher erscheinen.

In Deutschland ist Hopfen von der Ebene bis in die mittlere montane Stufe zu finden. In Nordrhein-Westfalen gehen aus den Verbreitungskarten nach SCHUMACHER et al. (1996) und JAGEL & HÄUPLER (1995) nahezu lückenlose Vorkommen im Gebiet hervor (vgl. Abb. C-1). Hopfen ist im Bundesgebiet wie in den einzelnen Bundesländern derzeit nicht gefährdet (WOLFF-STRAUB et al. 1988).

**C 1.2 Morphologie und Autökologie**

*Humulus lupulus* ist eine rechtswindende ausdauernde Windestaude, deren oberirdische Sprosse jährlich im Herbst absterben, während das unterirdische Rhizom den Winter überdauert und im Frühjahr neue Triebe hervorbringt. Die kräftigen Haupttriebe des Wildhopfens erreichen nach HEGI (1981) eine Höhe von drei bis sechs Metern, die des an Gerüsten gezogenen Kulturhopfens bis acht Meter. Durch die Ausbildung von Seitentrieben, die ähnliche Durchmesser wie die Haupttriebe erreichen und sich ihrerseits wiederum verzweigen können, und durch den in der Regel sehr unübersichtlichen Wuchs sind Haupt- und Seitentriebe bei Wildhopfenpflanzen oft nicht voneinander zu unterscheiden.

---

<sup>1</sup> Gelegentlich werden die beiden Gattungen in der Literatur auch zu den Maulbeerbaumgewächsen (Moraceae) gezählt (z. B. OBERDORFER 1994, HEYWOOD 1982 und FRANKE 1997).

Die gegenständigen Blätter weisen je nach Lichtverhältnissen und Entwicklungsstadium unterschiedliche Formen auf. Ausgewachsene Blätter besitzen vorwiegend eine drei- oder fünf-, seltener siebenlappige Blattspreite. Häufig findet man auch zwei-, vier- oder sechsteilige Blätter, und in Einzelfällen kann auch der mittlere Blattabschnitt nochmals dreigeteilt sein. Blätter an blühenden Trieben sowie die sog. Schattenblätter sind meist herzförmig und ungeteilt. Allen Blättern gemein ist zum einen ein grob gezählter Blattrand, der ebenfalls je nach Blattalter und Lichteinfluß variiert, sowie eine rauhe, borstig behaarte Oberfläche (HAMAGUCHI 1955).

Hopfen ist in aller Regel diözisch, gelegentlich kommen aber auch monözische Pflanzen vor. Die kleinen und unscheinbaren männlichen Blüten wachsen in lockeren Rispen und setzen zur Blütezeit im Juli bis August reichlich Pollen frei, der durch den Wind verbreitet wird (Anemogamie). Selbstbefruchtung kann in Einzelfällen bei einhäusigen Pflanzen auftreten, sofern männliche und weibliche Blüten fertil sind, was jedoch in der Regel nicht der Fall ist (HAUNOLD 1972).

Die weiblichen Infloreszenzen wachsen im Verlauf der Blütezeit zu den sog. Hopfenzapfen heran, deren Achse die mehr oder weniger stark gewellte Spindel darstellt. Die an jedem Knoten entspringenden Teilblütenstände bestehen meist aus vier Blüten, die in Doppelwickeln angeordnet sind. Dabei sitzen jeweils zwei Blüten in den Achseln von zwei Brakteen, die sich ihrerseits von zwei meist verwachsenen Nebenblättern eines normalerweise unterentwickelten Laubblattes ableiten lassen. Jede Blüte wiederum ist von einem Vorblatt (Brakteola) umgeben (HEGI 1981)<sup>2</sup>. Im Gegensatz zu den Brakteen tragen die Vorblätter in großer Dichte Lupulindrüsen, welche die für die kommerzielle Nutzung des Hopfens wichtigen Inhaltsstoffe bergen (BARTH et al. 1994; s. u.).

Nach erfolgter Befruchtung vergrößern sich Spindel, Brakteen und Brakteola, während damit i. d. R. ein Abbau, gelegentlich aber auch eine Zunahme der Alphasäuregehalte einhergeht (WÄRTGEN 1990, THOMAS & NEVE 1976). Die einsamigen Nüßchen lösen sich im reifen Zustand mitsamt den Vorblättern von der Spindel ab und werden durch den Wind verbreitet (Anemochorie).

Die am häufigsten bei *Humulus lupulus* auftretende Chromosomenzahl beträgt nach DARLINGTON & WYLIE (1955)  $2n = 16 + X_1X_2$  für weiblichen und  $2n = 16 + X_1X_2 Y_1Y_2$  für männlichen Hopfen. Gelegentlich kommen auch triploide sowie tetraploide Pflanzen vor. Über die Ausprägung des Geschlechts entscheidet das Verhältnis  $X : Y : A$  (Autosomen), wobei letztlich das Verhältnis  $X : A$  ausschlaggebend ist (NEVE 1991). So können neben den rein weiblichen bzw. rein männlichen Formen auch monözische Pflanzen mit vorwiegend weiblichen oder männlichen Blüten auf-

---

<sup>2</sup> Über die Morphologie der weiblichen Hopfenblütenstände liegen in der Literatur unterschiedliche Angaben vor. Wie HEGI (1981) geben auch MENERET et al. (1954) Doppelwickel als Teilblütenstände an. DAVIS (1957) dagegen leitet diese von Dichasien mit abortierter Endblüte ab.

treten. Ausführliche Untersuchungen wurden beispielsweise von ONO (1955) und JACOBSEN (1957) durchgeführt.

Wilder Hopfen bevorzugt feuchte bis nasse, auch zeitweise überschwemmte Standorte mit guter Nährstoffversorgung. Er ist somit häufig in Auwäldern oder an Auwaldrändern vertreten sowie an Gebüschsäumen in Auenlandschaften. Ebenso besiedelt er ruderale Gebüschbestände oder ist zuweilen in Heckensäumen an Bahndämmen enthalten (vgl. dazu SUKOPP & KOWARIK 1987).

Pflanzensoziologisch wird Hopfen nach OBERDORFER (1992b) als *Prunetalia spinosae*-Ordnungscharakterart (Hecken und Gebüsche, Schlehengesellschaften) eingestuft und ist nach HEGI (1981) zugleich bezeichnend für alle europäischen Auenwälder. MÜLLER (1974) und ZAHLHEIMER (1979) weisen aufgrund des Vorkommens dominierender Hopfenbestände an Oberrhein und Neckar eine eigene Gesellschaft, die *Humulus lupulus-Sambucus nigra*-Gesellschaft aus.

### **C 1.3 Nutzung, Pathogene, Zuchtziele**

Die wichtigste kommerzielle Nutzung des Hopfens besteht in der Verwendung der weiblichen Blütenstände als Geschmackslieferanten des Bieres. Die Lupulindrüsen enthalten die sog. Hopfenharze, deren wichtigste Bestandteile die  $\alpha$ - und die  $\beta$ -Säuren darstellen. Von diesen sind die  $\alpha$ -Säuren mit ihrem Hauptbestandteil Humulon die entscheidenden Träger der Bitterstoffe. Zusätzlich liefern ätherische Öle einen wichtigen Beitrag zum Aroma des Bieres (vgl. z. B. LIKENS et al. 1978 und WÄRTGEN 1990). Für den Anbau werden folglich nur weibliche Hopfenpflanzen verwendet. Da mit der Befruchtung Qualitätsminderungen einhergehen, wird männlicher Hopfen in der Umgebung der Hopfenanbaugelände entfernt.

Neben der wichtigsten Nutzung des Hopfens bei der Bierproduktion finden die jungen Sproßspitzen als sog. Hopfenspargel Verwendung. Des Weiteren wird dem Hopfen beruhigende und gar mild hypnotische Wirkung zugesprochen (BIANCHINI 1978). Die faserreichen Sprosse des Hopfens sind für die Herstellung von Stricken, Matten u. ä. einsetzbar (FRANKE 1997).

Zu den wichtigsten tierischen Krankheitserregern gehört die Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli*), die jedes Jahr alle Hopfensorten befällt. Je nach Boden- und Witterungsverhältnissen tritt die Gemeine Spinnmilbe (Rote Spinne, *Tetranychus urticae*) auf. Von regionaler Bedeutung ist ferner der Liebstockelrüßler (*Otiorrhynchus ligustici*). Als sog. Minderschädlinge werden Schmetterlingsraupen, Thripse, Zikaden, Weichwanzen und Erdflöhe bezeichnet (LBP 2000a). Zu den Pilzkrankheiten, die derzeit von größter Bedeutung sind, zählen in erster Linie der Echte Mehltau (*Sphaerotheca humuli*) sowie Peronospora (*Pseudoperonospora humuli*). Beide Krankheiten treten jedes Jahr in unterschiedlichem Maße auf und können dann zu bedeutenden

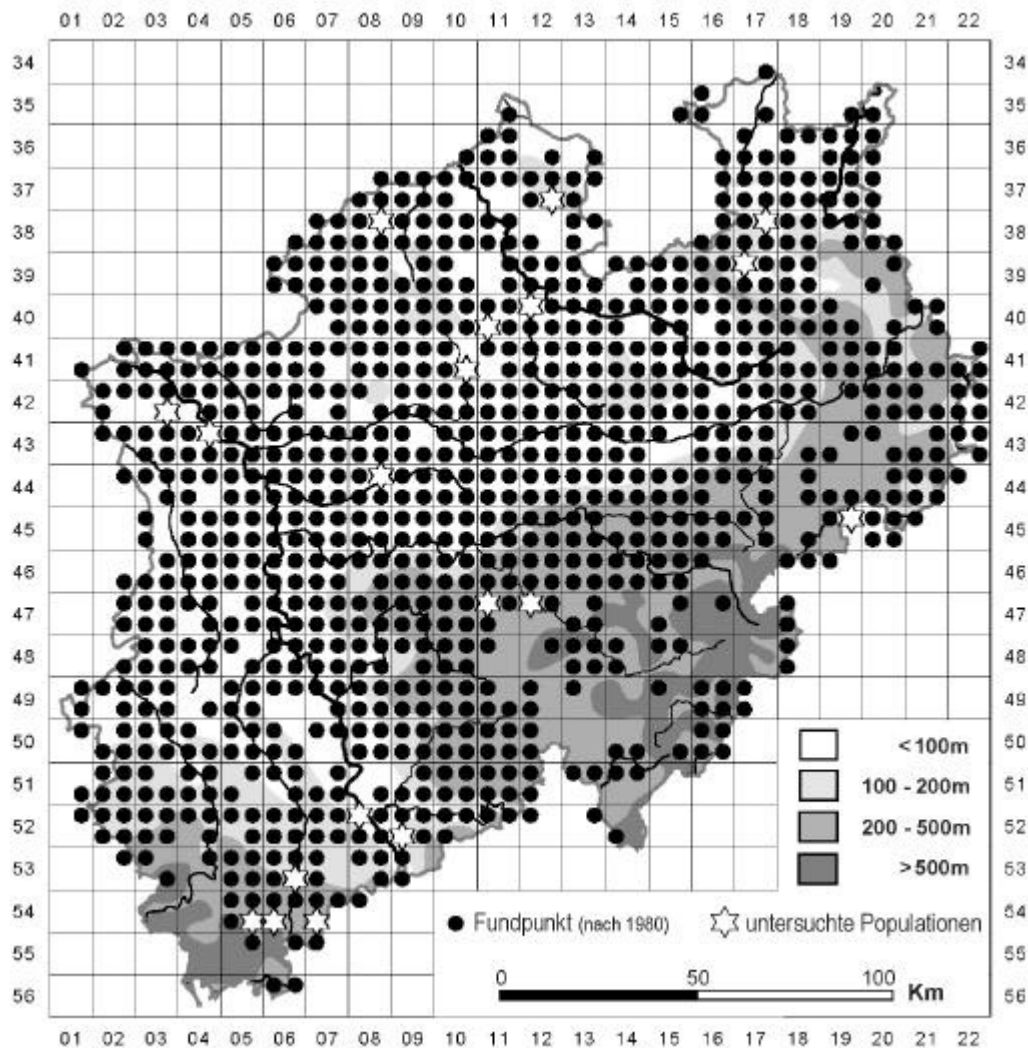


Schäden führen. Seltener wird Hopfen von Botrytis (*Botrytis cinerea*) befallen, sortenspezifisch und mit hohen Ertragsausfällen tritt außerdem die Verticilliumwelke (*Verticillium albo-atrum*) auf. Weitere Risiken im Hopfenbau stellen die Stockfäule sowie verschiedene Viruserkrankungen dar (SCHMID & KLINKOWSKI 1965).

Der Echte Mehltau stellt seit einigen Jahren das Hauptproblem im Pflanzenschutz dar, da es sich bei den Bekämpfungsmitteln um vorbeugende Präparate handelt. Wirkstoffe, die bei fortgeschrittenem Krankheitsbild eingesetzt werden könnten, existieren derzeit nicht. Als Zuchtziele stehen neben der Mehltaresistenz die Widerstandsfähigkeit gegen Verticilliumwelke und Peronospora im Vordergrund. Bei den Aromasorten werden Erträge von 20 dt./ha und  $\alpha$ -Säuregehalte von mindestens 4 % angestrebt. Bei den Bittersorten hat die Mehltaresistenz Priorität, gewünscht werden zudem  $\alpha$ -Säuregehalte von 12-13 % (LBP 2000b).

## C 2 Material

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 32 Wildvorkommen *Humulus lupulus* aus Nordrhein-Westfalen ausgesucht und dokumentiert (vgl. Tab. 17 im Anhang und Abb. C-1). Eine Übersicht über das verwendete Pflanzenmaterial enthält Tab.C-2. Aus 20 Populationen wurden Samen entnommen und unter gleichen Bedingungen (*ex situ*) zur Keimung gebracht.



**Abb. C-1** Verbreitung des Hopfens (*Humulus lupulus*) in NRW (nach SCHUMACHER et al. 1996 und JAGEL & HÄUPLER 1995) unter Angabe der ausgewählten Populationen, der rezenten Fundstellen sowie der Höhenlagen.

*Fig. C-1* Occurrence of hops (*Humulus lupulus*) in NRW (according to SCHUMACHER et al. 1996 and JAGEL & HÄUPLER 1995) taking into consideration the selected populations, recent and earlier occurrences and site altitude.

Für den Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten dienten Pflanzen der Sorten *Hallertauer Tradition*, *Hallertauer Magnum* und *Nugget*. Des weiteren wurden Angaben über Inhaltsstoffgehalte der genannten sowie der Sorten *Perle*,

Hersbrucker, Tettmanger, Hüller Bitterer, Northern Brewer, Brewer's Gold, Target und Taurus hinzugezogen. Ferner standen molekulargenetische Daten (RAPD-PCR) zur Verfügung (nach WUNDER aus FORWICK et al. 2001, unveröff.).

**Tab. C-2 Übersicht über die morphologisch und molekulargenetisch untersuchten sowie in Inhaltsstoffanalysen und Pathogenitätstests einbezogenen Populationen *Humulus lupulus*.**

Tab. C-2 Overview of *Humulus lupulus* populations examined morphologically and molecularly and subjected to active agent analysis and pathogenesis tests.

<b>Morphologische Untersuchungen</b>		
	Gesamtzahl ausgewählter natürlicher Populationen:	32
	<b>a) Blätter</b>	
<i>in situ</i> 1996	⇒ 27 Populationen à 22-45 Blätter von 5-10 (-20) Individuen	Σ 930 Blätter
<i>in situ</i> 1997	⇒ 25 Populationen à 12-33 (-48) Blätter von 5-10 (-20) Individuen	Σ 611 Blätter
<i>in situ</i> 1998	⇒ 15 Populationen à (6-) 15-36 Blätter von 5-10 (-20) Individuen	Σ 347 Blätter
<i>ex situ</i> 1999 (Aussaart 1997)	⇒ 12 Individuen à (7-) 12-20 Blätter aus 3 Populationen	Σ 165 Blätter
1996	⇒ 5 Sorten aus Bitburg à 6-10 Blätter	Σ 36 Blätter
1997	⇒ 10 Sorten aus Bitburg à 5-9 Blätter	Σ 63 Blätter
1999	⇒ 1 Sorte aus der Hallertau	Σ 20 Blätter
	<b>b) Weibliche Infloreszenzen</b>	
<i>in situ</i> 1997	⇒ 16 Populationen à 6-13 Infloreszenzen von 5-10 Individuen	Σ 135 Infloreszenzen
<i>in situ</i> 1998	⇒ 17 Populationen à (4-5-) 8 (-10) Infloreszenzen von 5-10 Individuen	Σ 127 Infloreszenzen
<i>in situ</i> 1999	⇒ 24 Populationen à (4-) 8 Infloreszenzen von 5-10 Individuen	Σ 188 Infloreszenzen
<i>in situ</i> 1996-1999	⇒ je 8 Spindeln aus 19 (1996), 23 (1997), 20 (1998), 23 (1999) Populationen	Σ 152 (1996), 184 (1997), 160 (1998), 184 (1999) Spindeln
<i>ex situ</i> 1999 (Aussaart 1997)	⇒ 18 Populationen à 8 Infloreszenzen von 1-8 Individuen	Σ 144 Infloreszenzen
1999	⇒ 3 Sorten aus der Hallertau à 8 Infloreszenzen von 1-4 Individuen	Σ 56 Infloreszenzen
<b>Molekulargenetische Untersuchungen</b>		
	20 Populationen à 3-5 (-20) Individuen	Σ 100 Individuen
	10 Kultursorten à 1 Individuum	Σ 10 Individuen
<b>Inhaltsstoffanalysen</b>		
1997 ( <i>In-situ</i> -Material)	⇒ 19 Populationen à 5-10 Individuen	Σ 19 Populationen
2000 (Aussaart 1997)	⇒ 39 Individuen aus 18 Populationen	Σ 39 Individuen
<b>Pathogenitätstests</b>		
2000 (Aussaart 1997)	⇒ 39 Individuen aus 18 Populationen	Σ 39 Individuen

## **C 3 Methoden**

### **C 3.1 Geländearbeit**

Die Auswahl der verschiedenen Fundstellen des Wildhopfens wurde nach den im Abschnitt A 3.1 erläuterten Methoden getroffen. Aufgrund der häufigen Vorkommen des Hopfens konnten Populationen aus allen Großlandschaften Nordrhein-Westfalens ausgewählt werden. Dabei wurden sowohl naturnahe Standorte (wie z. B. Bachufer) als auch anthropogene Sekundärstandorte (wie z. B. Straßenbepflanzungen) einbezogen. Alle Fundstellen sind in Abb. C-1 markiert.

Die Abgrenzung der verschiedenen Populationen orientierte sich oftmals an vorhandenen landschaftlichen Strukturen; so stellen z. B. Waldränder begrenzter Länge oder Gehölzstreifen zwischen Äckern isolierte Landschaftselemente dar, über die hinaus kein Hopfen vorkam. Bei linearen Strukturen wie Bach- oder Flußufern wurde die betreffende Population dort umgrenzt, wo zwischen benachbarten Hopfenpflanzen Lücken von mindestens 50 m bestanden. Für jede Population wurde auf einem Kartenausschnitt des entsprechenden Meßtischblattes der Ort der Probenahme sowie das Vorkommen weiteren Hopfens im Umkreis von 500 m angegeben (s. Abb. 18, Anhang). Angaben zur Populationsgröße erfolgten unter Angabe des Geschlechts durch Abzählen der Individuen, sofern diese als einzelne Pflanzen identifiziert werden konnten.

Auf die Erstellung von Vegetationsaufnahmen wurde wegen der meist sehr heterogenen Standortstrukturen verzichtet. Stattdessen wurde die Standortdokumentation durch Florenlisten ergänzt.

Alle Populationen wurden bei der Benennung mit dem Vorsatz „H-“ für Hopfen versehen.

### **C 3.2 Probennahmen und Anbau**

Insgesamt wurden zunächst 32 Hopfenpopulationen aus Nordrhein-Westfalen ausgewählt. Diejenigen Populationen, bei denen im Untersuchungszeitraum keine kontinuierliche Entwicklung nachvollzogen werden konnte – z. B. wenn im Rahmen von Gebüshrückschnitten oder Grabenräumungen in den Bestand eingegriffen wurde und die Pflanzen erheblich beschädigt wurden –, wurden im Verlauf der Jahre aus den Untersuchungen ausgeschlossen.

Die räumliche Ausdehnung war bei den untersuchten Hopfenpopulationen z. T. sehr unterschiedlich. Die kleinste Population war mit zwei an Bäumen emporrankenden und einzelnen in Bodennähe kriechenden Jungpflanzen H-7, aus der lediglich die beiden ausgewachsenen Pflanzen beprobt wurden. Vorkommen im Umkreis von ca.

500 m beschränkten sich auf nur ein weiteres Individuum. Die größten Populationen dagegen (H-18, H-21, H-23) erstreckten sich weit über den erfaßten Umkreis von 500 m hinaus. Bei H-21 beispielsweise waren die meisten Gehölze eines Bachlaufs, eines angrenzenden Waldrandes, ebenso Einzelgehölze sowie alle Hecken zwischen Äckern mit Hopfen bewachsen. In diesem Fall erfolgte die Probennahme ausschließlich aus den bachbegleitenden Gehölzen, um auf diese Weise Pflanzen mit ähnlichen Standortbedingungen zu erfassen. Für die molekulargenetischen Untersuchungen dagegen wurden unter genauer Herkunftsangabe Proben aus jedem der genannten Landschaftselemente genommen, um so zu Kenntnissen über die genetische Struktur großer Bestände zu gelangen. Insgesamt wurde bei größeren Populationen ein repräsentativer Ausschnitt von etwa 100 m bei linearen und etwa 1000 m<sup>2</sup> bei nicht linearen Strukturen beprobt. In allen Fällen wurde die Ausdehnung der Population kartographisch dokumentiert sowie die Bewuchsdichte der Hopfenpflanzen beschrieben.

Die **Probennahme *in situ*** erfolgte zu zwei Zeitpunkten im Jahr:

1. im Juli/August: Probennahme der Blätter
2. im September/Oktober: Probennahme der weiblichen Infloreszenzen und der Früchte

Da eine Identifizierung von Individuen oftmals nicht möglich war, wurden die jeweiligen Proben als Mischproben von fünf bis 15 Pflanzen über die gesamte Population genommen.

Die Blätter wurden aus einer Höhe von etwa ein bis drei Meter über dem Boden entnommen und stammen, soweit erkennbar, vom Haupttrieb. Eine Probennahme von Seitentrieben kann bei unübersichtlichem Wuchs allerdings nicht ausgeschlossen werden. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit wurden unversehrte, etwa gleichaltrige, d. h. Blätter mittlerer Größe und gleicher Form (drei- und fünf-lappig) ausgewählt. Das Geschlecht der beprobten Pflanze wurde bei sicherer Herkunft des Blattmaterials angegeben. Der Umfang der Stichproben lag bei den meisten Populationen zwischen 30 und 40 Blättern, die vor der Vermessung herbarisiert wurden. Eine geringere Anzahl wurde bei den Populationen genommen, deren Blätter nicht in ausreichender Zahl die oben genannten Kriterien erfüllten oder sich in zu großer Höhe befanden.

Als Zeitpunkt für die Probennahme der Blätter *in situ* wurden die Monate Juli und August gewählt, also in etwa die Blütezeit der männlichen Hopfenpflanzen. Der Grund hierfür war in erster Linie, daß die Blätter der männlichen Pflanzen, die vor denen der weiblichen Blätter zu altern begannen, noch unversehrt waren. An den Blättern der weiblichen Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt ebenfalls noch keine

Alterungserscheinungen zu erkennen. Die Untersuchungen aller Populationen wurden in einem Gesamtzeitraum von etwa drei Wochen durchgeführt.

Für die Morphologie der weiblichen Blütenstände wurden *in situ* 1998 und 1999 Hopfenzapfen aus 17 bzw. 24 Populationen verglichen. Die im Vergleich zur Gesamtzahl an Populationen geringe Auswahl beruht zum einen darauf, daß nicht in jeder Population blühende Pflanzen vorkamen (z. B. H-5, H-7) oder nur blühende männliche Individuen gefunden werden konnten (z. B. H-8). Zudem gab es Populationen, die nicht in beiden Jahren beerntet werden konnten, sei es wegen starken Rückschnitts des Bestandes (z. B. H-12) oder weil sich die Infloreszenzen in zu großer Höhe befanden (z. B. H-37, H-24). Die Zahl der Individuen, von denen die Proben der weiblichen Blütenstände stammen, schwankt je nach Populationsgröße und Anteil an weiblichen Pflanzen in der jeweiligen Population. Aus jedem Bestand wurden von je acht Blütenständen alle Deck- und Vorblätter von der Spindel gelöst und vor den Messungen herbarisiert.

Als Erntezeitpunkt wurde derjenige definiert, zu dem die Fruchtstände augenscheinlich ausgewachsen und die Früchte nahezu reif waren. Die Zapfen hatten zu dieser Zeit noch überwiegend gelbliche Deck- und Vorblätter und waren noch in voller Zahl an der Spindel befestigt. Da am natürlichen Wuchsort nicht alle Populationen gleichzeitig diesen Zapfenzustand aufwiesen, erstreckte sich der Zeitraum der Untersuchungen auf vier bis sechs Wochen.

Für die **morphometrischen Methoden *ex situ*** wurden im Herbst 1997 Samen aus Mischproben zufällig ausgewählt und gegen Ende desselben Jahres am Hans-Pfülf-Institut (Wolnzach) zur Keimung gebracht. Die Auswahl der *ex situ* kultivierten Pflanzen erfolgte mit dem von seiten der Züchter vorgegebenen Untersuchungsziel, gegen den Echten Mehltau (*Sphaerotheca humili*) resistente Formen zu finden. Nach einem ersten Screening der zunächst insgesamt etwa 5 000 – 10 000 Keimlinge der Wildpopulationen wurden solche Individuen für den Anbau im Freiland ausgewählt, die nach ersten Beobachtungen keine oder nur geringfügige Befallssymptome zeigten. So wurden schließlich 243 Pflanzen, davon 149 weibliche und 94 männliche, aus 18 Populationen ins Freiland an Gerüste verpflanzt, wo die weiblichen Pflanzen erstmals im Herbst 1999 zur Blüte gelangten. Da das Geschlecht bei der Auspflanzung nicht bekannt war, wurden die männlichen Pflanzen erst nach Beginn der Blüte zurückgeschnitten. Infolgedessen war die Mehrzahl der weiblichen Blüten befruchtet.

Die Ernte der weiblichen Blütenstände *ex situ* erfolgte im Hopfengarten in der Hallertau zu Beginn der dortigen Hopfenernte. Alle Pflanzen wurden am selben Tag Anfang September beerntet. Da der Erntezeitpunkt im Unterschied zu den *In-situ*-Untersuchungen nicht an den jeweiligen Reifezustand der Zapfen angepaßt wurde, sondern zu dieser Zeit nach Beobachtung der Züchter die Mehrzahl der Pflanzen in

voller Blüte stand, ist nicht auszuschließen, daß einzelne Infloreszenzen noch nicht die volle Reife erreicht hatten und daß deren Wachstum möglicherweise somit noch nicht abgeschlossen war. Die Stichprobengröße umfaßte wie *in situ* je 8 Blütenstände pro Population. Aufgrund der langen Entwicklungszeit des Hopfens (etwa zwei bis drei Jahre bis zur vollen Blütenentwicklung) stand im Rahmen des Untersuchungszeitraums nur ein Jahr für die Messungen *ex situ* zur Verfügung.

Aus dem Gewächshaus wurden 1998 von drei Populationen je vier Individuen entnommen und zur Weiterentwicklung und kontinuierlichen Beobachtung in den Botanischen Garten der Landwirtschaftlichen Fakultät Bonn gepflanzt. Nach dem Austrieb im Frühjahr wurden die Pflanzen bis auf maximal drei Triebe zurückgeschnitten. Zudem wurden je ein bis drei Exemplare der Sorten *Hallertauer Tradition*, *Hallertauer Mittelfrüher* und *Nugget* zur Blüte gebracht. Die Vermessung der Blätter erfolgte – anders als *in situ* – individuenweise und an Frischmaterial in einer Stangenhöhe zwischen ein und zwei Metern.

### C 3.3 Morphologisch-biometrische Untersuchungen

Zur Ermittlung der Diversität wurden insgesamt 23 Merkmale an Blättern und Infloreszenzen erhoben und daraus sieben Indices berechnet. Folgende Quellen dienten der Auswahl der Merkmale:

<u>Eigenschaften der Merkmale</u>	<u>Quelle</u>
variabel nach Literaturangaben	⇒ Bestimmungsschlüssel (OBERDORFER 1994, ROTHMALER 1990) Monographien und Spezialliteratur (HEGI 1981, NEVE 1991, MENERET et al. 1954, u. a.)
züchterische Relevanz	⇒ Richtlinien für die Durchführung der Prüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit von Hopfen (BUNDESSORTENAMT 1992); Angaben aus LBP (2000a, b); Gespräche mit Züchtern
variabel nach eigenen Beobachtungen	⇒ Beschreibungen der Pflanzen und morphometrische Voruntersuchungen

Die Merkmale bezogen sich auf folgende Bereiche der Pflanzen:

Blätter	⇒ 13 Merkmale; 4 Indices
wbl. Infloreszenzen	⇒ 10 Merkmale; 3 Indices

## Blätter (vgl. Abb. C-3):

### Abschätzung

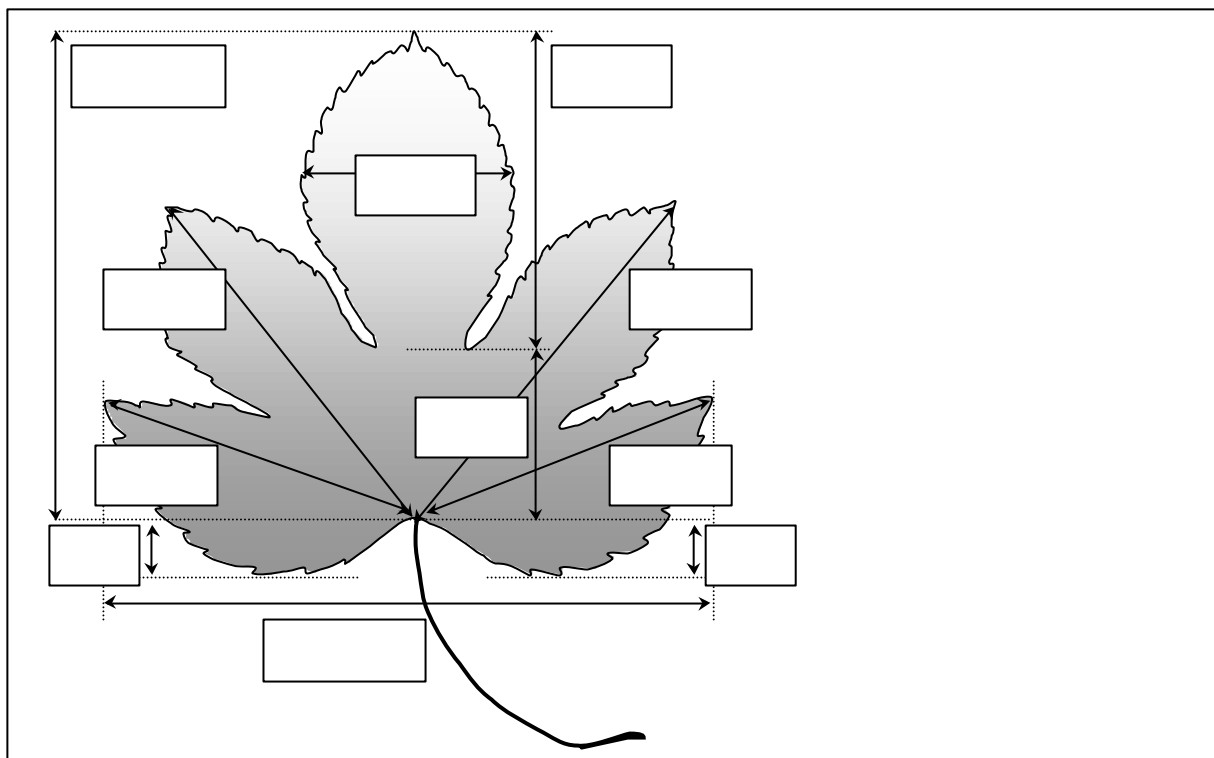
1. des Überlappungsgrades am Übergang Blattstiel – Blattspreite [ 0 / 1 / 2 / 3 ]<sup>1</sup>

### Messung der Merkmale

- |         |  |                      |
|---------|--|----------------------|
| 2.-3.   | Länge und Breite gesamtes Blatt (cm)                         | [L_BI_ges, B_BI_ges] |
| 4.-5.   | Länge und Breite des mittleren Blattlappens (cm)             | [L_mbl, B_mbl]       |
| 6.      | Länge des zentralen Blattspreitenabschnitts (cm)             | [L_zen]              |
| 7.-10.  | Länge der Diagonalen Blattstiel – seitliche Blattlappen (cm) | [L_dia1 bis L_dia4]  |
| 11.-12. | Länge der Überlappung am Übergang Blattstiel – Blattspreite  | [Ü_1, Ü_2]           |
| 13.     | Länge Blattstiel   | [L_Stiel]            |

### Berechnung der Indices

- |      |   |                 |
|------|---|-----------------|
| I.   | Länge zu Breite Gesamtblatt   | [L/B_ges]       |
| II.  | Länge zu Breite mittlerer Blattlappen   | [L/B_mbl]       |
| III. | Länge des mittleren Blattlappens zu Länge des zentralen Blattspreitenabschnitts | [L_mbl/L_zen]   |
| IV.  | Länge Blattstiel zu Länge gesamte Blattspreite                                  | [L_Stiel/L_ges] |



<sup>1</sup> Blattrand zu Blattstiel: 0= ca. 90° / 1= ca. 45° / 2= ca. parallel / 3= Blattrand den Blattstiel überlappend.



**Weibliche Infloreszenz** (vgl. Abb. 24 und 25, Anhang):

Messung der Merkmale

1.-2.	Länge und Breite Infloreszenz (cm)	[L_Infl_ges, B_Infl_ges]
3.	Länge der Spindel (cm)	[L_Spindel]
4.	Brakteenlänge und -breite; mittlerer Infloreszenzbereich (cm)	[L_Brak, B_Brak] <sup>2</sup>

Abzählen der Merkmale:

6.-7.	Nerven des 1. und 2. Brakteenpaares im oberen Blattdrittel	[Nerv_1, Nerv_2]
8.-9.	Anzahl Brakteenpaare bzw. Blüten pro Infloreszenz	[Anz_Brak, Anz_Blü]
10.	Anzahl befruchteter Blüten pro Infloreszenz	[Anz_befr_Blü]

Berechnung der Indices

I	Brakteenlänge zu -breite	[L/B_Brak]
II	Anzahl Brakteenpaare pro cm Spindel	[Anz_Brak/cm_Spin]
III	Anteil befruchteter Blüten an der Gesamtzahl der Blüten	[Blü_befr/Blü_ges]

### C 3.4 Inhaltsstoffanalysen und Infektionstests mit Pathogenen

Im Herbst 1997 wurde eine erste **Analyse der Inhaltsstoffe** der Wildhopfenpopulationen durchgeführt. Das *in situ* gesammelte Frischmaterial (pro Population 250 g Hopfenzapfen) wurde vor der Analyse mehrere Tage bei Zimmertemperatur getrocknet. Neben der Bestimmung der  $\alpha$ -Säuren wurden die Proben einer sog. **Handbeurteilung** unterzogen, in der wertgebende und wertmindernde Eigenschaften anhand definierter Skalen abgeschätzt und zu einem Boniturgesamtwert verrechnet wurden. Die Bonitierung richtete sich nach den Richtlinien für die Handbeurteilung des Hopfens nach der Standardmethode der Wissenschaftlichen Kommission des Europäischen Hopfenbaubüros.

Im Sommer 2000 wurden 39 weibliche Pflanzen – ein bis acht Individuen pro Population –, die sich in einem ersten Mehltau-*screening* im Gewächshaus als wenig oder nicht anfällig gezeigt hatten, einer umfassenden **Feldbonitur** unterzogen, in der

---

<sup>2</sup> Innerhalb eines Blütenstandes ist eine Größen- und Formentwicklung der Brakteen festzustellen, die in der Regel mit kleinen, derben Blättern beginnt, sich in einer zunehmenden Vergrößerung und Verbreiterung der Brakteen fortsetzt und schließlich mit etwas kleineren, v. a. schmaleren Blättern endet. Zur Ermittlung der Merkmale L\_Brak, B\_Brak und L/B\_Brak wurden in Anlehnung an MENERET et al. (1954) zwei Brakteenpaare – meist das 3. und 4. bzw. 4. und 5. Paar, auf das eine vollständige Anzahl Einzelblüten (i. d. R. vier) folgt – vermessen und aus den vier Meßwerten der Mittelwert berechnet. Bei sehr blütenreichen Infloreszenzen wurde erst das 5. und 6. bzw. 6. und 7. Paar vermessen.

die Merkmale von züchterischem Belang wie Blattfarbe und -form, Zeitpunkt der Reife, Armstellung und -länge (d.h. Gestalt der Seitentriebe), Pflanzenform und Infloreszenzgröße, aber auch Pilzbefall und Befall durch tierische Schädlinge evaluiert wurden. Alle 39 Pflanzen wurden einzeln beerntet und hinsichtlich der für Hopfensorten üblichen **Inhaltsstoffe** analysiert. Hierzu zählen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Säuren, Gehalte an Cohumulon und Colupulon sowie 15 verschiedene Hopfenöle. Die Ermittlung der ätherischen Öle erfolgte durch Headspace-Gaschromatographie (GC) und die der Bitterstoffe durch Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC).

Die Resistenzprüfungen gegen den Echten Mehltau (*Spaerotheca humuli*) erfolgten durch künstliche Infektion im Glashaus. Verwendet wurden etwa 50 Isolate von befallenen Pflanzen. Etwa drei Wochen nach Auskeimung der Samen wurden optisch gesunde Pflanzen pikiert und zur weiteren Beobachtung ins Freiland gepflanzt (LUTZ, mdl. Mittlg, vgl. auch LBP 2000b).

### **C 3.5 Statistische und molekulargenetische Methoden**

Die für die Auswertung des Datenmaterials angewendeten statistischen Methoden entsprechen denen, die für die Daten von *Valerianella locusta* und *Carum carvi* Anwendung fanden (vgl. A 3.5). Auf eine Hauptkomponentenanalyse wurde wegen der überschaubaren Anzahl an Variablen verzichtet.

Die molekulargenetischen Methoden wurden unter A 3.6 dargestellt.

## **C 4 Ergebnisse**

### **C 4.1 Morphometrische Untersuchungen zur Differenzierung der Populationen**

Die morphometrischen Untersuchungen am Wildhopfen wurden ausschließlich an Pflanzenmaterial charakterisierter Herkünfte durchgeführt (vgl. Tab. 17, Anhang). Dabei wurden die blattmorphologischen Daten überwiegend an herbarisierten, im Gelände (*in situ*) gesammelten Blättern, in geringem Umfang auch *ex situ*, die blütenmorphologischen Daten dagegen gleichermaßen *in situ* wie *ex situ* erhoben. Die Samen, die für die Kultivierung benötigt wurden, stammten ebenfalls von den oben erwähnten Wildpopulationen. Die Kultivierung erfolgte am Hans-Pföfl-Institut, Wolnzach.

#### **C 4.1.1 Differenzierung der Populationen anhand der Blätter**

*Ex situ* (Landwirtschaftlicher Botanischer Garten Bonn) wurden blattmorphologische Daten an insgesamt 185 Blättern von je drei bis vier Individuen der Populationen H-9, H-11 und H-18 sowie an der Kultursorte *Hallertauer Tradition* erhoben. Im Unterschied zu den Untersuchungen *in situ* (vgl. C 4.3) wurden hierbei keine Mischproben, sondern nach Individuen getrennte Blattproben genommen.

Unter Berücksichtigung der Einzelindividuen ergab sich ein Klassifizierungsergebnis von fast 62 % korrekt klassifizierter Fälle. Die Individuen ließen sich hierbei jedoch in unterschiedlichem Maße charakterisieren. Bei vier Pflanzen (H-9/3, H-9/4, H-11/1 und H-18/4) gelang eine korrekte Klassifizierung zu über 80 % der Fälle, während bei den übrigen Pflanzen der Anteil deutlich geringer ausfiel. Zwei dieser Pflanzen (H-9/3 und H-11/1) zeichneten sich durch relativ kleine und schmale Blätter mit kurzen Blattstielen aus, so daß diese Merkmale als wichtigste differenzierende Variablen in der Analyse verrechnet wurden (L/B\_ges, B\_ges, L\_Stiel).

Wurde für jede Population eine gesonderte Analyse durchgeführt, war eine Zuordnung der Blätter zu dem jeweiligen Individuum zu einem sehr hohen Anteil möglich (Tab. C-4). Die Blätter aus H-9 und H-11 ließen sich hierbei am besten über den Blattspreitenindex ihrem jeweiligen Individuum zuordnen, während bei H-18 der Blattstiel (L\_Stiel) und die Blattbreite (B\_ges) die wichtigste Rolle spielten.

Die kleinen Blätter von H-9/3 und H-11/1 standen in direktem Zusammenhang zu ihrem im Beobachtungszeitraum eher kleinen Wuchs und ihren schwachen Trieben. In Abb. C-5 sind die Wuchshöhen der im Garten befindlichen Hopfenpflanzen über den Zeitraum vom 30.3. bis 8.5.1999 dargestellt (zu den Sorten vgl. C 4.4.1). Bei H-9 und H-11 bestand ein Zusammenhang zwischen der Kräftigkeit der Pflanzen und dem Geschlecht: Die männlichen Pflanzen bildeten bei beiden Herkünften nur einen Trieb aus, der auch erst wesentlich später die volle Stangenhöhe (4 m) erreichte. Bei H-18 dagegen war eine der männlichen Pflanzen genauso wüchsig wie die weiblichen.

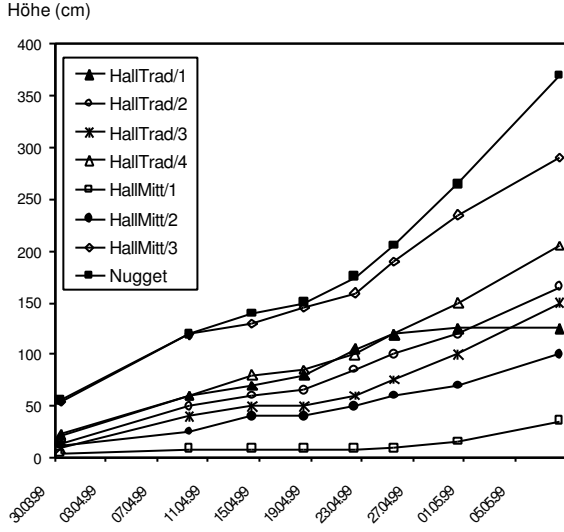
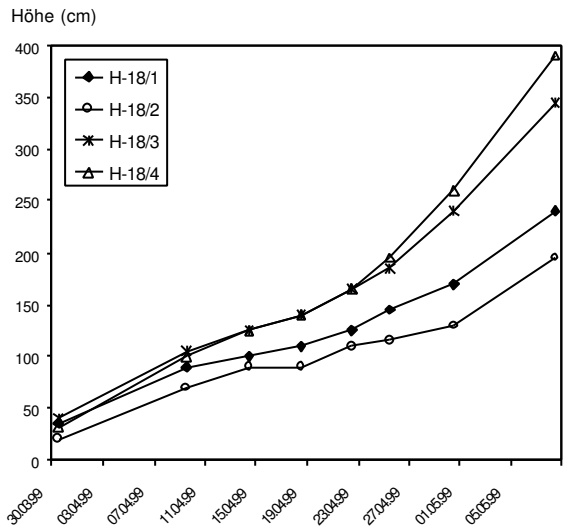
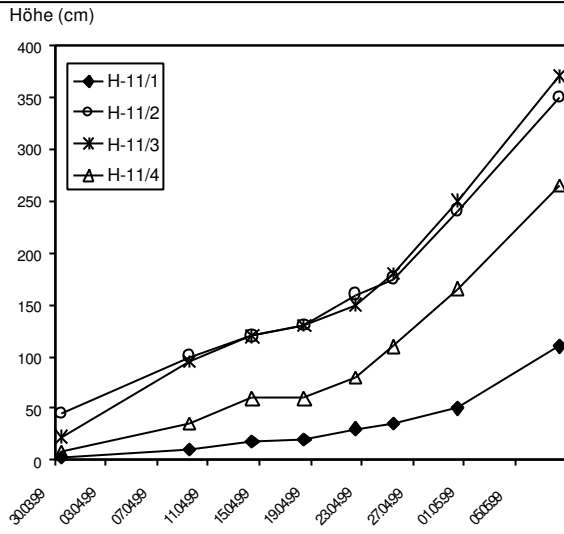
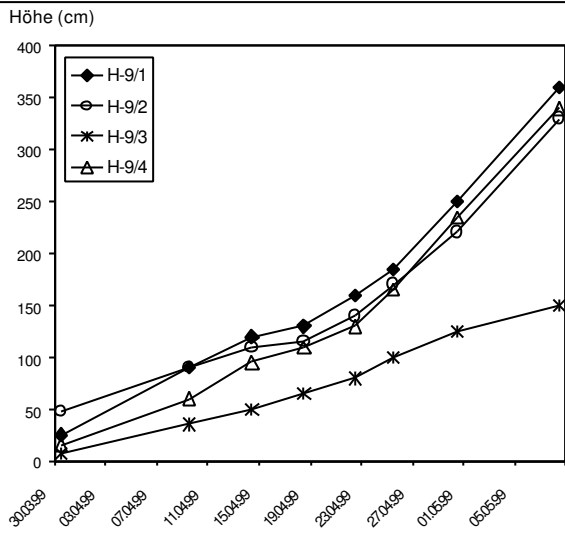
In diesem Zusammenhang wurde die von SCHMIDT (1918) erwähnte Geschlechtspezifität der Blattausprägungen an den drei ausgewählten Populationen überprüft, konnte jedoch nicht bestätigt werden. Die fünf männlichen Individuen ließen sich anhand der Blätter nicht von den sieben weiblichen Pflanzen abgrenzen.

Insgesamt zeigte sich somit, daß *ex situ* bereits auf der Ebene der Individuen charakteristische Blattmerkmale ausgeprägt waren. Durch Zusammenfassung der Individuen zu Populationen gelang eine Differenzierung aufgrund der Heterogenität der Eigenschaften nicht mehr.

**Tab. C-4 Klassifizierungsergebnis aus vier Diskriminanzanalysen zur Differenzierung der Individuen aus den Populationen H-9, H-11 und H-18 anhand der Blätter (*ex situ*).**

*Tab. C-4 Classification results from four canonical variate analysis to differentiate between individuals from the populations H-9, H-11 and H-18 based on the leaves (ex situ).*

<b>Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit</b>						
<b>Vorgegebenes Individuum</b>	H-9/1	H-9/2	H-9/3	H-9/4	Gesamtzahl Blätter	Korrekt klassifiziert (%)
H-9/1	9	2			11	81,8
H-9/2		15			15	100,0
H-9/3			15	1	16	93,8
H-9/4	2	1		17	20	85,0
H-9 – insgesamt 90,3 % der Fälle korrekt klassifiziert						
<b>Vorgegebenes Individuum</b>	H-11/1	H-11/2	H-11/3	H-11/4	Gesamtzahl Blätter	Korrekt klassifiziert (%)
H-11/1	16	1			17	94,1
H-11/2		14	3	1	18	77,8
H-11/3			10	2	12	83,3
H-11/4		3		11	14	78,6
H-11 – insgesamt 83,6 % der Fälle korrekt klassifiziert						
<b>Vorgegebenes Individuum</b>	H-18/1	H-18/2	H-18/3	H-18/4	Gesamtzahl Blätter	Korrekt klassifiziert (%)
H-18/1	11	1			12	91,7
H-18/2	1	11	1		13	84,6
H-18/3			10		10	100,0
H-18/4				7	7	100,0
H-18 – insgesamt 92,9 % der Fälle korrekt klassifiziert						



#### **C 4.1.2 Differenzierung der Populationen anhand der Blütenstände**

1999 befanden sich 243 Hopfenpflanzen – davon 149 weibliche und 94 männliche – aus 20 natürlichen Populationen im Anbau. Die Daten für die Untersuchungen *ex situ* wurden an je acht Infloreszenzen aus 18 Populationen erhoben. In die statistische Auswertung flossen sechs Variablen ein: Die Spindellänge, die Anzahl an Brakteen und deren Dichte an der Spindel sowie die Maße und Indices der mittleren Brakteenpaare. Die Maße der gesamten Infloreszenz ( $L\_Infl\_ges$ ,  $B\_Infl\_ges$ ) wurden dabei nicht berücksichtigt, da die Gesamtlänge genauer durch die Spindellänge erfaßt wird und die Breite insofern ein variables Merkmal darstellt, als die Blüten und Brakteen während der Zapfenentwicklung abgespreizt sind und sich später in unterschiedlichem Maße zum mehr oder weniger kompakten Fruchtstand anlegen.

Die von MENERET et al. (1954) vorgeschlagene Zählung der Nerven, die das obere Drittel der Brakteen erreichen und als Ausdruck für die Form des Blattes dienen sollen, erwies sich bei den eigenen Untersuchungen als ein wenig geeignetes Merkmal, da sich die Anzahl kaum verringert, sondern sich lediglich die Dichte der bereits im unteren Bereich des Blattes befindlichen Nerven vergrößert. Die Form wurde stattdessen mit Hilfe des Blattspreitenindex ( $L/B\_Brak$ ) wiedergegeben.

Die zunächst durchgeführte Korrelationsanalyse ließ lediglich eine hohe Korrelation zwischen der Spindellänge ( $L\_Spindel$ ) und der Anzahl der Brakteenpaare ( $Anz\_Brak$ ) einerseits sowie eine mittlere negative Korrelation zwischen der Spindellänge und der Brakteenendichte ( $Anz\_Brak/cm\_Spin$ ) andererseits erkennen. Zwischen allen anderen Merkmalen bestand keine nennenswerte Korrelation.

Die Diskriminanzanalyse zur Differenzierung der Populationen ergab ein mäßiges Klassifizierungsergebnis: 65,3 % aller 144 Infloreszenzen wurden korrekt wieder ihrer jeweiligen Population zugeordnet, wobei die Differenzierung der Populationen in unterschiedlichem Maße gelang (Tab.C-6). Während bei 11 der 18 Populationen eine korrekte Zuordnung von mindestens 75 % resultierte, wurden die meisten Blütenstände aus H-15, H-13, H-17 und H-30 nicht zur jeweiligen Population gestellt<sup>1</sup>.

Mit Ausnahme der Variablen  $Anz\_Brak$  wurden alle Variablen verrechnet. In der ersten Funktion, die 34,7 % der Gesamtvarianz des Datensatzes erklärte, wiesen die Merkmale  $B\_Brak$  und  $L/B\_Brak$  ihre höchsten Ladungen auf. Die Wertespanne der am besten zur Differenzierung geeigneten Merkmale reichte bei  $B\_Brak$  von durchschnittlich 0,76 cm (H-23) bis 1,31 cm (H-35). Beide Populationen fielen auch durch die Extremwerte hinsichtlich der Brakteenform auf, beschrieben durch den Quotienten  $L/B\_Brak$ . H-23 wies mit einem Wert von 1,47 die länglichsten, H-35 mit 2,45 die rundesten Deckblätter auf.

---

<sup>1</sup> Mit Ausnahme von H-37 gelang auf molekulargenetischer Ebene eine vollständige Differenzierung aller Populationen.

**Tab. C-6 Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse mit Infloreszenzmerkmalen der Hopfenpopulationen *ex situ*. Insgesamt korrekt klassifiziert: 65,3 % (schattiert).**

*Tab. C-6 Classification results of canonical variate analysis with inflorescence characteristics of hop populations *ex situ*. Total correctly classified: 65.3% (shaded).*

Vorgegebene Population	Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit																Gesamt	% korrekt klassifiziert		
	H-4	H-6	H-9	H-10	H-11	H-13	H-15	H-17	H-18	H-23	H-24	H-25	H-27	H-30	H-32	H-33			H-35	H-37
H-4	7									1									8	87,5
H-6		6			1											1			8	75,0
H-9			7											1					8	87,5
H-10				7											1				8	87,5
H-11					4			1	2						1				8	50,0
H-13						2		1		1			2	1				1	8	25,0
H-15	1				1		1		1	1					2	1			8	12,5
H-17								3			2	1		2					8	37,5
H-18					1				6						1				8	75,0
H-23				1						7									8	87,5
H-24										1	7								8	87,5
H-25						1						5	1					1	8	62,5
H-27													6			1		1	8	75,0
H-30						1		1			1	1		2				2	8	25,0
H-32		1					1	1							5				8	62,5
H-33		2														6			8	75,0
H-35		1															7		8	87,5
H-37														1		1		6	8	75,0

Unter Ausschluß der Populationen mit heterogenen Blütenstandsmerkmalen (s. o.) ließen sich die verbleibenden Blütenstände aus elf Herkünften in einer weiteren Diskriminanzanalyse zu 87,5 % korrekt klassifizieren. Aus der Gewichtung der verrechneten Variablen lassen sich die Populationen wie folgt charakterisieren (vgl. auch Abb. 24 im Anhang):

H-9, H-27 ⇒ sehr kleine und dicht mit Blüten und Brakteen besetzte Blütenstandsachsen ( $L_{\text{Spindel}} < 2,2$  cm,  $Anz_{\text{Brak/cm Spin}} \sim 6$ ), unterschiedlich in der Brakteenbreite;

H-4, H-18, H-33, H-37 ⇒ kleine Infloreszenzen ( $L_{\text{Spindel}} < 2,5$  cm), aber weniger kompakt als erste Gruppe. Unterschiedlich in der Brakteenbreite:  $B_{\text{Brak}}$  von 0,78 cm (H-4) bis 1,08 cm (H-33);

H-10, H-23, H-24 ⇒ sehr große Infloreszenzen ( $L_{\text{Spindel}} > 3,3$  cm) mit locker besetzter Spindel ( $Anz_{\text{Brak/cm Spin}} < 4$ ) und relativ schmalen Brakteen;

H-6, H-37 ⇒ sehr breite Brakteen ( $B_{\text{Brak}}$  1,10 cm bzw. 1,31 cm), Spindellänge und Brakteendichte im mittleren Bereich.

## C 4.2 Gruppierung der Populationen – Korrelationen zu geographischen und standörtlichen Parametern

Die Gruppierung von Populationen ähnlicher Eigenschaften erfolgte mit Hilfe der Clusteranalyse, in die die Populationsmittelwerte der *ex situ* vermessenen Infloreszenzen eingingen. Unter Vorgabe von vier Clustern wurden die Populationen wie folgt gruppiert (s. auch Abb. C-7):

Cluster I	H-4, <u>H-6</u> , H-11, H-13, H-15, H-17, <u>H-18</u> , H-25, H-30, H-32, <u>H-33</u> , <u>H-37</u>
Cluster II	H-9, H-27
Cluster III	H-10, H-23, H-24
Cluster IV	H-35

Diese Einteilung spiegelt die Ergebnisse aus der Differenzierbarkeit der Herkünfte aufgrund ihrer morphologischen Eigenschaften im Blütenstandsbereich wider: Bei den meisten der in Cluster I zusammengefaßten Populationen gelang bereits im Rahmen der Diskriminanzanalyse eine Zuordnung der Blütenstände zu der entsprechenden Herkunft nur in geringem Maße (C 4.1.2). Die elf unterstrichenen Populationen ließen sich hingegen gut charakterisieren. Sie befinden sich hier in unterschiedlichen Clustern oder nehmen innerhalb eines Clusters im Dendrogramm weit entfernte Positionen ein. Die Ähnlichkeit der in Cluster I zusammengestellten Populationen bestätigt sich, indem durch Erhöhung der Clusterzahl auf fünf nicht das erste Cluster unterteilt, sondern H-23 aus Cluster III abgespalten wird.

### Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der geographischen Lage

Die 18 *ex situ* beprobten Populationen stammen aus den folgenden Großlandschaften Nordrhein-Westfalens (in die statistische Analyse wurde die Population aus der Niederrheinischen Bucht nicht einbezogen):

Eifel/Siebengebirge	⇒ H-4, H-6, H-9, H-10, H-35
Niederrheinisches Tiefland	⇒ H-13, H-15
Niederrheinische Bucht	⇒ H-33
Westfälische Bucht	⇒ H-11, H-17, H-18, H-27
Weserbergland	⇒ H-23, H-24, H-25, H-37
Süderbergland (Sauerland)	⇒ H-30, H-32

Aus der zur Differenzierung aller Individuen jeder Großlandschaft durchgeführten Diskriminanzanalyse resultierte, daß sich die übrigen fünf Gruppen anhand ihrer Eigenschaften im Blütenstandsbereich nicht voneinander abgrenzen ließen. Es gab kein Merkmal, in dem sich die Individuen jeder Großlandschaft ähnlich waren und sich von denen anderer Großlandschaften unterschieden.



Auch die Trennung der drei Gruppen Eifel/Siebengebirge, Westfälische Bucht und Weserbergland, aus denen je vier Populationen in die Analyse gingen, ergab kein anderes Ergebnis: Die Hopfenpflanzen jeder Großlandschaft zeigten keine morphologischen Gemeinsamkeiten<sup>2</sup>.

**Abb. C-7 Dendrogramm der untersuchten Hopfenpopulationen (*ex situ*), erstellt mit Hilfe aller Infloreszenzmerkmale unter Angabe des jeweiligen Clusters, der geographischen Lage und der Höhenlage des entsprechenden Fundortes.**

*Fig. C-7 Dendrogramme of examined hop populations (ex situ), prepared with the aid of all inflorescence characteristics referring to the cluster in question, the geographical position and the altitude of the site.*

Die Unterschiedlichkeit der Populationen ließ sich dadurch nachweisen, daß sich bereits innerhalb jeder Großlandschaft die Herkünfte nahezu vollständig voneinander abgrenzen ließen. Von den fünf Populationen der Eifel und den zwei Populationen des Sauerlands konnten sogar sämtliche Individuen wieder korrekt ihrer zugehörigen

---

<sup>2</sup> Aus den molekulargenetischen Untersuchungen resultierte ebenfalls weder eine klare Korrelation zwischen den Eigenschaften der Populationen und ihrer geographischen Herkunft noch zwischen den genetischen und geographischen Distanzen. Zwischen den Populationen mit der geringsten genetischen Distanz bestand dieselbe räumliche Entfernung wie zwischen denen mit der größten genetischen Distanz.

Gruppe zugeteilt werden. Im ersten Fall unterschieden sich die Populationen signifikant in der Brakteenbreite, im zweiten Fall in deren Form (L/B\_Brak). Selbst nah beieinander wachsende Populationen (z. B. H-9 und H-10 in ca. 2 km Entfernung am selben Bachlauf in der Eifel gesammelt) unterschieden sich deutlich voneinander. Bei den anderen drei Großlandschaften lag der Anteil korrekt klassifizierter Individuen zwischen 84 % und 94 %.

### **Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und der Höhenlage und dem mittleren jährlichen Niederschlag**

Die Eigenschaften im Blütenstandsbereich der Hopfenpopulationen korrelierten weder mit den Höhenlagen der verschiedenen Populationen noch mit den Niederschlagsmengen an den jeweiligen Wuchsorten.

#### **C 4.3 Vergleich von *In-situ*- und *Ex-situ*-Pflanzenmaterial**

Während die Hopfenpflanzen *in situ* über mehrere Jahre beobachtet werden konnten, wurden die im Anbau befindlichen Pflanzen nur einmal beprobt, da sie erst im dritten Jahr volle Gerüsthöhe erreichten bzw. zur Blüte gelangten. Folgende Datensätze lagen den Auswertungen zugrunde:

- Morphologische Daten der Blätter  $\Rightarrow$  *in situ* 1996, 1997, 1998; *ex situ* 1999
- Morphologische Daten der ? Blütenstände  $\Rightarrow$  *in situ* 1998 und 1999; *ex situ* 1999
- Spindeln der ? Blütenstände  $\Rightarrow$  *in situ* 1996, 1997, 1998, 1999; *ex situ* 1999

Außerdem wurde der Gehalt an  $\alpha$ -Säuren sowohl an Blütenständen bestimmt, die 1997 im Gelände gesammelt worden waren als auch an Blütenständen aus dem Anbau (Ernte 2000).

Dem Vergleich von *In-situ* und *Ex-situ*-Pflanzenmaterial geht die Frage voraus, ob sich die Populationen an ihren jeweiligen Wuchsorten differenzieren ließen.

##### **C 4.3.1 Differenzierung der Populationen *in situ***

###### **Blätter**

Die Messungen an insgesamt 575 *in situ* gesammelten Blättern aus 25 Populationen (1997) ergaben die folgenden Ergebnisse: Von den ursprünglich 13 Variablen und den vier aus ihnen berechneten Quotienten erwiesen sich lediglich drei Quotienten dafür geeignet, die Hopfenblätter zu charakterisieren: L/B\_ges, L/B\_mbl und L\_mbl/L\_zen (Abkürzungen unter C 3.3). Die absoluten Größen der Blätter hingegen waren bereits innerhalb einer Pflanze sehr variabel und folglich auch nicht popula-

tionsspezifisch ausgeprägt. Dies galt ebenfalls für den Überlappungsgrad am Übergang des Blattstiels zur Blattspreite.

Die statistische Analyse der aus *In-situ*-Beständen vermessenen Blätter ergab, daß zwischen den drei genannten Quotienten eine zwar hochsignifikante, aber nur geringe Korrelation bestand. Sie war zwischen den Merkmalen L/B\_ges und L/B\_mbl positiv, bei den anderen Merkmalskombinationen negativ. So besaßen insgesamt relativ breite Blätter tendenziell auch breitere Mittellappen, während bei relativ schmalen Mittellappen der zentrale Blattspreitenabschnitt im Verhältnis zu den anderen Blattmaßen eher kürzer ausfiel. Aus dem geringen Korrelationskoeffizienten ( $< 0,5$ ) ergibt sich, daß diese Zusammenhänge jedoch nur für einen Teil der untersuchten Blätter zutrafen.

Aus dem Vergleich der Mittelwerte resultierte, daß *in situ* nur einzelne Populationen differenzierbar waren. Hinsichtlich der Gesamtform des Blattes (L/B\_ges) reichten die Mittelwerte von 0,75 bei H-7 bis 0,89 bei H-11; beide Populationen unterschieden sich diesbezüglich signifikant voneinander. Lediglich zwei weitere Populationen (H-9 und H-18), die mit Werten von 0,78 bzw. 0,88 jeweils sehr nah bei H-7 bzw. H-11 standen, wiesen ebenfalls signifikante Unterschiede auf.

Bezüglich der Form des mittleren Blattlappens (L/B\_mbl) nahmen H-9 und H-34 die Randbereiche im gesamten Wertespektrum ein. Mit dem geringsten Wert von 1,05 besaß H-9 die Blätter mit den rundesten Mittellappen, während H-34 mit einem Quotienten von 1,45 die schmalsten mittleren Blattlappen aufwies. Bis auf H-8 und H-15 mit eher breiteren sowie H-27 und H-11 mit schmaleren mittleren Blattabschnitten konnten bei allen anderen Herkunft für dieses Merkmal keine einheitlichen Werte festgestellt werden. Bei dem dritten Quotienten, der das Verhältnis des mittleren Blattabschnitts zum zentralen Bereich der Blattspreite beschreibt (L\_mbl/L\_zen), lag zwar eine Wertespanne von 1,45 (H-16) bis 1,87 (H-13) vor, doch unterschieden sich die einzelnen Populationen nicht signifikant voneinander.

Der Vergleich zu den aus 15 Populationen *in situ* genommenen Blattproben des darauffolgenden Jahres (346 Blätter, 1998) ergab, daß sich die Blätter bei der Mehrzahl der Herkunft lediglich in der absoluten Größe unterschieden, während sie ähnliche Quotienten wie im Vorjahr aufwiesen. Sechs Populationen jedoch (H-7, H-9, H-10, H-15, H-21, H-25) bildeten in den beiden Jahren deutlich unterschiedliche Blattformen aus.

Die Vermessungen der Blätter *in situ* ergaben somit, daß sich zwar einzelne Herkunft anhand ihrer Blattformen differenzieren ließen, daß die meisten Populationen jedoch in sich sehr heterogen waren. Die Ergebnisse waren nur zum Teil reproduzierbar.

## Weibliche Infloreszenzen

Die Daten für die **Untersuchungen *in situ*** wurden 1998 i. d. R. an je acht Infloreszenzen aus 18 Populationen (insgesamt 138 Blütenstände) sowie 1999 aus ebenfalls je acht Infloreszenzen aus 24 Populationen erhoben (insgesamt 188 Blütenstände) erhoben. Nicht berücksichtigt wurden 1998 die Populationen H-13, H-26 und H-29, da H-13 aufgrund einhäusiger Pflanzen in der Population über überdurchschnittlich lange Blütenstände verfügte, während die Zapfen bei H-26 und H-29 aufgrund des sehr geringen Anteils befruchteter Blüten sehr klein ausfielen.

Für den Vergleich der *in situ* erhobenen Datensätze wurden neben den Spindellängen, die weiter unten nochmals gesondert behandelt werden, fünf weitere Infloreszenzmerkmale ausgewählt: Die Gesamtzahl der Brakteen und deren Dichte an der Spindel (Anz\_Brak, Anz\_Brak/cm\_spin) sowie Länge, Breite und Quotient der mittleren Brakteenpaare (L\_Brak, B\_Brak, L/B\_Brak).

Sowohl 1998 als auch 1999 ließ sich mit Hilfe der Diskriminanzanalyse etwa die Hälfte aller Populationen anhand der Blütenstandsmerkmale differenzieren (mindestens fünf von acht Zapfen korrekt klassifiziert), während bei der anderen Hälfte die Differenzierung in nur unzureichendem Maße gelang (maximal vier von acht Zapfen korrekt klassifiziert). In den beiden Jahren stimmten jedoch weder die gut abgrenzbaren Populationen überein noch waren es im zweiten Jahr dieselben Variablen wie im Vorjahr, die der Differenzierung dienten.

Ein Vergleich der 15 Populationen, die in beiden Jahren untersucht wurden, ergab, daß sich alle 1998 vermessenen Blütenstände von denen aus denselben, 1999 beprobten Populationen so deutlich in einem oder mehreren Merkmalen unterschieden, daß in allen Fällen eine 100 %ige Trennbarkeit der beiden Jahre resultierte. In Abb. 25 (Anhang) sind exemplarisch Herbarbelege der Populationen H-6 und H-23 dargestellt, die in den beiden Jahren *in situ* und im Anbaujahr bereits mit bloßem Auge erkennbare Unterschiede hinsichtlich Blütenstandsgröße sowie Brakteengröße und -form aufwiesen.

### C 4.3.2 Vergleich der Populationen *in situ* und *ex situ*

#### Blätter

Das im Gelände gesammelte Blattmaterial zeichnete sich bei nahezu allen Populationen durch große Heterogenität aus. Populationsspezifische Blattmerkmale konnten nicht festgestellt werden (vgl. C 4.3.1). Unter Anbaubedingungen ließen sich die Populationen ebenfalls schlecht gegeneinander abgrenzen. Zwar erwiesen sich die Individuen, die hier im Gegensatz zu den natürlichen Wuchsorten einzeln beprobt werden konnten, als weitgehend homogen, doch zeigten die Pflanzen innerhalb einer Population signifikante Unterschiede zueinander (vgl. C 4.1.1).

Ein Vergleich der drei Populationen H-9, H-11 und H-18, die über zwei Jahre *in situ* und ein Jahr *ex situ* untersucht wurden, zeigte, daß sich die drei Datensätze bei allen drei Herkunftsorten voneinander unterschieden. Die Differenzen waren dabei zwischen allen *in situ* und den *ex situ* gemessenen Blättern größer als zwischen den in zwei Jahren *in situ* gemessenen. Bei den differenzierenden Merkmalen handelte es sich in jedem Fall um die Blattform des gesamten Blattes (L/B\_ges; vgl. Tab. C-8).

**Tab. C-8 Mittelwerte des Blattspreitenindex (L/B\_ges) von drei Populationen *in situ* und *ex situ*.**

Tab. C-8 Average values of leaf blade index (L/B\_ges) from three populations *in situ* and *ex situ*.

Population		<i>in situ</i> 1997	n	<i>in situ</i> 1998	n	<i>ex situ</i> 1999	n
H-9	→	0,78	27	0,77	27	0,72	62
H-11	→	0,89	26	0,90	30	0,79	61
H-18	→	0,88	48	0,93	30	0,73	42

### Weibliche Infloreszenzen

Aus dem Vergleich der 1999 *in situ* und der 1999 *ex situ* erhobenen Daten resultiert, daß sich mit Ausnahme von H-11 alle Infloreszenzen, die im Gelände gesammelt wurden, vollständig oder nahezu vollständig von den Infloreszenzen derselben, unter Anbaubedingungen untersuchten Populationen unterschieden. Die Merkmale, in denen die Gruppen voneinander abwichen, variierten je nach Population. Am häufigsten unterschieden sich die Populationspaare in der Brakteendichte (Anz\_Brak/cm\_Spin), die im Anbau i. d. R. höher war als am natürlichen Wuchsort, sowie in der Brakteenbreite (B\_Brak), die im Anbau sowohl breiter als auch schmaler sein konnte. Meist jedoch waren es jeweils zwei Merkmale, die der Differenzierung dienten.

Tab. C-9 zeigt das Klassifizierungsergebnis einer Diskriminanzanalyse, die mit den *in situ* und *ex situ* erhobenen Daten aus fünf Populationen durchgeführt wurde. Diese unterschieden sich *in situ* und *ex situ* in der Brakteenbreite signifikant voneinander. Jede Population bildete unter beiden standörtlichen Bedingungen eine homogene Gruppe, so daß insgesamt 92,5 % aller Infloreszenzen wieder der vorgegebenen Gruppe zugeordnet werden konnten. B\_Brak unterschied sich nicht nur bei jeder Population *in situ* und *ex situ*, sondern auch zwischen verschiedenen Populationen signifikant voneinander.

Abb. 23 (Anhang) gibt sechs Infloreszenzmerkmale wieder, die sowohl an *In-situ*- als auch an *Ex-situ*-Material aufgenommen wurden. Große Unterschiede bestanden dabei in der Brakteendichte, die mit Ausnahme zweier Populationen (H-6, H-35) im Anbau größer war als am natürlichen Wuchsort. Geringe, aber meist signifikante Differenzen lagen zwischen den *in situ* bzw. *ex situ* vermessenen Brakteenlängen- und -breiten vor. Die größten Abweichungen traten im Vergleich der Spindellängen auf (s. u.).

**Tab. C-9 Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse mit fünf ausgewählten Hopfenpopulationen *in situ* und *ex situ* 1999. Insgesamt korrekt klassifiziert: 92,5 % (schattiert).**

Tab. C-9 Classification results of canonical variate analysis with five selected hop populations *in situ* and *ex situ* 1999. Total correctly classified: 92.5% (shaded).

Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit													
Vorgegebene Population	H-10/99 <i>in situ</i>	H-27/99 <i>in situ</i>	H-32/99 <i>in situ</i>	H-33/99 <i>in situ</i>	H-35/99 <i>in situ</i>	H-10/99 <i>ex situ</i>	H-27/99 <i>ex situ</i>	H-32/99 <i>ex situ</i>	H-33/99 <i>ex situ</i>	H-35/99 <i>ex situ</i>	Gesamt	Mittelwert B_Brak (cm)	% korrekt klassifizierter Infloreszenzen
H-10/99 <i>in situ</i>	7	1									8	1,04	87,5
H-10/99 <i>ex situ</i>		8									8	0,85	100,0
H-27/99 <i>in situ</i>			8								8	0,94	100,0
H-27/99 <i>ex situ</i>		1		6					1		8	0,98	75,0
H-32/99 <i>in situ</i>	1				7						8	1,08	87,5
H-32/99 <i>ex situ</i>						8					8	0,91	100,0
H-33/99 <i>in situ</i>							8				8	0,82	100,0
H-33/99 <i>ex situ</i>								8			8	1,08	100,0
H-35/99 <i>in situ</i>	1				6		1		6		8	1,05	75,0
H-35/99 <i>ex situ</i>										8	8	1,31	100,0

Aus insgesamt zehn Populationen wurden die **Spindellängen** – als Ausdruck der Blütenstandsgrößen – über vier Untersuchungsjahre *in situ* sowie ein Jahr *ex situ* vermessen; in Abb. 26 (Anhang) sind die Meßwerte von acht dieser Populationen dargestellt. In nahezu allen Fällen variierte nicht nur die absolute Größe der Spindeln von Jahr zu Jahr, sondern auch die Streuung der Werte (deutlich z. B. bei H-18 und H-25). Mit Ausnahme von H-27 war bei allen Herkünften eine Größenzunahme von 1998 (*in situ*) nach 1999 (*in situ*) festzustellen. H-30 und H-32, die sich *in situ* durch dreijährige Konstanz auszeichneten, brachten 1999 *in situ* fast doppelt so große Blütenstände wie in den Vorjahren hervor.

Unter Anbaubedingungen konnte keine einheitliche Veränderung gegenüber den Daten am natürlichen Wuchsort festgestellt werden. Die Blütenstände waren sowohl gleich groß als auch kleiner oder größer als im selben Jahr im Gelände. Zu beachten ist, daß die Blüten auch unter Anbaubedingungen befruchtet waren.

### **$\alpha$ -Säuregehalte**

Der Vergleich der *in situ* und *ex situ* ermittelten Gehalte an Alphasäuren findet sich unter C 4.4.3 .

## C 4.4 Vergleich von Wildpflanzen und Kultursorten

Der Vergleich der beiden Gruppen bezieht sich zum einen auf morphologische Merkmale, zum anderen auf einen Vergleich von züchterisch relevanten Eigenschaften. Hierzu wurden 39 *ex situ* kultivierte Wildhopfenpflanzen aus 18 nordrhein-westfälischen Hopfenpopulationen von Seiten der Züchter beerntet und umfassend bonitiert (Habitus, Inhaltsstoffe, Resistenzprüfungen, etc.)

### C 4.4.1 Morphologischer Vergleich

#### Blätter und Wuchshöhe

Der morphologische Vergleich der **Blätter** von Wildpflanzen und Kultursorten erfolgte an je vier Individuen der Populationen H-9, H-11 und H-18 sowie drei Pflanzen der Sorte *Hallertauer Tradition*. Unter Einbeziehung von zehn Blattmerkmalen ließen sich die Blätter der Sorte nur von einigen Wildpflanzen, von den meisten jedoch nicht unterscheiden. Wie bei den Wildpflanzen (vgl. C 4.1.1) gelang auch eine Differenzierung der Einzelpflanzen innerhalb der Sorte zu einem sehr hohen Anteil (90 %). Die Pflanzen unterschieden sich hinsichtlich der Länge des mittleren Blattlappens signifikant voneinander. Die Mittelwerte von  $L_{mbl}$  lagen bei den drei Individuen bei 5,44 cm, 6,61 cm bzw. 7,38 cm. Die Individuen jeder Sorte zusammengenommen erwiesen sich als heterogene Gruppe.

Die Wuchshöhe wurde neben den Wildpflanzen an insgesamt zehn Individuen aus den Sorten *Hallertauer Tradition*, *Hallertauer Mittelfrüher* und *Nugget* ermittelt. Das Individuum der Sorte *Nugget* zeichnete sich dabei durch sehr schnellen und kräftigen Wuchs aus (vgl. Abb. C-5). Es bildete 24 kräftige Triebe aus – im Gegensatz zu maximal zwölf Trieben bei den Wildpflanzen – und erreichte als erstes die volle Stangenhöhe (ca. 4,50 m). Ähnlich verhielt sich eine Pflanze der Sorte *Hallertauer Mittelfrüher*. Alle übrigen Pflanzen zeigten ein gegenüber den Wildpflanzen deutlich verzögertes Wachstum. Im Beobachtungszeitraum (bis 8.5.1999) erreichten sie – mit Ausnahme einer Pflanze *Hallertauer Mittelfrüher* – keine 2 m Stangenhöhe, während die Wildpflanzen mit Ausnahme von zwei Individuen bereits zwischen 2 m und 3,70 m hoch waren. Zur Blütezeit jedoch hatte der Kulturhopfen in etwa die gleiche Höhe wie der Wildhopfen.

#### Weibliche Infloreszenzen

Für den Vergleich der Blütenstände von Wildherkünften und Kultursorten wurden je acht in Bayern *ex situ* geerntete Infloreszenzen von 18 Populationen mit den Blütenständen von drei Kultursorten – *Hallertauer Tradition*, *Hallertauer Mittelfrüher* und *Nugget* – verglichen.

Aus einer zunächst durchgeführten Diskriminanzanalyse, in die die beiden Gruppen „Wildpflanzen“ und „Kulturpflanzen“ eingingen, resultierte eine gute, aber nicht vollständige Differenzierbarkeit der beiden Gruppen (Tab.C-10). Insgesamt 87 % der Infloreszenzen wurden wieder korrekt der vorgegebenen Gruppe zugeteilt. Bei dem wichtigsten Differenzierungsmerkmal handelte es sich um die Anzahl der Brakteenpaare pro Blütenstand – woraus sich die Blütenzahl pro Blütenstand ableiten läßt<sup>3</sup>.

Mit durchschnittlich 16,84 Paaren unterschieden sich die Sorten signifikant vom Wildhopfen, der im Durchschnitt 11,75 Brakteenpaare besaß. Drei Wildpopulationen (H-10, H-23 und H-24) reihten sich jedoch mit jeweils über 13 Paaren in die Sortenwerte ein. Sie zeichneten sich durch sehr große Infloreszenzen aus. Weitere Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bestanden abgesehen von der Spindellänge, die mit der Brakteenzahl korreliert, nicht.

Während die beiden Sorten *Hallertauer Tradition* und *H. Mittelfrüher* in einigen Merkmalen nicht von den Wildherkünften abwichen, unterschied sich die Sorte *Nugget* in jeder Hinsicht von ihnen. Sie besaß die größten Zapfen und die meisten Blüten sowie die größten und rundesten Brakteen. In einer mit allen Mittelwerten der Infloreszenzen durchgeführten Clusteranalyse stand die Sorte *Nugget* deutlich abseits von den Wildpopulationen und den beiden anderen Sorten, während diese zwischen den Wildhopfen gruppiert wurden.

**Tab. C-10 Klassifizierungsergebnis der Diskriminanzanalyse zur Differenzierung von Wildhopfen und Kulturhopfen. Insgesamt 87 % der Infloreszenzen wurden korrekt klassifiziert.**

*Tab. C-10 Classification results of canonical variate analysis to distinguish between wild and cultivated oats. Altogether 87% of the inflorescences were classified correctly.*

Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit				
	Wildpflanzen	Kulturpflanzen	Gesamtzahl Infloreszenzen	% korrekt klassifiziert
Wildpflanzen	134	10	144	93,1
Kulturpflanzen	16	40	56	71,4

#### C. 4.4.2 Handbeurteilung und Feldbonitur

Die Gesamtbeurteilung der *in situ* gesammelten Wildhopfenproben aus 19 Populationen erfolgte durch Abwägung von wertgebenden und wertmindernden Eigenschaften, die durch die sog. **Handbeurteilung** eingestuft wurden. Insgesamt erzielten die Herkünfte gute Ergebnisse und erhielten eine Gesamtpunktzahl von minde-

<sup>3</sup> Bei den Individuen der Sorten handelte es sich um die im Landwirtschaftlichen Botanischen Garten (Bonn) kultivierten Pflanzen, da diese durch benachbarten männlichen Wildhopfen Früchte trugen. Ein morphologischer Vergleich zwischen befruchtetem Wildhopfen und nicht befruchteten Kultursorten erschien nicht sinnvoll. Eine Darstellung unbefruchteter Infloreszenzen der Sorten *Nugget* und *Hallertauer Magnum* befindet sich im Anhang (Abb. 22).



stens 54 Punkten (H-25) bis maximal 65 Punkten (H-37) von 100 erreichbaren Punkten (vgl. Tab. 27, Anhang).

Bei den wertgebenden Eigenschaften wurden zum einen äußere Merkmale wie Farbe, Glanz und Zapfenwuchs beurteilt, worin vor allem die Populationen H-6, H-33 und H-37 gut abschnitten (zusammen je 20-21 Punkte). Zum anderen wurden Lupulingehalt und -beschaffenheit sowie der Aromawert bestimmt. Bei allen Populationen konnte zwar nur ein mittlerer Gehalt ermittelt werden, der jedoch von guter Beschaffenheit war (11-12 von maximal 15 erreichbaren Punkten). Sehr gut wurde der Aromawert aller Wildherkünfte beurteilt. Sie erreichten von 30 erreichbaren Punkten zwischen 21 (H-37) und 25 Punkte (H-4, H-34). Die vergebenen Punktzahlen reichten aus, um den Wildhopfen als Aromahopfen zu klassifizieren (ENGELHARD, schriftl. Mittlg.); zum Vergleich: Die Aromawerte der Sorten *Target*, *Nugget*, *Hallertauer Tradition* und *Taurus* lagen 1999 zwischen 16 und 24 (LBP 2000b).

Negativ wurde beurteilt, daß nahezu alle Blüten befruchtet waren und Früchte trugen – da es sich jedoch um *in situ* gesammelten Wildhopfen handelte, war dies unvermeidbar. Ebenfalls negativ und durch die Befruchtung ausgelöst fiel die bei einigen Populationen festgestellte Zerblätterung auf, d.h. die Ablösung der Blüten und Brakteen von der Spindel. Der Geruch wurde bei den meisten Herkünften positiv mit den Attributen „rein und feinmild“ bewertet.

Im Jahr 2000 wurden 39 Wildpflanzen (*ex situ*) einer umfassenden **Feldbonitur** unterzogen. Diese bewertet zum einen habituelle Eigenschaften im vegetativen Bereich, zum anderen die Beschaffenheit der Blütenstände. Aus beiden Bereichen wird jeweils der „allgemeine Feldwert“ bzw. der „allgemeine Doldenwert“ ermittelt. Für beide Werte gilt eine Skala von 1 (sehr schlecht) bis 9 (sehr gut).

Die meisten Wildpflanzen erhielten im vegetativen Bereich eine Bewertung von 5 oder 6, lagen damit im mittleren bis guten Feld. Jeweils zwei Pflanzen wurden mit 4 bzw. 7 bewertet, letztere stammten beide aus H-23. Im Infloreszenzbereich unterschieden sich die Pflanzen stärker voneinander. Die Spanne der Bewertungspunkte lag hier zwischen 2 (ein Individuum aus H-24) und 7 (sieben Individuen aus verschiedenen Populationen), wobei die meisten Pflanzen mindestens 5 Punkte erzielten. Auffällig hoch fiel bei nahezu allen Individuen der Aromawert aus, der sich aus den Komponenten Aromareinheit, -feinheit und -intensität zusammensetzt. Hinsichtlich der Aromaintensität bekamen allein 16 Pflanzen den Wert 7, und drei Pflanzen (H-18/1, H-33/18 und H-35/2) den Höchstwert 9.

Insgesamt wurden bei der Feldbonitur somit die meisten Wildhopfenpflanzen gut bewertet und ließen Eigenschaften von der Qualität verschiedener Sorten erkennen. Besonders fiel dabei eine Pflanze aus H-23 auf, die in fast jeder Hinsicht sehr gut abschnitt. Zudem übertraf diese Pflanze mit einem Ertrag von 928 g (netto getr.) nach einer aus H-25 mit 954 g deutlich die Erträge aller übrigen Pflanzen – die

Spanne reichte insgesamt von 344 g bis 954 g, der Gesamtdurchschnitt der Wildpflanzen lag bei knapp 640 g pro Pflanze.

#### **C 4.4.3 Inhaltsstoffanalysen**

Die **Alphasäuregehalte** des Wildhopfens wurden 1997 an 17 Populationsmischproben *in situ* und 2000 an 39 Einzelpflanzen aus 20 Populationen *ex situ* ermittelt. 1997 reichte die Spanne der Werte von 1,19 % (H-27) bis 4,79 % (H-6). Unter Anbaubedingungen lagen die Werte im Populationsdurchschnitt zwischen 1,12 % (H-24) und 7,70 % (H-35), wobei sich die einzelnen Individuen innerhalb einer Population jedoch z. T. beträchtlich unterschieden (Abb C-11, vgl. Tab. 27 und 28, Anhang).

Beim Vergleich der beiden Analysejahre ist zu beachten, daß der Wildhopfen *in situ* befruchtet war, *ex situ* in diesem Jahr hingegen nicht. Dennoch zeigten sowohl die im Gelände als auch die im Anbau geernteten Blütenstände deutlich höhere Werte als von Züchtern für Wildhopfen angenommen wird. Zum Vergleich wurden 30 Wildhopfenpflanzen unterschiedlicher Herkunft aus den Anbaugebieten Hüll und Rohrbach herangezogen. Dabei erreichte eine Pflanze einen Alphasäurenwert von 2,8 %, während sich alle übrigen zwischen 0 und 2,0 % bewegten (LUTZ, schriftl. Mittlg.).

In den meisten Fällen erreichten die Herkünfte *ex situ* höhere Werte als *in situ*, doch konnte bei vier Populationen (H-18, H-23, H-24 und H-25) auch der umgekehrte Fall festgestellt werden. Bei H-24, aus der nur ein Individuum *ex situ* beerntet wurde, betrug die Differenz der beiden Werte über 72 % (1997: 4,1 %, 2000: 1,12 %). Die Zunahmen beliefen sich sowohl auf sehr geringe Anteile (z. B. H-6, bei der die Werte etwa gleich blieben), als auch auf beträchtliche Anteile: Der bei H-27 im Anbau ermittelte Alphasäuregehalt übertraf den am natürlichen Wuchsort ermittelten Wert um mehr als das dreifache (3,77 % gegenüber 1,19 %). Der höchste überhaupt gemessene Wert (aus H-35) lag ebenfalls über das dreifache höher als der derselben Population *in situ* (8,95 % gegenüber 2,86 %).

Insgesamt waren somit bei den Mischproben der Populationen Unterschiede zwischen den einzelnen Herkünften feststellbar (s. auch Tab. 28, Anhang). Unter Anbaubedingungen lagen bereits auf der Ebene der Individuen deutlich unterschiedliche Alphasäuregehalte vor.

Der **Vergleich der Alphasäurenwerte von Wildhopfen und Kulturhopfen 2000** ergab, daß v. a. die Edel- und Hochalphasorten innerhalb der Bittersorten wie *Halbertauer Magnum* oder *Taurus* erwartungsgemäß insgesamt deutlich höhere Werte aufwiesen als der Wildhopfen. Spitzenwerte erreichte in diesem Jahr die Sorte *Tau-*

rus mit 14,9 %<sup>4</sup>. Im Vergleich zu den derzeit im Anbau befindlicher Aromasorten wie beispielsweise *Saazer*, *Hersbrucker*, *Tettnanger*, *Spalter Select*, *Hallertauer Tradition* und *Perle* erreichten jedoch einzelne Wildhopfen – z. B. Individuen aus H-6, H-33 und H-35 – mit 6-8 % Gehalte, die im Bereich der genannten Sorten lagen (vgl. Abb. C-11).

#### C 4.4.4 Infektionstests mit Pathogenen

Von den im Hopfengarten in Hüll kultivierten Wildhopfenpflanzen wurden 39 auf ihr Verhalten gegenüber den Krankheitserregern *Pseudoperonospora humuli* (*Peronospora*), *Botrytis cinerea* (*Botrytis*) und *Sphaerotheca humuli* (Echter Mehltau) bonitiert.

Im Frühjahr 2000 wurde an sieben der untersuchten Pflanzen *Peronospora*-Primärinfektion festgestellt, die jedoch in allen Fällen sehr schwach eingestuft wurde<sup>5</sup>. 32 Pflanzen ließen keine Symptome erkennen. Im Verlauf des Jahres zeigten drei Pflanzen (H-6/4, H-25/19 und H-25/20) kein Krankheitsbild. Alle übrigen Individuen wiesen mehr oder weniger starke Symptome der *Peronospora*-Sekundärinfektion auf. Auf der Skala von 0 (kein Befall) bis 9 (sehr starker Befall) lagen die niedrigsten Werte mit 4,2 bei H-16/1 und 4,3 bei H-35/4. Spitzenwerte bekamen H-23/12 mit 8,6 und H-13/16 mit 8,5. 18 Pflanzen bewegten sich auf der Skala zwischen 5 und 6 und jeweils sieben Pflanzen zwischen 6 und 8.

Innerhalb einiger Populationen verhielten sich die Pflanzen ähnlich, so z. B. bei H-18, aus der alle vier Pflanzen mittelstark befallen waren (alle 5,3) oder H-33, deren acht Individuen sich zwischen 5,3 und 6,4 bewegten. Als sehr heterogen dagegen erwiesen sich beispielsweise die sechs Individuen aus H-25, von denen zwei keine Symptome zeigten, drei im mittleren Bereich lagen und eine Pflanze stark befallen war (7,5).

15 im Vergleich hinzugezogene Pflanzen der Sorten *Hallertauer Mittelfrüher*, *Hallertauer Tradition* und *Perle*, die sich im gleichen Anbaufeld bonitiert wurden, zeigten ausnahmslos Symptome der Sekundärinfektion. Insgesamt jedoch waren sie – von den nicht befallenen Wildpflanzen abgesehen – weniger stark befallen als der Wild-

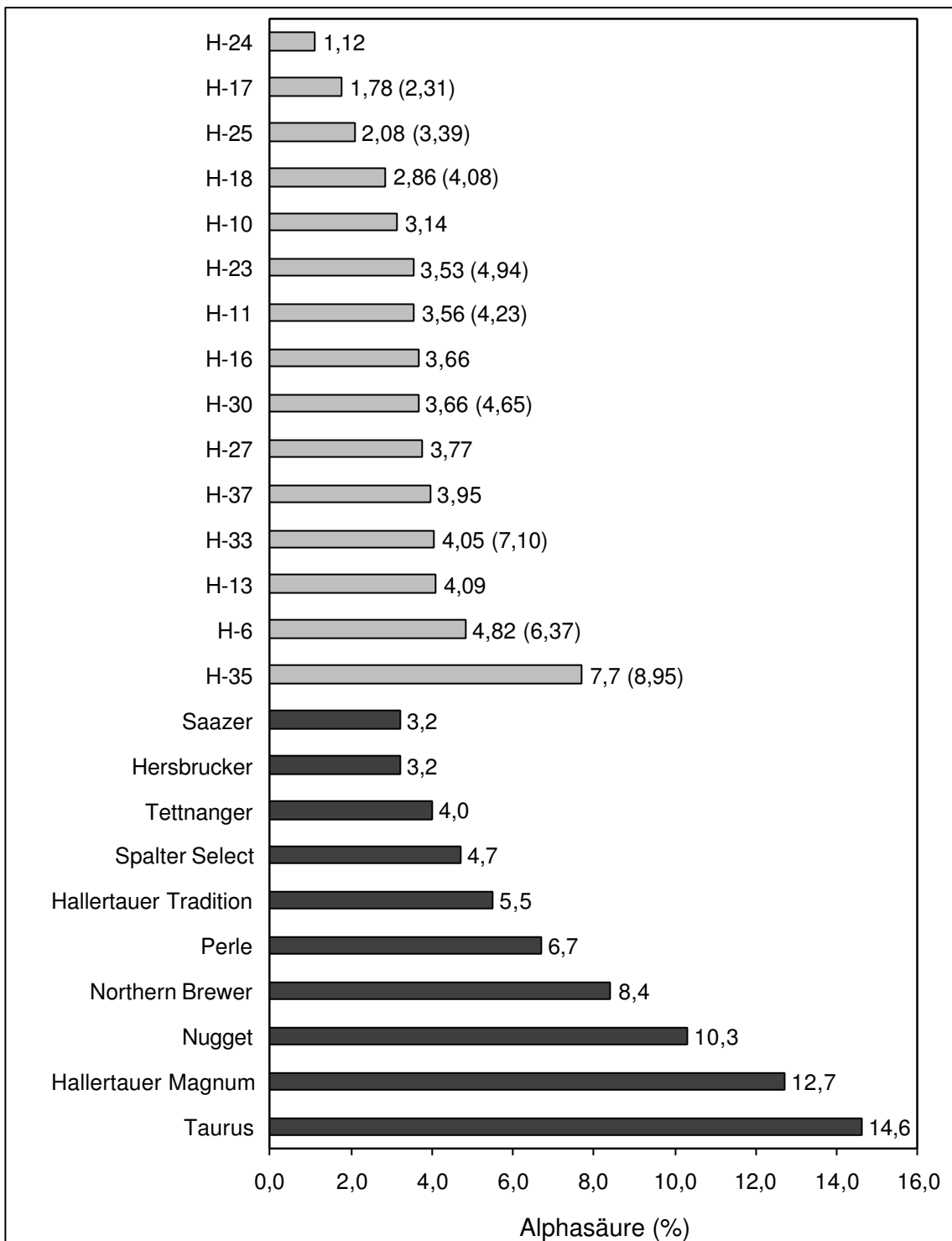
---

<sup>4</sup> Hier findet sich ein Bezug zu den Ergebnissen der molekulargenetischen Untersuchungen, aus denen eine klare Abgrenzung von Wildpflanzen und Kultursorten aufgezeigt wurde. Letztere bildeten eine eigene, gut definierte Gruppe mit sortenspezifischen genetischen Mustern. Dennoch verfügten die Wildherkünfte über eine größere Zahl an Banden und wiesen eine höhere genetische Varianz als die Sorten auf.

<sup>5</sup> Die Primärinfektion wird mit beginnendem Austrieb der Pflanzen im Frühjahr erkennbar. Ausgelöst durch den über das Rhizom eindringenden Pilz zeigen sich erste Symptome an den jungen Sprossen und Blättern, die gestaucht bzw. (als „Bubiköpfe“) nach unten zusammengekrallt sind. Die darauffolgende Sekundärinfektion äußert sich – sofern die Pflanzen nicht behandelt wurden – durch fleckige und unterseits durch Pilzsporen grauschwarze Blätter sowie durch Verhärten und Absterben der Zapfen (KREMHELLER & DIERCKS 1983).

hopfen; die Spanne reichte von 2,4 bis 6,4 auf der genannten Skala. Innerhalb der Sorten verhielten sich die Einzelpflanzen ähnlich unterschiedlich wie der Wildhopfen.

Hinsichtlich des Befalls mit *Botrytis cinerea* zeigte lediglich eine Pflanze (H-25/8) in geringem Maße Symptome.



**Abb. C-11** Alphasäuregehalte der Wildhopfenpopulationen *ex situ* (Mittelwerte, in Klammern: höchster Wert einer Pflanze der betreffenden Population). Sorten: Mittelwerte aus fünf bis zehn Erntejahren (1991-2000), aus LBP (2000b).

*Fig. C-11* Alpha acid content in wild hop populations *ex situ* (average, in parenthesis: highest result for a plant in the respective population). Varieties: average from five to ten harvests (1991-2000), from LBP (2000b).

Zur Feststellung der Reaktion gegenüber Erregern des Echten Mehltaus wurden 39 Pflanzen einer gezielten Mehltauprüfung im Gewächshaus unterzogen. Im Ergebnis erwiesen sich schließlich fünf Pflanzen (H-18/4, H-18/6, H-18/8, H-23/7 und H-30/16) als absolut mehltairesistent. In allen Fällen handelte es sich um eine nach bisherigem Kenntnisstand unbekannte Mehltairesistenz. Diese Ergebnisse sind von großer Bedeutung für die Züchtungsforschung: Im Jahr 2001 wurden bereits erste Kreuzungen zwischen Wildhopfen und Kulturhopfen durchgeführt.

#### **C 4.5 Zusammenfassung**

Von 32 ausgewählten Wildhopfenpopulationen aus Nordrhein-Westfalen, deren Fundstellen standörtlich sowie durch Florenlisten beschrieben wurden, wurden einerseits Blätter, andererseits weibliche Infloreszenzen morphologisch untersucht. Die Anzahl der *in situ* untersuchten Populationen fiel im Verlauf der Jahre aus methodischen Gründen unterschiedlich aus und schwankte für die Blattproben zwischen 15 und 27 (347 bis 930 Blätter) und für die Infloreszenzproben zwischen 16 und 24 (127 bis 188 Infloreszenzen). Unter Anbaubedingungen erfolgten Messungen an 144 Blütenständen von Pflanzen aus 18 Wildpopulationen sowie 56 Blütenständen von drei Kultursorten.

Inhaltsstoffanalysen sowie Infektionstests mit Pathogenen wurden an jeweils 39 Individuen aus 19 Populationen durchgeführt. Molekulargenetisch wurden 100 Wildpflanzen aus 20 Populationen sowie 10 Kultursorten untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur **Morphologie der Hopfenblätter** lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Eine Differenzierung der Wildhopfenpopulationen anhand der Blätter *in situ* war mit Hilfe der erhobenen morphometrischen Daten nur in sehr geringem Umfang möglich. Lediglich einzelne Populationen wiesen Merkmale auf, in denen sie sich signifikant von anderen Populationen unterschieden. Hierbei handelte es sich um die Indices zur Beschreibung der Blattformen.
- Der Vergleich der 1997 und 1998 jeweils *in situ* erhobenen Daten ergab ein heterogenes Bild: Die meisten Populationen unterschieden sich in beiden Jahren nicht signifikant voneinander, während einige Populationen deutliche Differenzen aufwiesen.
- Die Differenzierung von drei Populationen *ex situ* war auf Populationsniveau nur schlecht möglich. Dagegen resultierte bei der Betrachtung der einzelnen Individuen eine recht gute Klassifizierung. Es bestand ein Zusammenhang zwischen den Blattmerkmalen und der Kräftigkeit des Wuchses der Pflanzen.
- Geschlechtsspezifische Ausprägungen im Blattbereich konnten nicht festgestellt werden.

Aus der Untersuchung der **Morphologie der weibliche Blütenstände** resultierte:

- Etwa die Hälfte der Populationen, die *in situ* untersucht wurden, wies populations-spezifische Eigenschaften im Blütenstandsbereich auf und ließ sich von anderen Populationen unterscheiden. Alle übrigen Populationen erwiesen sich als heterogen.
- Im zweiten Jahr ließen sich ebenfalls einige Populationen fassen, doch stimmten weder die Populationen noch die differenzierenden Merkmale mit denen des Vorjahres überein.
- Die meisten Populationen ließen sich *ex situ* aufgrund der Eigenschaften im Blütenstandsbereich gut gegeneinander abgrenzen. Die wichtigsten differenzierenden Merkmale waren die Brakteenbreite und -form.

Die Suche nach **gruppierbaren Populationen** sowie **Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und übergeordneten standörtlichen Parametern** (Höhenlage, Niederschlag) ergab:

- Die Populationen einer Großlandschaft waren sich hinsichtlich der Blütenstände untereinander nicht ähnlicher als Populationen verschiedener Großlandschaften.
- Innerhalb der Großlandschaften wiesen die Populationen so große morphologische Unterschiede zueinander auf, daß sie sich alle sehr gut gegeneinander abgrenzen ließen. Selbst nah benachbarte Populationen zeigten deutliche Unterschiede zueinander.
- Die untersuchten Populationen ließen sich anhand der Merkmale der Infloreszenzen nicht nach übergeordneten Parametern (Höhenlage, Niederschlägen) gruppieren.

Der **Vergleich von *In-situ*- und *Ex-situ*-Pflanzenmaterial** ergab:

- Die *ex situ* vermessenen Blätter unterschieden sich signifikant im Blattspreitenindex von den Blättern derselben, im Gelände beprobten Populationen.
- Die Differenzen zwischen *in situ* und *ex situ* waren größer als die zwischen zweier *in situ* genommener Blattproben aufeinanderfolgender Jahre.
- Fast alle *in situ* beprobten Populationen von denselben Populationen aus dem Anbau unterscheiden. Dies betraf in erster Linie die Brakteendichte, die *ex situ* größer war als *in situ*. Als sehr variabel erwiesen sich die Spindellängen, die über mehrere Jahre vermessen wurden.
- Hinsichtlich der Alphasäuregehalte gab es sowohl Populationen, deren Werte im Anbau höher lagen als am Fundort, als auch solche, deren Werte niedriger ausfielen.

Aus dem **Vergleich von Wildhopfen und Kulturhopfen** konnten die folgenden Ergebnisse erzielt werden:

- Die Blätter der Sorte *Hallertauer Tradition* unterschieden sich nicht signifikant von denen der im selben Versuchsfeld angebauten Wildhopfenpflanzen. Die Sorte *Nugget* stand in morphologischer Hinsicht abseits von den Wildpflanzen.
- Die (befruchteten) Blütenstände von drei Sorten und 18 Wildpopulationen unterschieden sich v. a. in der Anzahl der Brakteenpaare, die bei den Sorten in höherer Zahl pro Zapfen ausgebildet waren. Weitere Unterschiede bestanden abgesehen von der Spindellänge nicht.

Die Ergebnisse der **Bonitierung** (Handbeurteilung, Feldbonitur, Inhaltsstoffe und Pathogene) können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Die *in situ* gesammelten Wildhopfenproben schnitten in der sog. Handbeurteilung relativ gut ab. Als wertgebend wurden v. a. die Aromawerte beurteilt, wertmindernd war der hohe Anteil befruchteter Blüten sowie der leichte Zerfall der Blütenstände.
- Die Ergebnisse der Feldbonitur (*ex situ*) fielen relativ gut aus. Einzelne Pflanzen erreichten sowohl im Infloreszenz- als auch im Sproß- und Blattbereich überdurchschnittlich hohe Werte.
- Die  $\alpha$ -Säuregehalte der *ex situ* beprobten Pflanzen unterschieden sich innerhalb der Populationen z. T. beträchtlich. Die für Wildhopfen angenommenen Werte von 0-2,5 % wurden von fast allen untersuchten Wildhopfen übertroffen. Der maximale gemessene Wert lag bei fast 9 %.
- Zahlreiche Wildpflanzen reichten in den für Aromasorten angegebenen Bereich (dies galt sowohl *in situ* als auch *ex situ*). Die  $\alpha$ -Säuregehalte gängiger Hochalphasorten liegen mindestens doppelt so hoch wie die der untersuchten Wildpflanzen.
- Drei von 39 Wildpflanzen wiesen keinerlei Befallssymptome der Sekundärinfektion mit *Peronospora* (*Pseudoperonospora humuli*) auf. *Botrytis* (*Botrytis cinerea*) wurde bei einer Pflanze festgestellt.
- Bei fünf Individuen aus drei Populationen konnte eine bisher unbekannte Mehltauresistenz festgestellt werden (*Sphaerotheca humuli*). Diese Pflanzen werden bereits in der Züchtung eingesetzt.



### III Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit stellt die Ermittlung von intraspezifischer Diversität von Wildpflanzen dar. Bei den drei ausgewählten Pflanzenarten handelt es sich um indigene, natürlich vorkommende Verwandte rezent genutzter Kulturpflanzen, die innerhalb des Untersuchungsgebietes – von regionalen Ausnahmen abgesehen – weit verbreitet sind. Bewußt wurden Arten unterschiedlicher Biologie und Ökologie gewählt. Von den beiden Arbeitshypothesen ausgehend (vgl. Kap. 2.2 der Einleitung) sollen die Ergebnisse eine Grundlage für eine neue Orientierung naturschutzfachlicher Fragestellungen bieten, besonders im Hinblick auf die Entwicklung von *In-situ*-Schutzkonzepten, die den Erhalt der Vielfalt unterhalb des Artniveaus zum Ziel haben. Eine zweite Grundlage soll der Züchtungsforschung gestellt werden, da auf diesem Gebiet in der Regel Kenntnisse über die Eigenschaften von Wildvorkommen der betreffenden Arten fehlen. Hierzu zählen genaue Beschreibungen der Merkmale von züchterischer Relevanz, begleitet von präzisen Angaben zu Lokalisierung und zu standörtlichen Gegebenheiten der Bestände.

Die folgende Diskussion soll zunächst einen kurzen Überblick über bereits durchgeführte oder laufende Forschungsvorhaben geben, um die vorliegende Arbeit in den aktuellen Zusammenhang einzubetten. Anschließend erfolgt die Analyse der Ergebnisse jeder der drei Arten vor dem Hintergrund der vorgegebenen Zielsetzung. Die Diskussion schließt mit einer Bewertung der Ergebnisse im Hinblick auf mögliche Konsequenzen für die züchterische Praxis sowie auf ihre Bedeutung für den Naturschutz ab.

#### 1 Einbettung der Arbeit in den Forschungskontext

Arbeiten zur intraspezifischen Diversität werden mit verschiedenen Zielsetzungen durchgeführt:

1. Systematische (Neu-) Gliederung einer Sippe; z. B. SMALL (1978), TITZ & TITZ (1982), CHRISTENSEN (1984), ERICSSON (1992), HANSEN et al. (2000)
2. Untersuchungen zur ökologischen Anpassung der Art; z. B. STEINMEYER et al. (1985), ZOPFI (1991 und 1993a, b), ZEIDLER et al. (1994)
3. Ermittlung evolutiver Prozesse; z. B. KAWANO et al. (1999), NEUFFER & LINDE (1999)
4. Diversität in kleinen, fragmentierten und/oder stark gefährdeten Populationen; z. B. LESICA et al. (1988), OOSTERMEIJER (1996), LUIJTEN et al. (2000)
5. Intraspezifische Diversität von Pflanzen, die genetische Ressourcen darstellen; Grundlagen für *In-situ*-Schutzkonzepte; z. B. BEGEMANN (1988), OETMANN (1994), SCHUMANN (1996).

Im Unterschied zu den fünf erwähnten Ausrichtungen liegen der vorliegenden Arbeit folgende Besonderheiten zugrunde:

- a) Bei keiner der drei Pflanzenarten sind systematische Untergliederungen, z. B. in Form von Ökotypen, Varietäten oder gar Unterarten bekannt, so daß Angaben über das morphologische Spektrum der Arten und ihre genetische Variabilität fehlen<sup>1</sup>. Derartige Vorgaben dienen oftmals als Anhaltspunkte für meßbare Variabilität innerhalb der Art.
- b) Das Untersuchungsgebiet Nordrhein-Westfalen stellt im Vergleich zum Gesamtareal der Arten einen sehr kleinen räumlichen Ausschnitt von zudem verhältnismäßig geringer naturräumlicher Differenzierung dar. Dies erschwert die Ermittlung von Diversität unterhalb des Art-niveaus beträchtlich. Arbeiten zur intraspezifischen Diversität umfassen in der Regel einen großflächigen Ausschnitt des Verbreitungsgebietes.

Neben den morphologischen und den molekulargenetischen Untersuchungen wurden Merkmale von züchterischem Interesse evaluiert. Hierzu zählen Pathogenitätstests sowie Analysen der Inhaltsstoffe.

---

<sup>1</sup> Eine Ausnahme stellt die Kulturform *Valerianella locusta* var. *oleracea* (SCHLECHT.) BREISTROFFER dar, die für die vorliegenden Untersuchungen außer Betracht gelassen wurde (vgl. A 1.1).

## 2 Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen

### 2.1 *Valerianella locusta* (Echter Feldsalat)

#### a) Die untersuchten Populationen ließen sich unter gleichen Anbaubedingun- gen (*ex situ*) zum großen Teil sehr gut gegeneinander abgrenzen.

Jede stichprobenhaft untersuchte Feldsalatpopulation stellte unter gleichartigen Anbaubedingungen eine in sich relativ homogene, morphologisch eigenständige Einheit dar, die sich von anderen gut abgrenzen ließ. Alle Populationen verfügten über für sie charakteristische, genetisch bedingte Eigenarten, wobei manche dabei durch extreme Eigenschaften stärker auffielen als andere. Die Differenzierung der Bestände gelang sowohl über das Rosettenstadium als auch über den Sproß- und Blütenbereich sowie das Tausendkorngewicht.

Im Rosettenstadium unterschieden sich die Feldsalatpopulationen in erster Linie durch unterschiedlich große Keimblätter und Folgeblätter voneinander. Daß dabei lediglich unterschiedliche Wachstumsphasen erfaßt wurden, kann deshalb weitgehend ausgeschlossen werden, weil bei der weiteren Entwicklung keine deutlichen Veränderungen der Blattgrößen mehr festgestellt werden konnten. Setzte sich das Wachstum noch in geringem Maße fort, so blieben die bestehenden Proportionen erhalten. Ein weiterer Hinweis dafür, daß es sich bei den verschiedenen Größen um genetische Unterschiede handelte, stellte die Vermessung der Tragblätter dar, die als Folgeblätter der Rosettenblätter verstanden werden können und deren Größenverhältnisse mit denen der Rosetten übereinstimmten. Schließlich bestätigten sich die Ergebnisse im Wiederholungsanbau insofern, als die Größenverhältnisse der Blätter zwischen den verschiedenen Populationen übereinstimmten, auch wenn die absoluten Meßwerte dabei nicht vollkommen reproduzierbar waren. Abgesehen von der Größe lagen weitere Unterschiede in den Formen der Rosettenblätter.

Bei den Sprossen beruhten die Unterschiede zwischen den Individuen der verschiedenen Herkünfte in erster Linie auf den Internodienlängen sowie deren Relationen zueinander. WAGENITZ (1970) gibt hinsichtlich der Internodienlängen lediglich an, daß die ersten (1.-5.) Glieder stark verlängert oder doch deutlich entwickelt sind und nicht mit (Primar-) Blüten abschließen, während die folgenden, blütentragenden, gestaucht bleiben.

In vorliegenden Untersuchungen konnte jedoch gezeigt werden, daß nicht alle Internodien gleichermaßen an der Gesamthöhe der Pflanzen beteiligt sind, sondern daß ein bis zwei Internodien in der Zusammensetzung des Sprosses dominieren. Um welche es sich dabei handelte, erwies sich als populationsspezifische Eigenschaft, da sich bei fast allen Herkünften der Aufbau des Sproßsystems im zweiten Anbau-

jahr bestätigte. Diese unterschiedlichen Arten der Wuchsweise fanden ihre Übereinstimmung im Gesamthabitus der Pflanzen, wobei kleinwüchsige bis hochwüchsige Formen mit unterschiedlicher sproßstabilität beschrieben wurden. Letztere verfügten meist über ein fünftes Internodium über der ersten Verzweigung, während dieses bei anderen Populationen fehlte.

Bei der Suche nach Gemeinsamkeiten zwischen den Herkünften jeder der Kategorien fiel lediglich die Gruppe der drei Populationen aus dem Niederrheinischen Tiefland auf – zu der allerdings auch zwei Eifelpopulationen gehören. Innerhalb der Großlandschaft Niederrheinisches Tiefland liegen ähnliche klimatische Verhältnisse vor, doch könnte auch die Bewirtschaftungsweise der Wuchsorte Einfluß darauf haben, daß die Blütenstände nicht erst nach einer längeren Wachstumsphase des darunter befindlichen Internodiums ausgebildet werden. Allerdings spricht gegen diese Vermutungen das Verhalten der beiden Populationen aus der Eifel, deren Standorte denen der drei niederrheinischen Populationen weder in klimatischer noch in standörtlicher Hinsicht ähnlich sind. Einer vertiefenden Beurteilung dieser Befunde könnte beispielsweise eine gezielte Überprüfung verschiedener Umwelteinflüsse auf das Wachstum der Pflanzen vorausgehen.

Bezüglich der Früchte wurde festgestellt, daß das Tausendkorngewicht im Vergleich der beiden Anbaujahre bei derselben Population z. T. sehr unterschiedlich ausfiel. Nach Aussagen von Züchtern sind die ermittelten Schwankungen durchaus als normal zu werten (SCHIEDER, mdl. Mittlg.). Auch bei den Sorten sind Gewichtsunterschieden von 20 - 30 % nicht ungewöhnlich und werden mit dem jeweiligen Nährstoffangebot begründet.

Neben den morphologischen Eigenschaften konnten deutliche Unterschiede in der Phänologie der Bestände aufgezeigt werden. Da sich die Pflanzen zu diesem Zeitpunkt im Freiland befanden, können witterungsbedingte Einflüsse auf die Dauer der Blühzeit nicht ausgeschlossen werden. Die zu Beginn der phänologischen Beobachtungen vorherrschende kalte Witterung bewirkte möglicherweise eine längere Blühphase als das Anfang Mai einsetzende wärmere und trockenere Wetter, das ein schnelleres Verblühen zur Folge gehabt haben könnte. Ein Vergleich mit dem Anbau des Vorjahres zeigte jedoch dieselbe Blühabfolge der Populationen wie im Wiederholungsanbau, so daß sich insgesamt die relativen Blühabfolgen der Populationen zueinander als konstant erwiesen, während die Länge der Blühdauer möglicherweise unter dem Einfluß der gegebenen Witterung variieren kann. Bei Populationen, die gleichzeitig zu blühen begannen, aber unterschiedlich lange blühten, ist mit großer Wahrscheinlichkeit von genetisch fixierten Unterschieden auszugehen. Untersuchungen, die speziell dem Blühverhalten dienen, müßten kontrollierte Temperatur-, Boden- und Lichtvariationen enthalten; so zeigten z. B. NEUFFER & HURKA (1986) sowie STEINMEYER et al. (1985) deutliche von diesen Faktoren beeinflusste phänologische Differenzen zwischen Populationen von *Capsella bursa-pastoris*.

Eine Bewertung der ermittelten Diversität, d. h. ob es sich insgesamt um geringfügige oder beträchtliche Unterschiede zwischen den Populationen handelt, ist insofern schwierig, als in der Literatur i. d. R. keine Angaben über das morphologische Spektrum innerhalb der Art vorliegen und diese sich auf die Ausprägungen am natürlichen Standort und nicht auf die unter gleichartigen Anbaubedingungen beziehen. Die Höhe der Pflanzen wird z. B. bei WAGENITZ (1970) mit 8-30 (-40) cm angegeben. Bei den verschiedenen nordrhein-westfälischen Populationen wurde im Anbau eine durchschnittliche Höhe zwischen 8,5 cm und 20,4 cm (2. Jahr: 10,9 cm bis 21,4 cm) gemessen. Die geringere als in der Literatur angegebene Variationsbreite könnte zum einen mit den gleichartigen Bodenbedingungen zusammenhängen, bei denen z. B. keine erhöhte Nährstoffzufuhr durch Düngung erfolgt ist, zum anderen aber auch mit der Größe des Untersuchungsgebietes, das im Vergleich zum Gesamtareal, auf das sich die Größenspanne bezieht, klein ist und in dem nicht die gesamte Bandbreite des Feldsalats erfaßt werden kann. Möglicherweise entwickeln Pflanzen anderer Regionen auch genetisch bedingt größere Gesamthöhen als die aus Nordrhein-Westfalen. Die Messungen am natürlichen Wuchsort entsprachen dagegen denen der Literatur: Hier wurden Höhen zwischen 7 cm und 38 cm gemessen, wobei aber auch extreme Einzelfälle mit bis zu 55 cm auftraten.

Weitere Größenangaben finden sich bei WAGENITZ zur Blütenkrone und zur Fruchtlänge. Erstere wird bei ihm lediglich mit „etwa 1,5 mm“ lang beschrieben, wobei daraus nicht hervorgeht, ob es sich um den Kronsaum oder die Kronröhre handelt. In den vorliegenden Untersuchungen lag die Länge des *ex situ* gemessenen Kronsaums mit durchschnittlich 1,88 mm etwas über diesem Wert, die der Kronröhre mit 1,10 mm etwas darunter. Bei beiden Merkmalen konnten bei einer gewissen Bandbreite der Meßwerte signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Populationen festgestellt werden, so daß angenommen werden kann, daß es sich hierbei ebenfalls um genetisch bedingte, populationsspezifische Eigenschaften handelt.

Hinsichtlich der Früchte wichen die gemessenen Werte deutlich von denen bei WAGENITZ angegebenen ab. Im Gegensatz zu den dort erwähnten 2-5 mm langen Früchten erreichten die der nordrhein-westfälischen Wildpopulationen lediglich 2,04 mm bis 2,18 mm. Diese Spanne erwies sich somit als deutlich enger als die aus der Literatur. Ursachen hierfür könnten zum einen in der Differenz zwischen den Ausprägungen *in situ* und *ex situ* liegen. Allerdings kann dies durch die vorliegenden Untersuchungen nicht bestätigt werden, denn bei keiner untersuchten Population fielen Früchte auf, die *in situ* annähernd eine Länge von 5 mm erreicht hätten. Zum anderen könnte das kleinräumige Untersuchungsgebiet der Grund dafür sein, daß nur ein Ausschnitt an Genotypen erfaßt wurde.

Als wesentliche Faktoren, die für die Abgrenzbarkeit der meisten Bestände in Betracht kommen, sind die bei *Valerianella locusta* in sehr hohem Maße anzunehmen-

de Selbstbefruchtung sowie die Ausbreitung der Früchte über nur geringe Distanzen zu nennen. Auf diese Weise ist zwischen verschiedenen Beständen die Wahrscheinlichkeit genetischen Austauschs sehr gering und ist lediglich infolge geringfügiger Pollenübertragung durch kleine Insekten denkbar. Eine Durchmischung von Beständen durch die Verbreitung der Früchte durch Tiere, Wasser oder Wind scheint ebenfalls von untergeordneter Bedeutung zu sein, da die Früchte über keine speziellen Ausbreitungsmechanismen verfügen.

Während die Mehrzahl der untersuchten Bestände relativ homogen in sich war, erwiesen sich auch einzelne Populationen als heterogen. Besonders fielen dabei die vier Herkunftsorte unterschiedlicher Standorte und verschiedener Großlandschaften F-4b (Acker, Eifel), F-19 (Deich, Niederrhein), F-31b (Wegböschung, Weserbergland) und F-33 (Acker, Eifel) auf. Die Individuen dieser Populationen zeichneten sich entweder durch ungleichen Wuchs und/oder unterschiedliche Blühzeitpunkte aus und waren mit Hilfe der statistischen Verfahren nicht gut zusammenzuhalten.

Verschiedene Gründe können grundsätzlich für die Heterogenität verantwortlich sein: Heterogene Standortverhältnisse am jeweiligen Wuchsort können zu einer Selektion unterschiedlicher Genotypen geführt haben. In Kombination mit einer ungleichmäßigen Bewirtschaftung könnte diese Annahme für F-31b zutreffen, die an einer Böschung siedelt, an der die Feldsalatpflanzen sowohl unter Gebüsch als auch in von Gräsern dominierten Bereichen vorkommen, schließlich aber auch offene, sonst unbewachsene Teilflächen einnehmen. Während die gebüschfreien Bereiche regelmäßig gemäht werden, unterbleibt die Mahd der Flächen im Umfeld der Gebüsche und erfolgt erst in unregelmäßigem Abstand nach Durchführung von Gehölzrückschnitten.

Eine heterogene Zusammensetzung eines Feldsalatbestandes kann desweiteren darauf zurückzuführen sein, daß Pflanzen unterschiedlicher Herkunft einen neuen Lebensraum besiedelt haben, ohne jedoch zunächst an diesen Wuchsort vollständig angepaßt zu sein. Dies könnte für F-4b zutreffen. Der betreffende Acker war kurz vor Beginn der Untersuchungen in das Ackerrandstreifenprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen (MURL 1998) aufgenommen worden, während davor noch intensiv gewirtschaftet wurde. Drei Jahre später erfolgte eine Nutzungsänderung durch Umwandlung zur Pferdeweide. Wichtig in diesem Zusammenhang wären Kenntnisse über die Samenbank im Boden sowie den Einfluß von Nutzungsänderungen auf das Keimungsverhalten (vgl. z. B. VAN ELSSEN 1994, BOSBACH et al. 1982). HURKA & HAASE (1982) konnten für *Capsella bursa-pastoris* nachweisen, daß sich die eher homogenen Populationen auf ein Gründerindividuum zurückführen ließen. Denkbar wäre dies auch für *Valerianella locusta* – wobei Untersuchungen hierzu nicht vorliegen. Es zeigte sich allerdings, daß auch bei sehr homogenen Populationen die Mehrzahl der Individuen genetisch identifizierbar, d. h. nicht identisch war (WUNDER, mdl. Mittlg.).

Interessant wäre im Rahmen dieser Vermutungen eine Zählung der Chromosomen, da die Angaben in der Literatur diesbezüglich uneinheitlich sind. So scheint die häufigste Chromosomenzahl  $2n = 16$  zu sein (ERNET in WAGENITZ 1970 und TUTIN et al. 1976), doch gibt z. B. OBERDORFER (1994)  $2n = 14, 16$  oder  $34$  an. DARLINGTON & WYLIE (1955) nennen dagegen nur  $2n = 14$ . Möglicherweise liegt die Ursache für die stark abweichenden Phänotypen in der Polyploidie.

**b) Es bestanden beträchtliche Differenzen zwischen den *in situ* und den *ex situ* untersuchten Populationen.**

Bei den vergleichenden Untersuchungen der *in situ* mit den *ex situ* vermessenen Pflanzen übereinstimmender Populationen zeigte sich, daß die natürlichen Standortgegebenheiten zu einer Überdeckung der genetisch festgelegten Merkmalsausprägungen führten. Bei der Mehrzahl der ausgewerteten Merkmale *in situ* handelte es sich um Modifikationen, die einen eindeutigen Zusammenhang zu den (auch kleinräumig ausgeprägten) Standortverhältnissen erkennen ließen.

Unter Ausschluß von Modifikationen durch Anbau unter gleichen standörtlichen Konditionen zeigten sich dagegen die verschiedenen Populationen deutlich homogener als *in situ*. Da sich zwischen den sowohl *in situ* als auch *ex situ* vermessenen Pflanzen kaum Übereinstimmungen oder proportional zueinander stehende Eigenschaften fanden, zeigt sich die Bedeutung der *Ex-situ*-Untersuchungen hier deutlich. Vergleichbaren Untersuchungen, die sich lediglich auf *In-situ*-Material beziehen, kann somit ein wichtiger Bereich fehlen, in dem entscheidende Informationen über die genetische Ausstattung der Pflanzen liegen. Auch eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ist lediglich über die Untersuchungen außerhalb des natürlichen Standortes gewährleistet.

**c) Trotz der Differenzierbarkeit der Großlandschaften zeigte sich Variation zwischen den Populationen innerhalb jeder Großlandschaft.**

Der Vergleich von Feldsalatpopulationen aus drei Großlandschaften Nordrhein-Westfalens ergab in beiden Anbaujahren, daß morphologische Differenzen zwischen den Gruppen bestanden. Über eine Erklärung dieser zwar vagen, aber doch nachprüfbar Ähnlichkeiten von Individuen derselben bzw. Unähnlichkeiten von Individuen verschiedener Großlandschaften kann derzeit nur spekuliert werden. Eine denkbare Ursache könnten die klimatischen Gegebenheiten des jeweiligen Großraums darstellen, durch die sich besonders der Niederrheinische Raum von den anderen abhebt: Die kleinere Wuchsform der drei von dort stammenden Populationen F-18, F-19 und F-22 sowie ihre frühzeitig einsetzende Blühphase könnten als Anpassung an die hier früher als an anderen Orten einsetzende Frühjahrswärme und die somit früher im Jahr beginnende Erhöhung der Bodentemperatur an den betreffenden Wuchsorten bei geringer Höhenlage interpretiert werden. Zwischen den Großlandschaften Weserbergland und Eifel dagegen, deren Bestände größere Ähnlich-

keiten zueinander als zu denen des Niederrheinischen Tieflandes zeigten, bestehen geringere naturräumliche Unterschiede.

Für die unterschiedliche Ausprägung der einzelnen Populationen innerhalb jeder Großlandschaft scheinen neben den klimatischen Daten der Großlandschaft die kleinräumigen Faktoren wie lokale Bodenbeschaffenheit, mikroklimatische Unterschiede sowie die jeweilige Bewirtschaftung verantwortlich zu sein. Süd- bis südwestexponierte, wärmebegünstigte Deichböschungen, wie z. B. die Wuchsorte von F-19 und F-22, könnten ebenso Pflanzen mit frühzeitigem Blühbeginn selektieren wie eine sehr früh im Jahr durchgeführte Mahd oder Beweidung, z. B. bei F-18.

Ein Zusammenhang zwischen morphologischer Ähnlichkeit und der geographischen Distanz der Herkünfte bestand nicht. Selbst nah benachbarte Bestände wiesen deutliche Differenzen zueinander auf, so z. B. F-26a und F-26b, die auf aneinander grenzenden Äckern gesammelt wurden. Beide Äcker wurden in zwei der Untersuchungs-jahre gleichartig, in den übrigen Jahren unterschiedlich bewirtschaftet. Während der Wuchsort von F-26a jedes Jahr ähnlich aussah und eher extensiv genutzt wurde, wurde bei F-26b im ersten Jahr noch intensiv Raps angebaut, während in den Folgejahren ebenfalls ein deutlich abgesetzter Randstreifen unbehandelt blieb. Für die unterschiedliche Ausprägung der Bestände scheint somit die Bewirtschaftungsart der Flächen verantwortlich zu sein, möglich ist aber auch, daß die Bestände der beiden Äcker auf unterschiedliche Gründerindividuen zurückzuführen sind und die Distanz zwischen ihnen bereits ausreichte, um zwei nicht im Austausch stehende Bestände hervorzubringen. Weiterführende Untersuchungen könnten z. B. darin bestehen, die maximale Distanz, über die noch Austausch stattfinden kann, zu ermitteln. Hierzu könnte ein Transekt über einen Ackerrandstreifen gelegt und in regelmäßigen Abständen eine Stichprobe untersucht werden, ergänzt durch Untersuchungen zur Vermehrungs- und Ausbreitungsbiologie der Art. Möglicherweise unterscheiden sich bereits innerhalb einer Ackerfläche Teilpopulationen voneinander.

Untersuchungen, die ebenfalls Korrelationen zwischen genetischer Diversität und geographischer Herkunft prüften, erzielten z. T. ähnliche Ergebnisse, wobei es sich jeweils um größere als in vorliegender Untersuchung gegebene Distanzen handelt. So konnten KAWANO et al. (1999) ebenfalls keine Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen ihrer genetischen Untersuchungen an japanischen Populationen von *Arabidopsis thaliana* und deren geographischen Distanzen zueinander nachweisen. Die von DURKA (2000) vermutete genetische Differenzierung von Populationen von *Corrigiola litoralis* verschiedener deutscher Stromsysteme bestätigte sich ebenfalls nicht; großräumig dagegen (unter Einbeziehung französischer Herkünfte) zeigte sich hierbei eine auf geringen, aber klaren Unterschieden beruhende Differenzierbarkeit der Bestände.



Eine wichtige Grundlage für die Erklärung der fehlenden oder in nur unzureichendem Maße nachweisbaren Korrelation zwischen morphologischen Eigenschaften und der geographischen Lage stellt die Kenntnis über die Besiedlungsgeschichte im Untersuchungsgebiet der betreffenden Art dar. Genaue diesbezügliche Daten liegen für *Valerianella locusta* nicht vor, doch werden in der Literatur verschiedene Besiedlungsmuster in Erwägung gezogen. WAGENITZ (1970) nennt beispielsweise das Mittelmeergebiet als Hauptverbreitungsgebiet der Gattung, von wo aus die Arten als Kulturbegleiter auch nach Mitteleuropa verschleppt wurden. Eine Ausbreitung der Art als Kulturbegleiter hieße, daß sich die ersten Vorkommen im Gebiet im Bereich von Äckern und Weinbergen fanden, während die Besiedlung anderer Wuchsorte erst nachfolgend stattfand. Er schließt aber primäre Vorkommen in mitteleuropäischen Sedo-Scleranthetea-Gesellschaften nicht aus. Nach TUTIN et al. (1976) sowie WEBERLING (1969) lassen sich ursprüngliche von eingeschleppten Vorkommen nicht unterscheiden, eine genaue Herkunft der Arten wird für Mitteleuropa hier nicht angegeben.

Eine nicht unerhebliche Rolle spielt ferner die Verwilderung der überwiegend im Freiland angebauten Kulturpflanzen. Obwohl die ersten Angaben über die Nutzung des Feldsalates bis ins 16. Jhd. zurückgehen, fand eine erste Kultivierung der Art wohl erst nach 1700 statt. Mitte des 19. Jahrhunderts waren zwei, Anfang des 20. Jahrhunderts vier Sorten bekannt (KÖRBER-GROHNE 1988). Die Kultursorten stehen bis heute dem wilden Feldsalat durch relativ geringe züchterische Tätigkeit noch recht nahe, und eine Kreuzung von Wild- und Kulturpflanzen führt zu einer phänotypisch den Wildpflanzen äußerst ähnlichen Tochtergeneration (vgl. Abschnitt 3 der Diskussion). Es ist somit nicht auszuschließen, daß verschiedene Wildvorkommen auf ehemals kultivierte Pflanzen zurückzuführen sind.

**d) Populationen, die von Äckern stammten, wiesen z. T. morphologische Ähnlichkeiten auf, unabhängig von der geographischen Distanz ihrer Wuchsorte zueinander.**

Die zunächst durch reine Beobachtung aufgestellte Vermutung, daß sich Feldsalatpflanzen, die von Äckern stammen, morphologisch von solchen anderer Standorte differenzieren lassen, bestätigte sich schließlich durch statistische Tests und war auch in der Wiederholung des Anbaus reproduzierbar. Da sich jedoch auch Ausnahmen wie F-30 unter den Populationen befanden, die von einem Acker gesammelt wurde, jedoch im Gegensatz zu den anderen Feldsalaten von Äckern relativ kleine Rosettenblätter hervorbrachte und durch eher geringe Wuchshöhe auffiel, können die Ergebnisse lediglich eine Tendenz nachzeichnen, die in vertiefenden Untersuchungen überprüft werden müßte. Hierzu müßten die Untersuchungen von *Valerianella locusta* auf Ackerstandorten intensiviert und über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden, d. h. Erhöhung der Populationenzahl, Detaillierung der Kenntnisse zur aktuellen sowie vorausgegangenen Bewirtschaftung, Untersuchungen der Samenbanken, etc. Möglicherweise könnten derartige Untersuchungen zum einen Hinweise auf die Besiedlungsgeschichte von *Valerianella locusta* liefern, zum ande-

ren mögliche Einflüsse bestimmter Bewirtschaftungsarten und –intensitäten auf morphologische Charakteristika aufdecken und schließlich unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten einen Beitrag zur Klärung der Effizienz gezielter Schutzprogramme hinsichtlich der Diversität an diesen Standorten leisten.

## 2.2 *Carum carvi* (Wiesen-Kümmel)

### a) Die *ex situ* untersuchten Populationen waren heterogen hinsichtlich der erfaßten Merkmale aus dem Spross- und Doldenbereich.

In der statistischen Auswertung der Meßdaten zeigten die Individuen einer Population hinsichtlich ihrer Merkmale aus dem Sproß- und Doldenbereich so wenige Gemeinsamkeiten zueinander, daß eine korrekte Klassifikation in den meisten Fällen nicht gelang. Auch im Blühverhalten bestanden zwischen den Populationen keine offensichtlichen Differenzen. Lediglich die Population K-16 aus dem Weserbergland fiel durch Besonderheiten in ihrer Doldenmorphologie auf. Im Gegensatz zu allen anderen erfaßten Populationen handelte es sich bei K-16 um ein sehr kleines und isoliertes Vorkommen – im Beobachtungszeitraum wurden jedes Jahr weniger als zehn blühende Pflanzen gezählt, und im Umkreis von etwa 500 m konnte keine weitere Kümmelpflanze gefunden werden. Ob es sich hierbei um eine natürlicherweise kleine Population handelt oder um einen Restbestand einer ursprünglich größeren Population, ist nicht bekannt. In beiden Fällen ist davon auszugehen, daß die genetische Variation innerhalb eines kleinen Bestandes geringer ist als innerhalb eines großen (OOSTERMEIJER et al. 1996, HAMRICK & GODT 1989).

In diesem Fall ist zudem zu berücksichtigen, daß der größte Anteil der Früchte für die Aussaat von nur einer einzigen Pflanze stammte und somit nicht auszuschließen ist, daß mehrere Individuen aus dem Anbau auf eine Mutterpflanze zurückzuführen waren. Da sich K-16 nur in einem Jahr im Anbau befand, konnte nicht geklärt werden, ob diese Population wiederum über besondere Eigenschaften verfügen würde.

Grundsätzlich gilt für kleine und isolierte Populationen, daß ein Komplex verschiedener Faktoren eine Verringerung der genetischen Variabilität des Bestandes verursacht. Beispielsweise spielt das höhere Risiko der genetischen Drift, d. h. der Verlust an Allelen von einer Generation zur nächsten, hierbei eine wesentliche Rolle. Durch den Mangel an Pflanzen derselben Art in der Umgebung ist zudem ein neuer Eintrag an genetischem Material (Genfluß) nicht gewährleistet. Von großer Bedeutung ist zudem die Samenverbreitung, aus der je nach Distanz eine Besiedlung neuer Wuchsorte resultieren kann (vgl. z. B. allgemeine Angaben bei OUBORG et al. 1999, Untersuchungen an *Gentianella pneumonanthe* durch OOSTERMEIJER et al. 1996 sowie an *Gentianella germanica* durch FISCHER & MATTHIES 1998). Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit gezielte Untersuchungen zu den genannten Einflüssen auf die

genetische Variabilität innerhalb derartiger Bestände nicht vorgenommen wurden, kann hier lediglich auf die Komplexität der möglichen Ursachen hingewiesen werden.

Abgesehen von K-16 war für alle weiteren Kümmelpopulationen eine äußerst heterogene Sproß- und Doldenmorphologie charakteristisch. Für diese Heterogenität können verschiedene mögliche Ursachen in Betracht gezogen werden. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Fremdbefruchtung, durch die eine Durchmischung der Bestände erfolgt und die zur Ausprägung unterschiedlicher Genotypen führt. Eine gewisse Heterogenität der Stichproben aus den verschiedenen Populationen war demnach – z. B. im Vergleich zu den Untersuchungen an *Valerianella locusta* – zu erwarten gewesen.

In welchem Maße die Bestäubung Einfluß auf den Genfluß innerhalb und zwischen Populationen ausübt, ist für Kümmel nicht bekannt. In der Regel gilt jedoch, daß Populationen zoogamer Pflanzen eine höhere genetische Diversität aufweisen als Populationen autogamer Pflanzen, die größte genetische Diversität aber bei Anemogamie nachgewiesen kann (HAMRICK & GODT 1989). Die von URBANSKA (1992) zusammengestellten Arbeiten zur Ermittlung des Genflusses bei unterschiedlichen Arten zeigen, daß sich die meisten Bestäuber über relativ geringe Distanzen bewegen und daß der Austausch zwischen den Pflanzen mit zunehmender räumlicher Entfernung deutlich abnimmt. Zwischen wenigen hundert Metern entfernten Beständen ist Genfluß danach kaum noch meßbar. Hinzu kommt, daß häufig innerhalb einer Population Assymmetrien festgestellt werden konnten und daß somit die tatsächlichen Bestäubungsmuster nicht immer mit theoretischen Modellen übereinstimmen müssen.

Einen weiteren wichtigen Anteil am Genfluß nimmt die Ausbreitung der Diasporen ein. Nach HAMRICK & LOVELESS (1986) tritt der geringste meßbare Genfluß bei Pflanzen auf, deren Diasporen lediglich durch Schwerkraft, also durch einfaches Herunterfallen, ausgebreitet werden. Dieser Ausbreitungsmodus herrscht auch bei *Carum carvi* überwiegend vor, wobei die Früchte aber auch – allerdings in geringerem Maße – durch Huftiere verbreitet werden können (DÜLL & KUTZELNIGG 1994). Insgesamt ist somit anzunehmen, daß innerhalb eines Bestandes genetischer Austausch stattfindet, während die Wahrscheinlichkeit, daß dies zwischen verschiedenen Populationen geschieht, relativ gering ist. Ob Genfluß allerdings noch zwischen zwei Populationen, die wie K-14 und K-15 ca. 2 km voneinander entfernt siedeln, für die Diversität eine Rolle spielt, oder ob die genetische Ähnlichkeit zwischen diesen Beständen eine andere Ursache hat, ist nicht bekannt.

Auf die Komplexität der populationsgenetischen Zusammenhänge kann hier nur hingewiesen werden. Zur genauen Ermittlung der Populationsstruktur müßten gezielte Untersuchungen unter Erhebung zahlreicher populationsbiologischer Daten sowie genetischer Analysen durchgeführt werden. Möglicherweise zeigten sich damit differenzierte Muster zwischen Beständen, die sich beispielsweise in Wuchsdichte und

Anzahl der Kümmelpflanzen sowie in der räumlichen Ausdehnung voneinander unterscheiden. Bei den vorliegenden Untersuchungen konnten diese Parameter jedoch nicht berücksichtigt werden: Obwohl sich die meisten Herkünfte in ihrer Struktur relativ ähnlich waren – Wiesenstandorte mit einer erhöhten Kümmeldichte in den Randbereichen, Populationsgröße meist etwa 20 bis 40 blühende Pflanzen auf ca. 50-100 m<sup>2</sup> – wurden auch kleinflächige Populationen einbezogen, die z. T. nur wenige Quadratmeter einnahmen.

Daß sich die in beiden Versuchsjahren angebauten Populationen morphologisch deutlich voneinander unterscheiden, kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden: Zunächst muß berücksichtigt werden, daß es sich beim Kümmel um eine zweijährige Pflanze handelt. Die Samen für den Anbau stammten aus alternierenden Erntejahren, zwischen denen möglicherweise größere Unterschiede bestanden. Dies kann dazu geführt haben, daß sich die Pflanzen aus konsekutiven Blühjahrgängen im Anbau wie zwei unterschiedliche Populationen verhalten haben.

Schließlich kann der wichtigste Unterschied zwischen den Jahren, nämlich die bei allen Pflanzen im ersten Jahr in tieferer Position als im zweiten Jahr ausgeprägte Primärdolde, durch die jeweils herrschende Witterung beeinflusst worden sein. Denkbar ist aber auch, daß durch die versehentliche Doppelbesetzung einiger Positionen im Versuchsfeld ein früheres Wachstumsende ausgelöst wurde als bei den korrekt vereinzelt Individuen des Folgejahres.

Obwohl eine große Heterogenität der Populationen festgestellt wurde, soll abschließend ein Vergleich mit ähnlichen morphologischen Untersuchungen erfolgen, um die erhaltenen Werte grob einzuordnen. OKONIEWSKA (1974) untersuchte 35 Kümmelakzessionen aus 31 botanischen Gärten verschiedener europäischer Länder unter Anbaubedingungen – ob es sich dabei um Wildpflanzen oder Kultursorten handelt, geht aus ihrer Arbeit nicht hervor. Es zeigte sich insgesamt eine große Variabilität zwischen den Herkünften.

Die von OKONIEWSKA (1974) vermessenen Pflanzen erreichten Höhen zwischen 50,2 cm und 96,1 cm. Die Wertespanne war damit nur geringfügig größer als die des nordrhein-westfälischen Wildkümmels (57,1 cm – 87,1 cm). Die Anzahl Döldchen an der Dolde erster Ordnung war ebenfalls ähnlich: Während die europäischen Herkünfte zwischen 5,8 und 11,5 Döldchen besaßen, wurden in vorliegender Untersuchung zwischen durchschnittlich 7,5 und 11,3 Döldchen gezählt. Es zeigte sich somit, daß der Wildkümmel aus Nordrhein-Westfalen bezüglich dieser Merkmale eine verhältnismäßig große Bandbreite aufwies, und sich diesbezüglich nur in geringem Maße von der relativ großen Zahl an untersuchten europäischen Formen unterschied.

**b) Über das Tausendkorngewicht und die Inhaltsstoffe gelang eine Differenzierung der *ex situ* untersuchten Populationen.**

Die Ergebnisse geben trotz der Heterogenität der erfaßten morphologischen Merkmalen aus dem Sproß- und Doldenbereich Hinweise darauf, daß die einzelnen untersuchten Populationen jeweils eine Einheit bilden, die sich von den übrigen Herkünften unterscheidet. Hinsichtlich des Tausendkorngewichts und der Inhaltsstoffe – auf die unter Abschnitt 3.1.2 der Diskussion näher eingegangen wird –, vor allem aber mit Hilfe der molekulargenetischen Daten konnte gezeigt werden, daß die Individuen einer Population aufgrund ihrer Ähnlichkeit zueinander zusammengruppiert wurden. Allerdings bestanden innerhalb der Populationen relativ große Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen.

**c) Im Gelände (*in situ*) zeigten die Populationen einheitlichere Merkmalsausprägungen als unter Anbaubedingungen (*ex situ*).**

Im Gegensatz zu den Messungen *ex situ* gelang *in situ* eine Differenzierung der Populationen in höherem Maße: Die Populationen zeigten *in situ* weniger extreme Merkmale und bildeten besser zu fassende Einheiten als im Anbau. Dabei ist zunächst zu berücksichtigen, daß die untersuchten Pflanzen *in situ* gezielt ausgewählt wurden, um einen möglichst repräsentativen Ausschnitt der Population zu erfassen und die betreffende Stichprobe gegen diejenige anderer Herkünfte abgrenzen zu können. Im Gegensatz dazu erfolgte die Aussaat aus zufällig entnommenen Fruchtproben über eine i. d. R. höhere Individuenzahl. Einfluß auf die einheitlicheren Ausprägungen können aber auch die jeweiligen Bodenverhältnisse sowie die Bewirtschaftungsweise ausgeübt haben.

Unter den einbezogenen Populationen befanden sich neben den überwiegend homogen ausgebildeten Beständen auch drei Populationen, K-9, K-12 und K-14, bei denen ein Zusammenhalt der Individuen nur in geringem Maße gegeben war. Eine Erklärung für diesen Befund konnte bisher jedoch nicht gefunden werden, da es zwischen den drei Herkünften kaum Übereinstimmungen gab. Während K-12 (Eifel) eine relativ große, individuenreiche Population darstellt, fanden sich bei K-9 (Eifel) und K-14 (Sauerland) vergleichsweise wenige Individuen, die zudem in unterschiedlicher Dichte wuchsen. Die drei Flächen werden unterschiedlich bewirtschaftet – K-9 beweidet, K-12 gemäht und beweidet, K-14 gemäht –, so daß auch in der Bewirtschaftungsweise nicht die Ursache liegen kann. Die Entwicklung der einzelnen Wuchsorte ist über einen längeren Zeitraum nicht bekannt.

Insgesamt unterschieden sich die *in situ* erfaßten Pflanzen durch geringere Wuchshöhen und kleinere und strahlenärmere Dolden erster Ordnung von denen aus dem Anbau. Dies ist insofern verwunderlich, als sich unter den natürlichen Wuchsorten auch gedüngte Wiesen und Weiden befinden, während im Versuchsgelände keine Düngerzugabe erfolgte. Möglicherweise übt diesbezüglich aber die umgebende Ve-

getation starken Einfluß auf die Wuchshöhen und Größenausprägungen der Pflanzen aus. Auch das Tausendkorngewicht lag bei den Pflanzen im Gelände mit Ausnahme zweier Populationen z. T. deutlich unter ihrem entsprechenden, *ex situ* gemessenen Gewicht.

Zur Bewertung der ermittelten Eigenschaften bedarf es eines Vergleichs zwischen den vorliegenden Werten mit Literaturangaben. Hierzu sind jedoch nur spärliche Angaben zu finden. OBERDORFER (1994) gibt z. B. für die Gesamthöhe des Kümmels 30 - 50 (- 80) cm an. Die Spanne der in vorliegender Untersuchung *ex situ* vermessenen Pflanzen reichte im Populationsdurchschnitt von 67 cm bis 87 cm und lag damit im oberen von OBERDORFER angegebenen Bereich – ähnliche Werte trafen im übrigen auch für die Messungen *in situ* zu. Die geringen Spannen sind als Ausdruck der relativ geringen naturräumlichen Differenzen in Nordrhein-Westfalen zu deuten, in denen z. B. die Ausbildungen der Höhenlagen vollständig fehlen.

Die Anzahl Strahlen an den Dolden gibt HEGI (1926) mit „etwa 8 bis 16 (selten nur 3 bis 5)“ an. Bei den nordrhein-westfälischen Herkünften lag *in situ* die Spanne zwischen durchschnittlich 5,8 und 9,8 Strahlen an der Primärdolde und bewegte sich deutlich unterhalb der von HEGI angegebenen Werte. Gleiches gilt für die *ex situ* gezählten Strahlen pro Dolde, bei denen allerdings die Zahl mit etwa 7 bis 11 etwas höher ausfiel als *in situ*. Die durchschnittlichen Maße der *in situ* vermessenen Früchte entsprachen mit 3,6 bis 4,7 mm Länge in etwa den Angaben von HEGI: (3) 4 bis 5 (6) mm. Dies zeigt, daß zwar innerhalb des Landes Nordrhein-Westfalen, das nur einen Teil des von HEGI erfaßten Verbreitungsareals darstellt, nur ein Ausschnitt der morphologischen Bandbreite des Kümmels erfaßt wurde, daß aber dennoch innerhalb dieser Spanne zwischen verschiedenen Populationen, die an ihren natürlichen Wuchsorten beprobt wurden, differenziert werden kann.

Im Rahmen der Untersuchungen fielen *in situ* zwei Populationen durch abweichende Eigenschaften im Sproßbereich auf, K-17 und K-19. In der molekulargenetischen Analyse konnte ermittelt werden, daß diese beiden Populationen den rezenten Kultursorten genetisch sehr nahestanden und sich nicht mit den übrigen Wildpopulationen mischten, sondern sich zwischen die Gruppe der Sorten einreihen. Es ist daher mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß es sich in beiden Fällen um Einheiten handelt, deren Saatgut von Kulturpflanzen stammte. Dies scheint insofern gut möglich zu sein, als K-17 von einem Truppenübungsplatz und K-19 von einem Grünstreifen eines neu angelegten Wohngebietes gesammelt wurde. Ob es sich bei den morphologischen Abweichungen um sortenspezifische Eigenschaften handelt, konnte letztlich nicht geklärt werden, da von den Sorten lediglich Früchte und keine blühenden Pflanzen zum Vergleich zur Verfügung standen.

Hinsichtlich der Inhaltsstoffe bestanden keine Auffälligkeiten. Eine diesbezügliche Aussage ist jedoch auch schwierig, da sich Wildpflanzen und Kultursorten bezüglich

der untersuchten Qualitäten stark durchmischten (vgl. Abschnitt 3.1.2 der Diskussion).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, daß die natürlichen Standortbedingungen eine Homogenität vortäuschen, die im Anbau nicht ausgeprägt wurde. Untersuchungen, die lediglich an *In-situ*-Material durchgeführt werden, liefern somit nach den vorliegenden Ergebnissen eine andere Aussage als solche, die zusätzlich an *Ex-situ*-Material erhoben werden.

**d) Es konnte keine Korrelation zwischen den morphologischen Eigenschaften der Individuen und ihrer Herkunft aus den verschiedenen Großlandschaften Nordrhein-Westfalens nachgewiesen werden.**

Aus der Frage, ob die Herkünfte aus der Eifel sich von denen aus dem Sauerland voneinander unterscheiden, resultierte, daß keine der beiden Gruppen über charakteristische Merkmalsausprägungen verfügte. Dieses Ergebnis wurde durch die molekulargenetischen Untersuchungen bestätigt, durch die ebenfalls keinerlei Hinweise auf Korrelationen zu übergeordneten Kriterien wie der geographischen Lage der Herkünfte gewonnen werden konnten. Es zeigte sich lediglich, daß die zwei relativ nah beieinander liegenden Populationen K-14 und K-15 verhältnismäßig geringe genetische Distanzen zueinander aufwiesen. Eine verallgemeinernde Aussage hierzu ist jedoch nicht zulässig, da für deutlich weiter voneinander entfernt wachsende Populationen gleiche Werte der genetischen Distanzen berechnet wurden.

Für eine Überprüfung der Frage nach geographischer Differenzierbarkeit von Kümmelpopulationen erscheint es sinnvoll, die Untersuchungen über den nordrhein-westfälischen Raum auszudehnen und andere Naturräume wie z. B. die Alpen oder die Norddeutsche Tiefebene sowie Wuchsorte außerhalb Deutschlands einzubeziehen.

**e) Populationen, die von ähnlich bewirtschafteten Wuchsorten stammten, zeigten keine morphologischen Gemeinsamkeiten.**

Obwohl anhand der vorliegenden Ergebnisse keine Übereinstimmung von morphologischen Ausprägungen und der Standortbewirtschaftung nachgewiesen werden konnte, kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Bewirtschaftungsweise auf die Kümmelpflanzen selektierend wirkt. Untersuchungen an anderen Arten zeigen, daß beispielsweise eine frühzeitig im Jahr durchgeführte Mahd oder Beweidung die entsprechend frühblühenden Pflanzen fördert (vgl. ZOPFI 1993), während bei einer erst spät im Jahr erfolgenden Bewirtschaftung auch die später blühenden und fruchtenden Individuen fortbestehen können. Möglicherweise zeigen letztere Flächen eine höhere genetische Vielfalt als solche Flächen, auf denen der Selektionsdruck im Zuge der Bewirtschaftung stark erhöht ist. Gezielte Untersuchungen zum Verhalten des Wiesen-Kümmels liegen diesbezüglich jedoch nicht vor.

Wichtig in diesem Zusammenhang erscheint auch die Frage nach den primären und sekundären Vorkommen sowie nach der Besiedlungsgeschichte von *Carum carvi*. Von den bei HEGI (1926) angegebenen primären Wuchsorten der Fluß- und Seemarschen aus besiedelte der Kümmel Wiesen und Weiden sowie Wegränder, Grasplätze und ruderale Flächen. Eine differenzierte Beprobung dieser Biotoptypen könnte hierzu möglicherweise interessante Rückschlüsse zulassen.

### **2.3 *Humulus lupulus* (Hopfen)**

**a) Unter Anbaubedingungen (*ex situ*) zeigte sich ein uneinheitliches Bild bezüglich der Merkmale der weiblichen Infloreszenzen innerhalb der Populationen.**

Etwa die Hälfte der *ex situ* genommenen Stichproben der Populationen erwies sich als recht einheitlich in sich, während die übrigen eher heterogen waren und mit Hilfe der eingesetzten statistischen Verfahren nicht als zusammengehörige Einheiten identifiziert werden konnten.

Bei den morphologischen Merkmalen, die am besten für die Differenzierung der untersuchten natürlichen Hopfenpopulationen geeignet waren, befanden sich in erster Linie die absolute Breite sowie die Form der Brakteen. Letztere erwies sich auch bei MENERET et al. (1954) als konstantes, zur Differenzierung von Kultursorten geeignetes Merkmal. Es ist zu berücksichtigen, daß die Infloreszenzen in den vorliegenden



Untersuchungen befruchtet waren. Die Dimension der Veränderungen, die durch die Befruchtung ausgelöst wurden, können hier jedoch nicht angegeben werden. MENERET et al. (1954) untersuchten 26 verschiedene europäische Hopfensorten und verglichen befruchteten und unbefruchteten Hopfen. Der Vergleich ergab, daß sich die Sorten nach erfolgter Befruchtung unterschiedlich verhielten. Der Längenzuwachs der Brakteen lag bei drei exemplarisch aufgeführten Sorten etwa zwischen 13 % und 24 %, während sie in der Breite lediglich um 2 % bis 10 % zunahmen. Dadurch veränderte sich die Form, so daß die Brakteen jeweils entsprechend länglicher aussahen.

Die Spanne, in der sich der Blattspaltenindex der Brakteen aller Wildpopulationen bewegte, lag zwischen 1,47 und 2,45. Die Brakteen der von MENERET et al. (1954) untersuchten Sorten waren insgesamt etwas schmaler, ihre Indices bewegten sich zwischen 1,60 und 2,42. Auch wenn ein unmittelbarer Vergleich dieser Werte nicht möglich ist, zeigen doch die Ergebnisse, daß sich die untersuchten Wildpflanzen durch eine relativ weite morphologische Spanne auszeichneten, zumal berücksichtigt werden muß, daß das Untersuchungsgebiet vergleichsweise kleinräumig ist.

Eine genaue Analyse der tatsächlich genetisch bedingten Unterschiede in der Ausbildung des Infloreszenzbereichs müßte zum einen an unbefruchteten Blütenständen durchgeführt werden, zum anderen sollten Messungen über mehrere Vergleichsjahre erfolgen. Wichtig ist die Untersuchung an jeweils denselben Individuen einer Population. Damit könnte nachgewiesen werden, ob es sich bei den erfaßten Merkmalen um konstante oder variable Größen handelt.

Grundsätzlich kann eine Vielzahl von Faktoren Einfluß auf die morphologische Diversität innerhalb der verschiedenen natürlichen Populationen sowie zwischen ihnen ausüben. Entscheidend ist zunächst die Biologie der Art: *Humulus lupulus* ist anemogam und anemochor, diözisch und ausdauernd. Neben diesen Eigenschaften kommen populationsbiologische Faktoren wie z. B. die Anzahl weiblicher Pflanzen, die jeweilige räumliche Ausdehnung der Population sowie die Dichte der Hopfenindividuen auf dieser Fläche zum tragen. Daneben ist die Altersstruktur sowie der Keimungserfolg der Samen bzw. die Etablierung von Jungpflanzen von Bedeutung.

HAMRICK & GODT (1989) konnten an einer Vielzahl an Pflanzenarten unterschiedlicher Biologie nachweisen, daß die genetische Variabilität innerhalb der Populationen bei Anemogamen mehr als doppelt so hoch ist wie die bei Autogamen, daß sie bei langlebigen verholzenden Pflanzen deutlich höher liegt als bei Annuellen und daß eine durch Wind erfolgende Diasporenausbreitung ebenfalls zu einer höheren Diversität führt als eine Ausbreitung durch einfaches Herunterfallen von der Pflanze. Für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse bestehen bezüglich der aufgeführten Einflußgrößen lediglich wenige Kenntnisse, beispielsweise über die Flugweiten von Pollen und Diasporen des Hopfens. Es gibt jedoch verschiedene Hinweise darauf,

daß ein genetischer Austausch lediglich über geringe Distanzen stattfindet. So ließen sich aus den molekulargenetischen Analysen an zwei exemplarisch ausgewählten Wildherkünften (H-18, H-21) ähnlicher räumlicher Ausdehnung Subpopulationen nachweisen, d. h. innerhalb der Population fanden sich Untereinheiten, in denen sich die Pflanzen genetisch ähnlich waren, während sie sich von denen anderer Teilflächen abgrenzen ließen. Die Teilflächen waren dabei jeweils ca. 50 m lang und wenige Meter breit und lagen maximal 100 m voneinander entfernt.

Zwischen zwei anderen Populationen, die in etwa 2 km Entfernung voneinander wuchsen (H-9 und H-10), konnten ebenfalls weder morphologische Ähnlichkeiten gefunden werden, noch war ihre genetische Distanz zueinander geringer als zwischen anderen Populationen, die sich in wesentlich größerer Entfernung zueinander befanden.

Daß der Pollenflug eine Entfernung von wenigen hundert Metern nicht überschreitet, zeigen die von Hopfenpflanzern durchgeführten Maßnahmen zur Vermeidung der Befruchtung ihrer weiblichen Hopfenbestände: Im Umkreis von etwa 500 m werden männliche Hopfenpflanzen nach der „Verordnung über die Bekämpfung des männlichen Hopfens“ entfernt (BARTH et al. 1994). Jenseits dieser Distanz scheinen die männlichen Pflanzen keine Rolle mehr zu spielen.

Große Bedeutung kommt desweiteren der ausdauernden Lebensform des Hopfens und dem Alter der Pflanzen am jeweiligen Wuchsort zu. Die Lebensdauer des Hopfens wird mit über 20 Jahren (LINKE 1942) bis zu über 50 Jahren (BARTH et al. 1994) angegeben. Bei den Proben der untersuchten natürlichen Populationen konnte das jeweilige Alter nicht angegeben werden, doch wurden in der Regel relativ große, mehrere Jahre alte Pflanzen ausgewählt. Untersuchungen von Jungpflanzen würden möglicherweise Hinweise auf den Umfang des Austauschs mit Pflanzen angrenzender Bestände und des Eintrags genetischen Materials liefern.

Die Heterogenität verschiedener Populationen kann sich desweiteren aus der unterschiedlichen Ausprägung der Blütenstände innerhalb der Pflanze in Abhängigkeit von äußeren Einflüssen wie Licht- und Temperaturverhältnissen erklären (THOMAS 1982) und kann außerdem auf die innerhalb der Pflanze definierte Blühabfolge zurückgeführt werden. So beginnen zuerst die Blüten derjenigen Seitentriebe zu blühen, die am 15. oder 16. Internodium des Hauptsprosses entspringen, von wo aus sich das Wachstum der Infloreszenzen apikalwärts und basalwärts fortsetzt. Analog verhält es sich mit den Blüten eines jeden Blütenstandes, in dem als erste die Blüten des dritten Nodiums der Spindel zu blühen beginnen. Die Blühabfolge verläuft ebenfalls in beide Richtungen der Spindel (HAMAGUCHI 1955). Bei der Probennahme wurde zwar angestrebt, die Blütenstände aus dem mittleren Bereich der Pflanze zu sammeln, doch mußte gelegentlich auch das untere Drittel einbezogen werden. Möglicherweise wurden damit Blütenstände unterschiedlicher Reife erfaßt.

Schließlich ergeben sich aus den Ergebnissen weitere Überlegungen, beispielsweise zum Keimungsverhalten: Hopfen benötigt als Lichtkeimer offene, unbeschattete Flächen für die Keimung der Samen. Wie hoch aber der Keimungs- bzw. Etablierungserfolg unter natürlichen Bedingungen ist, ist nicht bekannt. Interessant ist jedoch in diesem Zusammenhang, daß sich v. a. in den östlichen Teilen Mitteleuropas eine zunehmende Ausbreitung von Wildhopfen auf ruderale Standorte verfolgen läßt. In den westlichen Teilen dagegen scheint sich die Verbreitung dagegen auf die typischerweise von Hopfen bevorzugten Feuchtbiotope zu konzentrieren (SUKOPP & KOWARIK 1987).

**b) Die Untersuchungen *in situ* zeigten z. T. große jährliche Schwankungen der Ausprägungen der Stichproben aus einer Population.**

Die Merkmale der *in situ* gesammelten Blätter waren aufgrund ihrer Heterogenität nicht dazu geeignet, Populationen zu differenzieren. Zudem zeigte sich, daß nur einige Populationen im Folgejahr ähnliche Blattyphen hervorbrachten wie im Vorjahr, während bei den meisten Populationen die Ergebnisse nicht reproduzierbar waren. Dies kann sowohl biologische Gründe haben – z. B. Variation der Blätter in Abhängigkeit von ihrer Lage an unteren bzw. oberen Nodien eines Sprosses innerhalb einer Pflanze, Unterschiede zwischen Sonnen- und Schatterblättern (HEGI 1981) sowie möglicherweise zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen (SCHMIDT 1918) –, kann aber auch in der methodischen Schwierigkeit begründet sein, beim wildwachsenden Hopfen aufgrund des unübersichtlichen Wuchses vergleichbare Blätter zu sammeln. Die Probennahme sollte nach DAVIS (1957), dem wie SCHMIDT (1918) eine Differenzierung von zahlreichen Individuen vegetativ vermehrter Hopfensorten anhand der Blätter gelang, nur vom Hauptproß und in großem Stichprobenumfang erfolgen.

Auch die Merkmale der weiblichen Blütenstände erwiesen sich *in situ* als recht heterogen und variierten innerhalb derselben Population von Jahr zu Jahr. Die Größenunterschiede konnten ergänzend anhand eines mehrjährigen Vergleichs der Spindellängen veranschaulicht werden. Dabei konnte keine übereinstimmende Entwicklung bei allen Herkünften ermittelt werden. Einige Populationen behielten die Größe der Blütenstände über zwei oder drei Jahre bei, andere zeichneten sich durch jährlich schwankende Größen aus. Auch die von MENERET et al. (1954) für Kultursorten belegte Konstanz der Brakteenform konnte für die untersuchten Wildpflanzen nicht bestätigt werden.

Von verschiedenen Faktoren, die jährlich in unterschiedlichem Maße Einfluß auf die Ausprägungen im Blütenstandsbereich ausüben können, kommen in erster Linie durch Befruchtung ausgelöste Veränderungen in Betracht, die im einzelnen nicht abgeschätzt werden können. Ferner kann die Blütenbildung des Hopfens in Abhängigkeit von den Lichtverhältnissen stark schwanken. Bei Über- oder Unterschreitung einer bestimmten Tageslänge kommen zunehmend nicht blühende Triebe zur Aus-

bildung. Die Dauer der „kritischen Tageslänge“ ist dabei ein variabler Faktor, der von der jeweils herrschenden Temperatur modifiziert werden kann (THOMAS 1982).

Kleinräumig führt am natürlichen Standort die begleitende Vegetation zu unterschiedlichen Lichtverhältnissen und beeinflusst damit das Blühverhalten. So bildeten Hopfenpflanzen, die an freistehenden Bäumen große Höhen erreichten, reichlich Blütenstände aus, während andere in niedrigen Gehölzen oder in Bodennähe rankten und dort nicht zur Blüte kamen. Wie kleinräumig insgesamt Licht- und Temperaturverhältnisse wirken können, ist zu prüfen.

Da bereits innerhalb einer Pflanze Differenzen in der morphologischen Ausprägung bestehen können und die Probennahme *in situ* äußerst schwierig ist, sollten sich vergleichende Untersuchungen stets auf *Ex-situ*-Erhebungen konzentrieren, um damit möglichst viele Unwägbarkeiten auszuschließen. Daß auch dort noch Schwankungen in der Merkmalsausprägung auftreten können, belegt die von SALMON & WORMALD (1921) gezogene Schlußfolgerung aus Untersuchungen an italienischem Wildhopfen, daß es sich bei der Zapfengröße trotz der Untersuchungen von Einzelpflanzen *ex situ* um ein wenig zur dauerhaften Charakterisierung von Wildhopfenpflanzen geeignetes Merkmal handelt.

**c) Korrelationen zwischen morphologischen Eigenschaften und übergeordneten Kriterien wie der geographischen Lage der Populationen bestanden nicht.**

Die Suche nach Ähnlichkeiten zwischen Pflanzen aus derselben geographischen Region ergab, daß zwischen den Individuen aus fünf Großlandschaften keinerlei Übereinstimmungen im Bereich der Infloreszenzen nachgewiesen werden konnten. Selbst nah benachbarte Bestände – aus ca. 2 km Entfernung – unterschieden sich deutlich voneinander. Dies bestätigte sich in der molekulargenetischen Analyse, aus der hervorging, daß die genetischen Distanzen zwischen den Populationen nicht mit ihren geographischen Distanzen zueinander korrelierten.

Die Ursache der Ausbildung morphologisch relativ einheitlicher und bereits auf geringe Distanzen differenzierbarer Bestände (Ergebnisse der *Ex-situ*-Untersuchungen) kann zum einen auf den nur in geringem Maße anzunehmenden Genfluß, zum anderen auf die Eigenschaften als ausdauernde Pflanzen zurückführbar sein, auf die unter Abschnitt a) bereits hingewiesen wurde.

Interessant in diesem Zusammenhang wäre ein großräumigerer Vergleich von Wildhopfen aus verschiedenen Teilen seines Verbreitungsgebietes. Anhaltspunkte liefern z. B. die Arbeiten von DAVIS (1957), EHARA (1955) und ONO (1955). DAVIS (1957) fand morphologische Gemeinsamkeiten zwischen amerikanischem und japanischem Wildhopfen (*Humulus japonicus*) sowie der amerikanischen Kultursorte *Late Clusters* und grenzt diese Gruppe hiermit vom europäischen Hopfen ab. EHARA (1955) unter-

schied ebenfalls zwischen *Humulus lupulus* und *H. japonicus* anhand zahlreicher morphologischer wie anatomischer Differenzen. Durch ONO (1955) kamen cytologische Untersuchungen hinzu, die gleichermaßen eine Ähnlichkeit zwischen amerikanischem und japanischem Hopfen nachwiesen, während sich der europäische Hopfen hiervon unterschied. Wichtig in diesem Zusammenhang wären jedoch vergleichende Untersuchungen, die sich ausschließlich mit Wildhopfen der Art *Humulus lupulus* beschäftigen. Auch eine Beschränkung auf den europäischen Raum ist zunächst empfehlenswert, da in weiten Teilen Nordamerikas eine Durchmischung von Wildhopfen und Sorten anzunehmen ist (DAVIS 1957). In Japan kommt die Wildform von *Humulus lupulus* nicht vor. Sämtliche Kulturpflanzen lassen sich hier auf europäische Formen zurückführen (HAUNOLD 1981).

### **3 Konsequenzen für Züchtung und Naturschutz**

Während im vorherigen Kapitel die Befunde der Morphologie im Vordergrund standen, anhand derer Diversität auf Populationsniveau der Arten nachgewiesen wurde, folgt im weiteren eine praxisorientierte, unter den Aspekten Züchtung und Naturschutz ausgewertete Ergebnisdarstellung.

#### **3.1 Züchtung**

Die drei in vorliegender Arbeit untersuchten Arten *Valerianella locusta*, *Carum carvi* und *Humulus lupulus* kommen in der Flora Nordrhein-Westfalens wild vor und spielen zudem derzeit als Kulturpflanzen eine wichtige Rolle. Die Züchtungsziele für alle drei Arten liegen, allgemein formuliert, in der Optimierung der bereits genutzten und zum Teil durch gezielte Züchtung hoch spezialisierten Sorten. Hierzu zählen in erster Linie der Ertrag, ein hoher Gehalt an gewünschten Inhaltsstoffen sowie Resistenzen gegenüber Krankheitserregern. Hinzu kommen je nach Art spezielle Anforderungen, die letztlich zu einer guten Qualität der Ernteprodukte sowie einer hohen Wirtschaftlichkeit führen. Bei allen drei Arten konnten wertvolle Eigenschaften gefunden werden, die im folgenden spezifiziert werden.

##### **3.1.1 *Valerianella locusta* (Echter Feldsalat)**

Die Ergebnisse der Resistenzprüfungen, in denen die nordrhein-westfälischen Wildpopulationen des Echten Feldsalats mit drei Rassen des Falschen Mehltaus (*Peronospora valerianellae*) infiziert wurden, können in Zukunft von Interesse für die Züchtungsforschung sein. Zwar befand sich unter den in die Infektionstests einbezogenen Wildpopulationen keine, in der alle Individuen gegenüber allen drei eingesetzten Mehltaurassen Resistenzen gezeigt hätten, doch gab es einzelne Herkünfte, die über einen relativ hohen Anteil an resistenten Pflanzen verfügten. Dies stellt einen entscheidenden Unterschied zu den ebenfalls getesteten Kultursorten dar, bei denen jeweils alle Einzelpflanzen dieselbe Reaktion gegenüber den Erregern zeig-

### 3 Konsequenzen für Züchtung und Naturschutz

Während im vorherigen Kapitel die Befunde der Morphologie im Vordergrund standen, anhand derer Diversität auf Populationsniveau der Arten nachgewiesen wurde, folgt im weiteren eine praxisorientierte, unter den Aspekten Züchtung und Naturschutz ausgewertete Ergebnisdarstellung.

#### 3.1 Züchtung

Die drei in vorliegender Arbeit untersuchten Arten *Valerianella locusta*, *Carum carvi* und *Humulus lupulus* kommen in der Flora Nordrhein-Westfalens wild vor und spielen zudem derzeit als Kulturpflanzen eine wichtige Rolle. Die Züchtungsziele für alle drei Arten liegen, allgemein formuliert, in der Optimierung der bereits genutzten und zum Teil durch gezielte Züchtung hoch spezialisierten Sorten. Hierzu zählen in erster Linie der Ertrag, ein hoher Gehalt an gewünschten Inhaltsstoffen sowie Resistenzen gegenüber Krankheitserregern. Hinzu kommen je nach Art spezielle Anforderungen, die letztlich zu einer guten Qualität der Ernteprodukte sowie einer hohen Wirtschaftlichkeit führen. Bei allen drei Arten konnten wertvolle Eigenschaften gefunden werden, die im folgenden spezifiziert werden.

##### 3.1.1 *Valerianella locusta* (Echter Feldsalat)

Die Ergebnisse der Resistenzprüfungen, in denen die nordrhein-westfälischen Wildpopulationen des Echten Feldsalats mit drei Rassen des Falschen Mehltaus (*Peronospora valerianellae*) infiziert wurden, können in Zukunft von Interesse für die Züchtungsforschung sein. Zwar befand sich unter den in die Infektionstests einbezogenen Wildpopulationen keine, in der alle Individuen gegenüber allen drei eingesetzten Mehltaurassen Resistenzen gezeigt hätten, doch gab es einzelne Herkünfte, die über einen relativ hohen Anteil an resistenten Pflanzen verfügten. Dies stellt einen entscheidenden Unterschied zu den ebenfalls getesteten Kultursorten dar, bei denen jeweils alle Einzelpflanzen dieselbe Reaktion gegenüber den Erregern zeigten. Eine vollständig resistente Linie ist unter den aktuell genutzten Kultursorten nicht vorhanden (PIETREK, mdl. Mittlg.).

Da es sich bei den vorliegenden Testergebnissen um ein erstes *Screening* handelte, in das nicht alle zur Verfügung stehenden Wildherkünfte einbezogen wurden, werden zum aktuellen Zeitpunkt erneut Resistenztests am Wildmaterial durchgeführt. Sollte vollständig resistentes Material gefunden werden, könnte dieses als Donor für die Züchtung dienen. Eine Einkreuzung von Wildpflanzen in bestehende Sorten ist jedoch insofern schwierig, als der Phänotyp der Wildpflanze dominant ist und die Tochtergeneration habituell nicht mehr von der Wildpflanze unterscheidbar ist. Dies ist aus züchterischer Sicht nicht erwünscht.

### 3.1.2 *Carum carvi* (Wiesen-Kümmel)

Beim Wiesen-Kümmel wurden Messungen des Tausendkorngewichts, Inhaltsstoffanalysen sowie Pathogenitätstests durchgeführt. Im Ergebnis zeigten sich in verschiedener Hinsicht recht große Ähnlichkeiten zwischen den Wildpflanzen und den einbezogenen Kultursorten. Das ermittelte Tausendkorngewicht der Wildpflanzen fiel ähnlich wie das der Sorten aus. Im Vergleich zu 35 europäischen, von OKONIEWSKA (1974) untersuchten Herkünften, deren Tausendkorngewicht zwischen 1,1 g und 2,7 g betrug, brachten die nordrhein-westfälischen Wildpflanzen mit durchschnittlich 2,4 – 3,5 g insgesamt schwerere Früchte hervor.

Der Gehalt an ätherischem Öl lag bei fast allen Wildpflanzen deutlich über dem Gehalt der Kultursorten. Die für Kulturkümmel im pharmazeutischen bzw. im Lebensmittelbereich geforderten 3 % bzw. 2-2,5 % ätherisches Öl (PANK 2000) wurden somit von allen Wildproben erreicht<sup>1</sup>. Hinsichtlich des Carvongehalts im ätherischen Öl ergaben sich für den Wildkümmel ebenfalls hohe Werte, die alle über dem für pharmazeutische Zwecke geforderten Anteil von 50 % lagen (DAB 1999). Insgesamt konnte somit gezeigt werden, daß sich alle Proben, die mehr oder weniger zufällig und punktuell in Nordrhein-Westfalen gesammelt wurden, durch gute Inhaltsstoffwerte auszeichneten.

Auch im Vergleich zu den von PUSCHMANN et al. (1992) erhobenen Daten von 16 europäischen Kümmelakzessionen aus dem Saatgut- und dem Gewürzhandel – vermutlich überwiegend Kultursorten – zeigte sich, daß der nordrhein-westfälische Wildkümmel hinsichtlich des Gehalts an ätherischem Öl sowie des Carvongehalts höhere Durchschnittswerte aufwies. Zudem streuten die Einzelwerte der Populationen deutlich stärker als die der 16 europäischen Herkünfte.

Lediglich bezüglich des Tausendkorngewichts zeigten diese größere Schwankungen als der Wildkümmel, wobei die Mittelwerte beider Gruppen aber fast identisch ausfielen.

Neben den Analysen der wichtigsten Inhaltsstoffe wurden alle im Anbau befindlichen Populationen auf ihre Reaktion gegen die Erreger der Doldenbräune untersucht. In den beiden Anbaujahren zeigte jeweils eine Population (K-15 bzw. K-2) keinerlei Befallssymptome. Individuen aus K-15, die sich in beiden Jahren im Anbau befanden, blieben nur in einem Jahr befallsfrei, im zweiten Jahr dagegen zeigten die Pflanzen dieser Herkunft relativ starke Schäden. K-2 wurde nur in einem Jahr angebaut und getestet. Eine denkbare Ursache für dieses unterschiedliche Verhalten ist, daß durch die zufällig getroffene Auswahl an Früchten aus dem Saatgut in den bei-

<sup>1</sup> HEGI (1926) gibt für Wildkümmel generell höhere Werte an als für Kulturkümmel. Er nennt in diesem Zusammenhang einen Gehalt an ätherischem Öl von bis zu 7 %. Von einer der nordrhein-westfälischen Populationen (K-3) wurde mit fast 8 % dieser Wert auch noch deutlich überschritten.

den Jahren bezüglich der Resistenzen sehr unterschiedliche Individuen angebaut wurden. Ungewöhnlich erscheint, daß sich in einem Jahr alle angebauten Individuen befallsfrei zeigten, während sie im Folgejahr alle befallen wurden.

Die für den Wildkümmel festgestellten Schwankungen der Werte sind in erster Linie dadurch erklärbar, daß das Saatgut pro Herkunft von bis zu ca. 30 verschiedenen Pflanzen stammte, so daß damit vermutlich unterschiedliche Genotypen mit jeweils anderen Qualitäten angebaut wurden. Die in den beiden Anbaujahren bei einigen Populationen festgestellten Gewichtsunterschieden der Früchte von bis zu 20 % liegen nach Einschätzung von Züchtern durchaus im für Wildkümmel zu erwartenden Bereich – dagegen schwankten die Werte bei Kultursorten um bis zu 10 % (PANK, schriftl. Mittlg.).

Zudem muß berücksichtigt werden, daß es sich beim Kümmel generell um eine sehr variable Pflanze handelt – dies ergab sich in jeder Hinsicht aus den vorliegenden Untersuchungen für Wildkümmel, gilt aber ebenfalls für Kulturkümmel. So wird Kümmel in der Literatur als „mit stark fluktuierenden Merkmalen behaftet“ bezeichnet (HEEGER 1956, S. 8), und auch erfahrene Züchter bestätigten das äußerst unstete Verhalten sowohl in morphologischer als auch phänologischer Hinsicht sowie in der Reaktion gegenüber Pathogenen (PANK, GABLER, mdl. Mittlg.).

Für die züchterische Praxis bedeuten die Ergebnisse, daß eine Einkreuzung von Wildpflanzen in den Kulturkümmel durchaus zu vielversprechenden neuen Linien und zu einer Bereicherung der genetischen Vielfalt führen kann. Aus dem Vergleich der oben aufgeführten Qualitätsmerkmale zeigte sich, daß die Kultursorten infolge geringer züchterischer Bearbeitung den Wildpflanzen noch sehr nahe stehen, obwohl es sich um eine von alters her genutzte Arznei- und Gewürzpflanze handelt<sup>2</sup>. Dies bestätigten auch die molekulargenetischen Untersuchungen.

---

<sup>2</sup> Nach HEGI (1926) kann die Nutzung des Kümmels bereits für das 12. und 13. Jahrhundert, möglicherweise auch schon für das 8. Jahrhundert nachgewiesen werden.



Da es sich bei den vorliegenden Untersuchungen insgesamt um ein erstes *Screening* handelte, stellen die vorliegenden Ergebnisse einen Ansatz für weitere Schritte in diesem Bereich dar.

### 3.1.3 *Humulus lupulus* (Hopfen)

Beim Hopfen steht die von alters her genutzte und bis heute gezielt züchterisch bearbeitete Kulturpflanze der Wildform gegenüber. Der in vorliegenden Untersuchungen ausgewählte nordrhein-westfälische Wildhopfen wurde zum einen morphologisch untersucht, zum anderen auf seinen Gehalt an verschiedenen Inhaltsstoffen geprüft und schließlich einer umfassenden Resistenzprüfung unterzogen. Im Ergebnis konnten in jeder Hinsicht Eigenschaften aufgezeigt werden, die aus züchterischer Sicht besser waren als von Züchtern für Wildhopfen angenommen wird und die zum Teil möglicherweise von großer Bedeutung für die Züchtungsforschung sein werden. In vieler Hinsicht unterschieden sich jedoch die Wildformen deutlich von den Sorten.

Die morphometrischen Untersuchungen ergaben, daß sich Wildpflanzen und Kultursorten im vegetativen Bereich nur in geringem Umfang voneinander unterschieden. Anhand der Blätter konnte die exemplarisch ausgewählte Sorte *Hallertauer Tradition* nicht von den im Anbau befindlichen Wildpflanzen abgegrenzt werden. Im Bereich der Blütenstände hingegen bestanden Differenzen zwischen drei untersuchten Sorten (*Hallertauer Tradition*, *Hallertauer Mittelfrüher* und *Nugget*) einerseits und den Wildherkünften andererseits. Die bei den Sorten ermittelte höhere Zahl an Brakteen und Blüten pro Blütenstand ist dabei insofern naheliegend, als die Sorten gezielt auf hohe Inhaltsstoffgehalte hin gezüchtet wurden, die u. a. durch höhere Brakteenzahlen erzielt werden.

Die Wildpflanzen waren den Aromasorten *Hallertauer Tradition* und *Hallertauer Mittelfrüher* ähnlicher als der Bittersorte *Nugget*, wobei sich diese ihrerseits wiederum erheblich von den Hallertauer Sorten unterschied. Eine Begründung könnte in der Herkunft des Zuchtmaterials zu finden sein: Die Sorte *Hallertauer Mittelfrüher* ist eine traditionelle Hallertauer Landrasse, die als Ausgangsmaterial für zahlreiche, inzwischen weltweit angebaute Sorten verwendet wurde (HAUNOLD 1981, HAUNOLD & NICKERSON 1987). Auch die Sorte *Hallertauer Tradition* ist vor allem auf *Hallertauer Mittelfrüher* zurückzuführen, enthält aber auch Material der englischen Sorte *Northern Brewer*. Hallertauer Zuchtstämme sind ebenfalls, neben amerikanischem und englischem Zuchtmaterial (v. a. *Brewer's Gold*), in der amerikanischen Bittersorte *Nugget* enthalten (EHRMAIER, mdl. Mittlg., vgl. auch HAUNOLD et al. 1984), doch steht diese auch in genetischer Hinsicht deutlich abseits von allen anderen Sorten (vgl. LBP 2000b).

Hinsichtlich der Inhaltsstoffe lag besonderes Augenmerk auf den Ergebnissen der Aromabewertung und den Alphasäuregehalten. Wichtig für die Auswertung der Daten ist, daß die Mehrzahl der Blütenstände der Wildpflanzen auch im Anbaubereich zu

einem hohen Anteil befruchtet war und dadurch mit den vorliegenden Daten ein Vergleich von Wildpflanzen und Sorten nicht ohne Vorbehalt zu ziehen ist. Dennoch konnten für beide Untersuchungsjahre (1997: *In-situ*-Material, 1999: *Ex-situ*-Material) für Wildhopfen in jeder Hinsicht sehr gute Werte ermittelt werden. Die sonst von Züchtern für Wildhopfen angegebenen  $\alpha$ -Säuregehalte von 0 - 2,5 % (LUTZ, ENGELHARD, mdl. Mittlg.) wurden von allen nordrhein-westfälischen Pflanzen übertroffen.

Warum alle mehr oder weniger zufällig und punktuell ausgewählten nordrhein-westfälischen Hopfenbestände im Gegensatz zu den zum Vergleich hinzugezogenen Hopfen aus der Hallertau hohe Alphasäuregehalte bei überwiegend guten Aromaqualitäten zeigten, kann derzeit nicht begründet werden. Aufschlußreich könnten in diesem Zusammenhang Kenntnisse über die Besiedlungs- sowie über die Kultivierungsgeschichte des Hopfens sein. Eine ausführliche Darstellung findet sich bei LINKE (1942), aus der hervorgeht, daß auch im norddeutschen Raum Hopfen im 12. und 13. Jahrhundert kultiviert wurde – wobei sich aber der Schwerpunkt der Hopfenproduktion schon immer auf Süddeutschland konzentrierte. Infolge von Verwilderungen und der in zunehmenden Maße zu beobachtenden Besiedlung anthropogener Wuchsorte (SUKOPP & KOWARIK 1987) ist jedoch die Rekonstruktion der Ausbreitung des Wildhopfens, wie auch HEGI (1981) bemerkt, heute kaum noch möglich.

Im Vergleich zum Wildhopfen weist die Mehrzahl der derzeit gängigen und in züchterischer Bearbeitung befindlichen Kultursorten deutlich höhere Alphasäurewerte auf. Es gibt jedoch eine Reihe von Sorten, die dem Wildhopfen hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe ähnlich sind. Dabei handelt es sich um diejenigen, die auf alte Landrassen zurückzuführen sind und kaum züchterisch bearbeitet wurden (vgl. GISTL 1938 und BARTH et al. 1994). Hierzu zählen u. a. neben der bereits genannten Sorte *Hallertauer Mittelfrüher* beispielsweise die Sorten *Hersbrucker* und *Tettnanger*. Von großer Bedeutung erwiesen sich in diesem Zusammenhang verschiedene Einzelpflanzen des Wildhopfens mit Spitzenwerten von fast 9 %  $\alpha$ -Säuren. Auch bei der Bewertung des Aromawertes erreichten die Wildpflanzen Werte, die sie als Aromahopfen qualifizierten.

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist davon auszugehen, daß die Qualitäten der ermittelten  $\alpha$ -Säuren bei den untersuchten Herkünften bzw. den einzelnen Individuen genetisch bedingt sind. Sie sind in erster Linie auf die Anzahl Lupulindrüsen, vor allem an den Vorblättern, auf deren Größe sowie deren Lage innerhalb der Pflanze zurückzuführen (LEWIS & THOMAS 1982). Die Ausbildung der Drüsen wird jedoch auch von der jeweils zu Beginn der Blütezeit herrschenden Witterung beeinflusst. Dabei wirken Temperatur, Feuchtigkeit und Sonnenscheindauer zusammen, wobei die Wirkung eines Anteils dominierend sein kann (THOMAS & DARBY 1984). 1994 beispielsweise wurden witterungsbedingt bei 17 Hopfensorten die niedrigsten  $\alpha$ -Säuregehalte im 10-jährigen Vergleich ermittelt, 1997 dagegen, begünstigt durch die warme

und trockene Witterung dieses Jahres, erreichten nahezu alle Hopfensorten Spitzenwerte und übertrafen die von 1994 z. T. um das 3- bis 3,5-fache (LBP 2000b).

Von Bedeutung für die züchterische Praxis sind die aus den Untersuchungen resultierenden unterschiedlichen Reaktionen der Wildhopfenpflanzen auf verschiedene Krankheitserreger. So wurde beispielsweise festgestellt, daß die Pflanzen in unterschiedlichem Maße auf *Pseudoperonospora humuli* reagierten: Einzelne Pflanzen zeigten weder Symptome der Primär- noch der Sekundärinfektion und scheinen damit resistent gegenüber dem Pilz zu sein. Von dem Botrytis-Erreger *Botrytis cinerea* war nur eine einzige Pflanze befallen.

Gezielte und umfangreiche Pathogenitätstests wurden bezüglich des Befalls durch *Sphaerotheca humili*, dem Echten Mehltau, durchgeführt. Unter den 39 nach einem ersten *Screening* ausgepflanzten Individuen fanden sich nach weiteren Tests fünf Pflanzen aus drei verschiedenen Wildpopulationen, die nach der Infektion mit dem Pilz vollständig befallsfrei blieben. Dabei handelt es sich um eine nach bisherigem Kenntnisstand unbekannte Mehлтаuresistenz.

Bei den drei Beständen handelt es sich um recht unterschiedliche Populationen, die als eher naturnah (H-23 und „Kernpopulation“ von H-30) und weniger naturnah (H-18, beprobte Fläche von H-30) eingestuft werden können. Einen Rückschluß daraus zu ziehen, ob besondere Kennzeichen am Standort besonders „wertvolle“ Populationen hervorbringen, ist aus den vorliegenden Ergebnissen nicht möglich.

Insgesamt konnte bei den Untersuchungen festgestellt werden, daß hinsichtlich der Reaktion auf Infektion mit Pathogenen eine große Diversität sowohl innerhalb der einbezogenen Populationen als auch zwischen ihnen bestand. Für die Züchtungsforschung bedeutet dies, daß zum aktuellen Zeitpunkt die resistenten Pflanzen in Kreuzungsversuchen mit Kultursorten eingesetzt werden, um auf diese Weise möglicherweise neue, vollständig resistente Linien zu gewinnen.

Die Wildformen stellen somit wertvolles Ausgangsmaterial dar. Neben den interessanten Resistenzen verfügten zahlreiche untersuchte Pflanzen sowohl über überdurchschnittlich hohe Inhaltsstoffgehalte als auch über habituell geeignete Ausprägungen bei sehr hohen Erträgen. Daneben bestehen auch aus züchterischer Sicht unerwünschte Eigenschaften wie z. B. der meist später einsetzende Blühbeginn der Pflanzen, auf den SALMON & WORMALD (1921) hinweisen und der sich auch für die meisten nordrhein-westfälischen Wildpflanzen bestätigte.

Aus molekulargenetischer Sicht ist hinzuzufügen, daß sich die Sorten anhand ihrer genetischen Muster deutlich von den Wildformen abgrenzen ließen. Durch langjährige züchterische Bearbeitung verfügen die Sorten über genetische Eigenarten, die bei den Wildpflanzen nicht zu finden sind. Gleichzeitig scheint jedoch die gezielte

Züchtung der Sorten zu einer Einengung der genetischen Variabilität geführt zu haben – z. B. durch wiederholte Kreuzung bereits vorhandener Linien wie die Hallertauer Zuchtstämme. Sowohl die genetischen Analysen der nordrhein-westfälischen Wildherkünfte als auch ähnliche Untersuchungen an amerikanischem Wildhopfen (DAVIS 1957) konnten eine deutlich größere genetische Variabilität der Wildpflanzen im Vergleich zu weltweit angebauten Sorten aufzeigen. Ein Beispiel für Eigenschaften, die bei den Kultursorten nicht (mehr?) ausgeprägt sind, stellen die in vorliegenden Untersuchungen gefundenen Resistenzen des Wildhopfens dar.

### 3.1.4 Schlußfolgerungen

Im Hinblick auf die Erforschung pflanzengenetischer Ressourcen besteht noch großer Handlungsbedarf. Wichtig ist bei derartigen Untersuchungen, daß das Wildmaterial in umfangreicher Weise charakterisiert vorliegt (morphologisch, phänologisch, molekulargenetisch, hinsichtlich Inhaltsstoffen und Verhalten gegenüber Pathogenen), damit bei Bedarf Herkünfte mit den gewünschten Eigenschaften gezielt ausgewählt werden können. Dies ist bei Material, das von Genbanken oder Botanischen Gärten angeboten wird, oft nicht der Fall.

Es handelt sich somit insgesamt um eine lohnende Aufgabe, zur Optimierung von Kulturpflanzen und zur Bereicherung ihrer genetischen Vielfalt den Blick auf die verwandte Wildform der betreffenden Art zu richten, da deren Eigenschaften meist unterschätzt und damit in der Regel nicht bekannt sind. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse und in Anbetracht der begrenzten Zahl untersuchter Populationen aus einem nur kleinen Ausschnitt des jeweiligen Gesamtareals der Arten erscheinen weitere Untersuchungen in diesem Bereich sehr vielversprechend.

## 3.2 Naturschutz

Der Schutz der genetischen Vielfalt stellt eine zentrale Aufgabe im angewandten Naturschutz dar, da nur die vielfältigen Ausprägungen von Eigenschaften der Individuen gewährleisten, daß Populationen sich – innerhalb eines bestimmten Rahmens – an sich ändernde Umweltbedingungen anpassen können. Vor dem Hintergrund der unwiederbringlichen Verluste an denjenigen Wildpflanzen, von denen sich derzeit genutzte oder potentiell nutzbare Kultursorten ableiten, spielt der Schutz eben dieser Pflanzen als genetische Ressourcen darin eine besondere Rolle (FREUDE 1996, ANGERMEIER 2000).

Grundsätzlich gilt es, nicht nur die einzelne Art, sondern deren Lebensgemeinschaft in ihrem natürlichen oder in der Kulturlandschaft befindlichen Umfeld zu erhalten. Dieser Lebensraumschutz ist die Grundlage für funktionierende ökologische Kreisläufe und schließt die Populationen ein, aus denen sich eine Art zusammensetzt. Neben dem Schutz der Pflanzen in ihrem natürlichen Umfeld, dem *In-situ*-Schutz, bietet als ergänzende Maßnahme die Einlagerung der Samen in Genbanken oder die

Haltung der Arten in botanischen Gärten eine weitere Möglichkeit, die biologische Vielfalt zu schützen (HAMMER & GLADIS 1996, IBISCH et al. 1996). Dieser *Ex-situ*-Schutz bringt jedoch die Gefahr mit sich, nur einen Ausschnitt der genetischen Variabilität einer Art zu erfassen und läßt keine Anpassung der Individuen an Umweltveränderungen ihres natürlichen Wuchsortes zu.

In Anbetracht der zunehmenden Gefährdung oder Zerstörung von Lebensräumen wurden im Verlauf der letzten Jahrzehnte sowohl nationale Schutzgebietsysteme und -programme entwickelt als auch internationale Abkommen und Konventionen vereinbart, die den Schutz der biologischen Vielfalt auf allen Ebenen zum Ziel haben. Speziell auf die Erhaltung der biologischen Vielfalt einschließlich der genetischen Ressourcen zielt das 1992 im Rahmen der UNCED-Konferenz in Rio unterzeichnete „Übereinkommen über die Biologische Vielfalt“ (CBD) ab. Es fordert weltweite Beteiligung an Maßnahmen zum Schutz und zur Erhaltung der biologischen Diversität und verfolgt außerdem die Ziele, die Bestandteile der biologischen Vielfalt nachhaltig zu nutzen und die Vorteile aus den genetischen Ressourcen gerecht zu verteilen. 1996 wurde ferner auf der 4. Internationalen Technischen Konferenz über Pflanzengenetische Ressourcen der FAO (Food and Agriculture Organisation) in Leipzig ein sog. Weltaktionsplan verabschiedet, in dem ebenfalls Maßnahmen zum Schutz der genetischen Ressourcen ausgearbeitet wurden (BML, ZADI & IGR 1997). Unter den weltweit konzipierten Schutzprogrammen ist ferner das von der UNESCO anerkannte Programm „Der Mensch und die Biosphäre“ zu nennen. Die Ausweisung von Biosphärenreservaten soll den Schutz besonders bedeutsamer Natur- wie auch Kulturlandschaften und ihrer Vielfalt gewähren und ein harmonisches Miteinander von Natur und Mensch integrieren (ERDMANN 1996).

Eine auf europäischer Ebene verbindliche Rechtsgrundlage zum Schutz und zur Entwicklung des europäischen Naturerbes – und damit der biologischen Vielfalt – stellt die Flora-Fauna-Habitat (FFH)- Richtlinie mit dem Schutzgebietssystem NATURA 2000 dar, durch die sich die Mitgliedsstaaten verpflichten, ein staatenübergreifendes Netz schutzwürdiger Biotope einzurichten. Speziell auf genetische Ressourcen ausgerichtet ist die 1994 verabschiedete Ratsverordnung der EU über die „Erhaltung, Sammlung, Beschreibung und Nutzung genetischer Ressourcen der Landwirtschaft“ (KOSAK 1996).

In Deutschland sind im Bundesnaturschutzgesetz Flächen verschiedener Schutzkategorien definiert, als wichtigste der Nationalpark, das Naturschutzgebiet und das Landschaftsschutzgebiet (§§ 13-15 BNatSchG). Die im Gesetz formulierten Ziele betreffen in erster Linie den Schutz der Naturgüter, einschließlich der Pflanzen- und Tierwelt, als Lebensgrundlagen des Menschen und deren nachhaltige Sicherung „als Voraussetzung für seine Erholung in Natur und Landschaft“ (§ 1 BNatSchG). Die Erhaltung der biologischen Vielfalt schließen sie mit ein. Eine Zusammenstellung deutscher Beiträge, die auf dem Gebiet der pflanzengenetischen Ressourcen geleistet

wurden, findet sich in einem umfangreichen, von ZADI, IGR, DSE & ZEL (1995) herausgegebenen Literaturband.

Auf Länderebene spielen Grunderwerbs- und Anpachtungsprogramme, Artenschutzprogramme sowie Vertragsnaturschutzprogramme, unter ihnen Ackerrandstreifen-, Grünland- und Gewässerrandstreifenprogramme als Sonderprogramme des Kulturlandschaftsprogramms NRW, eine wichtige Rolle (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1997). Letztere verfolgen das Ziel, „flächendeckend umweltverträgliche Landwirtschaft mit weitgehend geschlossenen Stoffkreisläufen und die gezielte Sicherung, Entwicklung und Regeneration besonders wertvoller und gefährdeter Lebensräume zu ermöglichen“ (MURL 1998). Sie sind im Zusammenhang mit den vorliegenden Untersuchungen von besonderem Interesse, da die drei ausgewählten Arten im Land Nordrhein-Westfalen untersucht wurden und jeweils ein Teil ihrer Populationen durch eines der genannten Programme erfaßt wird.

Als Konsequenzen, die sich aus den vorliegenden Untersuchungen für den Naturschutz ableiten lassen, sind die folgenden Ergebnisse von Bedeutung: Bei allen drei Arten erwiesen sich nahezu alle Populationen als genetisch mehr oder weniger eigenständige Untereinheiten der betreffenden Art. Sie zeichneten sich entweder durch morphologische oder phänologische Besonderheiten aus, verfügten über ungleich hohe Gehalte an bestimmten Inhaltsstoffen oder fielen durch ihr unterschiedliches Verhalten gegenüber Krankheitserregern auf. Sofern Einzelindividuen innerhalb der Populationen untersucht wurden, konnten oft bereits auf dieser Ebene verschiedenartige Eigenschaften nachgewiesen werden, so beispielsweise mehltaresistente Hopfenpflanzen. Dies bedeutet, daß jede Population einen gewissen Anteil am genetischen Pool der Art repräsentiert.

Trotz einiger Anhaltspunkte für eine Gruppierbarkeit der Feldsalatpopulationen ließ sich bei keiner der drei Arten ein eindeutiger Zusammenhang der populationsspezifischen Eigenschaften und der geographischen Lage der Wuchsorte in Nordrhein-Westfalen herstellen. Auch zwischen Populationen, die auf ähnlich bewirtschafteten Flächen vorkamen – dies betraf vor allem Feldsalat und Kümmel – konnten keine Übereinstimmungen nachgewiesen werden. Dies bedeutet zum einen, daß beispielsweise ein verstärkter Schutz eines bestimmten geographischen Raumes nicht ausreichen würde, um einen repräsentativen Ausschnitt einer Art zu erhalten. Gleiches gilt für eine Auswahl an Beständen in verschiedenen Regionen. Zum anderen kann auch durch den Schutz ausgewählter Biotoptypen kein Rückschluß auf die Eigenschaften der dort siedelnden Populationen gezogen werden.

Aus diesen Ergebnisse muß somit zunächst geschlossen werden, daß eine Erhaltung der maximalen genetischen Diversität der untersuchten Arten nur dann gewährleistet ist, wenn alle ihre Vorkommen erhalten bleiben. Jede Dezimierung oder gar Vernichtung eines Bestandes hat einen Verlust an genetischem Material der Art

zur Folge. Ein umfassender, ausdrücklicher Schutz aller Vorkommen ist jedoch aus naheliegenden Gründen nicht möglich, doch sollten die Ergebnisse aufgegriffen werden, um bestehenden Schutzkonzepten neue Aspekte hinzuzufügen und zur Durchführung gezielter Einzelmaßnahmen anzuregen. Inwieweit bestehende Konzepte für den *In-situ*-Schutz der untersuchten Bestände von *Valerianella locusta*, *Carum carvi* und *Humulus lupulus* geeignet erscheinen, wird im folgenden erläutert.

Alle drei Arten sind nicht streng an bestimmte Biotoptypen gebunden, sondern können auf verschiedenen Standorten vorkommen auf. Den Schwerpunkt stellt dabei die Kulturlandschaft dar, d. h. die vom Menschen durch gezielte Bewirtschaftung geschaffenen Biotope wie Wiesen, Weiden und Äcker. Hinzu kommen Flächen, die nicht unmittelbar von der Bewirtschaftung betroffen, aber dennoch indirekt beeinflußt werden, wie z. B. Gewässerufer. Sofern es sich nicht um intensiv genutzte, stark gestörte Flächen handelt, bieten viele Elemente der Kulturlandschaft wertvollen Lebensraum.

### 3.2.1 *Valerianella locusta* (Echter Feldsalat)

An einigen untersuchten Feldsalatbeständen zeigte sich die Bedeutung des Ackerrandstreifenprogramms. Über den Zeitraum, den der Randstreifen von der Behandlung mit Unkrautbekämpfungs- sowie Düngemitteln ausgenommen blieb, waren die Vorkommen beständig. Wurde der Acker aus dem Programm genommen, verschwanden auch die Feldsalatpflanzen infolge der wieder eingesetzten Intensivierung, konnten aber bei wiederholter Bewirtschaftungseinschränkung erneut auftreten. Sofern demnach Samen im Boden überdauern können, ist dieses Schutzprogramm – wenn auch nicht jedes Jahr wirksam – für die Erhaltung von Feldsalatbeständen auf Äckern geeignet. Langfristige intensive Nutzung jedoch führt zum Verlust des Bestandes, da die Keimfähigkeit des Feldsalates nur etwa drei bis fünf Jahre anhält (BECKER-DILLINGEN 1956).

Die Bedeutung der Nutzungseinschränkung auf Äckern wurde an denjenigen Randflächen besonders deutlich, die nicht in das Ackerrandstreifenprogramm integriert waren, sondern die ungewollt, z. B. aus technischen Gründen, in dem einen oder anderen Jahr weniger intensiv behandelt wurden. Auch hier konnte sich Feldsalat etablieren, verschwand jedoch wieder, sobald der Ackerrand wieder wie die übrige Fläche bewirtschaftet wurde. Dies bedeutet, daß die Erhaltung von Feldsalatbeständen nicht notwendigerweise an ein gezieltes Naturschutzprogramm gebunden sein muß, sondern daß zusätzlich zu diesem bereits auf kleinen, von der Herbizidbehandlung und Düngung ausgenommenen Flächen Feldsalatvorkommen bestehen können. Wichtig ist auch hier, daß die Nutzung dieser Bereiche möglichst selten wieder intensiviert wird.

Einen wichtigen Lebensraum für den Echten Feldsalat stellen neben den Äckern die Straßenböschungen dar. Diese Flächen sind zu häufig verbreitet, als daß sie eines

gesonderten Schutzes bedürften. Zudem sind sie aus Sicht des Naturschutzes eher „unattraktiv“, da sich hier überwiegend häufig vorkommende, nicht gefährdete Arten ansiedeln. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen jedoch, daß Populationen, die an Böschungen gesammelt wurden, über ganz eigene und für die Züchtung wertvolle Eigenschaften verfügen können und diese Standorte deshalb besondere Beachtung finden sollten.

Für eine langfristige Erhaltung von Feldsalatbeständen an Böschungen sind verschiedene Einzelmaßnahmen empfehlenswert. Wichtig ist zunächst ein Verzicht auf Herbizidanwendung, auf die der Feldsalat empfindlich reagiert. Desweiteren sollte überflüssige Oberflächenversiegelung vermieden werden. Außerdem kann eine sehr früh im Jahr durchgeführte Mahd ebenfalls zu einer Bestandsdezimierung führen. Erfolgte die Mahd dagegen nach der Fruchtreife, waren die Vorkommen beständig. In einigen Fällen erfolgten im Zuge von Gebüschrückschnitten relativ starke Eingriffe, so daß kleinräumig vegetationsfreie Flächen entstanden. Gerade für den Feldsalat boten diese Teilflächen gute Keimungsmöglichkeiten und erwiesen sich als besonders geeignet für eine erneute Besiedlung.

Für größere, neu geschaffene vegetationsfreie Flächen ist grundsätzlich zu empfehlen, diese als potentiell besiedelbaren Lebensraum für wildlebende Arten der Umgebung zu betrachten und der spontanen Ansiedlung durch heimische Pflanzen zu überlassen. So sollte in der freien Landschaft auf Einsaaten und Anpflanzungen verzichtet werden, falls der Schutz der abiotischen Ressourcen dies nicht unbedingt erfordert. Nach Möglichkeit sollten diese Flächen der Sukzession überlassen werden, sofern diese vegetationsdynamischen Prozesse nicht anderen Ansprüchen zuwiderlaufen.

### 3.2.2 *Carum carvi* (Wiesen-Kümmel)

Einzelne Untersuchungsflächen des Wiesen-Kümmels fielen unter den Schutz des Mittelgebirgsprogramms. Dieses sieht vor, in der mosaikartigen Kulturlandschaft der Mittelgebirge „naturschutzwürdige Grünlandbiotop als Lebensraum seltener Tiere und Pflanzen zu erhalten bzw. wiederherzustellen“, indem es u. a. den Grünlandumbbruch, die Entwässerung und die Erstaufforstung verbietet, eine Einschränkung von Düngung und Viehbesatz fordert sowie Mahd- bzw. Beweidungstermine vorgibt (MURL 1998). Von dem Programm betroffene Kümmelbestände können durch die genannten Maßnahmen langfristig erhalten bleiben.

Die meisten untersuchten, Kümmel enthaltenden Flächen waren jedoch nicht in spezielle Schutzprogramme eingebunden. Sofern es sich dabei um eher mesophiles Grünland handelte, das zweimal im Jahr gemäht, je einmal gemäht und beweidet oder aber extensiv beweidet wurde, waren die Populationen im Untersuchungszeitraum bezüglich Individuenzahl und Vitalität der Pflanzen stabil. Auf nährstoffreicheren Flächen fand sich Kümmel, ebenfalls als stabiler Bestand, vorwiegend im Rand-



bereich. Kritisch dagegen stand es um diejenigen Herkünfte, deren Flächen noch vor der Fruchtreife gemäht wurden, wie z. B. ein wegbegleitender Grünstreifen in einem Neubaugebiet (K-19). Zwar kamen hier Kümmelpflanzen sowohl blühend als auch als Rosetten vor, doch waren es sehr wenige und vergleichsweise kleinwüchsige Individuen. Ähnliches gilt für einen Feldweg, der wegen einer freizuhaltenden Bushaltestelle ebenfalls vor der Fruchtreife gemäht wurde (K-16). Die dort siedelnde, sehr kleine Population kann damit dauerhaft in ihrem Fortbestand gefährdet sein, zumal sich in der Umgebung keine weiteren Vorkommen fanden.

Für die Erhaltung von Kümmelpopulationen *in situ* erscheint es nach den vorliegenden Ergebnissen notwendig zu sein, nicht nur Flächen zu schützen, die sich durch verstärktes Vorkommen gefährdeter Arten auszeichnen. Kümmel kann auch in nährstoffreicheren, artenärmeren Beständen sowie auf in gewissem Umfang gestörten Flächen bestehen (z. B. K-10: Schotterplatz an einer Weide, K-3: Wendeplatz für Traktoren). Auch diese Herkünfte verfügten über einen Teil des genetischen Materials der Art, der bei anderen Herkünften nicht vorkam. Beispielsweise waren alle Pflanzen von K-2, die zusammen mit zahlreichen Nitrophyten an einer Deichaufschüttung wuchsen, resistent gegen bestimmte Pathogene. Da gezielte Schutzmaßnahmen für alle diese Flächen nicht ausgewiesen werden können, erscheint zumindest eine verstärkte Beachtung und genaue Beobachtung solcher Bereiche vor Nutzungsänderungen oder Eingriffen in die Landschaft wünschenswert, um Verluste jeglicher Bestände nach Möglichkeit zu verhindern.

### 3.2.3 *Humulus lupulus* (Hopfen)

Die untersuchten Hopfenpopulationen kamen sowohl an Fließgewässern und stehenden Gewässern als auch an Waldrändern sowie auf eher ruderalen Standorten vor. Einzelne Bestände befanden sich innerhalb von Schutzgebieten. Auch wenn nicht alle an Fließgewässern siedelnde Bestände ausdrücklich unter das Gewässerauenprogramm fielen, sind die in diesem Rahmen vorgesehenen Maßnahmen zum langfristigen Schutz der Hopfenbestände besonders geeignet. Hierzu zählen neben Maßnahmen des Wasserbaus, die auf eine naturnahe Umgestaltung der Gewässer und der Auen hinzielen sollen, Extensivierungen der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen. Zur Gewährleistung einer langfristigen Entwicklung von Hopfenpflanzen spielen die ungestörten Gehölzbereiche eine wichtige Rolle. Alte Bestände fanden sich genau in diesen Bereichen (H-7, H-21), während auf oft gestörten Flächen eher Jungwuchs zu beobachten war, der sich wahrscheinlich nur in Einzelfällen dauerhaft etablieren kann.

Die Mehrzahl der Vorkommen in Ufernähe erwies sich als mehr oder weniger stark von der Nutzung der angrenzenden Flächen beeinträchtigt. Meist beschränkten sich die uferbegleitenden Gehölze, an denen der Hopfen rankt, auf einen schmalen Streifen. Im Rahmen von Gehölzrückschnitten, die die angrenzenden Flächen freihalten sollten, erfolgte oft eine starke Beschädigung des Hopfens (z. B. H-10), so

daß infolgedessen nur wenige Triebe der Pflanzen zur Blüte kamen. Auch unbeabsichtigte mechanische Schäden durch landwirtschaftliche Fahrzeuge wurden beobachtet. Eine ungestörte Entwicklung dieser Bestände kann somit nur dann erfolgen, wenn entweder ein breiterer Gehölzstreifen erhalten bleibt oder die Nutzung der angrenzenden Flächen eingeschränkt wird.

An Waldrändern siedelnder Hopfen zeigte in der Regel keine Bestandsveränderungen im Untersuchungszeitraum. Hier stellte sich offenbar insofern ein Gleichgewicht ein, als der Hopfen kontinuierlich ausschließlich im Übergangsbereich zwischen Wald und angrenzender Nutzfläche vorkam, während sich weder im Wald – aufgrund der ungünstigen Lichtverhältnisse – noch außerhalb – aufgrund der Nutzung – Hopfenpflanzen etablierten. Gezielte Maßnahmen für die Erhaltung der untersuchten Bestände sind deshalb nicht notwendig.

Neben den Vorkommen an Gewässerufern und Waldrändern fanden sich zahlreiche Hopfenbestände in trockeneren Biotoptypen, so z. B. auf Parkplätzen (H-27) oder an Straßengraben (H-12). Besonders in diesen Bereichen wuchs der Hopfen bei reichlicher Blütenbildung meist äußerst üppig. Aus naheliegenden Gründen bedarf es hier keines gesonderten Schutzes der Flächen, jedoch sollten hier besonders starke Gehölzrückschnitte vermieden werden. So war beispielsweise der Bestand von H-12 nach einer gründlichen Grabenräumung so stark beschädigt, daß zahlreiche Pflanzen im Folgejahr nicht mehr erschienen. Bei H-18 dagegen, bei der ebenfalls ein erheblicher Eingriff vorgenommen wurde, zeigten sich in der Folge keine dauerhaften Schäden. Dies ist insofern von großer Bedeutung, als ein Verlust jedes Bestandes einen Verlust an genetischer Vielfalt bedeutet. Wie bereits für Feldsalat und Kümmel festgestellt, erwiesen sich auch sämtliche Hopfenpopulationen als genetisch unterschiedlich. Auch Hopfen von naturferneren Standorten verfügte z. T. über wertvolle Eigenschaften, seien es Inhaltsstoffe oder Resistenzen (z. B. H-27: Autobahnparkplatz, H-30: Felshang und Straßenrand). Die erwähnte Population H-18 ist hier von besonderem Interesse, da sich in ihr mehrere vollständig mehltäuresistente Pflanzen befanden.

Da die naturnahen Ufer als primäre Vorkommen des Hopfens gelten und inzwischen eher selten sind, sollte sich insgesamt das Augenmerk verstärkt auf die Erhaltung dieser Standorte richten. Bei den übrigen Standorten sollte versucht werden, häufige Störungen zu vermeiden, damit sich auch langfristig Populationen etablieren können.

### **3.2.4      Schlußfolgerungen**

Zunächst sei nochmals darauf hingewiesen, daß sich die vorliegenden Untersuchungen auf das Land Nordrhein-Westfalen, also einen kleinen Ausschnitt des Gesamtareals der Pflanzen, beschränken und Populationen aus diesem Gebiet punktuell herausgegriffen wurden. Daß bereits diese Auswahl ein hohes Maß an Diversität er-

kennen ließ, deutet darauf hin, daß bei einer erweiterten Untersuchung – Vergrößerung des Untersuchungsgebietes, Differenzierung der Standortauswahl – mit einer weitaus höheren Variabilität gerechnet werden muß.

Jeder Wuchsort, ob naturnah oder ruderal, wies eine eigenständige genetische Population der betreffenden Art auf, die unabhängig vom jeweiligen Standort über wertvolle Eigenschaften von züchterischer Relevanz verfügen konnte. Dies bedeutet somit, daß es für die Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen gilt, jeden Lebensraum gleichermaßen zu erhalten. Neben bereits umgesetzten Naturschutzprogrammen, die alle einen Beitrag zum *In-situ*-Schutz leisten, sind gezielte Einzelmaßnahmen in Flächen, die nicht unter Schutz stehen, notwendig.

Insgesamt sollte somit der Blick des Naturschutzes über die gefährdeten Arten und Lebensräume hinausgehen und auch solchen Flächen Beachtung schenken, die zunächst aufgrund der dort häufig anzutreffenden Arten als „unattraktiv“ gelten. Weitere Untersuchungen zur intraspezifischen Diversität stellen eine vordringliche Zukunftsaufgabe dar, da derartige Flächen oftmals Eingriffen in die Landschaft zum Opfer fallen, ohne daß überhaupt Kenntnisse über den Verlust bestehen. Nur ein verantwortungsvoller Umgang mit der Natur kann langfristig Lebensraum für die Vielfalt der Organismen gewähren.

## IV Literatur

- ANGERMEIER, P. L. (2000): The Natural Imperative for Biological Conservation.- *Conservation Biology* **14** (2), 373-381.
- BARKMANN, J. J., H. DOING & S. SEGAL (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse.- *Acta Bot. Nederl.* **13**, 394-419.
- BARTH, H. J., CH. KLINKE, & K. SCHMIDT (1994): Der Große Hopfenatlas.- Carl, Getränkefachverlag, Nürnberg.
- BECKER-DILLINGEN, J. (1956): Handbuch des gesamten Gemüsebaues.- 6. Aufl. Paul Parey Berlin u. Hamburg, 755 S.
- BEGEMANN, F. (1988): Ecogeographic Differentiation of Bambarra Groundnut (*Vigna subterranea*) in the Collection of the International Institute of Tropical Agriculture (I.I.T.A.).- Gießen, Wissenschaftlicher Fachverlag (Dissertation), 153 S.
- BERNHARDT, K.-G. (1996): Möglichkeiten des Naturschutzes für den Erhalt von Genressourcen.- In: BEGEMANN, F. & R. VÖGEL [Hrsg.]: *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und *on farm*.- *Schr. Gen. Ressourcen* **2**, 114-129.
- BIANCHINI, F. (1978): Der große Heilpflanzenatlas.- BLV Verlagsges. Wien, 243 S.
- BML (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), ZADI (Zentralstelle für Agrardokumentation und -information) & IGR (Informationszentrum für Genetische Ressourcen) [Hrsg.] (1997): 4. Internationale Technische Konferenz der FAO über Pflanzengenetische Ressourcen.- *Schr. Gen. Ressourcen*, Sonderband, 188 S.
- BOSBACH, K., H. HURKA & R. HAASE (1982): The soil seed bank of *Capsella bursa-pastoris* (Cruciferae): Its influence on population variability.- *Flora* **172**, 47-56.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie.- 3. Aufl., Springer Verlag Wien, New York, 865 S.
- BÜHL, A. & P. ZÖFEL (1998): SPSS für Windows, Version 7.5.- 4. Aufl., Addison Wesley Longman Verlag GmbH Bonn, 669 S.
- BÜHL, A. & P. ZÖFEL (2000): SPSS für Windows, Version 9.- 6. Aufl., Addison Wesley München, 686 S.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1997) [Hrsg.]: Erhaltung der biologischen Vielfalt.- Bonn-Bad Godesberg, 352 S.

- BUNDESSORTENAMT (1992): Richtlinie zur Prüfung der Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit von Hopfen, unveröff. 8 S.
- CHRISTENSEN, K. I. (1984): The morphological variation of some *Crataegus* populations (Rosaceae) in Greece and Yugoslavia.- Nord. J. Bot. **4 (5)**, 585-595.
- DAB (1999): Kümmelöl.- Deutscher Apothekerverlag Stuttgart, Govi-Verlag Frankfurt, Pharmazeutischer Verlag GmbH Eschborn.
- DARLINGTON, C. D. & A. P. WYLIE (1955): Chromosome Atlas of Flowering Plants.- George Allen & Unwin LTD London, 2. Ed. 519 S.
- DAVIS, E. (1957): Morphological complexes in hops (*Humulus lupulus* L.) with special reference to the american race.- Ann. of the Missouri Bot. Garden **44 (4)**, 271-294.
- DINTER, W. (1986): Naturräumliche Grundlagen zur Regionalisierung der Roten Liste.- In: LÖLF NW [Hrsg.]: Rote Liste der in Nordrhein-Westfalen gefährdeten Pflanzen und Tiere.- Schr.reihe LÖLF **4**, 30-35.
- DÜLL, R. & H. KUTZELNIGG (1994): Botanisch-ökologisches Exkursionstaschenbuch.- 5. Aufl., Quelle & Meyer Wiesbaden, 590 S.
- DURKA, W. (2000): Die Bedeutung der populationsgenetischen Struktur für den Artenschutz am Beispiel der Srtomtalart *Corrigiola litoralis* L.: 61-71.- In: Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.]: Erfassung und Schutz der genetischen Vielfalt von Wildpflanzenpopulationen in Deutschland. Schr.reihe f. Vegetationskde. **32**, Bonn-Bad Godesberg, 188 S.
- EHARA, K. (1955): Comparative morphological studies on the Hop (*Humulus lupulus* L.) and the Japanese Hop (*H. japonicus* SIEB. ET ZUCC.). I.- Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University **10 (3)**, 209-232.
- ELLENBERG, H. (1956): Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde.- In: WALTER, H. [Hrsg.]: Einführung in die Phytologie.- Bd **IV**, I. Ulmer Verlag Stuttgart, 136 S.
- ELSEN VAN, T. (1994): Die Fluktuation von Ackerwildkraut-Gesellschaften und ihre Beeinflussung durch Fruchtfolge und Bodenbearbeitungszeitpunkt.- Ökologie u. Umweltsicherung **9 (94)**, 414 S.
- ERDMANN, K.-H. (1996): Erhaltung pflanzen- und tiergenetischer Ressourcen in Biosphärenreservaten: Ziele, Aufgaben und Konzepte.- In: BEGEMANN, F. & R. VÖGEL [Hrsg.]: *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürl. Standort und *on farm*.- Schr. Gen. Ressourcen **2**, 10-27.

- ERICSSON, S. (1992): The microspecies of the *Ranunculus auricomus* complex treated at the species level.- *Ann. Bot. Fennici* **29**, 123-158.
- ERNET, D. (1977 a): Sproßaufbau und Lebensform von *Valerianella* und *Fedia* (Valerianaceae).- *Plant Syst. Evol.* **127**, 243-276.
- ERNET, D. (1977 b): Blütenbau und Fortpflanzungsbiologie von *Valerianella* und *Fedia* (Valerianaceae).- *Plant Syst. Evol.* **128**, 1-22.
- ERNET, D. (1978): Fruchtbau und Verbreitungsbiologie von *Valerianella* und *Fedia* (Valerianaceae).- *Plant Syst. Evol.* **130**, 85-126.
- FISCHER, M & D. MATTHIES (1998): RAPD variation in relation to population size and plant fitness in the rare *Gentianella germanica* (Gentianaceae).- *Am. J. Bot.* **85** (6), 811-819.
- FLURY, B. (1997): A first course in multivariate statistics.- Springer Verl. New York, 713 S.
- FORWICK, J., B. M. MÖSELER, R. WINGENDER & J. WUNDER (1996): Diversität von Wildpflanzen als genetische Ressourcen.- In: BEGEMANN, F., C. EHLING & R. FALGE [Hrsg.] (1996): Vergleichende Aspekte der Nutzung und Erhaltung pflanzen- und tiergenetischer Ressourcen.- *Schr. Gen. Ressourcen* **5**, 328-331.
- FORWICK, J., B. M. MÖSELER, R. WINGENDER, J. WUNDER & H. SCHNABL (2001): Morphometrische und molekularbiologische Erfassung und Untersuchung von Wildpflanzenpopulationen in Nordrhein-Westfalen als pflanzengenetische Ressourcen.- *Forschungsberichte, Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und standortgerechte Landwirtschaft“ Universität Bonn, unveröff.*, 139 S.
- FORWICK-KREUZER, J., B. M. MÖSELER, R. WINGENDER & J. WUNDER: Zur Bedeutung der intraspezifischen Diversität von Wildpflanzen für Naturschutz und Landwirtschaft: Feldsalat (*Valerianella locusta*), Kümmel (*Carum carvi*) und Hopfen (*Humulus lupulus*).- *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. Berlin-Dahlem*, im Druck.
- FRANKE, W. (1997): Nutzpflanzenkunde.- 6. Aufl. Thieme Verlag Stuttgart, 509 S.
- FREUDE, M. (1996): Generhalt und Naturschutz: Standortbeschreibung unserer genetischen Blindheit. In: BEGEMANN, F. & R. VÖGEL [Hrsg.]: *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und *on farm*.- *Schr. Gen. Ressourcen* **2**, 1-3.
- GABLER, J. & F. EHRIG (2000): *Phomopsis diachenii* Sacc., ein aggressiver Krankheitserreger an Kümmel (*Carum carvi* L.) – Erstnachweis für Deutschland.- *Z. f. Arznei- und Gewürzpflanzen* **1**, 36-39.

- GISTL, R. (1938): Naturgeschichte pflanzlicher Rohstoffe.- Lehmanns Verlag München, Berlin, 275 S.
- HAMAGUCHI, T. (1955): Studies in Hop II. Growth and differentiation of the hop plant.- Bull. Brew. Sci. **2**, 67-120.
- HAMMER, K. & TH. GLADIS (1996): Funktionen der Genbank des IPK Gatersleben bei der *In-situ*-Erhaltung *on farm*.- In: BEGEMANN, F. & R. VÖGEL [Hrsg.]: *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und *on farm*.- Schr. Gen. Ressourcen **2**, 83-89.
- HAMRICK, J. L. & M. J. W. GODT (1989): Allozyme diversity in plant species.- In: BROWN, A. H. D., M. T. CLEGG, A. L. KAHLER & B. S. WEIR [Hrsg.]: Plant population genetics, breeding and genetic resources.- Sinauer Associates, Sunderland., 43-63.
- HAMRICK, J. L. & M. D. LOVELESS (1986): The influence of seed dispersal mechanisms on the genetic structure of plant populations.- In: ESTRADA, A. & Y. B. LINHART [Hrsg.]: Frugivores and Dispersal .- W. Junk Publ. Dordrecht.
- HANSEN, K. T., R. ELVEN & CHR. BROCHMANN (2000): Molecules and Morphology in Concert: Tests of some Hypotheses in Arctic *Potentilla* (Rosaceae).- Am. J. Bot. **87** (10), 1466-1479.
- HAUNOLD, A. (1972): Self Fertilization in a Normally Dioecious Species, *Humulus lupulus* L.- Journal of Heredity **63**, 283-286.
- HAUNOLD, A. (1981): Hop Production, Breeding and Variety Development in Various Countries.- J. Am. Soc. Brew. Chem. **39** (1), 27-34.
- HAUNOLD, A. & G. NICKERSON (1987): Development of a Hop with European Aroma Characteristics.- J. Am. Soc. Brew. Chem. **45** (4), 146-151.
- HAUNOLD, A., S. T. LIKENS, G. B. NICKERSON & S. T. KENNY (1984): Nugget, a New Hop Cultivar with High Alpha-Acids Potential.- J. Am. Soc. Brew. Chem. **42**, 62-64.
- HEEGER, E. F. (1956): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues.- Deutscher Bauernverlag Berlin, 776 S.
- HEGI, G. (1926): Illustrierte Flora von Mittel-Europa.- Bd. **V** (2), J. F. Lehmanns Verlag München.
- HEGI, G. (1981): Illustrierte Flora von Mittel-Europa.- Bd. **III** (1), 3. Aufl., Carl Hanser Verlag München, 504 S.
- HERMY, M. & A. WILMOTTE [Hrsg.] (1988): Multivariate Analysis of Biological Data – An Introduction.- Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. **121**, 127-158.

- HEYWOOD, V. H. [Hrsg.] (1982): Blütenpflanzen der Welt.- Birkhäuser Verlag Basel, 335 S.
- HURKA, H. & R. HAASE (1982): Seed ecology of *Capsella bursa-pastoris* (Cruciferae): Dispersal mechanism and the soil seed bank.- *Flora* **172**, 35-46.
- IBISCH, P. L., W. BARTHLOTT & W. LOBIN (1996): Botanische Gärten und *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Diversität: ein Widerspruch?- In: BEGEMANN, F. & R. VÖGEL [Hrsg.]: *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und *on farm*.- *Schr. Gen. Ressourcen* **2**, 177-199.
- JACOBSEN, P. (1957): The Sex Chromosomes in *Humulus*.- *Hereditas* **43**, 357-370.
- JAGEL, A. & H. HÄUPLER (1995) [Hrsg.]: Arbeitsatlas zur Flora Westfalens, Arbeitsgruppe Geobotanik, Spezielle Botanik, Ruhr-Universität Bochum, 2. Aufl., 397 S.
- KAWANO, S., S. TODOKORO, R. TERAUCHI & Y. ISHIGURI (1999): Naturalised populations of *Arabidopsis thaliana* in Japan: micro-satellite polymorphisms and differentiations in life history traits: 91-116.- In: RAAMSDONK V., L. W. D. & J. C. M. DEN NIJS [Hrsg.]: *Plant Evolution in Man-Made Habitats*.- *Proc. VII<sup>th</sup> Symp. IOPB*, Amsterdam 1998, 382 S.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL & P. VOLESKE (1996): *Biostatistik*.- 2. Aufl., Springer Verlag Berlin Heidelberg, 285 S.
- KÖRBER-GROHNE, U. (1988): *Nutzpflanzen in Deutschland*.- 2. Aufl. Theiss Stuttgart, 490 S.
- KOSAK, B. (1996): Zustandsbericht zur Erhaltung genetischer Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft in Deutschland.- In: BEGEMANN, F. & R. VÖGEL [Hrsg.]: *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und *on farm*.- *Schr. Gen. Ressourcen* **2**, 4-9.
- KREMHELLER, H. TH. & R. DIERCKS (1983): Epidemiologie und Prognose des Falschen Mehltaus (*Pseudoperonospora humuli*) an Hopfen.- *Journal of Plant Diseases and Protection* **90 (6)**, 599-616.
- LBP (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU) [Hrsg.] (2000a): Hopfen 2000. Anbau, Düngung, Pflanzenschutz, Sorten. 109 S.
- LBP (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU) [Hrsg.] (2000b): Jahresbericht 1999, Sonderkultur Hopfen. 104 S.



- LESICA, P., R. F. LEARY, F. W. ALLENDORF & D. E. BILDERBACK (1988): Lack of Genetic Diversity Within and Among Populations of an Endangered Plant, *Howellia aquatilis*.- Conservation Biology **2** (3), 275-282.
- LEWIS, P. A. & G. G. THOMAS (1982): Investigation into some causes of differing alpha-acid contents of hop (*Humulus lupulus* L.) samples.- Journal of Horticultural Science **57** (1), 121-127.
- LIKENS, S. T., G. B. NICKERSON, A. HAUNOLD & C. E. ZIMMERMANN (1978): Relationship between Alpha Acids, Beta Acids and Lupulin Content of Hops.- Crop Science **18**, 380-386.
- LINKE, W. (1942): Der Hopfenbau.- Verlag Paul Parey, Berlin, 239 S.
- LUIJTEN, S. H., A. DIERICK, J. GERARDS, B. OOSTERMEIJER, L. E. L. RAIJMANN & H. C. M. DEN NIJS (2000): Population Size, Genetic Variation, and Reproductive Success in a Rapidly Declining, Self-Incompatible Perennial (*Arnica montana*) in The Netherlands. Conservation Biology **14** (6), 1776-1787.
- MENERET, G, M. BONNAT & J. GUIOLET (1954): Forme des Bractées chez les Houblons Cultivés.- Annales de l'amélioration des plantes **II**, 209-246.
- MÜLLER, TH. (1974): Gebüschgesellschaften im Taubergießengebiet. In: Das Taubergießengebiet.- Natur- und Landschaftsschutzgeb. Baden-Württ. **7**, Ludwigsburg, 400-421.
- MURL (MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW) [Hrsg.] (1989): Klima-Atlas von Nordrhein-Westfalen.- Düsseldorf, 65 S. und 51 Karten.
- MURL (MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NRW) [Hrsg.] (1998): Wegweiser durch das Kulturlandschaftsprogramm Nordrhein-Westfalen.- Düsseldorf, 42 S.
- NEUFFER, B. & H. HURKA (1986): Variation of Development Time Until Flowering in Natural Populations of *Capsella bursa-pastoris* (Cruciferae).- Pl. Syst. Evol. **152**, 277-296.
- NEUFFER, B. & M. LINDE (1999): *Capsella bursa-pastoris* – colonisation and adaptation; a globe-trotter conquers the world: 49-72.- In: RAAMSDONK v., L. W. D. & J. C. M. DEN NIJS [Hrsg.]: Plant Evolution in Man-Made Habitats.- Proc. VII<sup>th</sup> Symp. IOPB, Amsterdam 1998, 382 S.
- NEVE, R. A. (1991): Hops.- 1. Aufl., Chapman and Hall, London, 261 S.

- OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1992a): Süddeutsche Pflanzengesellschaften.- Teil I, 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag Jena, 314 S.
- OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1992b): Süddeutsche Pflanzengesellschaften.- Teil IV, 2. Aufl., Gustav Fischer Verlag Jena, 282 S.
- OBERDORFER, E. [Hrsg.] (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften.- Teil III, 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag Jena, 455 S.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora.- 7. Aufl., Ulmer Verlag Stuttgart, 1050 S.
- OETMANN, A. (1994): Untersuchungen zur intraspezifischen phänotypischen Variabilität autochthoner Weidelgrasherkünfte (*Lolium perenne* L.) und ihre Bedeutung für die Erhaltung wertvoller Standorte vor Ort (*In situ*).- Kassel, Dissertation, 203 S.
- OKONIEWSKA, J. (1974): Ocena kolekcji kminku zwyczajnego – *Carum carvi* L. (Bewertung einer Kollektion zweijährigen Kümmels (*Carum carvi* L.).- *Herba Polonica* **20**, 138-141.
- ONO, T. (1955): Studies in Hop I., Chromosomes of Common Hop and its relatives.- *Bull. Brew. Sci.* **2**, 3-65 (summary: 60-65).
- OOSTERMEIJER, J. G. B. (1996): Population Size, Genetic Variation and Related Parameters in Small, Isolated Plant Populations: A Case Study. In: SETTELE, J., C. R. MARGULES, P. POSCHLOD & K. HENLE [Hrsg.]: *Species Survival in Fragmented Landscapes*.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 111-122.
- OOSTERMEIJER, J. G. B., A. BERHOLZ & P. POSCHLOD (1996): Genetical Aspects of Fragmented Plant Populations. In: SETTELE, J., C. R. MARGULES, P. POSCHLOD & K. HENLE [Hrsg.]: *Species Survival in Fragmented Landscapes*.- Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 93-101.
- OPITZ, O. (1980): *Numerische Taxonomie*.- UTB Fischer Verlag Stuttgart New York, 191 S.
- OUBORG, N. J., Y. PIQUOT & J. M. VAN GROENENDAEL (1999): Population genetics, molecular markers and the study of dispersal in plants.- *J. Ecol.* **87**, 551-568.
- PANK, F. (2000): Heil- und Gewürzpflanzen aus der Sicht des Pflanzenzüchters. 3. Mitteilung: Kümmel (*Carum carvi* L.).- *Beiträge zur Züchtungsforschung, Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen* **6 (2)**, 31-45.

- PANK, F. & R. QUILITZSCH (1996): Phänotypische Variabilität des einjährigen Kümmels (*Carum carvi* L. var. *annuum* hort.) im mitteldeutschen Anbaubereich.- Z. f. Arznei- und Gewürzpflanzen **1** (3), 128-133.
- PANK, F., J. GABLER & J. FORWICK-KREUZER (2001): Ergebnisse der Evaluierung einheimischer Populationen des Wiesen-Kümmels (*Carum carvi* L.).- Schriftenr. des BMVEL, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Münster-Hiltrup (im Druck).
- PIETREK, G. (2000): Die Wirt-Pathogen-Beziehung von *Valerianella locusta* (L.) Laterr. und *Peronospora valerianellae* Fuckel als Grundlage der Resistenzzüchtung.- Dissertation Universität München.
- PUSCHMANN, G., V. STEPHANI & D. FRITZ (1992): Untersuchungen zur Variabilität von Kümmel (*Carum carvi* L.).- Gartenbauwissenschaft **57** (6), 275-277.
- ROTHMALER, W. [Begr.] (1990): Exkursionsflora von Deutschland.- Band **4**, 8. Aufl., Volk und Wissen Verlag Berlin, 811 S.
- SALMON, E. S. & H. WORMALD (1921): A study of the variation in seedlings of the Wild Hop (*Humulus lupulus* L.).- Journal of Genetics **XI**, 241-267.
- SCHMID, H. E. & M. KLINKOWSKI (1965): Virosen des Hopfens (*Humulus lupulus* L.) in Europa.- Phytopathologische Zeitschrift **54**, 122-146.
- SCHMIDT, J. (1918): Investigations on Hops (*Humulus lupulus* L.) – XI. Can different clones be characterised by the number of marginal teeth in the leaves?.- Comptes rendus des travaux du laboratoire Carlsberg **14**, 1-23.
- SCHUMACHER, W., B. DÜLL-WUNDER, C. VANBERG & J. WUNDER (1996): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen des Rheinlandes, Institut f. Landw, Botanik, Landwirtschaftl. Fakultät d. Rhein. Friedr.-Wilh.-Univ. Bonn, Forschungsber. **33**, 355 S.
- SCHUMANN, F. (1996): *In-situ*-Erhaltung von Wildreben am Oberrhein.- In: BEGEMANN, F. & R. VÖGEL [Hrsg.]: *In-situ*-Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland am natürlichen Standort und *on farm*.- Schriften zu Genetischen Ressourcen **2**, 63-71.
- SIEWEK, F. (1990): Exotische Gewürze: Herkunft, Verwendung, Inhaltsstoffe.- Birkhäuser Verlag Basel, 190 S.
- SMALL, E. (1978): A numerical taxonomic analysis of the *Daucus carota* complex.- Can. J. Bot. **56** (1), 248-276.
- STEINMEYER, B., K. WÖHRMANN & H. HURKA (1985): Phänotypenvariabilität und Umwelt bei *Capsella bursa-pastoris* (Cruciferae).- Flora **177**, 323-334.

- SUKOPP, H. & I. KOWARIK (1987): Der Hopfen (*Humulus lupulus* L.) als Apophyt der Flora Mitteleuropas.- Natur und Landschaft **62 (9)**, 373-377.
- THOMAS, G. G. (1982): Flowering and dormancy of the hop (*Humulus lupulus*) in relation to environment.- Rep. Dept. Hop Res., Wye Coll. for 1981, 40-43.
- THOMAS, G. G. & P. DARBY (1984): Seasonal variation in alpha-acid content in hops in relation to environmental factors.- Rep. Dept. Hop Res., Wye Coll. for 1983, 45-49.
- THOMAS, G. G. & R. A. NEVE, (1976): Studies on the effect of pollination on the yield and resin content of hops (*Humulus lupulus* L.).- J. Inst. Brew. **82**, 41-45.
- TITZ, W. (1982): Über die Anwendbarkeit biomathematischer und biostatistischer Methoden in der Systematik (mit besonderer Berücksichtigung multivariater Verfahren).- Ber. Deutsch. Bot. Ges. **95**, 149-154.
- TITZ, W. & E. TITZ (1982): Analyse der Formenmannigfaltigkeit der *Valeriana officinalis*-Gruppe im zentralen und südlichen Europa.- Ber. Deutsch. Bot. Ges. **95**, 155-164.
- TUTIN, T. G., V. H. HEYWOOD, N. A. BURGESS, D. H. VALENTINE, S. M. WALTERS & D. A. WEBB (1968): Flora Europaea **2**.- Cambridge University Press, S. 354.
- TUTIN, T. G., V. H. HEYWOOD, N. A. BURGESS, D. H. VALENTINE, S. M. WALTERS & D. A. WEBB (1976): Flora Europaea **4**.- Cambridge University Press, 48-52.
- UPOV (UNION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES OBTENTIONS VEGETALES) (1980): Richtlinien für die Durchführung der Prüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit – Feldsalat.- unveröff. 7 S.
- URBANSKA, K. M. (1992): Populationsbiologie der Pflanzen.- Gustav Fischer Verlag (UTB), Stuttgart, 374 S.
- VOGEL, G. (1996): Handbuch des Speziellen Gemüsebaues, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, 1127 S.
- WÄRTGEN, K. (1990). Über den Einfluß äußerer Faktoren auf die Stabilität der Hopfenbitterstoffe.- Gießen (Dissertation), 195 S.
- WAGENITZ, G. [Hrsg.] (1970): Familie Valerianaceae.- In: HEGI – Illustrierte Flora von Mittel-Europa, Bd. VI (**2**), Carl Hanser Verlag München, 97-176.
- WEBERLING, F. (1969): Zur Bestimmung der einheimischen und adventiv vorkommenden *Valerianella*-Arten.- Hess. Flor. Biefe **18 (211)**, 33-38.

- WEBERLING, F. (1981): Morphologie der Blüten und der Blütenstände, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, 391 S.
- WILLIAMS, J. G. K., A. R. KUBELIK, K. J. LIVAK, J. A. RAFALSKI & V. S. TINGEY (1990): DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers.- Nucl. Acid Res. **18 (22)**, 6531-6535.
- WOLFF-STRAUB, R., I. BANK-SIGNON, E. FOERSTER, H. KUTZELNIGG, H. LIENENBECKER, E. PATZKE, U. RAABE, F. RUNGE & W. SCHUMACHER (1988): Florenliste von Nordrhein-Westfalen.- In: LÖLF NRW [Hrsg.]: Florenliste von Nordrhein-Westfalen.- Schr.reihe d. LÖLF NRW (**7**), Recklinghausen, 7-89.
- ZADI (CENTRE FOR AGRICULTURAL DOCUMENTATION AND INFORMATION), IGR (INFORMATION CENTRE FOR GENETIC RESOURCES), DSE (GERMAN FOUNDATION FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT) & ZEL (FOOD AND AGRICULTURE DEVELOPMENT CENTRE) [Hrsg.] (1995): Contributions from Germany in the Field of Plant Genetic Resources.- Bonn, 260 S.
- ZAHLHEIMER, W. A. (1979): Vegetationsstudien in den Donauauen zwischen Regensburg und Straubing als Grundlage für den Naturschutz.- Hoppea **38**, Regensburg, 3-398.
- ZEIDLER, A., S. SCHNEIDER, C. JUNG, A. E. MELCHINGER & P. DITTRICH (1994): The Use of DNA Fingerprinting in Ecological Studies of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel.- Bot. Acta **107**, 237-242.
- ZÖFEL, P. (1992): Statistik in der Praxis.- 3. Aufl., UTB Fischer Verlag Stuttgart Jena, 422 S.
- ZOPFI, H.-J. (1991): Aestival and autumnal vicariads of *Gentianella* (Gentianaceae): a myth?.- Pl. Syst. Evol. **174**, 139-158.
- ZOPFI, H.-J. (1993a): Ecotypic variation in *Rhinanthus alectorolophus* (SCOPOLI) POLLICH (*Scrophulariaceae*) in relation to grassland management. I. Morphological delimitations and habitats of seasonal ecotypes.- Flora **188**, 15-39.
- ZOPFI, H.-J. (1993b): Ecotypic variation in *Rhinanthus alectorolophus* (SCOPOLI) POLLICH (*Scrophulariaceae*) in relation to grassland management. II. The genotypic basis of seasonal ecotypes.- Flora **188**, 153-173.

## V Anhang

Die Erklärung der in den Tabellen verwendeten Abkürzungen der morphologischen Merkmale befindet sich in den Kapiteln A-3.3, B-3.3 und C-3.3.

### ***Valerianella locusta* (L.) Laterr. (Echter Feldsalat)**

Tab. 1	Charakterisierung der Wildherkünfte..... A-1 <i>Characterization of the wild populations</i>
Tab. 2	Mittelwerte der Keimblatt- und Rosettenmerkmale der Feldsalatpopulationen <i>ex situ</i> ..... A-4 <i>Average of cotyle and rosette leaf characteristics ex situ</i>
Tab. 3	Mittelwerte der Sproßmerkmale der Feldsalatpopulationen <i>ex situ</i> ..... A-5 <i>Average of shoot characteristics and bract characteristics of cornsalad populations ex situ</i>
Tab. 4	Mittelwerte der Tragblattmerkmale der Feldsalatpopulationen <i>ex situ</i> ..... A-6 <i>Average of bract characteristics of cornsalad populations ex situ</i>
Tab. 5	Mittelwerte der Blüten- und Fruchtmerkmale der Feldsalatpopulationen <i>ex situ</i> ..... A-7 <i>Average of flower and fruit characteristics of cornsalad populations ex situ</i>
Tab. 6	Mittelwerte der Merkmale der Feldsalatpopulationen <i>in situ</i> ..... A-7 <i>Average of all characteristics of cornsalad populations in situ</i>
Abb. 7	Herbarbelege ausgewählter Feldsalatpopulationen nach Anbau unter gleichen Bedingungen ( <i>ex situ</i> ) sowie der Sorte <i>Vit</i> ..... A-8 <i>Material of selected cornsalad populations after planting under identical conditions (ex situ) as well as variety Vit</i>
Abb. 8	Ausgewählte Feldsalatpopulationen nach Anbau unter gleichen Bedingungen ( <i>ex situ</i> ) sowie zwei Sorten. .... A-9 <i>Selected cornsalad populations after planting under identical conditions (ex situ) as well as two varieties</i>
Tab. 9a	Vegetationsaufnahmen der Feldsalatpopulationen von Ackerstandorten..... A-10 <i>Vegetational surveys of cornsalad from farming sites</i>
Tab. 9b	Vegetationsaufnahmen der Feldsalatpopulationen der gemähten und/oder beweideten Böschungen..... A-12 <i>Vegetational surveys of cornsalad populations in mowed and/or pastured escarpments</i>

## ***Carum carvi* L. (Wiesen-Kümmel)**

- Tab. 10 Charakterisierung der Wildherkünfte .....A-13  
*Characterization of the wild populations*
- Tab. 11 Mittelwerte der Sproß- und Doldenmerkmale der Kümmelpopulationen *ex situ* .....A-15  
*Average of the shoot and umbel characteristics of caraway populations ex situ*
- Tab. 12 Mittelwerte der Sproß- und Doldenmerkmale der Kümmelpopulationen *in situ* .....A-16  
*Average of the shoot and umbel characteristics of caraway populations in situ*
- Abb. 13 Merkmale des Sproß- und Doldenbereiches, die aus zehn Kümmelpopulationen *in situ* und *ex situ* erhoben wurden.....A-17  
*Characteristics of shoot and umbel region gathered from 10 caraway populations in situ and ex situ.*
- Tab. 14 Ergebnisse der Qualitätsbestimmung der Kümmelpopulationen aus dem Anbau 1997/98 und 1998/99 .....A-18  
*Results of the evaluation of caraway populations planted 1997/98 and 1998/99.*
- Abb. 15 Ergebnisse der Qualitätsbestimmung an Wildkümmel und Kultursorten.....A-19  
*Results of the evaluation of wild caraway and cultivars: weight per thousand kernels, ethereal oil and carvon content in ethereal oil.*
- Tab. 16 Vegetationsaufnahmen der untersuchten Kümmelpopulationen.....A-20  
*Vegetational surveys of the examined caraway populations*

## ***Humulus lupulus* L. (Hopfen)**

- Tab. 17 Charakterisierung der Wildherkünfte .....A-26  
*Characterization of the wild populations*
- Abb. 18 Kartenausschnitte (TK 25) sechs ausgewählter Hopfenpopulationen.....A-29  
*Excerpts of maps of six selected hop populations*
- Tab. 19 Mittelwerte der Blattmerkmale an Einzelpflanzen ausgewählter Hopfenpopulationen *ex situ* .....A-30  
*Average of the leaf characteristics of single plants of selected hop populations ex situ*
- Tab. 20 Mittelwerte der Infloreszenzmerkmale der Hopfenpopulationen *ex situ*...A-31  
*Average of the inflorescence characteristics of hop populations ex situ*
- Tab. 21 Mittelwerte der Blattmerkmale der Hopfenpopulationen *in situ* .....A-32  
*Average of the leaf characteristics of hop populations in situ*

Tab. 22	Mittelwerte der Infloreszenzmerkmale der Hopfenpopulationen <i>in situ</i> ....	A-33
	<i>Average of the inflorescence characteristics of hop populations in situ</i>	
Abb. 23	Merkmale der Infloreszenzen, die an 17 Wildhopfenpopulationen <i>in situ</i> und <i>ex situ</i> erhoben wurden.....	A-34
	<i>Characteristics of inflorescence region gathered from 17 hop populations in situ and ex situ.</i>	
Abb. 24	Weibliche Infloreszenzen ausgewählter Hopfenbestände <i>ex situ</i> und von zwei Sorten. ....	A-35
	<i>Female inflorescences of selected hop populations in situ and ex situ and of two varieties.</i>	
Abb. 25	Herbarbelege je einer Infloreszenz der Hopfenbestände H-6 und H-23 <i>in situ</i> und <i>ex situ</i> .....	A-36
	<i>Material of one inflorescence of each hop population H-6 and H-23 in situ and ex situ.</i>	
Abb. 26	Boxplots zu den Spindellängen aus acht Wildhopfen-Populationen 1996 bis 1999 <i>in situ</i> sowie 1999 <i>ex situ</i> .....	A-38
	<i>Boxplots of the spindle length of eight wild hop populations from 1996 to 1999 in situ and 1999 ex situ.</i>	
Tab. 27	Bonitierungsergebnisse des Wildhops (Handbonitur).....	A-39
	<i>Results of evaluation of wild hops (evaluation by hand) (harvest 1997)</i>	
Tab. 28	Ergebnisse der Bestimmung der Hopfenöle an Wildhopfen.....	A-40
	<i>Results of identifying hop oil in wild hops</i>	



**Tab. 1 Charakterisierung der Wildherkünfte: Echter Feldsalat (*Valerianella locusta* (L.) LATERR.) und Gekielter Feldsalat (*Valerianella carinata* LOISL.)**  
 Tab. 1 Characterization of the wild populations: Common cornsalad (*Valerianella locusta* (L.) LATERR.) and keeled-fruited cornsalad (*Valerianella carinata* LOISL.)

Bezeichnung der Population	TK (Nummer) Rechts-Hochwert	TK (Name) Großlandschaft NRW	Geologischer Untergrund Bodenart	Höhe ü. NN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Standort- und Vegetationsbeschreibung Bewirtschaftung	Populationsgröße und -ausdehnung
<i>Valerianella locusta</i>						
<b>F-1</b> 1a, M	5406 / 213 25532 56580	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon Schluff	300 m 600-650 mm - / -	Straßengraben an der K 44 zwischen Iversheim und Wachendorf, schattig, feucht, Vegetation lückig, moos- und grasreich mit Feuchtezeigern und ruderaler Flora; 2 x Mahd / Jahr, z. T. im Mai	Population klein: wenige Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup> , 97 u. 98 keine Individuen auffindbar; nächste Vorkommen: F-2
<b>F-2</b> 1a, M	5406 / 213 25532 56580	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon Schluff	300 m 600-650 mm 50° / SW	Straßengraben und Böschung an der K 44 zwischen Iversheim und Wachendorf, schattig bis sonnig, Vegetation lückig oder dicht, zahlreiche Gebüsche, grasreich mit Feuchtezeigern u. ruderaler Flora; 2 x Mahd / Jahr, zuweilen im Mai	Population mittel: ca. 100-200 Individuen auf ca. 100 m <sup>2</sup> , in kleinen Gruppen; kleine bis mittlere Vorkommen in der Nähe (z. B. F-1)
<b>F-4a</b> 1a, M	5406 / 312 25490 56014	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon Lehm	380 m 700-750 mm 45° / SW	Böschung zwischen Harzheim und Pesch, sonnig, z. T. trocken, Übergang zu Acker (F-4b); sehr dichter, heterogener Bewuchs; Mahd	Population mittel: zerstreut oder in kleinen Gruppen; keine nennenswerten Vorkommen in der Umgebung
<b>F-4b</b> 1a, b, c, 2, M	5406 / 312 25490 56014	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon Lehm	380 m 700-750 mm - / -	Ackerrand zwischen Harzheim und Pesch, Übergang zu Böschung (F-4a), 1997 lückige Getreideeinsaat, ungespritzt (je nach Teilnahme am Ackerrandstreifenprogramm NRW), 1999: Umwandlung in Pferdeweide	Population klein-mittel: ca. 100-150 Individuen auf ca. 20 m <sup>2</sup> ; keine nennenswerten Vorkommen in der Umgebung
<b>F-5</b> 1a, b, 2	5606 / 141 25508 55818	Üxheim Eifel	Mitteldevon Lehm	450 m 800-850 mm 40° / SE	Böschung am Abzweig von der L 115 nach Dollendorf, schattig bis sonnig, rel. trocken, Vegetation sehr lückig, grasreich mit ruderalen und segetalen Elementen; Mahd	Population klein-mittel: < 200 Ind. auf ca. 30 m <sup>2</sup> , in kleinen Gruppen
<b>F-9</b> 1a	5306 / 311 25480 56126	Euskirchen Eifel	Pleistozän (Quartär) tonig	205 m 550-600 mm <10° / SW	ca. 2 m breiter Ackerrand zwischen Enzen und Schwerfen (96 Raps, 97/98 Getreide) und Wegrand, z. T. dicht bewachsen; Ackerrand jährlich wechselnd gespritzt oder ungespritzt	Population stark schwankend je nach Bewirtschaftung: 1998 kein Individuum 1999 mehrere 1000 Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup> (aspektbildend)
<b>F-10</b> 1a	5305 / 422 25468 56122	Zülpich Eifel	Pliozän (Tertiär) sandig, kiesig	220 m 550-600 mm 40° / SE	Straßenrand und Böschung an K 37 zwischen Enzen und Schwerfen, unter Gebüschen, z. T. schattig, eher trocken, Vegetation dicht, grasreich mit ruderalen Elementen; Mahd u. Gehölzschnitt	Population klein-mittel: > 100 Individuen auf ca. 10 m <sup>2</sup> , in Gruppen; kleinere Vorkommen auf gegenüberliegender Straßenseite (F-11)
<b>F-11</b> 1a, b	5305 / 422 25470 56121	Zülpich Eifel	Pleistozän (Quartär) Lehm, kiesig	210 m 550-600 mm ca 5° / SE	Randbereich Acker (1996 Brache, 1997/98 Getreide) und Böschung an K 37 zwischen Enzen und Schwerfen, Einfahrtsschneise für Traktoren, oft stark durch Überfahren oder Ablagerungen gestört; Vegetation dicht	Population klein: 50-100 Individuen auf 4 m <sup>2</sup> , dicht wachsend; Vorkommen auf gegenüberliegender Straßenseite (F-10)
<b>F-12</b> 1a, b, 2	5406 / 124 25519 56046	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon skelettreicher toniger Lehm	365 m 650-700 mm ca. 2° E	ca. 5 m breiter Ackerrand im NSG Kuttenberg, 1997 Raps, relativ steinreich und sehr lückig; Vegetation lückig, Bewirtschaftung je nach Anbauart, randlich ungespritzt	Population groß: 5-10 Individuen/m <sup>2</sup> auf ca. 200 m <sup>2</sup> , einzeln wachsend

Bezeichnung der Population	TK (Nummer) Rechts-Hochwert	TK (Name) Großlandschaft NRW	Geologischer Untergrund Bodenart	Höhe ü. NN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Standort- und Vegetationsbeschreibung Bewirtschaftung	Populationsgröße und -ausdehnung
<b>F-17</b> 1a	4203 / 111 25121 57402	Kalkar Niederrhein	Holozän (Quartär) sandig	20 m 700-750 mm 45° / WSW	Weideböschung am Deich (Vossenhof), sonnig, trocken Veget. lückig, stark gestört durch Beweidung durch Kühe oder Pferde, Vegetation lückig, grasreich, Pflanzen durch Verbiß stark beschädigt	Population klein: < 50 Individuen auf ca. 40 m <sup>2</sup> ; vereinzelt; Population instabil; Vorkommen auf gegenüberliegender Straßenseite (F-18)
<b>F-18</b> 1a, b, c, 2	4203 / 111 25121 57402	Kalkar Niederrhein	Holozän (Quartär) sandig	20 m 700-750 mm 45° / ENE	Weideböschung am Deich (Vossenhof), schattig, feucht, Standort relativ stark gestört, Vegetation dicht, Pflanzen durch Verbiß (Beweidung durch Kühe) stark beschädigt	Population klein-mittel: > 200 Individuen auf ca. 100 m <sup>2</sup> ; zerstreut, Population instabil; nächstes Vorkommen: F-17
<b>F-19</b> 1a, b, c, 2	4706 / 344 25512 56754	Düsseldorf Niederrhein	Holozän (Quartär) sandig	40 m 750-800 mm 35-40° / W	Deichböschung bei Düsseldorf-Hamm, sonnig, Vegetation lückig, grasreich mit Trockenheitszeigern, z. T. durch Verbiß beschädigt; Mahd und Schafbeweidung	Population mittel-groß: > 500 Individuen auf ca. 100 m Deich, zerstreut oder in kleinen Gruppen; kleinere und größere Bestände flufaufwärts
<b>F-22</b> 1a, b, c, 2	4204 / 112 25249 57400	Rees Niederrhein	Holozän (Quartär) sandig	30 m 700-750 mm 30° / SE	Weide- und Wegrand am Deich bei Bienen, sonnig, eher trocken, Vegetation heterogen, grasreich, z. T. lückig; Pflanzen z. T. durch Verbiß beschädigt; Beweidung und Mahd	Population mittel-groß: 500-1000 Individuen auf ca. 200 m <sup>2</sup> , zerstreut oder in kleinen Gruppen, z. T. flächendeckend
<b>F-23</b> 1a, b, c, 2	5507 / 132 25608 55926	Hönningen Eifel	Unterdevon toniger Lehm	390 m 650-700 mm 25-35° / S	Straßenböschung und Weiderand bei Ohlerath, sonnig, eher feucht, Vegetation dicht, artenreich; Mahd	Population mittel: ca. 500 Ind. auf ca. 50 m <sup>2</sup> , in Gruppen
<b>F-26a</b> 1a, b, 2	5406 / 213 25538 56055	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon sandiger Lehm	290 m 600-650 mm - / -	Ackerrand zwischen Iversheim und Wachendorf, 1996 und 97 ungespritzt; Raps oder Getreide; Vegetation sehr lückig bis dicht, je nach Bewirtschaftung	Population sehr groß: >1000 Individuen an Ackerrand, ca. 5 m x 100 m; 1997 keine Individuen auffindbar
<b>F-26b</b> 1a, b, 2	5406 / 213 25538 56055	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon sandiger Lehm	290 m 600-650 mm - / -	Ackerrand (Raps, Getreide) an F-26a grenzend, lückig, 97 ungespritzt; Vegetation sehr lückig bis dicht, je nach Bewirtschaftung	Population mittel: ca. 200 Individuen an Ackerrand, ca. 5 m x 100 m; 1997 keine Individuen auffindbar
<b>F-27</b> 1a, b, c, 2	5506 / 444 25580 56855	Aremberg Eifel	Unterdevon Lehm	360 m 600-650 mm 45-70° / SW	Straßenböschung unterhalb Aremberg, sonnig, unter Gebüsch schattig, Vegetation dicht, grasreich; Mahd	Population sehr groß: > 1000 Individuen auf ca. 500 m Böschung, z.T. aspektbildend
<b>F-28</b> 1a	5406 / 211 25532 56058	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon Schluff	305 m 600-650 mm - / -	Wegrand zwischen Iversheim und Wachendorf, z. T. unter Gebüsch, schattig; Vegetation lückig; Mahd	Population klein-mittel: ca. 150 Individuen auf 5 m <sup>2</sup> , weitere Vorkommen im Verlauf der Straße (F-1, F-2)
<b>F-29</b> 1a, b	4022 / 333 35235 57526	Ottenstein Weserbergland	Keuper (Trias) Lehm	200 m 800-850 mm 0-5° / SE	Acker- und Wegrand bei Hünkergrund, vermutlich versehentlich ungespritzt, Vegetation am Ackerrand lückig, an der Böschung sehr dicht, zahlreiche Nitrophyten; Ackerbewirtschaftung bzw. Mahd	Population klein: ca. 50 Individuen auf 4 m <sup>2</sup> ; kleine Vorkommen an gegenüberliegender Böschung, ca. 500 m von F-30, ca. 1 km von F-31 und F-40 entfernt
<b>F-30</b> 1a, b, c, 2	4022 / 333 35235 57526	Ottenstein Weserbergland	Keuper (Trias) Lehm	205 m 800-850 mm ca. 2° / SE	Ackerecke, auch am Wegrand, sonnig, eher trocken, z. T. offener Boden, Vegetation sehr lückig; Bewirtschaftung je nach Anbauart, randlich vermutlich versehentlich ungespritzt	Population mittel: bis > 200 Individuen auf ca. 6 m <sup>2</sup> , Population stabil, aber Individuenzahl jährlich stark schwankend; nächste Vorkommen: F-29, F-31, F-40
<b>F-31b-loc</b> 1a, b, 2, M	4022 / 333 35233 57526	Ottenstein Weserbergland	Keuper (Trias) Toniger Lehm	215 m 800-850 mm 50-70° / SE	Böschung am Feldweg in Hünkergrund, sonnig, eher trocken, schattig unter Gebüsch, z. T. offener Boden; Mahd nicht jährlich, ohne Räumung des Mahdguts	Population mittel: > 200 Ind. auf ca. 20 m Böschung, in Gruppen; nächste Vorkommen: F-29, F-30, F-40

Bezeichnung der Population	TK (Nummer) Rechts-Hochwert	TK (Name) Großlandschaft NRW	Geologischer Untergrund Bodenart	Höhe ü. NN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Standort- und Vegetationsbeschreibung Bewirtschaftung	Populationsgröße und -ausdehnung
<b>F-33</b> 1a, b, c, 2, M	5606 / 121 25842 55512	Uxheim Eifel	Mitteldevon	400 m 650-700 mm - / -	Ackerrand bei Ahrhütte; 1996-98 Getreide, 1999 Raps; ständig ungespritzt, lückig, sehr artenreich; Bewirtschaftung je nach Anbauart wechselnd	Population groß: > 1000 Individuen auf ca. 500 m Ackerrand, z. T. aspektbildend
<b>F-36</b> 1a, b, c, 2	4420 / 433 35069 57075	Peckelsheim Weserbergland	Muschelkalk (Trias)	230 m 650-700 mm - / -	Gesamte Ackerfläche im NSG Rabenberg, 1996 und 97 Getreide; sehr lückig und steinig, sonnig, artenreich; Bewirtschaftung je nach Anbauart wechselnd	Population mittel: zerstreut über gesamte Fläche; 1998 und 99 keine Individuen gefunden
<b>F-39</b> 1a, b, c, 2	4612 / 112 34096 56969	Iserlohn Süderbergland (Sauerland)	Pleistozän (Quartär)	200 m 900-1000 mm - / -	Weiderand (Pferde) und Böschung bei Düingsen, sonnig, Vegetation heterogen, stark durch Verbiß geschädigt	Population mittel: ca. 200 Individuen auf ca. 100 m <sup>2</sup> , in Gruppen; Population stabil, aber mit wechselnder Individuenzahl
<b><i>Valerianella carinata</i></b>						
<b>F-6</b> 1a, b, M	5507 / 313 25608 55888	Hönningen Eifel	Unterdevon skelettreicher Lehm	280 m 650-700 mm 70-90° SO	Hangfuß und Graben vor Felswand am Dreisbach, Hang lückig, Graben dicht bewachsen; Mahd	Population mittel: ca. 300 Individuen auf ca. 40m <sup>2</sup>
<b>F-13</b> 1a	5406 / 124 25524 56050	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon toniger Lehm	320 m 650-700 mm - / -	Weiderand (Pferde) zwischen Iversheim und Wachendorf, Vegetation hochwüchsig und dicht; intensive Beweidung	Population groß: bis > 1000 Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup> , sehr dicht, Individuenzahlen stark schwankend
<b>F-14</b> 1a, b	5406 / 213 25535 56057	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon sandiger Lehm	290 m 600-650 mm - / -	Pferdeweide- und Wegrand bei Eschweiler, schattig, Vegetation heterogen	Population klein-mittel: < 200 Individuen auf ca. 10 m <sup>2</sup> , in Gruppen
<b>F-20</b> 1a,b	4606 / 323 25498 56882	Düsseldorf-Kaiserswerth Niederrhein	Holozän (Quartär) sandig	45 m 700-750 mm 25° / SW	Deichböschung bei Werthof, sonnig, Vegetation sehr dicht und hochwüchsig, Mahd	Population klein: < 100 Individuen auf ca. 25 m <sup>2</sup> , relativ dicht; gegenüber F-21
<b>F-21</b> 1a	4606 / 323 25498 56882	Düsseldorf-Kaiserswerth Niederrhein	Holozän (Quartär) sandig	45 m 700-750 mm 25° / NE	Deichböschung bei Werthof, schattig, Vegetation dicht, hochwüchsig; Mahd	Population sehr klein: nur vereinzelte Individuen vorhanden; gegenüber F-20
<b>F-31a</b> 1a	4022 / 333 35233 57526	Ottenstein Weserbergland	Keuper (Trias)	215 m 800-850 mm - / -	Wegrand in Hünkergrund, z. T. unter Gebüsch, Vegetation dicht, schattig; Mahd nicht jährlich, ohne Räumung des Mahdguts	Population klein: < 50 Individuen auf ca. 4 m <sup>2</sup> , zerstreut; gegenüber F-31b-loc
<b>F-31b-car</b> 1a, b, M	4022 / 333 35233 57526	Ottenstein Weserbergland	Keuper (Trias) Toniger Lehm	215 m 800-850 mm 50-70° / SE	Böschung am Feldweg in Hünkergrund, sonnig, eher trocken, schattig unter Gebüsch, z. T. offener Boden; Mahd nicht jährlich, ohne Räumung des Mahdguts	Population mittel: > 200 Individuen auf ca. 20 m Böschung, in Gruppen; F-29 in ca. 1 km, F-30 in ca. 1,5 km, F-40 in ca. 200 m Entfernung
<b>F-31c</b> 1a, b	4022 / 333 35233 57526	Ottenstein Weserbergland	Keuper (Trias)	220 m 800-850 mm ca. 2° S	Weide- und Wegrand in Hünkergrund, Vegetation niedrigwüchsig, lückig, z. T. durch Verbiß beschädigt	Population klein: < 150 Individuen auf ca. 1,5 m <sup>2</sup> ; sehr dicht
<b>F-40</b> 1a, b	4022 / 333 35233 57526	Ottenstein Weserbergland	Keuper (Trias)	220 m 800-850 mm 5° / S	Fettwiese in Hünkergrund, sonnig, Vegetation dicht, v. a. Löwenzahn Mahd	Population sehr groß: > 1000 Individuen auf ca. 100 m <sup>2</sup> , z. T. dicht

1a Morphologische Untersuchung *in situ*

b Morphologische Untersuchung *ex situ* (Anbau 1997/98)

c Morphologische Untersuchung *ex situ* (Anbau 1998/99)

2 Molekulargenetische Untersuchung

M Mischbestände aus *Valerianella locusta* und *V. carinata*

**Tab. 2 Mittelwerte der Keimblatt- und Rosettenmerkmale der Feldsalatpopulationen ex situ (Anbau 1997/98 bzw. 1998/99)**

*Tab. 2 Average of cotyle and rosette leaf characteristics ex situ (planted 1997/98 and 1998/99 respectively)*

Messungen Dezember 1997 bzw. 1998																					
Population	L_KB_ges (cm)	L_KB_Site I (cm)	B_KB (cm)	L/B_KB	L_1 (cm)	B_1 (cm)	L/B_1	L_2 (cm)	B_2 (cm)	L/B_2	B_25_2 (cm)	B_50_2 (cm)	L_3 (cm)	B_3 (cm)	L/B_3	B_25_3 (cm)	B_50_3 (cm)	pro25_2	pro50_2	pro25_3	pro50_3
<i>Valerianella locusta</i>																					
F-4b/97	1,50	0,71	0,70	1,14	5,54	1,58	3,51	8,07	1,88	4,34	0,31	0,62	6,66	1,82	3,67	0,44	0,84	16,78	33,38	24,21	46,21
F-4b/98	1,55	0,78	0,71	1,10	5,99	1,62	3,72	6,24	1,78	3,53	0,36	0,84	3,41	1,34	2,53	0,48	1,02	20,55	46,77	36,38	76,96
F-5/97	1,28	0,60	0,72	0,96	4,72	1,61	2,94	6,70	1,88	3,58	0,31	0,73	6,43	1,76	3,67	0,46	1,01	16,60	38,70	25,72	57,18
F-11/97	1,08	0,45	0,64	0,99	4,44	1,42	3,12	6,90	1,74	3,98	0,24	0,58	7,14	1,71	4,19	0,38	0,78	13,67	33,20	22,48	45,84
F-12/97	1,31	0,60	0,70	1,04	5,19	1,56	3,33	7,96	1,93	4,11	0,33	0,66	7,34	1,82	4,03	0,40	0,78	17,03	34,14	21,89	43,06
F-18/97	0,96	0,41	0,51	1,08	3,73	1,19	3,14	5,80	1,49	3,91	0,34	0,68	5,60	1,53	3,65	0,54	0,94	22,88	45,57	35,52	61,31
F-18/98	0,97	0,42	0,55	1,01	4,05	1,29	3,14	4,89	1,53	3,20	0,40	0,93	2,96	1,36	2,18	0,55	1,18	25,82	60,62	40,97	86,73
F-19/97	0,93	0,38	0,54	1,02	3,81	1,27	3,01	6,18	1,58	3,93	0,30	0,74	6,50	1,68	3,88	0,45	0,91	19,14	46,74	26,68	54,34
F-19/98	0,98	0,37	0,55	1,10	3,74	1,21	3,10	4,33	1,48	2,93	0,31	0,85	2,92	1,28	2,28	0,42	1,05	21,13	57,07	33,28	82,86
F-22/97	1,09	0,46	0,58	1,10	3,93	1,30	3,04	6,25	1,68	3,74	0,26	0,68	7,35	1,76	4,18	0,41	0,83	15,51	40,47	23,20	47,13
F-22/98	1,23	0,53	0,63	1,11	4,45	1,38	3,23	5,00	1,61	3,09	0,29	0,79	3,24	1,33	2,42	0,39	1,03	17,60	48,81	29,33	77,59
F-23/97	0,93	0,39	0,56	0,98	3,73	1,38	2,72	6,46	1,66	3,90	0,28	0,60	6,98	1,84	3,78	0,46	0,96	16,53	35,87	24,87	51,93
F-23/98	0,99	0,40	0,64	0,91	3,83	1,49	2,58	5,31	1,81	2,94	0,44	1,00	3,98	1,58	2,52	0,53	1,18	23,99	55,18	33,33	74,75
F-26a/97	1,10	0,47	0,62	1,04	4,39	1,51	2,92	6,77	1,86	3,64	0,28	0,63	6,54	1,77	3,73	0,38	0,86	15,13	33,79	21,61	48,68
F-26b/97	1,23	0,59	0,63	1,02	4,22	1,33	3,18	7,08	1,70	4,17	0,29	0,63	6,77	1,69	4,01	0,39	0,79	17,30	36,73	23,56	47,23
F-27/97	0,89	0,30	0,53	1,12	3,23	1,33	2,42	5,48	1,70	3,21	0,34	0,69	5,12	1,57	3,27	0,49	0,90	20,22	40,60	31,25	57,66
F-27/98	1,11	0,42	0,66	1,05	4,12	1,58	2,61	5,08	1,87	2,71	0,45	1,17	3,46	1,49	2,32	0,53	1,20	24,06	62,48	35,09	80,16
F-29/97	1,03	0,44	0,57	1,07	3,79	1,33	2,85	6,21	1,66	3,75	0,29	0,62	6,16	1,75	3,52	0,53	1,00	17,76	37,55	30,59	57,49
F-30/97	0,91	0,33	0,64	0,91	3,18	1,16	2,74	5,99	1,72	3,49	0,39	0,86	5,40	1,77	3,06	0,66	1,23	22,67	49,85	37,35	69,34
F-30/98	1,03	0,40	0,71	0,90	4,17	1,47	2,84	5,42	1,80	2,99	0,41	0,93	3,74	1,58	2,33	0,51	1,14	22,68	51,24	32,91	72,95
F-31b-loc/97	1,02	0,40	0,61	1,02	3,73	1,40	2,67	5,94	1,70	3,51	0,30	0,74	5,88	1,66	3,56	0,46	0,89	17,78	43,44	27,56	53,44
F-33/97	1,27	0,58	0,69	1,01	4,37	1,33	3,32	6,66	1,66	4,02	0,31	0,62	5,95	1,64	3,64	0,47	0,89	19,00	37,17	28,66	54,17
F-33/98	1,51	0,74	0,72	1,09	5,13	1,59	3,25	6,26	1,82	3,45	0,36	0,90	4,46	1,55	2,88	0,44	1,01	19,77	49,32	28,38	65,15
F-36/97	1,03	0,41	0,65	0,97	4,24	1,28	3,31	7,14	1,63	4,40	0,35	0,70	6,73	1,57	4,29	0,61	0,97	21,32	43,01	38,57	61,70
F-36/98	1,08	0,43	0,68	0,96	4,67	1,42	3,28	5,21	1,55	3,36	0,36	0,82	3,05	1,21	2,51	0,52	1,04	23,41	52,79	42,73	86,04
F-39/97	1,18	0,50	0,69	1,00	4,15	1,48	2,81	7,20	1,81	3,98	0,25	0,57	7,72	1,93	3,99	0,43	0,87	13,60	31,36	21,98	44,90
<b>Mittelwert 1997</b>	<b>1,10</b>	<b>0,47</b>	<b>0,62</b>	<b>1,03</b>	<b>4,14</b>	<b>1,38</b>	<b>3,00</b>	<b>6,63</b>	<b>1,72</b>	<b>3,86</b>	<b>0,30</b>	<b>0,67</b>	<b>6,49</b>	<b>1,72</b>	<b>3,77</b>	<b>0,47</b>	<b>0,91</b>	<b>17,82</b>	<b>38,91</b>	<b>27,39</b>	<b>53,04</b>
<b>Maximum 1997</b>	<b>1,50</b>	<b>0,71</b>	<b>0,72</b>	<b>1,14</b>	<b>5,54</b>	<b>1,61</b>	<b>3,51</b>	<b>8,07</b>	<b>1,93</b>	<b>4,40</b>	<b>0,39</b>	<b>0,86</b>	<b>7,72</b>	<b>1,93</b>	<b>4,29</b>	<b>0,66</b>	<b>1,23</b>	<b>22,88</b>	<b>49,85</b>	<b>38,57</b>	<b>69,34</b>
<b>Minimum 1997</b>	<b>0,89</b>	<b>0,30</b>	<b>0,51</b>	<b>0,91</b>	<b>3,18</b>	<b>1,16</b>	<b>2,42</b>	<b>5,48</b>	<b>1,49</b>	<b>3,21</b>	<b>0,24</b>	<b>0,57</b>	<b>5,12</b>	<b>1,53</b>	<b>3,06</b>	<b>0,38</b>	<b>0,78</b>	<b>13,60</b>	<b>31,36</b>	<b>21,61</b>	<b>43,06</b>
<b>Mittelwert 1998</b>	<b>1,16</b>	<b>0,50</b>	<b>0,65</b>	<b>1,03</b>	<b>4,46</b>	<b>1,45</b>	<b>3,08</b>	<b>5,30</b>	<b>1,70</b>	<b>3,13</b>	<b>0,38</b>	<b>0,91</b>	<b>3,47</b>	<b>1,41</b>	<b>2,44</b>	<b>0,49</b>	<b>1,09</b>	<b>22,11</b>	<b>53,81</b>	<b>34,71</b>	<b>78,13</b>
<b>Maximum 1998</b>	<b>1,55</b>	<b>0,78</b>	<b>0,72</b>	<b>1,11</b>	<b>5,99</b>	<b>1,62</b>	<b>3,72</b>	<b>6,26</b>	<b>1,87</b>	<b>3,53</b>	<b>0,45</b>	<b>1,17</b>	<b>4,46</b>	<b>1,58</b>	<b>2,88</b>	<b>0,55</b>	<b>1,20</b>	<b>25,82</b>	<b>62,48</b>	<b>42,73</b>	<b>86,73</b>
<b>Minimum 1998</b>	<b>0,97</b>	<b>0,37</b>	<b>0,55</b>	<b>0,90</b>	<b>3,74</b>	<b>1,21</b>	<b>2,58</b>	<b>4,33</b>	<b>1,48</b>	<b>2,71</b>	<b>0,29</b>	<b>0,79</b>	<b>2,92</b>	<b>1,21</b>	<b>2,18</b>	<b>0,39</b>	<b>1,01</b>	<b>17,60</b>	<b>46,77</b>	<b>28,38</b>	<b>65,15</b>
<b>Sorten</b>																					
Dunkelgrüner Vollherziger/97	1,28	0,41	0,83	1,05	4,23	2,07	2,05	6,28	2,71	2,32	0,51	1,51	6,62	2,95	2,24	0,83	1,98	18,80	55,61	27,93	66,93
Dunkelgrüner Vollherziger/98	0,86	0,31	0,60	0,92	2,46	1,14	2,16	4,33	1,86	2,34	0,25	0,79	5,79	2,32	2,50	0,31	1,06	13,26	43,05	13,26	45,83
Vit/97	1,09	0,36	0,81	0,91	3,78	1,92	1,98	5,59	2,38	2,35	0,51	1,48	5,61	2,33	2,41	0,71	1,78	21,41	61,40	30,40	76,54
Vit/98	1,02	0,45	0,66	0,88	2,57	1,18	2,19	4,57	1,78	2,57	0,27	0,82	6,18	2,24	2,76	0,34	1,05	14,95	45,54	14,93	46,94
Etampes/97	0,93	0,34	0,57	1,06	3,01	1,23	2,44	4,55	1,60	2,84	0,36	0,76	4,11	1,45	2,84	0,51	1,06	22,15	46,88	35,04	73,30
<b>Mittelwert Sorten 1997</b>	<b>1,10</b>	<b>0,37</b>	<b>0,73</b>	<b>1,01</b>	<b>3,67</b>	<b>1,74</b>	<b>2,15</b>	<b>5,48</b>	<b>2,23</b>	<b>2,51</b>	<b>0,46</b>	<b>1,25</b>	<b>5,44</b>	<b>2,24</b>	<b>2,50</b>	<b>0,68</b>	<b>1,61</b>	<b>20,79</b>	<b>54,63</b>	<b>31,12</b>	<b>72,26</b>
<b>Mittelwert Sorten 1998</b>	<b>0,94</b>	<b>0,38</b>	<b>0,63</b>	<b>0,90</b>	<b>2,51</b>	<b>1,16</b>	<b>2,18</b>	<b>4,45</b>	<b>1,82</b>	<b>2,45</b>	<b>0,26</b>	<b>0,81</b>	<b>5,99</b>	<b>2,28</b>	<b>2,63</b>	<b>0,32</b>	<b>1,06</b>	<b>14,11</b>	<b>44,29</b>	<b>14,09</b>	<b>46,39</b>

Tab. 3 Mittelwerte der Sproßmerkmale (Auswahl) der Feldsalatpopulationen ex situ (Anbau 1997/98 bzw. 1998/99)																							
Tab. 3 Average of shoot characteristics (selection) and bract characteristics of cornsalad populations ex situ (planted 1997/98 and 1998/99 respectively)																							
Messungen April 1998 bzw. 1999																							
Population	L <sub>2a</sub> (cm)	DL <sub>2a</sub> (cm)	L/DL <sub>2a</sub>	Lk <sub>2a</sub> (cm)	Dk <sub>2a</sub> (cm)	Lk/Dk <sub>2a</sub>	L/Lk <sub>2a</sub>	WZ (°)	L <sub>3a</sub> (cm)	DL <sub>3a</sub> (cm)	L/DL <sub>3a</sub>	Lk <sub>3a</sub> (cm)	Dk <sub>3a</sub> (cm)	Lk/Dk <sub>3a</sub>	L/Lk <sub>3a</sub>	L <sub>4a</sub> (cm)	DL <sub>4a</sub> (cm)	L/DL <sub>4a</sub>	Lk <sub>4a</sub> (cm)	Dk <sub>4a</sub> (cm)	Lk/Dk <sub>4a</sub>	L/Lk <sub>4a</sub>	Höhe s (cm)
<i>Valerianella locusta</i>																							
F-4b/98	3,72	0,35	10,72	3,07	0,35	9,04	1,24	82,50	8,28	0,24	34,38	6,52	0,26	25,55	1,29	3,93	0,16	24,73	3,65	0,14	25,25	1,09	19,13
F-4b/99	4,53	0,36	12,98	4,10	0,37	11,94	1,11	89,38	8,08	0,25	32,98	6,52	0,28	24,41	1,26	4,26	0,17	24,56	3,88	0,16	25,15	1,10	19,81
F-5/98	5,42	0,29	18,86	4,96	0,28	17,80	1,10	70,63	6,65	0,22	30,79	6,05	0,23	25,93	1,10	1,09	0,12	9,21	1,01	0,12	8,48	1,08	16,38
F-11/98	2,59	0,32	8,80	2,13	0,35	6,49	1,19	82,50	5,13	0,21	25,61	3,86	0,25	16,16	1,39	2,79	0,12	19,48	2,57	0,11	19,41	1,10	13,75
F-12/98	2,36	0,31	7,64	1,99	0,31	6,37	1,23	56,88	6,98	0,23	30,39	5,57	0,26	21,25	1,26	6,54	0,17	37,24	6,18	0,15	39,74	1,05	18,63
F-18/98	2,33	0,30	7,99	1,88	0,30	6,39	1,24	100,00	3,65	0,19	19,17	2,78	0,20	13,84	1,35	1,22	0,12	10,46	1,13	0,12	9,64	1,09	8,50
F-18/99	2,58	0,31	8,52	2,23	0,31	7,21	1,16	107,50	5,23	0,21	24,73	4,32	0,24	18,14	1,22	2,06	0,14	14,89	1,96	0,14	14,16	1,05	10,96
F-19/98	2,72	0,32	8,81	2,09	0,33	6,54	1,38	92,50	4,78	0,19	24,41	3,76	0,21	18,46	1,35	1,49	0,12	12,31	1,43	0,12	12,03	1,05	10,69
F-19/99	1,57	0,34	4,59	1,44	0,32	4,53	1,11	105,00	5,87	0,23	26,04	3,89	0,27	14,46	1,58	3,69	0,14	25,83	3,53	0,16	22,56	1,04	12,21
F-22/98	4,90	0,27	18,91	3,92	0,26	16,06	1,37	63,33	6,14	0,18	34,58	5,25	0,20	27,70	1,18	2,08	0,07	11,80	1,77	0,06	11,40	1,23	15,58
F-22/99	3,16	0,31	10,28	2,69	0,31	8,89	1,19	88,33	7,83	0,22	36,41	6,06	0,23	26,48	1,30	4,99	0,15	32,35	4,25	0,14	30,99	1,18	17,29
F-23/98	2,25	0,35	6,67	1,94	0,37	5,36	1,18	73,75	5,26	0,25	20,89	4,29	0,27	15,95	1,26	8,08	0,17	49,27	7,60	0,18	43,11	1,06	20,38
F-23/99	3,54	0,31	11,48	3,27	0,32	10,52	1,08	75,63	7,20	0,22	33,87	5,79	0,24	24,45	1,24	6,37	0,16	38,89	6,02	0,15	39,44	1,06	20,75
F-26a/98	3,90	0,29	14,24	3,12	0,28	12,22	1,35	61,43	7,65	0,19	40,74	6,53	0,20	33,14	1,20	2,43	0,12	19,15	2,20	0,11	19,67	1,09	18,07
F-26b/98	2,90	0,29	10,12	2,67	0,30	9,12	1,11	71,25	8,80	0,20	44,43	6,71	0,22	29,97	1,33	2,75	0,13	21,81	2,40	0,13	18,99	1,18	16,56
F-27/98	3,96	0,25	16,24	3,32	0,26	12,83	1,20	64,38	6,75	0,18	37,24	6,19	0,18	33,72	1,09	1,51	0,13	11,48	1,32	0,13	10,61	1,16	16,94
F-27/99	3,03	0,30	10,05	2,50	0,30	8,59	1,22	45,00	7,21	0,21	34,83	5,56	0,21	27,23	1,32	4,19	0,14	30,51	3,97	0,14	28,20	1,06	17,40
F-29/98	1,70	0,33	5,31	1,42	0,33	4,41	1,22	49,38	6,15	0,22	27,88	4,28	0,26	16,85	1,46	6,82	0,16	43,98	6,44	0,15	42,23	1,06	18,56
F-30/98	1,68	0,38	4,44	1,37	0,38	3,71	1,29	92,50	6,64	0,23	29,61	4,67	0,25	18,54	1,44	3,91	0,14	27,63	3,34	0,13	26,06	1,17	14,00
F-30/99	3,58	0,38	9,34	2,99	0,39	7,78	1,19	80,56	8,40	0,25	34,74	6,49	0,29	23,22	1,31	4,24	0,19	22,35	3,72	0,18	21,27	1,14	19,89
F-31b/98	2,57	0,34	7,74	2,16	0,37	6,15	1,22	73,57	7,56	0,24	31,94	5,69	0,25	22,75	1,36	4,74	0,16	30,03	4,44	0,13	32,57	1,09	18,29
F-33/98	1,99	0,32	6,40	1,75	0,32	5,88	1,13	72,14	7,69	0,23	35,14	5,82	0,27	22,83	1,36	6,86	0,16	42,70	6,27	0,15	40,93	1,11	19,79
F-33/99	2,08	0,42	4,96	1,60	0,48	3,33	1,35	104,29	7,93	0,29	27,12	4,62	0,36	12,86	1,71	6,82	0,20	35,38	5,92	0,23	26,34	1,16	21,43
F-36/98	2,31	0,36	6,51	1,75	0,37	4,77	1,34	71,88	7,14	0,24	29,80	5,27	0,28	19,59	1,46	5,20	0,16	32,34	4,76	0,15	31,51	1,09	18,44
F-36/99	3,20	0,38	8,60	2,83	0,39	7,45	1,18	91,50	8,11	0,25	33,10	5,94	0,29	21,17	1,38	4,79	0,18	26,99	4,45	0,17	26,95	1,09	18,45
F-39/98	2,24	0,33	6,97	1,90	0,32	5,98	1,19	65,63	6,87	0,23	30,30	5,21	0,25	21,57	1,37	4,36	0,15	29,16	3,97	0,14	28,83	1,10	16,94
F-39/99	2,25	0,35	6,43	2,07	0,35	6,01	1,09	88,75	7,53	0,25	30,55	4,41	0,29	15,99	1,76	6,61	0,18	36,72	6,02	0,20	30,95	1,10	19,63
<b>Mittelwert 1998</b>	<b>2,91</b>	<b>0,32</b>	<b>9,79</b>	<b>2,44</b>	<b>0,32</b>	<b>8,18</b>	<b>1,23</b>	<b>73,19</b>	<b>6,59</b>	<b>0,22</b>	<b>31,02</b>	<b>5,20</b>	<b>0,24</b>	<b>22,58</b>	<b>1,31</b>	<b>3,87</b>	<b>0,14</b>	<b>25,46</b>	<b>3,56</b>	<b>0,13</b>	<b>24,73</b>	<b>1,11</b>	<b>16,51</b>
<b>Maximum 1998</b>	<b>5,42</b>	<b>0,38</b>	<b>18,91</b>	<b>4,96</b>	<b>0,38</b>	<b>17,80</b>	<b>1,38</b>	<b>100,00</b>	<b>8,80</b>	<b>0,25</b>	<b>44,43</b>	<b>6,71</b>	<b>0,28</b>	<b>33,72</b>	<b>1,46</b>	<b>8,08</b>	<b>0,17</b>	<b>49,27</b>	<b>7,60</b>	<b>0,18</b>	<b>43,11</b>	<b>1,23</b>	<b>20,38</b>
<b>Minimum 1998</b>	<b>1,68</b>	<b>0,25</b>	<b>4,44</b>	<b>1,37</b>	<b>0,26</b>	<b>3,71</b>	<b>1,10</b>	<b>49,38</b>	<b>3,65</b>	<b>0,18</b>	<b>19,17</b>	<b>2,78</b>	<b>0,18</b>	<b>13,84</b>	<b>1,09</b>	<b>1,09</b>	<b>0,07</b>	<b>9,21</b>	<b>1,01</b>	<b>0,06</b>	<b>8,48</b>	<b>1,05</b>	<b>8,50</b>
<b>Mittelwert 1999</b>	<b>2,95</b>	<b>0,35</b>	<b>8,72</b>	<b>2,57</b>	<b>0,35</b>	<b>7,62</b>	<b>1,17</b>	<b>87,59</b>	<b>7,34</b>	<b>0,24</b>	<b>31,44</b>	<b>5,36</b>	<b>0,27</b>	<b>20,84</b>	<b>1,41</b>	<b>4,80</b>	<b>0,17</b>	<b>28,85</b>	<b>4,37</b>	<b>0,17</b>	<b>26,60</b>	<b>1,10</b>	<b>17,78</b>
<b>Maximum 1999</b>	<b>4,53</b>	<b>0,42</b>	<b>12,98</b>	<b>4,10</b>	<b>0,48</b>	<b>11,94</b>	<b>1,35</b>	<b>107,50</b>	<b>8,40</b>	<b>0,29</b>	<b>36,41</b>	<b>6,52</b>	<b>0,36</b>	<b>27,23</b>	<b>1,76</b>	<b>6,82</b>	<b>0,20</b>	<b>38,89</b>	<b>6,02</b>	<b>0,23</b>	<b>39,44</b>	<b>1,18</b>	<b>21,43</b>
<b>Minimum 1999</b>	<b>1,57</b>	<b>0,30</b>	<b>4,59</b>	<b>1,44</b>	<b>0,30</b>	<b>3,33</b>	<b>1,08</b>	<b>45,00</b>	<b>5,23</b>	<b>0,21</b>	<b>24,73</b>	<b>3,89</b>	<b>0,21</b>	<b>12,86</b>	<b>1,22</b>	<b>2,06</b>	<b>0,14</b>	<b>14,89</b>	<b>1,96</b>	<b>0,14</b>	<b>14,16</b>	<b>1,04</b>	<b>10,96</b>
Sorten																							
<i>Dunk. Vollh./98</i>	4,07	0,40	10,14	3,71	0,44	8,46	1,10	57,50	9,29	0,28	33,79	7,42	0,32	23,34	1,25	2,33	0,17	13,25	2,11	0,15	14,37	1,09	19,50
<i>Vit/98</i>	2,81	0,39	7,28	2,45	0,36	6,92	1,19	62,50	7,00	0,25	28,34	5,63	0,27	20,98	1,28	3,76	0,16	22,95	3,44	0,15	21,86	1,14	19,50
<i>Etampes/98</i>	4,08	0,34	11,99	3,90	0,36	11,01	1,04	75,00	8,61	0,24	35,88	6,58	0,28	23,95	1,31	2,78	0,16	17,34	2,24	0,15	15,44	1,25	18,00
<b>Mittelwert</b>	<b>3,65</b>	<b>0,38</b>	<b>9,80</b>	<b>3,35</b>	<b>0,38</b>	<b>8,79</b>	<b>1,11</b>	<b>65,00</b>	<b>8,30</b>	<b>0,26</b>	<b>32,67</b>	<b>6,54</b>	<b>0,29</b>	<b>22,75</b>	<b>1,28</b>	<b>2,95</b>	<b>0,16</b>	<b>17,85</b>	<b>2,59</b>	<b>0,15</b>	<b>17,22</b>	<b>1,16</b>	<b>19,00</b>
<b>Maximum</b>	<b>4,08</b>	<b>0,40</b>	<b>11,99</b>	<b>3,90</b>	<b>0,44</b>	<b>11,01</b>	<b>1,19</b>	<b>75,00</b>	<b>9,29</b>	<b>0,28</b>	<b>35,88</b>	<b>7,42</b>	<b>0,32</b>	<b>23,95</b>	<b>1,31</b>	<b>3,76</b>	<b>0,17</b>	<b>22,95</b>	<b>3,44</b>	<b>0,15</b>	<b>21,86</b>	<b>1,25</b>	<b>19,50</b>
<b>Minimum</b>	<b>2,81</b>	<b>0,34</b>	<b>7,28</b>	<b>2,45</b>	<b>0,36</b>	<b>6,92</b>	<b>1,04</b>	<b>57,50</b>	<b>7,00</b>	<b>0,24</b>	<b>28,34</b>	<b>5,63</b>	<b>0,27</b>	<b>20,98</b>	<b>1,25</b>	<b>2,33</b>	<b>0,16</b>	<b>13,25</b>	<b>2,11</b>	<b>0,15</b>	<b>14,37</b>	<b>1,09</b>	<b>18,00</b>

**1 Tab. 4 Mittelwerte der Tragblattmerkmale der Feldsalatpopulationen ex situ (Anbau 1997/98)**

Tab. 4: Average of bract characteristics of cornsalad populations ex situ (planted 1997/98)

Messungen April 1998

Population	L_tr1 (cm)	B_tr1 (cm)	L/B_tr1	L_tr2 (cm)	B_tr2 (cm)	L/B_tr2	L_tr3 (cm)	B_tr3 (cm)	L/B_tr3	L_tr4 (cm)	B_tr4 (cm)	L/B_tr4	L_tr5 (cm)	B_tr5 (cm)	L/B_tr5
<i>Valerianella locusta</i>															
F-4	6,83	1,72	3,99	6,49	1,21	5,35	4,84	0,91	5,33	3,34	0,68	4,90	1,83	0,49	3,69
F-5	7,45	1,54	4,84	6,01	1,18	5,12	4,36	0,88	4,98	2,68	0,58	4,65	1,51	0,36	4,20
F-11	6,56	1,66	4,04	6,20	1,16	5,36	4,59	0,86	5,30	3,31	0,66	5,00	1,79	0,46	3,83
F-12	6,35	1,66	3,83	6,15	1,25	4,92	4,51	1,00	4,50	3,18	0,74	4,25	1,78	0,53	3,37
F-18	4,69	1,43	3,33	4,49	1,09	4,16	3,54	0,84	4,23	2,39	0,57	4,21	1,50	0,40	3,75
F-19	4,26	1,41	3,04	4,05	0,99	4,13	3,33	0,77	4,34	2,53	0,59	4,31	1,59	0,47	3,43
F-23	6,40	1,78	3,63	6,25	1,36	4,61	4,94	0,89	5,63	3,55	0,69	5,18	2,00	0,47	4,26
F-26a	5,11	1,18	4,40	4,33	0,88	4,93	3,24	0,70	4,59	2,09	0,54	3,89	1,31	0,35	3,82
F-26b	5,17	1,34	4,02	4,91	1,01	4,90	3,70	0,85	4,36	2,76	0,61	4,57	1,68	0,43	3,90
F-27	4,73	1,36	3,50	3,91	0,95	4,13	3,29	0,82	4,02	2,51	0,61	4,15	1,41	0,38	3,72
F-29	5,63	1,38	4,13	5,28	1,15	4,61	4,25	0,95	4,46	3,25	0,70	4,64	1,86	0,52	3,59
F-30	4,75	1,76	2,74	4,56	1,27	3,60	3,66	0,88	4,18	2,70	0,68	3,99	1,45	0,48	3,06
F-31b	6,41	1,30	2,61	6,21	1,33	4,73	5,06	0,97	5,20	3,27	0,76	4,31	1,86	0,54	3,43
F-33	5,03	1,67	3,10	5,02	1,18	4,27	3,95	0,99	4,01	2,92	0,68	4,31	1,78	0,49	3,68
F-36	5,64	1,63	3,50	5,23	1,14	4,55	4,19	0,90	4,63	3,04	0,67	4,51	1,75	0,43	4,15
F-39	6,14	1,88	3,28	5,93	1,31	4,55	5,05	0,93	5,46	3,28	0,69	4,68	1,99	0,47	4,23
<b>Mittel</b>	<b>5,70</b>	<b>1,54</b>	<b>3,62</b>	<b>5,31</b>	<b>1,15</b>	<b>4,62</b>	<b>4,16</b>	<b>0,88</b>	<b>4,70</b>	<b>2,92</b>	<b>0,65</b>	<b>4,47</b>	<b>1,69</b>	<b>0,45</b>	<b>3,76</b>
<b>Max.</b>	<b>7,45</b>	<b>1,88</b>	<b>4,84</b>	<b>6,49</b>	<b>1,36</b>	<b>5,36</b>	<b>5,06</b>	<b>1,00</b>	<b>5,63</b>	<b>3,55</b>	<b>0,76</b>	<b>5,18</b>	<b>2,00</b>	<b>0,54</b>	<b>4,26</b>
<b>Min.</b>	<b>4,26</b>	<b>1,18</b>	<b>2,61</b>	<b>3,91</b>	<b>0,88</b>	<b>3,60</b>	<b>3,24</b>	<b>0,70</b>	<b>4,01</b>	<b>2,09</b>	<b>0,54</b>	<b>3,89</b>	<b>1,31</b>	<b>0,35</b>	<b>3,06</b>
Sorten															
<i>Dugr. Vollh.</i>	5,35	3,08	1,73	5,05	1,93	2,63	3,95	1,40	2,82	3,15	1,28	2,47	1,95	0,88	2,23
<i>Vit</i>	5,60	2,60	2,17	4,75	1,73	2,75	3,75	1,28	2,94	2,95	0,95	3,11	1,75	0,68	2,62
<i>Etam.</i>	4,55	1,63	2,79	4,25	1,30	3,27	3,30	0,95	3,49	2,45	0,78	3,21	1,60	0,45	3,58
<b>Mittel</b>	<b>5,17</b>	<b>2,43</b>	<b>2,23</b>	<b>4,68</b>	<b>1,65</b>	<b>2,88</b>	<b>3,67</b>	<b>1,21</b>	<b>3,08</b>	<b>2,85</b>	<b>1,00</b>	<b>2,93</b>	<b>1,77</b>	<b>0,67</b>	<b>2,81</b>
<b>Max.</b>	<b>5,60</b>	<b>3,08</b>	<b>2,79</b>	<b>5,05</b>	<b>1,93</b>	<b>3,27</b>	<b>3,95</b>	<b>1,40</b>	<b>3,49</b>	<b>3,15</b>	<b>1,28</b>	<b>3,21</b>	<b>1,95</b>	<b>0,88</b>	<b>3,58</b>
<b>Min.</b>	<b>4,55</b>	<b>1,63</b>	<b>1,73</b>	<b>4,25</b>	<b>1,30</b>	<b>2,63</b>	<b>3,30</b>	<b>0,95</b>	<b>2,82</b>	<b>2,45</b>	<b>0,78</b>	<b>2,47</b>	<b>1,60</b>	<b>0,45</b>	<b>2,23</b>

**Tab. 5 Mittelwerte der Blüten- und Fruchtmerkmale der Feldsalatpopulationen *ex situ* (Anbau 1997/98)**

*Tab. 5 Average of flower and fruit characteristics of cornsalad populations ex situ (planted 1997/98)*

Messungen April 1998

Population	L_röhre (mm)	L_saum (mm)	B_saum (mm)	L_mk (mm)	B_mk (mm)	L/B_saum	L/B_mk	L_saum/L_mk	B_saum/B_mk
<b>2 <i>Valerianella locusta</i></b>									
F-4	1,22	2,12	2,15	0,85	0,66	0,99	1,29	2,51	3,26
F-5	1,27	1,94	1,91	0,80	0,56	1,02	1,43	2,44	3,43
F-11	1,13	1,69	1,67	0,69	0,55	1,01	1,26	2,45	3,05
F-12	1,03	1,74	1,68	0,70	0,48	1,03	1,45	2,51	3,51
F-18	1,02	1,76	1,72	0,72	0,57	1,02	1,28	2,43	3,05
F-19	1,10	1,84	1,87	0,74	0,59	0,99	1,27	2,49	3,18
F-23	1,05	1,80	1,86	0,71	0,56	0,97	1,28	2,55	3,36
F-26a	1,15	1,97	2,02	0,79	0,61	0,98	1,29	2,51	3,33
F-26b	0,94	1,69	1,73	0,62	0,48	0,98	1,32	2,72	3,64
F-27	1,15	1,83	1,88	0,72	0,54	0,98	1,36	2,54	3,54
F-29	1,07	1,76	1,79	0,66	0,54	0,99	1,23	2,68	3,33
F-30	1,07	2,01	1,93	0,82	0,64	1,05	1,28	2,47	3,01
F-31b	1,07	1,91	1,89	0,74	0,59	1,01	1,25	2,60	3,22
F-33	1,08	1,91	1,91	0,75	0,56	1,00	1,35	2,54	3,43
F-36	1,19	2,12	2,14	0,87	0,65	1,01	1,33	2,45	3,29
F-39	1,10	1,95	2,01	0,77	0,55	0,97	1,40	2,54	3,67
<b>Mittelwert</b>	<b>1,10</b>	<b>1,88</b>	<b>1,88</b>	<b>0,75</b>	<b>0,57</b>	<b>1,00</b>	<b>1,32</b>	<b>2,53</b>	<b>3,33</b>
<b>Maximum</b>	<b>1,27</b>	<b>2,12</b>	<b>2,15</b>	<b>0,87</b>	<b>0,66</b>	<b>1,05</b>	<b>1,45</b>	<b>2,72</b>	<b>3,67</b>
<b>Minimum</b>	<b>0,94</b>	<b>1,69</b>	<b>1,67</b>	<b>0,62</b>	<b>0,48</b>	<b>0,97</b>	<b>1,23</b>	<b>2,43</b>	<b>3,01</b>
Sorten									
<i>Dunkelgrüner</i>	1,31	2,46	2,34	1,02	0,82	1,05	1,24	2,43	2,87
<i>Vollherziger</i>									
<i>Vit</i>	1,36	2,41	2,30	0,93	0,76	1,05	1,24	2,60	3,06
<i>Etampes</i>	1,16	1,99	1,97	0,82	0,68	1,01	1,22	2,42	2,91
<b>Mittelwert</b>	<b>1,28</b>	<b>2,29</b>	<b>2,21</b>	<b>0,92</b>	<b>0,75</b>	<b>1,04</b>	<b>1,23</b>	<b>2,48</b>	<b>2,95</b>
<b>Maximum</b>	<b>1,36</b>	<b>2,46</b>	<b>2,34</b>	<b>1,02</b>	<b>0,82</b>	<b>1,05</b>	<b>1,24</b>	<b>2,60</b>	<b>3,06</b>
<b>Minimum</b>	<b>1,16</b>	<b>1,99</b>	<b>1,97</b>	<b>0,82</b>	<b>0,68</b>	<b>1,01</b>	<b>1,22</b>	<b>2,42</b>	<b>2,87</b>

**3 Tab. 6 Mittelwerte der Merkmale der Feldsalatpopulationen *in situ***

*4 Tab. 6 Average of all characteristics of cornsalad populations in situ*

Population	Rosetten			Blühende Pflanzen	5 Früchte	
	L_1 (cm)	B_1 (cm)	L/B_1		Größe (cm)	TKG 1996 (g)
F-4b				25,0		1,278
F-5	1,40	0,64	2,20	19,4	1,291	1,239
F-10				23,7		
F-11	1,90	0,67	2,85	26,7	1,408	1,096
F-12	1,54	0,68	2,27			1,603
F-18				12,0	0,887	1,093
F-19	0,97	0,38	2,56	9,0	0,889	1,006
F-22	1,20	0,48	2,54	9,4	1,211	1,119
F-23	1,21	0,48	2,45	33,6	0,976	0,775

F-26a	1,12	0,49	2,29	12,7	1,022	1,079
F-26b	1,06	0,46	2,34	17,6	1,142	1,152
F-27	1,33	0,50	2,66	34,8		1,079
F-28				29,2		
F-29				23,2	0,963	0,912
F-30				26,0	1,101	1,182
F-31b						1,047
F-33				32,1	0,888	1,690
F-36	1,66	0,72	2,30			1,268
F-39	1,25	0,55	2,28		1,038	1,083



**Abb. 7 Herbarbelege ausgewählter Feldsalatpopulationen nach Anbau unter gleichen Bedingungen (*ex situ*) sowie der Sorte *Vit* (je eine von acht Rosetten).** Herbarisierung: 10.11.1997

*Fig. 7 Material of selected cornsalad populations after planting under identical conditions (*ex situ*) as well as variety *Vit* (one each from eight rosette leaves).*

**Abb. 8** Ausgewählte Feldsalatpopulationen nach Anbau unter gleichen Bedingungen (*ex situ*; jeweils vier von acht angebauten Pflanzen pro Wildpopulation dargestellt) sowie zwei Sorten. F-4b, F-11, F-18, F-19, F-26b, F-31b, F-39, Vit, Dunkelgrüner Vollherziger. Alle Bilder: 22.4.1998.

*Fig 8* Selected cornsalad populations after planting under identical conditions (*ex situ*) – four each of eight plants per wild populations – as well as two varieties.

F-4b, F-11, F-18, F-19, F-26b, F-31b, F-39, Vit, Dunkelgrüner Vollherziger. All photographs: 22.04.1998

**Tab. 9a Vegetationsaufnahmen der Feldsalatpopulationen von Ackerstandorten**

Tab. 9a Vegetational surveys of cornsalad from farming sites

Populations-Nr.	F-4b/97	F-26a/97	F-26a/99	F-26a/99	F-26b/97	F-26b/99	F-33/97	F-33/99	F-33/99
Ort	Harzheim		Hühlesberg		Hühlesberg			Ahrhütte	
TK	5406/312		5406/213		5406/213			5606/121	
Aufnahme-Nr.	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Datum	19.06.97	27.05.97	12.05.99	23.06.99	27.05.97	12.05.99	07.06.97	25.05.99	25.05.99
Flächengröße	10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>
Neigung	1-2°	-	-	-	5°	-	1-2°	5°	5°
Exposition	NE	-	-	-	WNW	-	SW	SW	SW
Höhe ü.NN	380 m		285 m		285 m			400 m	
Gesamtdeckung	95%	85%	90%	95%	85%	90%	80%	100%	100%
Artenzahl	20	25	27	29	21	26	28	27	26
<b><i>Valerianella locusta</i></b>	<b>+</b>	<b>2a</b>	<b>2a</b>	<b>+</b>	<b>4</b>	<b>2b</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>	<b>2a</b>
Kulturpflanzen									
<i>Hordeum vulgare</i>	.	2a	.	.	1	.	4	1	1
<i>Secale cereale</i>	5	.	2b	2b	.	.	.	.	.
<i>Brassica napus</i>	.	.	.	.	.	.	.	2b	2b
<i>Triticum aestivum</i>	.	.	.	.	.	2a	.	.	.
<i>Avena sativa</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Arten der Aperaetalia spica-venti									
<i>Aphanes arvensis</i>	.	1	+	+	1	1	1	1	1
<i>Anthemis arvensis</i>	.	.	+	1	.	+	2b	3	3
<i>Veronica hederifolia</i>	+	2a	1	.	+	1	.	.	.
<i>Papaver argemone</i>	.	.	.	+	.	+	+	.	.
<i>Apera spica-venti</i>	1	.	+	2b	.	2a	.	.	.
Arten der Secalietalia									
<i>Valerianella rimosa</i>	.	.	+	+	.	+	+	+	+
<i>Legousia hybrida</i>	.	.	.	+	.	.	+	+	+
<i>Legousia speculum-veneris</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	+
<i>Consolida regalis</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Adonis aestivalis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Arten der Secalietea									
<i>Papaver rhoeas</i>	2a	2a	2a	2a	1	2b	2b	1	1
<i>Viola arvensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Myosotis arvensis</i>	.	+	2a	+	.	+	+	+	+
<i>Polygonum convolvulus</i>	+	+	+	+	+	+	+	.	.
<i>Alopecurus myosuroides</i>	.	4	2a	2a	4	1	.	.	.



**Tab. 9b Vegetationsaufnahmen der Feldsalatpopulationen der gemähten und/oder beweideten Böschungen**

Tab. 9b Vegetational surveys of cornsalad populations in mowed and/or pastured escarpments

Populations-Nr.	F-5/99	F-5/99	F-10/99	F-11/99	F-19/97	F-19/99	F-19/99	F-22/97	F-22/99	F-22/99	F-23/99	F-23/99	F-27/97	F-27/99	F-27/99	F-39/99
Ort	Dollendorf	Dollendorf	Zülpich	Zülpich	D-dorf	HaferD-dorf	HaferD-dorf	Bienen/Rees	Bienen/Rees	Bienen/Rees	Ohlerath	Ohlerath	Aremberg	Aremberg	Aremberg	Iserlohn
TK	5606/141	5606/141	5305/422	5305/422	4706/344	4706/344	4706/344	4204/112	4204/112	4204/112	5707/132	5707/132	5506/444	5506/444	5506/444	4612/112
Aufnahme-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Datum	25.05.99	25.05.99	12.05.99	12.05.99	11.05.97	13.05.99	13.05.99	27.04.97	13.05.99	13.05.99	01.06.99	01.06.99	07.06.97	25.05.99	25.05.99	13.06.99
Flächengröße	10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>	16 m <sup>2</sup>	7,5 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	10,5 m <sup>2</sup>	10,5 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
Neigung	50°	50°	45°	10°	15-20°	45°	45°	5-30°	45°	45°	35°	35°	50°	70°	70°	30°
Exposition	SO	SO	SO	SO	SW	SW	SW	SW	S	S	NNO	NNO	SSO	S	S	SO
Höhe ü.NN	450 m	450 m	220 m	210 m	40 m	40 m	40 m	30 m	30 m	30 m	390 m	390 m	360 m	360 m	360 m	200 m
Gesamtdeckung	85%	85%	100%	100%	85%	98%	98%	80-85%	90%	90%	95%	95%	98%	100%	98%	100%
Artenzahl	27	22	28	26	27	22	23	23	26	35	36	42	28	26	18	21
<b>Valerianella locusta</b>	<b>2a</b>	<b>2a</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>2b</b>	<b>2a</b>	<b>2a</b>	<b>1</b>
Arten der Grünland-Gesellschaften																
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	2a	1	3	.	.	+	3	.	.	3	3	3	3	2a	3
<i>Poa pratensis</i>	+	.	+	+	2b	+	+	.	.	2a	+	+	+	+	2a	.
<i>Bromus hordeaceus</i>	.	.	+	.	+	+	+	.	2a	2a	+	+	+	1	.	+
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	.	.	.	+	+	+	.	.	+	+	+	+	.	.	+
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	2a	1	+	1	+	+
<i>Achillea millefolium</i>	r	+	+	.	r	+	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.
<i>Plantago lanceolata</i>	.	.	.	.	r	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.
<i>Avena pubescens</i>	.	.	+	.	3	3	2b	.	.	.	+	+	.	.	+	.
<i>Vicia angustifolia</i>	.	+	+	.	+	1	+	.	.	+	.	.	+	.	.	.
<i>Taraxacum officinale</i>	.	.	.	.	r	r	.	+	.	r	+	r	.	.	.	+
<i>Galium album</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	r	+	+	2a	.
<i>Trifolium repens</i>	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	+	+	.	.	.	+
<i>Trifolium dubium</i>	+	+	.	.	.	+	.	.	2a	2b	+	.	.	.	.	.
<i>Alopecurus pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2a	.	+	+	1	+	.
<i>Holcus lanatus</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1	+	.	+	+	2b
<i>Rumex acetosa</i>	+	.	.	.	Rumex acetosa	.	.	+	+	.	.	+	+	+	.	.
<i>Saxifraga granulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Festuca pratensis</i>	+	.	+	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca rubra</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	3	2b	.	.	.	.
<i>Poa trivialis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2a	1	.	.	2a	2b	.	2b
<i>Vicia cracca</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.
<i>Eryngium campestre</i>	.	.	.	.	+	1	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus bulbosus</i>	.	.	.	.	2a	2a	1	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Bellis perennis</i>	.	.	.	.	+	.	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Tragopogon pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	r	.	.	.	.
<i>Bromus erectus</i>	.	.	1	.	3	2b	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia sepium</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.
<i>Lolium perenne</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	+
<i>Leontodon autumnalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthriscus sylvestris</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	2a	.	.	.
<i>Chrysanthemum ircutianum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Knautia arvensis</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.
<i>Trisetum flavescens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.
<i>Lathyrus pratensis</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Medicago lupulina</i>	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ononis repens</i>	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis capillaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	4	1
<i>Campanula cf. persicifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.



<i>Valerianella rimosa</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aphanes arvensis</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Matricaria recutita</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Papaver argemone</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica triphyllos</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lamium amplexicaule</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fumaria officinalis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthemis arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cerastium glomeratum</i>	.	.	.	.	.	.	.	2b	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Weitere Arten																	
<i>Veronica arvensis</i>	+	+	+	.	+	+	+	+	+	+	r	.	+	.	.	+	+
<i>Potentilla reptans</i>	.	.	+	.	.	.	.	2b	+	+	.	.	.	.	.	+	.
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	2b
<i>Festuca ovina agg.</i>	4	4	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Hypericum perforatum</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Thymus pulegioides</i>	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Geranium molle</i>	.	.	.	.	+	.	+	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stellaria holostea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.
<i>Veronica chamaedrys</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.
<i>Campanula rotundifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erophila verna</i>	2a	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stellaria graminea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.
<i>Rumex crispus</i>	.	+	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex hirta</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Barbarea vulgaris</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Luzula campestris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Luzula multiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Trifolium campestre</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Achillea ptarmica</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Allium spec.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula cf. trachelium</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex ovalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ficaria verna</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Medicago sativa</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Mentha cf. arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Myosotis stricta</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Orobancha spec.</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum aviculare</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Selinum carvifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia nummularia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula rapunculus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
Gebüsche																	
<i>Rubus fruticosus agg.</i>	.	+	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2a	.	.
<i>Prunus spinosa juv.</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	.	.
<i>Crataegus monogyna juv.</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rosa canina juv.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Sarothamnus scoparius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.

**Tab. 10 Charakterisierung der Wildherkünfte: Wiesen-Kümmel (*Carum carvi* L.)**

*Tab. 10 Characterization of the wild populations: Caraway (*Carum carvi* L.)*

Bezeichnung der Population	TK Rechts- / Hochwert	TK Name Großlandschaft NRW	Geologischer Untergrund	Höhe üNN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Standortbeschreibung	Populationsgröße und -ausdehnung
<b>K-2</b> 1a, c	4406 / 343 25495 57071	Dinslaken Niederrheini- sches Tiefland	Holozän (Quartär) Sand	25 m 750-800 mm - / -	Deichaufschüttung am Woltershof, Übergang zu Streuobstwiese; z. T. sehr nährstoffreich; Deichaufschüttung v. a. mit Nitrophyten und ruderaler Flora, Streuobstwiese nicht sehr artenreich; Mahd und Beweidung	Population mittelgroß: zweigeteilt mit jeweils ca. 30 blühenden Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup> ; kleinere Bestände auf gegenüberliegender Wiese/Weide
<b>K-3</b> 1a, c	5406 / 312 25490 56014	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon mergelig	380 m 650-700 mm < 5° / N	Straßenrand bei Harzheim, Wendeplatz für Traktoren; Vegetation niedrigwüchsig, z. T. lückig, einige Störstellen; Mahd	Population klein: ca. 10 blühende Individuen auf ca. 40 m <sup>2</sup> ; kleinere Bestände auf Wiesen in ca. 400 m Entfernung
<b>K-4</b> 1a, b	5506 / 114 25490 55944	Aremberg Eifel	Mitteldevon	535 m 750-800 mm < 5° / NE	Nährstoffreiche Wiese zwischen Engalgau und Tondorf, in Extensivierung begriffen, <i>Carum</i> v. a. im Randbereich; Zentrum der Wiese hochwüchsig und artenarm, randlich niedrigwüchsiger und artenreicher; zweischürige Mahd	Population mittel: ca. 30 blühende Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup> ; Kleinere Bestände auf angrenzenden Wiesen
<b>K-5</b> 1a, b, c, 2	5506 / 132 25492 55920	Aremberg Eifel	Mitteldevon mergelig	550 m 750-800 mm - / -	Wiese an Autobahnabfahrt Blankenheim (B 51), <i>Carum</i> v. a. im Randbereich aspektbildend Vegetation eher niedrigwüchsig, artenreich; Mahd	Population mittel bis groß: > 50 blühende Individuen auf ca. 100 m <sup>2</sup> ; kleinere bis größere Bestände auf allen angrenzenden Wiesen
<b>K-6</b> 1a, b, c	5606 / 121 25512 55835	Üxheim Eifel	Mitteldevon	410 m 650-700 mm < 5° - 20° / SE	Wiese zwischen Schloßtal und Ahrhütte; <i>Carum</i> v. a. im Randbereich; Fläche recht heterogen: z. T. niedrigwüchsig und artenreich, z. T. hochwüchsig und artenarm; Mahd	Population mittel: ca. 40 blühende Individuen auf ca. 100 m <sup>2</sup> ; keine nennenswerten Vorkommen in der Umgebung
<b>K-7</b>	4816 / 211 34590 56738	Girkhausen Sauerland	Holozän (Quartär)	550 m 1200-1400 mm - / -	Randbereich einer Wiese in Rehsiepen, z. T. als Parkplatz genutzt; sehr artenarme Wieseneinsaat; Mahd	Population sehr klein: 3-4 nichtblühende Individuen auf ca. 2 m <sup>2</sup> ; sehr kleiner Bestand auf angrenzender Wiese
<b>K-8</b> 1a, b, c, 2	5506 / 123 25506 55942	Aremberg Eifel	Mitteldevon	530 m 700-750 mm 5-10° / SE	Wiese, Weide und Wegrand zwischen Buir und Tondorf; <i>Carum</i> v. a. im Randbereich; Randbereich eher niedrigwüchsig, im Zentrum sehr nährstoffreich, hochwüchsig; Mahd, anschließend Beweidung	Population groß: > 100 blühende Individuen auf ca. 300 m <sup>2</sup> ; kleinere bis größere Bestände auf allen angrenzenden Wiesen
<b>K-9</b> 1a, b	5605 / 2 25458 55817	Stadtkyll Eifel	Mitteldevon	500 m 600-650 mm - / -	Fettwiese im NSG Alendorfer Kalktriften, wahrscheinlich Saatmischung; sehr hochwüchsig und sehr artenarm; Mahd	Population klein bis mittel: ca. 20 blühende Individuen auf ca. 80 m <sup>2</sup> ; Vorkommen auf angrenzender Fläche (K-9a)
<b>K-9a</b> 1a, c	5605 / 2 25458 55817	Stadtkyll Eifel	Mitteldevon	500 m 600-650 mm 2-5° / WSW	Weide im NSG Alendorfer Kalktriften, ca. 30 m von K-9 entfernt; niedrigwüchsig und artenarm, <i>Carum</i> im Randbereich; Schafbeweidung	Population klein bis mittel: ca. 20 blühende Individuen auf ca. 80 m <sup>2</sup> ; Vorkommen auf angrenzender Fläche (K-9)



Bezeichnung der Population	TK Rechts- / Hochwert	TK Name Großlandschaft NRW	Geologischer Untergrund	Höhe üNN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Standortbeschreibung	Populationsgröße und -ausdehnung
<b>K-10</b> 1a, b, c, 2	4612 / 412 34160 56905	Iserlohn Sauerland	Holozän (Quartär) sandig. Lehm	320 m 1000-1100 mm - / -	Weiderand und Schotterplatz bei Stephanopel, <i>Carum</i> vereinzelt im Randbereich am Weidezaun; Fläche heterogen: Schotterplatz sehr lückig, im Bereich der Weide hochwüchsig mit Feuchtezeigern; Beweidung (Weide) / Mahd (Schotterplatz)	Population klein bis mittel: ca. 20 blühende Individuen auf ca. 60 m <sup>2</sup> ; keine Vorkommen in der Umgebung
<b>K-11</b>	4612 / 143 34103 56925	Iserlohn Sauerland		360 m 900-1000 mm - / -	Waldlichtung am Wolfsplatz bei Iserlohn, vermutlich eingeschlepptes Vorkommen	Population sehr klein: 4 blühende Individuen; keine Vorkommen in der Umgebung
<b>K-12</b> 1a, b, c	5406 / 332 25497 55987	Bad Münstereifel Eifel	Mitteldevon mergelig	425 m 700-750 mm 45° / NE	Wiese zwischen Roderath und Pesch, artenreicher Bestand mit Frische- und Magerkeitszeigern, Weidebereich hochwüchsig mit Feuchtezeigern; Mahd, Teile der Fläche jährlich beweidet	Population groß: > 100 blühende Individuen auf ca. 300 m <sup>2</sup> ; Vorkommen überall auf benachbarten Wiesenflächen
<b>K-13</b> 1a, b, c, 2	5505 / 111 25356 55957	Blankenheim Eifel	Unterdevon Sandstein	530 m - / -	Wiese nördlich Sistig; Teils dichter, artenarmer Bestand, teils magere, lückige Teilflächen mit Magerkeitszeigern; Mahd	Population klein: ca. 15 blühende Individuen auf ca. 30 m <sup>2</sup> ; kleinere Vorkommen auf benachbarten Wiesenflächen
<b>K-14a</b> 1a, b	5015 / 241 34510 56480	Erndtebrück Sauerland	Mitteldevon	500 m 1000-1100 mm 10-15° / E	Übergangsbereich zwischen Wiese und Weg zwischen Ginstergebüsch südlich Erndtebrück; artenarmer Bestand; keine Bewirtschaftung, starke Störung durch Schutt- und Mahdgutablagerung	Population klein: ca. 10 blühende Individuen auf ca. 30 m <sup>2</sup> ; kleinere bis größere Vorkommen auf benachbarten Wiesenflächen und an Wegrändern (K-14b)
<b>K-14b</b> 1a, b, c, 2	5015 / 241 34510 56480	Erndtebrück Sauerland	Mitteldevon	500 m 1000-1100 mm 5-10° / SE	Wiese und Wegrand südlich Erndtebrück, dichter Bestand mit Nährstoffzeigern, <i>Carum</i> v. a. im Randbereich; Mahd	Population mittel: ca. 20 blühende Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup> ; kleinere bis größere Vorkommen auf benachbarten Wiesenflächen und an Wegrändern (K-14a)
<b>K-15</b> 1a, b, c, 2	5015 / 234 34495 56461	Erndtebrück Sauerland	Unterdevon	470 m 1000-1100 mm 5-10° / N	Wiese nördlich Rückershausen, dichter, artenarmer Bestand mit Nährstoffzeigern; Mahd	Population klein bis mittel: ca. 15-20 blühende Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup> ; keine nennenswerten Vorkommen in der Umgebung
<b>K-16</b> 1a, c, 2	4120 / 111 35018 57492	Steinheim Weserbergland	Keuper (Trias)	150 m 750-800 mm - / -	Wegrand zwischen Vahlhausen und Ottenhausen; heterogener Bewuchs, <i>Carum</i> sehr dicht wachsend; Mahd	Population klein: < 10 blühende Individuen auf ca. 15 m <sup>2</sup>
<b>K-17</b> 1a, c, 2	4612 / 222 34179 56959	Iserlohn Sauerland	Oberdevon	320 m 900-1000 mm 2-5° / SE	Truppenübungsplatz zwischen Apricke und Hemer, niedrigwüchsig und artenreich; <i>Carum</i> v. a. im Randbereich, z. T. durch Verbiß geschädigt; Schafbeweidung	Population sehr groß: > 150 blühende Individuen auf ca. 500 m <sup>2</sup> ; keine nennenswerten Vorkommen in der Umgebung
<b>K-19</b> 1a, c, 2	4806 / 1	Neuss Niederrheinisches Tiefland	Pleistozän (Quartär) sandig-tonig	< 50 m 750-800 mm - / -	Wegrand im Neubaugebiet Neuß-Weckhofen, vermutlich Wieseneinsaat, artenarmer, hochwüchsiger Bestand; Mahd	Population klein bis mittel: ca. 20 blühende Individuen auf ca. 50 m <sup>2</sup>

1a Morphologische Untersuchung *in situ*  
2 Molekulargenetische Untersuchung

1b Morphologische Untersuchung *ex situ* (Anbau 1997/98)

1c Morphologische Untersuchung *ex situ* (Anbau 1998/99)

**Tab. 11 Mittelwerte der Sproß- und Doldenmerkmale der Kümmelpopulationen ex situ**  
 Tab. 11 Average of the shoot and umbel characteristics of caraway populations ex situ

**1 Messungen Juni 1998 bzw. 1999**

Population	Höhe_1 (cm)	Höhe_2 (cm)	Höhe_1/2 (%)	Int_1 (cm)	Int_2 (cm)	Int_3 (cm)	Int_4 (cm)	Int_5 (cm)	Summe_1-5 (cm)	pro1_Höhe_2 (%)
K-2/99	76,50	57,50	75,43	8,50	10,00	10,00	10,00	7,00	45,50	14,85
K-3/99	79,38	68,25	86,10	8,63	9,63	9,63	9,50	8,00	45,38	12,63
K-4/98	70,71	37,29	50,80	7,57	8,43	6,57	6,57	4,57	33,71	20,31
K-5/98	73,57	46,00	61,12	8,00	7,71	7,43	8,14	5,86	37,14	17,39
K-5/99	84,70	68,70	81,01	9,50	10,30	11,70	9,00	8,80	49,30	14,06
K-6/98	65,00	32,40	49,69	5,60	6,40	5,80	4,80	5,00	27,60	17,28
K-6/99	86,80	71,50	82,80	7,90	9,70	9,80	10,80	10,40	48,60	10,94
K-8/98	75,00	42,13	54,49	6,00	7,13	8,38	9,63	6,13	37,25	14,24
K-8/99	82,11	64,89	79,02	8,89	9,89	10,11	9,78	5,89	44,56	13,95
K-9/98	57,14	22,86	41,31	4,86	4,57	5,14	4,29	4,71	23,57	21,25
K-9a/99	87,13	69,88	80,57	8,88	9,50	10,50	10,00	10,13	49,00	12,67
K-10/98	73,75	40,50	54,98	9,50	9,00	10,00	8,50	6,00	43,00	23,46
K-10/99	84,22	66,78	79,33	8,44	10,56	10,78	10,00	8,00	47,78	12,87
K-12/98	69,38	36,00	51,38	6,50	7,88	8,88	7,13	6,13	36,50	18,06
K-12/99	86,70	71,00	81,76	7,50	9,00	10,90	12,20	11,70	51,30	10,62
K-13/98	87,14	60,50	69,05	7,29	7,64	9,43	10,79	9,29	44,43	12,04
K-13/99	85,40	70,60	82,77	7,30	9,90	10,90	9,80	9,60	47,50	10,42
K-14/98	71,67	36,33	50,67	8,53	8,33	7,40	6,07	4,40	34,73	23,49
K-14/99	79,30	60,50	76,12	7,90	9,40	10,10	9,40	8,40	45,20	13,59
K-15/98	73,33	34,00	46,01	8,00	7,33	6,67	5,67	3,67	31,33	23,53
K-15/99	76,33	57,67	75,59	8,44	9,56	9,44	8,00	7,89	43,33	15,17
K-16/99	67,22	57,33	85,26	6,78	9,00	10,67	11,00	8,00	45,44	12,12
K-17/99	69,38	59,38	86,00	6,25	8,00	8,75	8,50	8,13	39,63	10,54
<b>Mittel 1998</b>	<b>71,67</b>	<b>38,80</b>	<b>52,95</b>	<b>7,18</b>	<b>7,44</b>	<b>7,57</b>	<b>7,16</b>	<b>5,57</b>	<b>34,93</b>	<b>19,10</b>
<b>Max. 1998</b>	<b>87,14</b>	<b>60,50</b>	<b>69,05</b>	<b>9,50</b>	<b>9,00</b>	<b>10,00</b>	<b>10,79</b>	<b>9,29</b>	<b>44,43</b>	<b>23,53</b>
<b>Min. 1998</b>	<b>57,14</b>	<b>22,86</b>	<b>41,31</b>	<b>4,86</b>	<b>4,57</b>	<b>5,14</b>	<b>4,29</b>	<b>3,67</b>	<b>23,57</b>	<b>12,04</b>
<b>Mittel 1999</b>	<b>80,40</b>	<b>64,92</b>	<b>80,91</b>	<b>8,07</b>	<b>9,57</b>	<b>10,25</b>	<b>9,84</b>	<b>8,61</b>	<b>46,35</b>	<b>12,65</b>
<b>Max. 1999</b>	<b>87,13</b>	<b>71,50</b>	<b>86,10</b>	<b>9,50</b>	<b>10,56</b>	<b>11,70</b>	<b>12,20</b>	<b>11,70</b>	<b>51,30</b>	<b>15,17</b>
<b>Min. 1999</b>	<b>67,22</b>	<b>57,33</b>	<b>75,43</b>	<b>6,25</b>	<b>8,00</b>	<b>8,75</b>	<b>8,00</b>	<b>5,89</b>	<b>39,63</b>	<b>10,42</b>

Population	pro1+2_Höhe_2 (%)	Anz_Str	LI_str (cm)	Lk_str (cm)	LI/Lk_str	L_stiel (cm)	Anz_Dö1	Anz_Dö2
K-2/99	32,42	7,50	4,90	2,60	1,94	6,35	14,50	5,50
K-3/99	26,75	11,25	5,34	2,16	2,58	9,43	14,25	6,38
K-4/98	42,91	11,29	5,09	1,29	4,59	6,33	15,14	6,29
K-5/98	34,16	11,00	5,43	1,43	5,57	6,60	17,57	6,14
K-5/99	29,33	8,70	6,15	2,76	2,29	8,73	16,10	8,20
K-6/98	37,04	9,00	4,04	1,22	3,34	6,74	16,00	6,60
K-6/99	24,53	7,90	5,45	2,42	2,35	7,62	14,40	6,80
K-8/98	31,16	8,38	4,19	1,73	2,97	6,99	13,63	4,63
K-8/99	29,42	10,56	5,80	1,90	3,47	9,22	14,22	5,67
K-9/98	41,25	7,57	3,99	1,43	2,86	5,16	14,71	5,29
K-9a/99	26,22	7,75	6,19	2,40	2,79	8,48	15,13	5,50
K-10/98	45,68	9,00	4,23	1,03	5,46	7,23	15,25	5,50
K-10/99	28,97	7,89	4,92	2,11	2,45	7,72	15,89	8,00
K-12/98	39,93	9,38	4,69	1,60	4,10	6,85	15,13	6,38
K-12/99	23,36	8,80	5,79	2,14	2,86	7,06	15,60	7,70
K-13/98	24,68	9,79	5,75	2,04	3,24	6,90	15,86	5,79
K-13/99	24,52	7,50	4,69	2,10	2,95	5,55	13,30	5,10
K-14/98	46,42	9,93	5,36	1,11	5,76	9,92	16,67	4,53
K-14/99	29,70	7,70	4,54	1,13	4,59	6,29	13,30	4,50
K-15/98	45,10	8,00	5,10	1,67	3,61	10,27	15,00	5,00
K-15/99	32,03	8,78	5,76	2,12	3,21	8,50	15,33	6,22
K-16/99	27,98	8,67	3,93	0,50	9,65	5,61	11,56	3,11
K-17/99	24,17	8,25	4,29	2,01	2,26	5,14	16,13	6,00

<b>Mittel 1998</b>	<b>38,83</b>	<b>9,33</b>	<b>4,79</b>	<b>1,45</b>	<b>4,15</b>	<b>7,30</b>	<b>15,50</b>	<b>5,61</b>
<b>Max. 1998</b>	<b>46,42</b>	<b>11,29</b>	<b>5,75</b>	<b>2,04</b>	<b>5,76</b>	<b>10,27</b>	<b>17,57</b>	<b>6,60</b>
<b>Min. 1998</b>	<b>24,68</b>	<b>7,57</b>	<b>3,99</b>	<b>1,03</b>	<b>2,86</b>	<b>5,16</b>	<b>13,63</b>	<b>4,53</b>
<b>Mittel 1999</b>	<b>27,65</b>	<b>8,56</b>	<b>5,21</b>	<b>2,03</b>	<b>3,34</b>	<b>7,36</b>	<b>14,59</b>	<b>6,05</b>
<b>Max. 1999</b>	<b>32,42</b>	<b>11,25</b>	<b>6,19</b>	<b>2,76</b>	<b>9,65</b>	<b>9,43</b>	<b>16,13</b>	<b>8,20</b>
<b>Min. 1999</b>	<b>23,36</b>	<b>7,50</b>	<b>3,93</b>	<b>0,50</b>	<b>1,94</b>	<b>5,14</b>	<b>11,56</b>	<b>3,11</b>

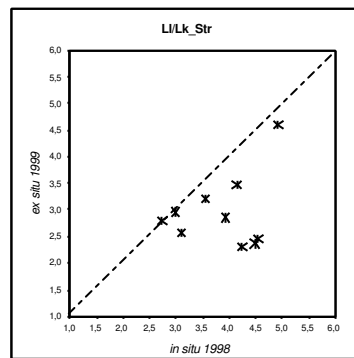
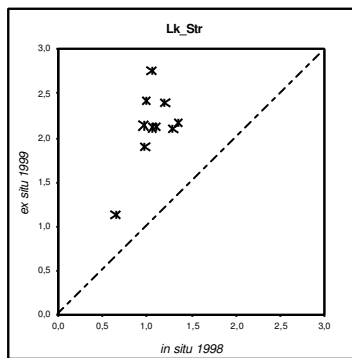
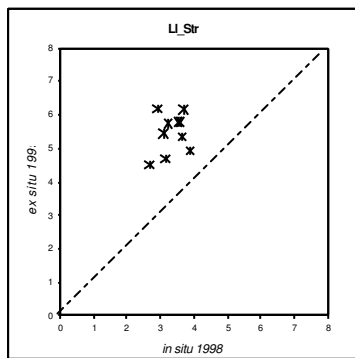
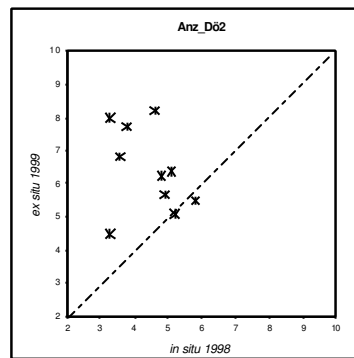
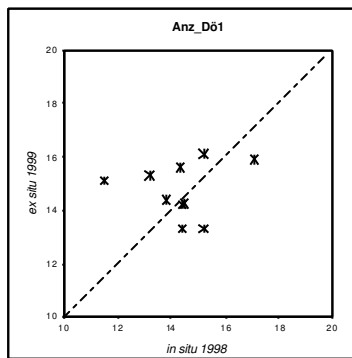
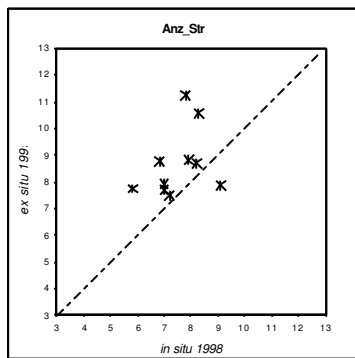
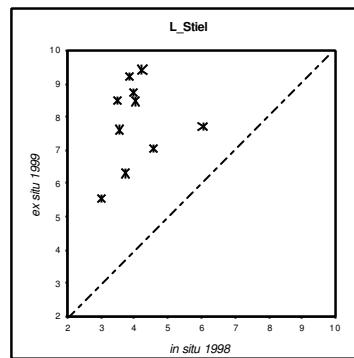
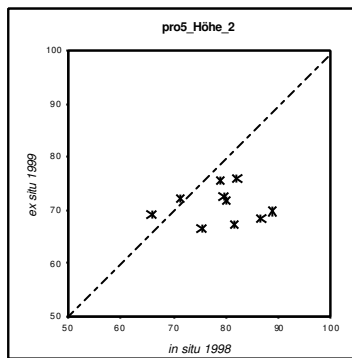
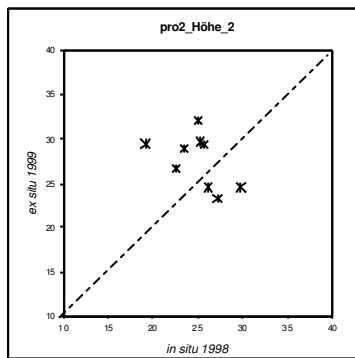
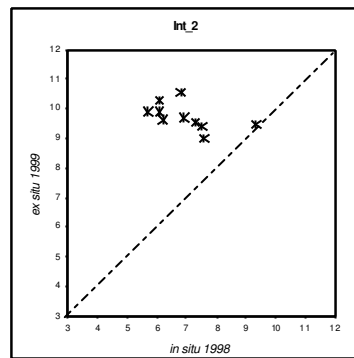
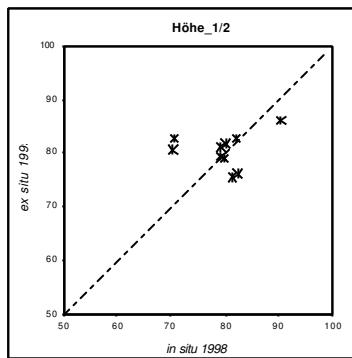
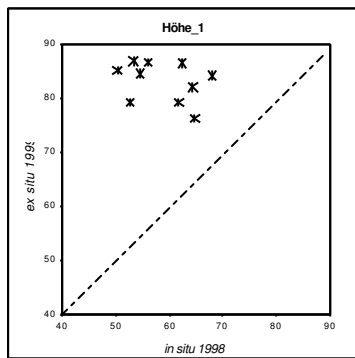
**Tab. 12 Mittelwerte der Sproß- und Doldenmerkmale der Kümmelpopulationen *in situ***

*Tab. 12 Average of the shoot and umbel characteristics of caraway populations in situ*

## 2 Messungen Juni 1998

Population	Höhe_1 (cm)	Höhe_2 (cm)	Höhe_1/2 (%)	Int_1 (cm)	Int_2 (cm)	Int_3 (cm)	Int_4 (cm)	Int_5 (cm)	Summe_1-5 (cm)	pro1_Höhe_2 (%)
K-4	69,4	53,3	76,75	6,0	8,1	9,5	9,2	9,1	41,9	11,28
K-5	54,5	43,1	79,32	4,8	6,1	7,7	9,2	6,3	34,1	11,31
K-6	56,1	39,6	70,52	4,5	6,9	7,8	8,0	6,4	33,6	11,70
K-8	64,4	51,4	79,88	4,0	5,7	7,0	7,9	8,8	33,4	7,93
K-9	53,2	37,3	70,30	7,0	9,3	9,0	4,8	2,8	33,0	19,46
K-10	67,9	53,7	79,33	5,8	6,8	8,0	8,9	8,6	38,1	10,95
K-12	62,4	50,2	80,19	5,7	7,6	9,2	9,0	7,6	39,1	11,62
K-13	50,3	41,4	82,27	4,5	6,1	7,7	8,1	7,0	33,4	11,07
K-14	61,7	50,9	82,41	5,1	7,5	9,2	9,8	9,9	41,5	10,13
K-15	64,7	52,5	81,45	5,7	7,3	8,9	9,8	9,3	41,0	10,98
K-17	42,6	32,1	75,33	8,2	9,6	6,4	2,0	1,1	27,3	26,10
K-19	59,2	36,4	61,53	7,1	6,8	7,6	6,9	4,1	32,5	20,55
<b>Mittelwert</b>	<b>58,9</b>	<b>45,2</b>	<b>76,6</b>	<b>5,7</b>	<b>7,3</b>	<b>8,2</b>	<b>7,8</b>	<b>6,8</b>	<b>35,7</b>	<b>13,6</b>
<b>Maximum</b>	<b>69,4</b>	<b>53,7</b>	<b>82,4</b>	<b>8,2</b>	<b>9,6</b>	<b>9,5</b>	<b>9,8</b>	<b>9,9</b>	<b>41,9</b>	<b>26,1</b>
<b>Minimum</b>	<b>42,6</b>	<b>32,1</b>	<b>61,5</b>	<b>4,0</b>	<b>5,7</b>	<b>6,4</b>	<b>2,0</b>	<b>1,1</b>	<b>27,3</b>	<b>7,9</b>

Population	pro1+2_Höhe_2 (%)	Anz_Str	LI_str (cm)	Lk_str (cm)	LI/Lk_str	L_stiel (cm)	Anz_Dö1	Anz_Dö2	TKG (g)
K-4	26,67	8,4	4,0	1,1	4,22	4,9	15,1	4,2	
K-5	25,65	8,2	3,7	1,1	4,26	4,0	15,2	4,6	2,650
K-6	29,73	7,0	3,1	1,0	4,50	3,6	13,8	3,6	2,045
K-8	19,11	8,3	3,5	1,0	4,15	3,9	14,4	4,9	2,630
K-9	44,97	5,8	2,9	1,2	2,75	4,0	11,5	5,8	2,775
K-10	23,50	9,1	3,9	1,1	4,55	6,0	17,1	3,3	2,300
K-12	27,19	7,9	3,6	1,0	3,93	4,6	14,3	3,8	2,630
K-13	26,23	7,2	3,2	1,3	3,00	3,1	15,2	5,2	1,980
K-14	25,23	7,0	2,7	0,6	4,94	3,7	14,4	3,3	2,285
K-15	25,09	6,8	3,2	1,1	3,56	3,5	13,2	4,8	2,275
K-17	56,35	6,4	3,5	1,6	2,40	5,1	13,0	4,0	3,320
K-19	40,07	9,8	4,5	1,8	2,79	5,9	16,8	5,9	
<b>Mittelwert</b>	<b>30,8</b>	<b>7,7</b>	<b>3,5</b>	<b>1,1</b>	<b>3,8</b>	<b>4,3</b>	<b>14,5</b>	<b>4,5</b>	<b>2,489</b>
<b>Maximum</b>	<b>56,4</b>	<b>9,8</b>	<b>4,5</b>	<b>1,8</b>	<b>4,9</b>	<b>6,0</b>	<b>17,1</b>	<b>5,9</b>	<b>3,320</b>
<b>Minimum</b>	<b>19,1</b>	<b>5,8</b>	<b>2,7</b>	<b>0,6</b>	<b>2,4</b>	<b>3,1</b>	<b>11,5</b>	<b>3,3</b>	<b>1,980</b>

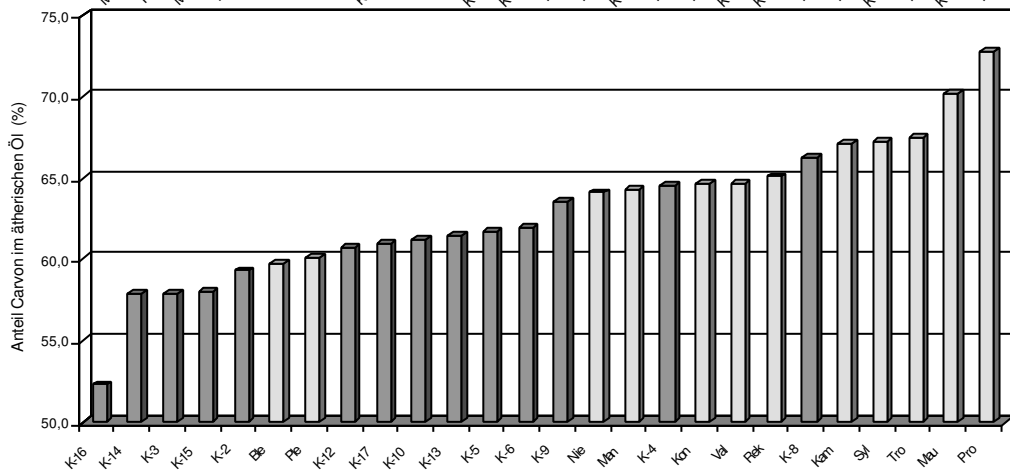
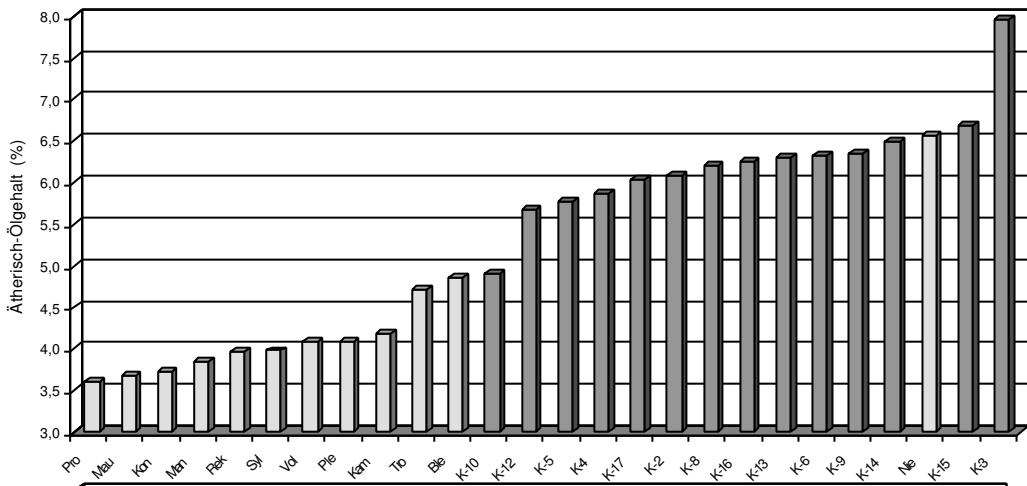
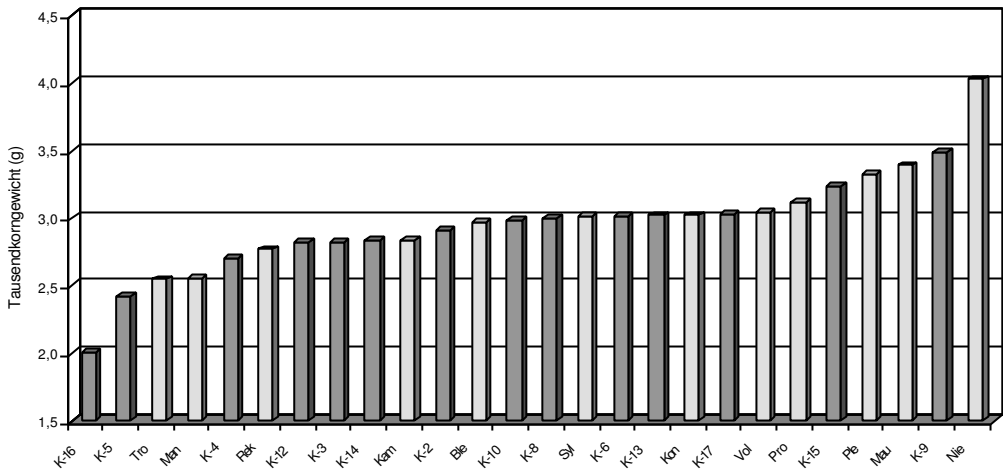


**Tab. 14 Ergebnisse der Qualitätsbestimmung der Kümmelpopulationen aus dem Anbau 1997/98 und 1998/99**  
 Tab. 14 Results of the evaluation of caraway populations planted 1997/98 and 1998/99

Ernte Juli 1998 bzw. 1999, durchgeführt durch die Bundesanstalt für Züchtungsforschung, Quedlinburg

Population / Sorte	TKG (g)	Ätherisches Öl (%)	Carvon (%)	Farbkomponente L*	Farbkomponente a*	Farbkomponente b*
Natürliche Populationen ( <i>Carum carvi</i> )						
K-2/99	2,917	6,09	59,30	32,3005	5,2300	12,1601
K-3/99	2,826	7,96	57,90	33,9728	4,3972	11,7652
K-4/98	2,705	5,86	64,53	32,2841	4,1958	10,9837
K-5/98	2,419	5,77	61,74	28,6745	4,1364	10,0214
K-5/99	2,717	5,43	58,10	35,4724	5,5472	13,2647
K-6/98	3,012	6,32	61,93	30,7764	3,8446	10,1209
K-6/99	2,608	5,52	59,80	35,7718	4,5771	12,6950
K-8/98	2,997	6,21	66,27	30,8126	4,0940	10,4289
K-8/99	2,620	5,87	61,20	34,9086	5,4908	12,3189
K-9/98	3,495	6,34	63,57	34,0013	4,4523	11,5014
K-9a/99	3,215	4,48	65,20	34,7349	4,4734	12,0929
K-10/98	2,989	4,91	61,16	30,1976	4,2338	10,0605
K-10/99	2,638	5,42	64,60	34,1761	5,4176	12,2399
K-12/98	2,825	5,68	60,67	32,0655	3,7066	10,2798
K-12/99	2,634	5,66	60,40	35,0959	4,5095	12,4348
K-13/98	3,024	6,30	61,45	30,7242	3,7343	10,6484
K-13/99	2,918	6,50	65,40	35,6765	4,5676	12,6832
K-14/98	2,836	6,49	57,88	32,2554	3,5170	10,4826
K-14/99	2,580	4,98	57,10	34,0826	5,4082	12,4186
K-15/98	3,233	6,69	57,97	30,1838	3,6471	9,2995
K-15/99	2,597	5,61	58,60	34,6999	4,4699	12,5213
K-16/99	2,011	6,26	52,30	35,5000	5,5500	12,4526
K-17/99	3,028	6,04	61,00	34,9283	5,4928	12,7203
<b>Mittel 1998</b>	<b>2,954</b>	<b>6,057</b>	<b>61,717</b>	<b>31,198</b>	<b>3,956</b>	<b>10,383</b>
<b>Max. 1998</b>	<b>3,495</b>	<b>6,690</b>	<b>66,270</b>	<b>34,001</b>	<b>4,452</b>	<b>11,501</b>
<b>Min. 1998</b>	<b>2,419</b>	<b>4,910</b>	<b>57,880</b>	<b>28,675</b>	<b>3,517</b>	<b>9,300</b>
<b>Mittel 1999</b>	<b>2,716</b>	<b>5,832</b>	<b>60,069</b>	<b>34,717</b>	<b>5,010</b>	<b>12,444</b>
<b>Max. 1999</b>	<b>3,215</b>	<b>7,960</b>	<b>65,400</b>	<b>35,772</b>	<b>5,550</b>	<b>13,265</b>
<b>Min. 1999</b>	<b>2,011</b>	<b>4,480</b>	<b>52,300</b>	<b>32,301</b>	<b>4,397</b>	<b>11,765</b>
Kultursorten ( <i>Carum carvi</i> )						
Messungen 1997 bzw. 1998; Quelle: PANK 1999						
<i>Bleja</i>	2,975	4,86	59,71	34,4494	5,0617	12,8950
<i>Kami</i>	2,842	4,18	67,10	34,7538	4,7527	12,6772
<i>Konczewicki</i>	3,024	3,73	64,70	36,0986	4,7535	12,5605
<i>Mansholts</i>	2,560	3,84	64,30	35,6999	4,8612	14,0786
<i>Maud</i>	3,393	3,69	70,20	34,2674	4,7949	12,6362
<i>Niederdeutscher</i>	4,030	6,56	64,10	36,9065	4,4500	13,8240
<i>Plewiski</i>	3,325	4,09	60,10	36,3262	5,1469	13,5843
<i>Prochan</i>	3,120	3,60	72,80	37,2238	4,9595	14,5257
<i>Rekord</i>	2,771	3,96	65,10	33,4543	4,4753	12,1297
<i>Sylvia</i>	3,011	3,98	67,20	35,6676	5,2682	13,8804
<i>Trojica</i>	2,549	4,71	67,50	33,5927	4,6127	12,5085
<i>Volhouden</i>	3,044	4,09	64,70	36,9125	5,5348	14,0666
<b>Mittel</b>	<b>3,054</b>	<b>4,274</b>	<b>65,626</b>	<b>35,446</b>	<b>4,889</b>	<b>13,281</b>
<b>Max.</b>	<b>4,030</b>	<b>6,560</b>	<b>72,800</b>	<b>37,224</b>	<b>5,535</b>	<b>14,526</b>
<b>Min.</b>	<b>2,549</b>	<b>3,600</b>	<b>59,710</b>	<b>33,454</b>	<b>4,450</b>	<b>12,130</b>





**Tab. 16 Vegetationsaufnahmen der untersuchten Kümmelpopulationen**

*Tab. 16 Vegetational surveys of the examined caraway populations*

Populations-Nr. Ort	K-17/97 Truppenübungsplatz Apricke / Riemke							K-8/97 Wiese zwischen Buir und Tondorf			
	K-17/97	K-17/97	K-17/97	K-17/98	K-17/98	K-17/98	K-17/99	K-8/97	K-8/97	K-8/98	K-8/98
TK	4612/222	4612/222	4612/222	4612/222	4612/222	4612/222	4612/222	5506/123	5506/123	5506/123	5506/123
Aufnahme-Nr.	1	2	3	4	5	6	36	7	8	9	10
Datum	25.05.97	25.05.97	25.05.97	07.06.98	07.06.98	07.06.98	13.06.99	29.05.97	29.05.97	03.06.98	03.06.98
Flächengröße	20 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>
Neigung	2-5°	2°	1°	2-5°	2°	2°	2°	2°	2°	5°	5°
Exposition	SO	SO	SO	S	SO	O	SO	SO	SO	SO	SSO
Höhe ü.NN	320 m	320 m	320 m	320 m	320 m	320 m	320 m	530 m	530 m	530 m	530 m
Gesamtdeckung	95%	95%	95%	95%	95%	98%	100%	100%	100%	100%	100%
Artenzahl	32	29	28	28	28	26	34	32	30	35	37
<b><i>Carum carvi</i></b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>	<b>2a</b>	<b>1</b>	<b>2b</b>	<b>2a</b>	<b>2a</b>	<b>2a</b>	<b>2a</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Arten aus Arrhenatherion und Cynosurion											
<i>Trifolium repens</i>	.	2a	+	1	1	2b	+	3	2a	1	1
<i>Arrhenatherum elatius</i>	+	+	+	1	+	+	+	+	.	1	1
<i>Bellis perennis</i>	+	+	.	+	+	.	.	+	+	+	+
<i>Lolium perenne</i>	+	+	.	+	+	+	+	+	+	1	1
<i>Bromus hordeaceus</i>	.	+	.	.	.	.	.	1	2b	1	.
<i>Crepis biennis</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	+	1	+
<i>Cynosurus cristatus</i>	+	+	+	2a	1	1	+	+	.	+	+
<i>Galium album</i>	+	+	.	.	+	+	1	.	.	.	.
<i>Phleum pratense</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+
<i>Pimpinella major</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Geranium molle</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Arten der Arrhenatheretalia											
<i>Dactylis glomerata</i>	+	+	+	2a	1	+	+	1	+	2b	1
<i>Taraxacum officinale</i>	+	+	+	+	+	.	.	3	1	2a	+
<i>Trisetum flavescens</i>	+	+	.	1	2b	2a	2a	1	+	2a	2b
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	.	+	.	.	r	.	+	1	+	+
<i>Anthriscus sylvestris</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	1	1	.
<i>Chrysanthemum ircutianum</i>	1	+	+	1	+	+	2b	+	.	+	.
<i>Achillea millefolium</i>	2a	+	+	+	1	+	+	.	.	.	.
<i>Avena pubescens</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+
<i>Tragopogon pratensis</i>	.	.	r	.	r	+	r	+	.	.	+
<i>Lotus corniculatus</i>	+	.	.	1	.	+	.	.	.	+	.
<i>Saxifraga granulata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium dubium</i>	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.
<i>Knautia arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Arten der Arrhenatheretea											
<i>Trifolium pratense</i>	2b	+	+	2a	2a	1	+	2b	1	2b	2b
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	1	1	+	+
<i>Poa pratensis</i>	+	+	+	.	+	.	+	1	1	2a	1
<i>Rumex acetosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Plantago lanceolata</i>	2a	1	+	2b	2a	1	+	+	+	.	+
<i>Ranunculus acris</i>	+	+	+	+	+	+	.	1	1	+	+
<i>Poa trivialis</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	+	2b	2b
<i>Festuca rubra</i>	2b	3	2b	2b	2b	4	4	.	+	.	1
<i>Holcus lanatus</i>	1	1	2b	2a	2b	+	+	+	.	+	+
<i>Festuca pratensis</i>	+	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.
<i>Alopecurus pratensis</i>	+	.	.	.	.	.	.	1	3	.	+
<i>Vicia cracca</i>	.	.	.	+	+	+	.	.	+	.	+
<i>Lathyrus pratensis</i>	+	.	+	+	+	+	.	.	+	.	+
<i>Centaurea jacea agg.</i>	+	+	+	+	.	1	r	+	.	+	+
<i>Cardamine pratensis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhinantus minor</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alchemilla xanthochlora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.













**Tab. 17 Charakterisierung der Wildherkünfte: Hopfen (*Humulus lupulus* L.)**

Tab. 17 Characterization of the wild populations: Hops (*Humulus lupulus* L.)

Bezeichnung der Population	TK (Nr.) Rechts-/Hochwert	TK (Name) Großlandschaft NRW	Geologischer Untergrund	Höhe ü. NN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Ortsbeschreibung, Flächengröße der Probennahme*	Populationsgröße und -ausdehnung, Geschlechteranteile**	Vorkommen in der Umgebung
<b>H-4</b> 1a, b, 2	5306 / 434 25555 56084	Euskirchen Eifel	Holozän (Quartär)	200 m 600-650 mm - / WSW	Bachufer (Mersbach) im NSG Kalkarer Moor-Arloffer Bruch, <i>Humulus</i> am Bach und an angrenzenden Gebüsch – 40 m x 20 m	Pop. mittel bis groß: > 10 Individuen; mehr ♀ als ♂ Pfl.	Gegenüberliegende Straßenseite entlang Mersbach und nach N ca. 20 m weit kleine Einzelvorkommen, nach E hangaufwärts über ca. 100 m große Bestände (♀ u. ♂) an fast jedem Gehölz; Richtung SE zahlr. Vorkommen
<b>H-5</b> 1a	5306 / 434 25555 56084	Euskirchen Eifel	Holozän (Quartär)	200 m 600-650 mm - / -	Erlenbruch / Erlen-Pappel-Anpflanzung auf ehemaligem Niedermoor im NSG Kalkarer Moor – 10m x 10m	Population klein: wenige Pflanzen, nicht blühend	vgl. Population H-4. H-4 und H-5 wahrscheinlich in Kontakt stehend
<b>H-6</b> 1a, b	5305 / 423 25445 56110	Zülpich Eifel	Holozän (Quartär)	240 m 600-650 mm - / -	Wegrand in Bachnähe (Rotbach) bei Eicks, ca. 30 m vom Bach entfernt; 10 m x 10 m und 1 ♀ Pflanze in ca. 50 m Entfernung	Population klein, < 5 Individuen, je 1 blühende ♀ und ♂ Pflanze, sonst nicht blühend	Nächstes Einzelvorkommen ca. 20 m entfernt (♂); nach NE ca. gleich großer ♀ Bestand; kleine Bestände nach W am oberhalb verlaufenden Wegrand; nach SW entlang Weg auf ca. 500 m einzelne Pflanzen
<b>H-7</b> 1a, 2	5405 / 431 25423 55978	Mechernich Eifel	Mitteldevon	450 m 800-850 mm 0-75° / S	Weg- und Waldrand oberhalb Urtschleife bei Steinfeld; naturnaher Erlen-Eschen-Bestand, 20m x 10m	Population klein, ca. 5 Individuen an Bäumen, junge Triebe am Boden, keine blüh. Pflanzen	ca. 60 m entfernt kleines Vorkommen mit wenigen jungen Pflanzen; auf gegenüberliegender Urftseite 1 Individuum mit schlechter Vitalität an Weide
<b>H-8</b> 1a, 2	5406 / 312 25498 56004	Bad Münstereifel Eifel	Holozän (Quartär)	340 m 650-700 mm - / -	Bachufer (Mündung Hornbach in Wespelbach) an Parkplatz bei Gilsdorf – 15 m x 5 m	Population klein bis mittel, in 2 Gruppen, dicht, nur ♂ blühende Pflanzen	am Bachlauf nach S kontinuierlich keine bis mittlere Bestände; nach NW entlang Bachlauf kleine Vorkommen, z. T. ♀; in anderen Richtungen keine weiteren Vorkommen.
<b>H-9</b> 1a, b, 2	5407 / 332 25644 55975	Altenahr Eifel	Holozän (Quartär)	290 m 650-700 mm - / -	Bachufer (Sahrbach) bei Kirchsahr, an Weide grenzend – 100 m x 10 m	Population mittel bis groß, mehr ♂ als ♀ Pflanzen	bachaufwärts nach N keine Vorkommen; nach S (bachabwärts) kontinuierliche Vorkommen; nach W am Waldrand ca. 400 m entfernt mehrere ♂ Pflanzen
<b>H-10</b> 1a, b, 2	5407 / 343 25660 55974	Altenahr Eifel	Holozän (Quartär)	290 m 650-700 mm - / -	Bachufer (Sahrbach) südl. Kirchsahr, an Weide grenzend, ca. 2 km südl. H-9, d. Viehtritt u. Gehölzentf. stark gestört – 75 m x 5 m	Population klein, < 10 Individuen, keine blühenden ♂ Pflanzen.	Nach N ca. 250 m weit, anschließen kein <i>Humulus</i> mehr gefunden (schattig + Fichten); nach S am Bachlauf kontinuierlich folgend; weitere Umgebung v. a. Fichtenforste, dort kein <i>Humulus</i>
<b>H-11</b> 1a, b, 2	4012 / 133 34095 57586	Telgte Westfälische Bucht	Pleistozän (Quartär)	55 m 700-750 mm - / -	Waldweg am Bahndamm (Haus-Kleve-Weg, Münster-Ost), 50 m x 3 m	Population mittel bis groß, etwa gleich viele ♀ und ♂ Pflanzen	im Umkreis von mindestens 500 m <i>Humulus</i> zerstreut vorhanden
<b>H-12</b> 1a	4103 / 441 25155 57426	Emmerich Niederrheinisches Tiefland	Holozän (Quartär)	15 m 650-700 mm - / -	In Straßenbepflanzung an B 220 zw. Emmerich u. Kellen, durch Gehölzentf. stark gestört, 100 m x 3 m	Population klein bis mittel, nur ♀ Pflanzen, ♂ Pflanzen auf anderer Straßenseite	an gegenüberliegender Straßenseite große Vorkommen, über ca. 200 m niederliegend und an niedrigen Gehölzen; in anderen Richtungen keine weiteren Vorkommen gefunden
<b>H-13</b> 1a, b, 2	4203 / 441 25213 57318	Kalkar Niederrheinisches Tiefland	Holozän (Quartär)	15 m 700-750 mm - / -	Uferstaudensaum (Leybach) zwischen Kalkar und Marienbaum, auch Straßennähe – 100 m x 5 m	Population sehr groß, mehr ♀ als ♂ Pfl.	Gegenüberliegend an ehem. Bahndamm und an Hecke kontinuierlich ♀ und nichtblühende Pflanzen; nach NW bis Waldrand; nach S und E keine Vorkommen

Bezeichnung der Population	TK (Nr.) Rechts-/Hochwert	TK (Name) Großland-NRW	Geologischer Untergrund	Höhe ü. NN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Ortsbeschreibung, Flächengröße der Probennahme*	Populationsgröße und -ausdehnung, Geschlechteranteile**	Vorkommen in der Umgebung
H-14 1a	4304 / 244 25343 57240	Xanten Niederrheini- sches Tiefland	künstliche Aufschüttung	20 m 750-800 mm - / -	Inselbereich im NSG Bisli- cher Insel an Rhein-Altarm, 10 m x 10 m	Population klein, gleich viele ♀ und ♂ Pflanzen, v. a. Jungwuchs	Nächstes Vorkommen: H-15; s. dort
H-15 1a, b, 2	4304 / 244 25343 57241	Xanten Niederrheini- sches Tiefland	künstliche Aufschüttung	20 m 750-800 mm 60-70° / S	Inselbereich im NSG Bisli- cher Insel an Rhein-Altarm, 30 m x 15 m	Population mittel, dicht, nur ♀ Pflanzen	Gegenüber an Altarmufer größeres Vorkommen mit ♀ und ♂ Pflanzen auf ca. 50 m <sup>2</sup> ; nach S in ca. 100 m größere Vorkommen; ca. 150 m wie- ter auch ♀ Pflanzen; ca. 250 m nach S: H-14
H-16 1a, 2	4011 / 324 34014 57554	Münster Westfälische Bucht	Pleistozän (Quartär)	65 700-750 mm - / -	Wald- und Straßenrand an feuchtem Graben (Weseler Straße Münster-Mecklen- beck) 50 m x 5-8 m	Population mittel, dicht, nur ♀ Pflanzen	nach S: Einzelvorkommen (juv.) an Garten- zaun; nach E: in ca. 300 m mehrere Vorkom- men; nach SW Vorkommen in Ziersträuchern; nach W: in ca. 100 m kleine Vork. im Gehölz
H-17 1a, b	4011 / 334 33987 57553	Münster Westfälische Bucht	Pleistozän (Quartär)	60 m 700-750 mm - / -	Waldrand und Graben zwischen Münster-Albacht- ten und Senden, 30m x 5 m	Population klein bis mittel, nur 1 junge ♀ Pflanze	nach S auf ca. 500 m keine Vorkommen; nach ENE Richtung Albachten größter Teil der Popu- lation am Waldrand; nach W in ca. 50 m am Wegrand mittelgroßer Bestand bis Teichufer
H-18 1a, b, 2	4110 / 442 26016 57434	Buldern Westfälische Bucht	Pleistozän (Quartär)	65 m 750-800 mm - / -	„Knick“ zwischen zwei Äckern bei Senden (Bau- ernschaft Aldenhövel); Probennahme aus 4 Berei- chen, je 50 m x 4 m	Population groß, etwa gleich viele ♀ und ♂ Pflanzen	nach S Einzelvorkommen; nach E entlang Graben auf ca. 50 m überw. ♂ Pflanzen (Gruppe B); nach SW über ca. 300 m zahlr. ♂ und ♂ Pflanzen (C); nach W entlang „Knick“ kontinuierl. ♂ Pflanzen (D)
H-19 1a	4010 / 124 25952 57613	Nottuln Westfälische Bucht	Pleistozän (Quartär)	90 m 800-850 mm - / -	Nadelholzbestand zw. Havixbeck und Billerbeck, an Erlenbruch grenzend – 50 m x 40 m	Population mittel, sehr dicht, etwa gleich viele ♀ und ♂ Pflanzen	nach NW am Waldrand an Straße Richtung Billerbeck Einzelvorkommen; nach SE keine weiteren Vorkommen gefunden
H-21 1a, 2	3808 / 234 25770 57805	Heek Westfälische Bucht	Pleistozän bis Holozän (Quartär)	45 m 750-800 mm - / -	Bachufer (Hellingbach) und angrenzende „Knicks“ nord- westlich Nienborg; Proben aus 5 Gruppen à 50m x 5 m	Population sehr groß, etwa gleich viele ♀ und ♂ Pflanzen	In alle Richtungen Vorkommen; Gruppe A: westliches Grabenende; Gr. B: Graben östl. L573; Gr. C: Bachufer westl. L573 an Brücke; Gr. D: westliches Ende kurz vor Waldstück; Gr. E: nordöstl. „Knick“
H-22 1a	3808 / 223 25785 57830	Heek Westfälische Bucht	Pleistozän bis Holozän (Quartär)	45 m 750-800 mm - / -	Bachufer im Auwald nord- westlich Nienborg, ca. 4 km von H-21 entfernt; 15x 10 m	Population klein, nur 1- 2 ♀ Pflanzen	ca. 4 km von H-21 entfernt; s. dort
H-23 1a, b, 2	3712 / 411 34160 57900	Ibbenbüren  Weser- bergland	Holozän (Quartär)	70 m 700-750 mm - / -	Bachufer (Ibbenbürener Aa) und Waldrand, 50 m x 10 m und Einzelpflanzen	Population groß, nicht sehr dicht, etwa gleich viele ♀ und ♂ Pflanzen	nach N u. S kontinuierlich große Vorkommen blühender Pflanzen; nach W Einzel- bis mittl. Bestände; nach E kontinuierl. Einzelpflanzen
H-24 1a, b, 2	3817 / 233 34724 57800	Bünde  Weser- bergland	Holozän (Quartär)	80 m 750-800 mm - / -	Wegrand mit Waldstück u. Bachufer (Brandbach) zw. Bünde und Enger, 30 m x 5 m	Population klein, 1 größerer und 3 kleinere Bestände, nur 1 ♀ Pflanze	nach N auf ca. 350 m kontinuierl. z. T. größere Vorkommen, v.a. ♀ Pflanzen; nach S kl. Bestän- de, v.a. ♂ auf ca. 50 m und Einzelvorkommen; nach W hangaufw. an Hecken gr. ♂ Bestände
H-25 1a, b, 2	3917 / 122 34709 57725	Bielefeld  Weser- bergland	Pleistozän (Quartär)	110 m 900-1000 mm - / -	Wald- (Eichen-Birken- Eschen) u. Wegrand zw. Laar u. Vilsendorf, 50m x 5m	Population mittel, dicht, mehr ♀ als ♂ Pflanzen	nach NW entlang Straße 1 kleines ♂ Vorkom- men; nach SE zahlreiche größere Vork., v. a. ♂; gegenüber der Wiese mehrere Einzelvork.

Bezeichnung der Population	TK (Nr.) Rechts-/Hochwert	TK (Name) Großlandschaft NRW	Geologischer Untergrund	Höhe ü. NN Ndschl./Jahr Inkl./Exp.	Ortsbeschreibung, Flächengröße der Probennahme*	Populationsgröße und -ausdehnung, Geschlechteranteile**	Vorkommen in der Umgebung
H-26 1a	3916 / 341 57682 34611	Halle/Westf. Weserbergland	Holozän (Quartär)	170 m 1000-1100mm - / -	Bachufer (Hasbach) zw. Kirchdornberg und Isingdorf, durch Gehölzschnitt gestört – 80 m x 3 m	Population klein, Pflanzen vereinzelt, nur 1 ♀ Pflanze	keine weiteren Vorkommen bachauf- und abwärts auf je mindestens 300 m
H-27 1a, b, 2	4408 / 241 25785 57160	Gelsenkirchen Westfälische Bucht		55 m 800-850 mm - / -	Parkplatz an A2, AS Herthen, Nähe Ewaldsee, 50 m x 3 m + Einzelpflanzen	Population groß, dicht, mehr ♀ als ♂ Pflanzen	gesamtes Gebiet sehr stark mit Hopfen bestanden, v. a. Seeufer (vgl. H-28)
H-28 1a	4408 / 241 25785 57157	Gelsenkirchen Westfälische Bucht		55 m 800-850 mm - / -	Westufer Ewaldsee, durch Freizeitaktivitäten rel. stark gestört – 15 m x 15 m	Population sehr groß, gesamter Uferbereich, mehr ♀ als ♂ Pflanzen	um gesamten See herum und ca. 20-30 m Waldbereich kontinuierl. Vorkommen, ebenso entlang Emscher-Gehölzpflanzung und an Parkplatz (vgl. H-27)
H-29 1a, 2	4711 / 141 33991 56830	Lüdenscheid Süderbergland (Sauerland)	Holozän (Quartär)	290 m 1200-1400 mm 50-60° / SSW	Wegrand in Bachnähe (Everingshauser Bach) zw. Rummenohl und Everingshausen – 10 m x 3 m	Population sehr klein, nur 1 ♀ Pflanze	im Umkreis von > 500 m sowie im benachbarten Tal keine weiteren Vorkommen gefunden
H-30 1a, b	4611 / 241 34049 56931	Hohenlimburg Süderbergland (Sauerland)	Mitteldevon	900-1000 mm 50-60° /	Hang am Ortseingang Grüne, dicht bewachsen, v. a. niederliegend – 50 m x 4 m	Population groß, ♀ und ♂ Pflanzen	Richtung Flußufer (Lenne) kontinuierlich größere Bestände
H-31 2	4712 / 142 34121 56820	Altena Süderbergland (Sauerland)	Holozän (Quartär)	200 m 900-1000 mm 20° / S	Uferböschung (Lenne) und Straßenrand ca. 5 km nördlich Altena – 30 m x 3 m	Population klein, Pflanzen einzeln, nur ♂ Pflanzen	an gesamtem Ufer <i>Humulus</i> vorhanden, s. H-32
H-32 1a, b	4712 / 142 34121 56820	Altena Süderbergland (Sauerland)	Holozän (Quartär)	200 m 900-1000 mm 20° / S	Uferböschung (Lenne) und Straßenrand ca. 2 km nördlich Altena – 100mx3m	Population mittel bis groß, Pflanzen einzeln, mehr ♀ als ♂ Pflanzen	gesamtes Ufer mit <i>Humulus</i> , gegenüberliegendes Ufer ebenso, dort NSG
H-33 1a, b	5208 / 112 25731 56285	Bonn Niederrheinische Bucht	Holozän (Quartär)	45 m 650-700 mm 2-5° / SW	Flußufer (Rhein) am Rheidter Werth – 5 m x 5 m	Population klein, zwei ♀ Pflanzen	nach N: größeres Vorkommen an Picknick-Platz, ♀ und ♂ Pflanzen
H-34 1a, 2	5208 / 124 25765 56271	Bonn Niederrheinische Bucht	Holozän (Quartär)	45-50 m 650-700 mm 60-70° / SO	Wegrand u. Uferhang (Rhein-Altarm) an Brücke zw. Mondorf u. Bergheim – 50mx20m	Population mittel, ♀ und ♂ Pflanzen	nach SW (zum Rhein): kontinuierlich ♀ u. ♂ Einzelpfl., nach ca. 300 m einzelne ♀ Pflanzen; nach NE nach ca. 150 m ♂ Einzelpfl. am Weg
H-35 1a, b, 2	5209 / 322 25877 56239	Siegburg Eifel / Siebengebirge	Holozän (Quartär)	80 m 700-750 mm - / -	Bachufer (Pleisbach) bei Dambroich – 50mx20m	Population mittel, zweigeteilt, keine ♂ Pflanzen	nach NW: in ca. 150 m größerer Bestand v. a. ♂ Pflanzen am Bachufer, nach weiteren 50 m Einzelpflanzen, bachaufwärts in ca. 300 m kontinuierlich größere Vorkommen
H-37 1a, b, 2	4519 / 241 34975 57039	Marsberg Weserbergland	Holozän (Quartär)	240 m 700-750 mm - / -	Flußufer (Orpe) bei Denkelhof, an Weide grenzend – 100 m x 5 m	Population mittel, einzeln an Ufergehölzen, ♀ und ♂ Pflanzen	nach S entlang Bachufer kontinuierl. Vorkommen; nach N nur wenige Pflanzen; parallel am Straßenrand nach S einzelne Vork. auf ca. 50m

\* Die angegebene Flächengröße bezieht sich auf die Fläche, aus der die Proben genommen wurden. Die Gesamtgröße der Population kann ggf. größer sein. Diese Ausmaße sind den Ausschnitten der topographischen Karten zu entnehmen, die für jede Population vorliegen (vgl. Abb. 18, Anhang).

\*\* Die angegebenen weiblichen oder männlichen Individuen sind lediglich die, die sicher als solche identifiziert werden konnten.

Bei allen nichtblühenden Pflanzen konnte das Geschlecht nicht bestimmt werden.

1a Morphologische Untersuchung *in situ*

1b Morphologische Untersuchung *ex situ*

2 Molekulargenetische Untersuchung



**Abb. 18** Kartenausschnitte (TK 25) sechs ausgewählter Hopfenpopulationen unter Angabe des Ortes der Probennahme (fett), der Vorkommen im Umkreis von mindestens 500 m (schraffiert; Kreuzchen: Einzelpflanzen) sowie der begangenen Wege (punktiert). Maßstab 1 : 25 000.

*Fig. 18* Excerpts of maps of selected hop populations showing the location samples were taken (solid line), occurrence in a 500m radius (broken line) and paths walked (dotted line).  
Scale 1:25 000

Tab. 19 Mittelwerte der Blattmerkmale an Einzelpflanzen ausgewählter Hopfenpopulationen *ex situ*

1 Tab. 19 Average of the leaf characteristics of single plants of selected hop populations *ex situ*

Messungen Juli 1999

Population / Sorte	L_Bl_g es (cm)	B_Bl_g es (cm)	L/B_g es	L_mbl (cm)	B_mbl (cm)	L/B_m bl	L_zen (cm)	L_mbl/L_zen
Wildpflanzen								
H-9/1	10,18	15,76	0,65	7,04	5,94	1,19	3,15	2,24
H-9/2	9,03	12,57	0,72	5,79	4,51	1,28	3,24	1,79
H-9/3	7,56	8,87	0,85	4,74	3,53	1,34	2,83	1,68
H-9/4	7,84	11,72	0,67	5,47	4,25	1,29	2,37	2,31
<b>Mittelwert</b>	<b>8,65</b>	<b>12,23</b>	<b>0,72</b>	<b>5,76</b>	<b>4,56</b>	<b>1,27</b>	<b>2,90</b>	<b>2,00</b>
H-11/1	7,61	7,78	0,98	5,03	3,22	1,56	2,58	1,95
H-11/2	9,35	12,84	0,73	5,84	4,90	1,19	3,51	1,67
H-11/3	10,13	14,56	0,70	6,72	5,76	1,17	3,42	1,97
H-11/4	9,49	13,94	0,68	6,51	5,16	1,26	2,98	2,18
<b>Mittelwert</b>	<b>9,15</b>	<b>12,28</b>	<b>0,77</b>	<b>6,02</b>	<b>4,76</b>	<b>1,30</b>	<b>3,12</b>	<b>1,94</b>
H-18/1	8,44	12,08	0,70	5,48	4,41	1,24	2,96	1,85
H-18/2	9,38	11,37	0,83	6,22	4,63	1,34	3,16	1,97
H-18/3	10,88	15,88	0,69	7,11	6,50	1,09	3,77	1,89
H-18/4	10,70	16,06	0,67	7,00	6,21	1,13	3,70	1,89
<b>Mittelwert</b>	<b>9,85</b>	<b>13,85</b>	<b>0,72</b>	<b>6,45</b>	<b>5,44</b>	<b>1,20</b>	<b>3,40</b>	<b>1,90</b>
Kultursorte (Einzelpflanzen, Juli 1999)								
<i>Hallertauer Tradition/1</i>	10,98	13,90	0,79	7,38	5,50	1,34	3,60	2,05
<i>Hallertauer Tradition/2</i>	10,26	13,06	0,79	6,61	4,96	1,33	3,64	1,82
<i>Hallertauer Tradition/3</i>	8,65	10,65	0,81	5,44	4,15	1,31	3,21	1,69
<b>Mittelwert</b>	<b>9,96</b>	<b>12,54</b>	<b>0,80</b>	<b>6,48</b>	<b>4,87</b>	<b>1,33</b>	<b>3,49</b>	<b>1,85</b>
Kultursorten, Mittelwerte mehrerer Pflanzen, Juli 1997								
<i>Taurus</i>	14,18	14,18	1,02	9,74	6,24	1,57	7,94	1,23
<i>Hallertauer Magnum</i>	10,36	10,96	0,95	7,56	4,12	1,83	6,24	1,22
<i>Hallertauer Tradition</i>	10,51	12,41	0,85	6,79	4,67	1,46	5,84	1,18
<i>Hüller Bitterer</i>	10,74	12,39	0,88	7,64	5,01	1,56	5,73	1,34

<i>Northern Brewer</i>	10,50	11,33	0,93	6,51	4,52	1,44	5,98	1,10
<i>Hersbrucker</i>	11,64	14,64	0,80	7,66	5,46	1,41	6,18	1,24
<i>Tettnanger</i>	9,80	10,55	0,93	6,47	4,38	1,47	5,42	1,20
<i>Target</i>	9,53	11,75	0,81	6,90	4,42	1,57	5,12	1,35
<i>Brewer's Gold</i>	12,98	15,55	0,84	8,30	5,27	1,61	7,72	1,08
<i>Perle</i>	10,38	11,03	0,94	6,52	4,40	1,49	5,98	1,10
<b>Mittelwert</b>	<b>11,06</b>	<b>12,48</b>	<b>0,89</b>	<b>7,41</b>	<b>4,85</b>	<b>1,54</b>	<b>6,21</b>	<b>1,20</b>
<b>Maximum</b>	<b>14,18</b>	<b>15,55</b>	<b>1,02</b>	<b>9,74</b>	<b>6,24</b>	<b>1,83</b>	<b>7,94</b>	<b>1,35</b>
<b>Minimum</b>	<b>9,53</b>	<b>10,55</b>	<b>0,80</b>	<b>6,47</b>	<b>4,12</b>	<b>1,41</b>	<b>5,12</b>	<b>1,08</b>

**Tab. 20 Mittelwerte der Infloreszenzmerkmale der Hopfenpopulationen ex situ**

*Tab. 20 Average of the inflorescence characteristics of hop populations ex situ*

Messungen September 1999

Population / Sorte	Anz_Bra k	L_spin (cm)	Anz_B/cm_Spi n	L_Brak (cm)	B_Brak (cm)	L/B_Brak
Wildpflanzen, Institut für Hopfenforschung Hüll						
H-4	9,13	2,16	4,23	1,62	0,78	2,09
H-6	11,63	2,77	4,20	1,97	1,10	1,79
H-9	12,63	2,13	5,92	1,27	0,78	1,63
H-10	15,25	3,98	3,84	1,64	0,85	1,94
H-11	10,88	2,71	4,01	1,78	0,98	1,84
H-13	12,25	2,64	4,63	1,44	0,97	1,49
H-15	11,13	2,63	4,23	1,74	0,91	1,93
H-17	12,13	2,91	4,17	1,59	0,97	1,64
H-18	9,63	2,43	3,97	1,82	0,96	1,89
H-23	13,63	3,34	4,07	1,85	0,76	2,45
H-24	13,50	3,69	3,65	1,51	0,90	1,70
H-25	12,63	2,56	4,94	1,52	0,95	1,59
H-27	11,25	1,88	5,98	1,53	0,98	1,56
H-30	11,50	2,54	4,53	1,48	0,96	1,56
H-32	12,63	2,69	4,70	1,70	0,91	1,87
H-33	9,50	2,21	4,29	1,81	1,08	1,68
H-35	12,25	2,84	4,31	1,91	1,31	1,47
H-37	10,00	2,16	4,64	1,47	0,97	1,53
<b>Mittelwert</b>	<b>11,75</b>	<b>2,68</b>	<b>4,46</b>	<b>1,65</b>	<b>0,95</b>	<b>1,76</b>
<b>Maximum</b>	<b>15,25</b>	<b>3,98</b>	<b>5,98</b>	<b>1,97</b>	<b>1,31</b>	<b>2,45</b>
<b>Minimum</b>	<b>9,13</b>	<b>1,88</b>	<b>3,65</b>	<b>1,27</b>	<b>0,76</b>	<b>1,47</b>

Kultursorten, Einzelpflanzen, Landwirtschaftlicher Botanischer Garten Bonn

Hallertauer Tradition/1	13,25	2,86	4,65	1,52	0,98	1,56
Hallertauer Tradition/2	19,38	4,33	4,49	1,65	0,94	1,76
Hallertauer Tradition/3	16,38	3,84	4,26	1,65	0,94	1,77
Hallertauer Tradition/4	17,63	4,03	4,39	1,54	0,98	1,57
<b>Mittelwert</b>	<b>16,66</b>	<b>3,76</b>	<b>4,45</b>	<b>1,59</b>	<b>0,96</b>	<b>1,66</b>
Hallertauer Mittelfrüher/2	15,75	3,71	4,26	1,90	1,38	1,38
Hallertauer Mittelfrüher/3	15,38	4,04	3,82	2,15	0,81	2,71
<b>Mittelwert</b>	<b>15,56</b>	<b>3,88</b>	<b>4,04</b>	<b>2,03</b>	<b>1,09</b>	<b>2,04</b>
Nugget	20,13	5,48	3,68	2,06	1,58	1,31

**Tab. 21 Mittelwerte der Blattmerkmale der Hopfenpopulationen *in situ***

*Tab. 21 Average of the leaf characteristics of hop populations in situ*

Messungen Juli-August 1997 bzw. 1998

Population	L_BI_ges (cm)	B_BI_ges (cm)	L/B_ges	L_mbl (cm)	B_mbl (cm)	L/B_m bl	L_zen (cm)	L_mbl/L_zen n
Wildpflanzen								
H-4/97	10,40	12,86	0,81	6,24	4,98	1,28	4,16	1,52
H-4/98	10,27	12,58	0,82	6,36	5,04	1,27	3,91	1,66
H-5/97	10,40	12,88	0,81	6,62	5,72	1,16	4,68	1,42
H-6/97	11,07	13,38	0,83	6,66	5,43	1,24	4,41	1,57
H-6/98	9,72	11,14	0,88	5,87	4,42	1,34	3,84	1,54
H-7/97	9,90	13,34	0,75	6,26	5,28	1,19	3,64	1,75
H-8/97	10,97	14,07	0,78	6,52	5,79	1,13	4,45	1,47
H-8/98	10,15	13,27	0,77	6,22	5,28	1,18	3,93	1,58
H-9/97	9,94	12,99	0,77	6,01	5,80	1,04	3,93	1,58
H-9/98	9,06	11,92	0,77	5,98	5,19	1,17	3,09	1,98
H-10/97	11,89	15,08	0,79	7,31	6,03	1,24	4,58	1,66
H-10/98	9,56	11,48	0,84	6,10	4,75	1,30	3,46	1,82
H-11/97	11,70	13,82	0,87	7,12	5,50	1,34	4,58	1,61

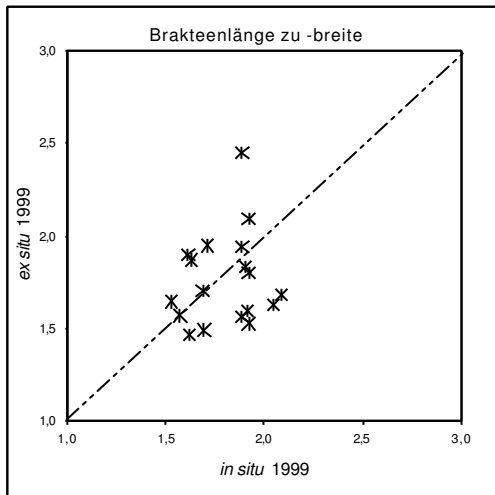
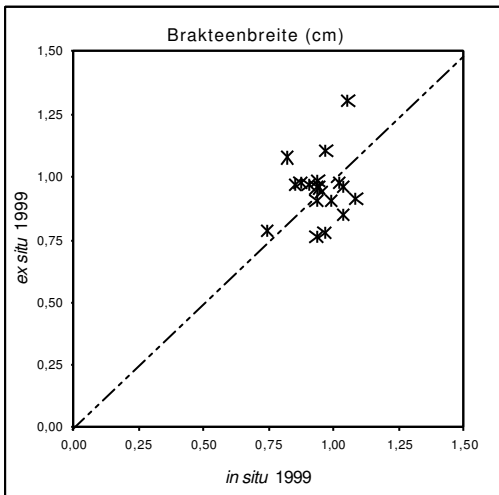
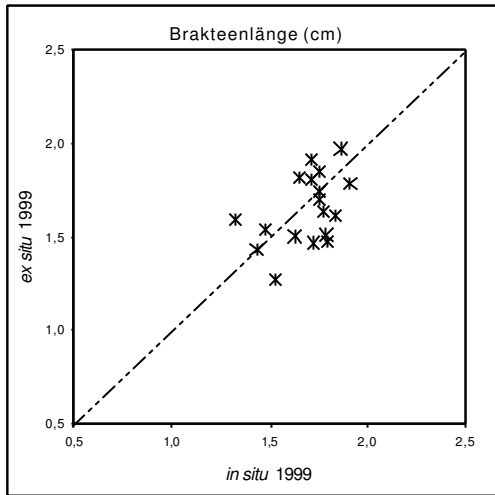
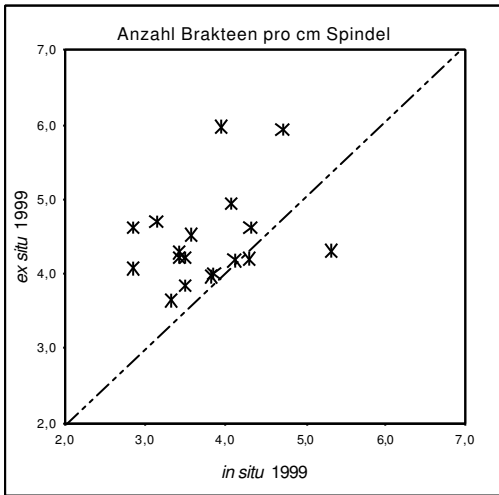
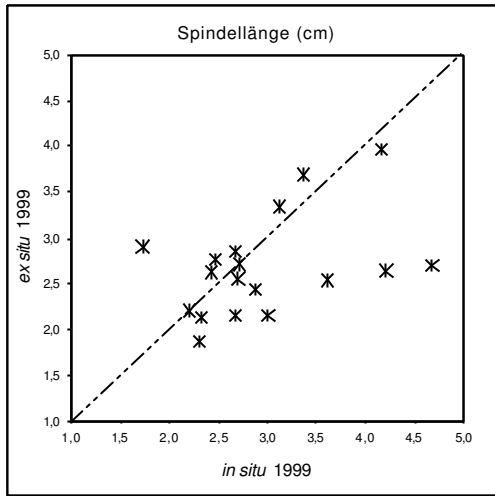
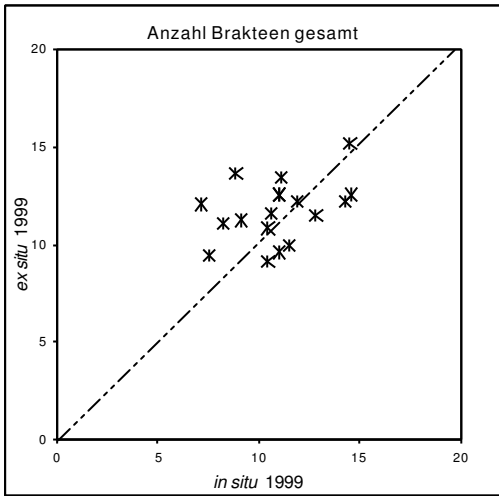
H-11/98	10,73	12,06	0,90	6,71	4,88	1,40	4,02	1,71
H-12/97	9,85	11,47	0,86	6,26	4,91	1,30	4,94	1,29
H-13/97	11,06	13,61	0,82	7,10	5,76	1,26	3,95	1,84
H-13/98	11,09	12,53	0,89	7,01	5,53	1,28	4,08	1,74
H-15/97	11,28	13,84	0,82	6,88	5,42	1,28	4,39	1,61
H-15/98	10,68	12,43	0,86	6,69	4,79	1,41	3,99	1,70
H-16/97	10,94	12,58	0,87	6,32	5,47	1,16	5,47	1,19
H-17/97	9,51	11,38	0,84	6,09	5,05	1,22	4,46	1,40
H-18/97	10,46	11,91	0,89	6,54	5,18	1,28	3,93	1,69
H-18/98	10,19	10,97	0,93	6,25	4,81	1,32	3,94	1,61
H-19/97	11,00	13,28	0,84	6,56	5,54	1,21	5,45	1,22
H-21/97	10,84	13,00	0,84	6,78	5,74	1,19	4,06	1,72
H-21/98	10,41	12,36	0,85	6,69	5,03	1,35	3,72	1,82
H-23/97	10,72	13,68	0,79	6,57	5,85	1,15	4,87	1,35
H-24/97	12,16	14,40	0,85	7,29	6,38	1,16	5,77	1,27
H-25/97	11,00	13,15	0,84	6,64	5,79	1,18	4,36	1,56
H-25/98	9,40	10,57	0,89	5,70	4,95	1,15	3,70	1,55
H-26/97	10,55	13,08	0,82	6,31	5,21	1,23	5,34	1,19
H-27/97	9,35	10,93	0,86	5,73	4,28	1,37	3,63	1,63
H-27/98	8,88	10,38	0,87	5,52	3,88	1,45	3,36	1,68
H-29/97	13,12	15,86	0,83	8,19	6,35	1,30	4,93	1,68
H-29/98	11,69	13,63	0,87	7,40	5,56	1,35	4,29	1,73
H-34/97	11,49	13,51	0,86	7,04	5,03	1,43	4,45	1,62
H-34/98	10,33	12,12	0,86	6,24	4,70	1,34	4,08	1,57
H-35/97	11,48	14,31	0,80	7,38	5,75	1,30	5,72	1,32
H-37/97	11,71	13,83	0,86	7,09	5,44	1,33	6,27	1,15
<b>Mittel 1997</b>	<b>10,91</b>	<b>13,29</b>	<b>0,83</b>	<b>6,70</b>	<b>5,51</b>	<b>1,24</b>	<b>4,66</b>	<b>1,49</b>
<b>Max. 1997</b>	<b>13,12</b>	<b>15,86</b>	<b>0,89</b>	<b>8,19</b>	<b>6,38</b>	<b>1,43</b>	<b>6,27</b>	<b>1,84</b>
<b>Min. 1997</b>	<b>9,35</b>	<b>10,93</b>	<b>0,75</b>	<b>5,73</b>	<b>4,28</b>	<b>1,04</b>	<b>3,63</b>	<b>1,15</b>
<b>Mittel 1998</b>	<b>10,15</b>	<b>11,96</b>	<b>0,86</b>	<b>6,34</b>	<b>4,91</b>	<b>1,31</b>	<b>3,82</b>	<b>1,69</b>
<b>Max. 1998</b>	<b>11,69</b>	<b>13,63</b>	<b>0,93</b>	<b>7,40</b>	<b>5,56</b>	<b>1,45</b>	<b>4,29</b>	<b>1,98</b>
<b>Min. 1998</b>	<b>8,88</b>	<b>10,38</b>	<b>0,77</b>	<b>5,52</b>	<b>3,88</b>	<b>1,15</b>	<b>3,09</b>	<b>1,54</b>

**Tab. 22 Mittelwerte der Infloreszenzmerkmale der Hopfenpopulationen *in situ* 1997 und 1998**

*Tab. 22 Average of the inflorescence characteristics of hop populations in situ 1997 and 1998*

## Messungen September/Oktober

Population	Anz_Brak	L_spin (cm)	Anz_B/cm_Spin	L_Brak (cm)	B_Brak (cm)	L/B_Brak
H-4/98	9,00	2,77	3,25	1,87	0,78	2,43
H-4/99	10,50	3,00	3,50	1,84	0,97	1,92
H-6/98	9,00	1,60	5,63	1,53	0,81	1,88
H-6/99	10,63	2,48	4,28	1,86	0,97	1,92
H-9/98	7,50	1,63	4,60	1,33	0,86	1,55
H-9/99	11,00	2,33	4,72	1,53	0,75	2,05
H-10/99	14,50	4,16	3,49	1,77	1,04	1,71
H-11/98	9,13	2,42	3,77	1,75	0,97	1,82
H-11/99	10,50	2,72	3,86	1,91	1,02	1,90
H-12/99	11,25	3,06	3,68	1,69	0,93	1,83
H-13/98	10,75	3,98	2,70	1,65	0,75	2,21
H-13/99	11,88	4,20	2,83	1,43	0,86	1,70
H-15/98	7,13	1,74	4,10	1,71	0,92	1,86
H-15/99	8,25	2,42	3,41	1,75	0,93	1,88
H-16/98	7,00	1,88	3,72	1,55	0,82	1,90
H-16/99	8,00	2,42	3,31	1,73	0,76	2,29
H-17/99	7,13	1,73	4,12	1,33	0,87	1,52
H-18/98	9,75	2,23	4,38	1,76	0,87	2,05
H-18/99	11,00	2,88	3,82	1,65	1,04	1,61
H-21/98	8,00	1,90	4,21	1,46	0,90	1,72
H-21/99	8,75	2,88	3,04	1,72	0,90	1,95
H-23/98	8,63	2,35	3,67	1,53	0,74	2,12
H-23/99	8,88	3,13	2,84	1,75	0,93	1,89
H-24/99	11,13	3,36	3,31	1,63	0,99	1,68
H-25/99	11,00	2,70	4,07	1,78	0,94	1,91
H-26/99	9,50	2,09	4,55	1,29	0,78	1,65
H-27/98	9,25	2,23	4,16	1,72	0,99	1,76
H-27/99	9,13	2,31	3,96	1,48	0,94	1,57
H-29/98	7,75	1,34	5,79	1,28	0,81	1,58
H-29/99	9,38	1,90	4,93	1,29	0,86	1,50
H-30/98	8,50	1,89	4,50	1,17	0,73	1,60
H-30/99	12,88	3,61	3,56	1,42	0,94	1,51
H-32/98	10,63	3,24	3,28	1,85	0,77	2,43
H-32/99	14,63	4,68	3,13	1,75	1,08	1,63
H-33/98	9,50	2,48	3,84	1,76	0,74	2,41
H-33/99	7,50	2,20	3,41	1,71	0,82	2,09
H-34/98	9,50	2,19	4,34	1,59	0,91	1,75
H-34/99	11,00	2,64	4,17	1,55	0,97	1,61
H-35/99	14,25	2,68	5,33	1,71	1,05	1,62
H-37/98	11,13	2,73	4,07	1,48	0,90	1,65
H-37/99	11,50	2,67	4,31	1,72	0,90	1,92
<b>Mittel 1998</b>	8,95	2,27	4,12	1,59	0,84	1,92
<b>Max. 1998</b>	11,13	3,98	5,79	1,87	0,99	2,43
<b>Min. 1998</b>	7,00	1,34	2,70	1,17	0,73	1,55
<b>Mittel 1999</b>	10,59	2,84	3,82	1,64	0,93	1,79
<b>Max. 1999</b>	14,63	4,68	5,33	1,91	1,08	2,29
<b>Min. 1999</b>	7,13	1,73	2,83	1,29	0,75	1,50







**Abb. 24**                      **Weibliche Infloreszenzen ausgewählter Hopfenbestände  
*ex situ* und von zwei Sorten.**

*Fig. 24 Female inflorescence of selected hop populations in situ and ex situ and of two varieties.*

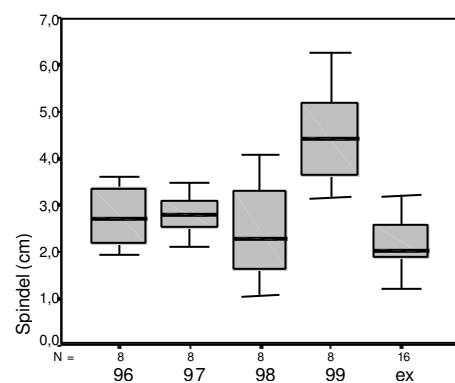
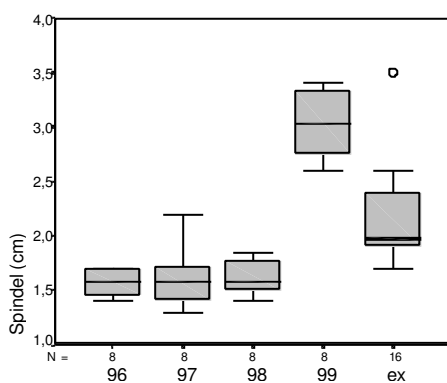
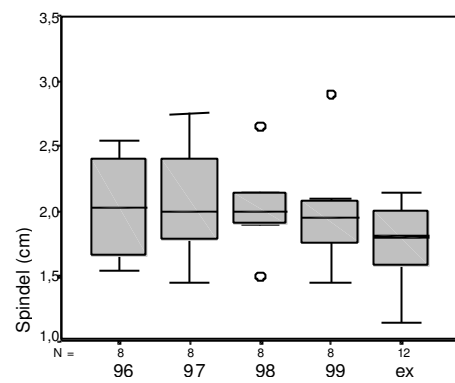
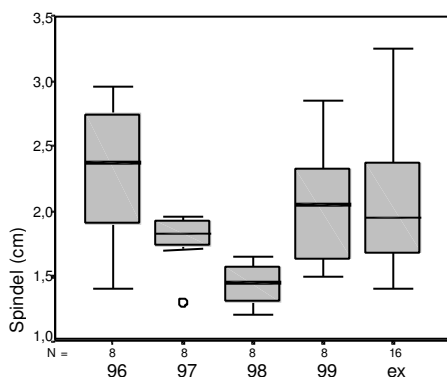
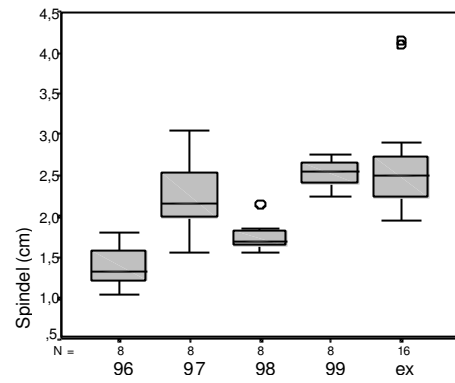
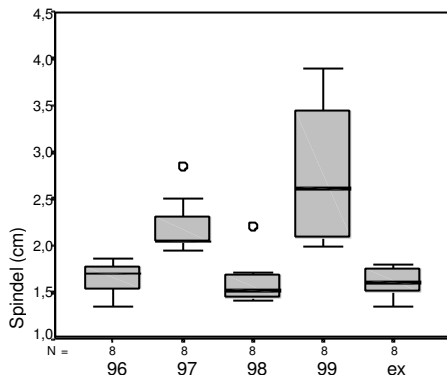
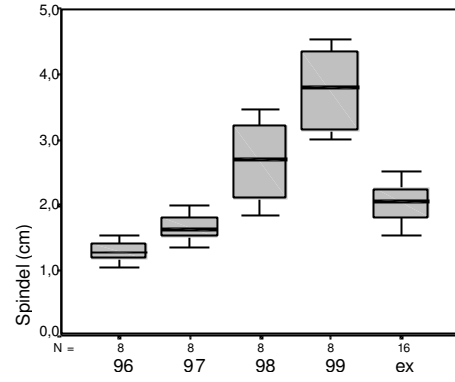
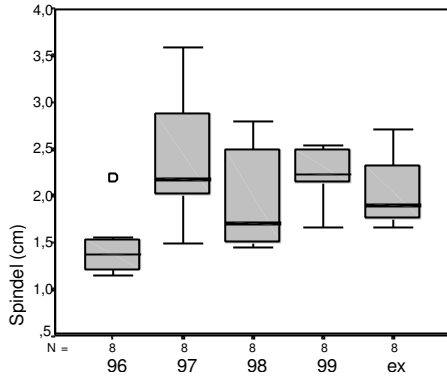




**Abb. 25** Herbarbelege je einer Infloreszenz der Hopfenbestände H-6 und H-23 *in situ* und *ex situ*.

*Fig. 25* Material of one inflorescence of each hop population H-6 and H-23 *in situ* and *ex situ*.





**Tab. 27 Bonitierungergebnisse des Wildhopfens (Handbonitur) (Ernte 1997)**  
**Erreichbare Höchstpunktzahl: 100 Punkte.**

Tab. 27 Results of evaluation of wild hops (evaluation by hand) (harvest 1997).  
 Highest score: 100 points

Bezeichnung der Probe	Wertgebende Eigenschaften (Pluspunkte)							Aromabeschreibung	Wertmindernde Eigenschaften (Minuspunkte)		Gesamtbewertung (erreichte Punktzahl)
	Pfluecke	Trockenheitszustand	Farbe und Glanz	Zapfenwuchs	Lupulin		Aroma		Befall durch pflanzliche und tierische Schaedlinge, Fruerchte, u.s.w.	Maengel durch fehlerhafte Behandlung	
					1 - 30						
					Gehalt	Beschaffenheit					
1 - 5	1 - 5	1 - 15	1 - 15	1 - 15	1 - 15	1 - 30	0 - 15	0 - 15			
H-4	4	5	9	7	7	11	25	r, mf, mst	K4, Z2		62
H-6	4	5	10	10	7	11	24	r, mf, mst	K5, P2		64
H-9	4	5	10	8	8	11	23	r, mf, mst, fru	K5		64
H-11	4	5	9	8	6	12	23	r, mf, mst, fru	K5, P2		60
H-13	4	5	10	7	6	12	24	r, mf, mst	K6		62
H-15	4	5	10	7	6	12	24	r, mf, mst	K5, Z2		61
H-16	4	5	8	6	5	12	24	r, mf, mst	K4		60
H-18	4	5	8	8	6	12	22	r, mf, kft, knob	K5		60
H-21	4	5	9	8	6	12	24	r, mf, mst	K5		63
H-23	4	5	5	6	6	11	23	r, mf, schw	K4	4	52
H-24	3	5	8	8	8	11	22	r, mf, kft, fremd	K5		60
H-25	4	5	10	8	6	12	22	r, mf, kft, fremd	K6, Z4		57
H-27	4	5	8	5	5	12	22	r, mf, kft, fremd	K4, P3		54
H-30	4	5	8	5	6	12	22	r, mf, kft, fremd	K4, M2		56
H-32	4	5	7	8	7	11	22	r, mf, kft, fremd	P2	2	60
H-33	4	5	11	9	5	12	23	r, mf, mst, untyp	K5		64
H-34	4	5	9	7	6	12	25	r, mf, mst	K5		63
H-35	4	5	10	7	5	12	24	r, mf, mst	K5, M3, P2		57
H-37	4	5	11	10	6	12	21	un, mf, kft, fremd	K4		65
r	rein			fru	leicht fruchtig			M	Mehltaubefall		
mf	feinmild			knob	leicht Knoblauch			P	Peronosporabefall		
schw	schwach			fremd	Fremdgeruch			D	Doldensterben		
mst	mittelstark			un	uneinheitlich			Z	Viele Doldenblätter einzeln		
kft	kräftig			untyp	leicht untypischer Geruch			K	Samen („Kugeln“)		

Durchgeföhrt durch die Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau – Deutsche Gesellschaft für Hopfenforschung (Hans-Pföfl-Insitut), Wolnzach. Nach den „Richtlinien für die Handbeurteilung des Hopfens nach der Standardmethode der Wissenschaftlichen Kommission des Europäischen Hopfenbaubüros“.

**Tab. 28 Ergebnisse der Bestimmung der Hopfenöle an Wildhopfen**

*Tab. 28 Results of identifying hop oil in wild hops*

Messungen 2000; Aussaat Pflanzen 1997																				
Individuum	Myrcen	2-M.-isobutyrat	Sub. 14b	Sub. 15	Linalool	Aromadendren	Undecanon	Humulen	Farne-sen	g-Murolen	β-Selinen	α-Selinen	Cadinen	Selinadien	Geraniol	α-Säuren	β-Säuren	β/α-Verhältnis	Co-humulon	Co-lupulon
H-6/04	1432	90	5	1	16	0	12	285	0	10	43	46	20	0	1	6,37	4,74	0,74	34,18	56,72
H-6/11	1019	32	12	3	29	11	20	227	15	10	22	24	18	40	3	3,27	4,67	1,43	29,73	53,17
H-10/05	2521	36	6	4	72	84	61	85	36	17	96	109	20	135	4	3,14	1,9	0,61	21,63	42,14
H-11/03	1240	83	6	2	30	36	32	137	15	11	47	48	17	53	0	3,45	2,58	0,75	22,87	44,57
H-11/04	1400	78	8	2	55	21	25	206	21	12	35	34	19	45	0	4,23	3,98	0,94	24,5	44,29
H-11/15	245	10	2	1	17	0	6	211	0	14	5	3	23	0	0	3,01	3,06	1,02	24,01	45,74
H-13/16	866	54	3	6	15	0	9	305	0	12	5	4	21	2	0	4,09	3,57	0,87	24,63	45,39
H-16/01	1865	55	6	3	33	0	9	238	8	8	6	4	16	18	1	3,66	4,78	1,31	17,07	33,8
H-17/04	554	40	8	3	36	0	18	119	4	15	89	100	21	142	2	2,31	4,52	1,95	26,32	45,94
H-17/10	660	30	4	2	29	0	8	246	6	18	101	91	30	2	1	1,24	4,37	3,52	23,96	44,68
H-18/01	443	189	22	4	43	0	13	289	9	16	12	7	25	47	1	4,08	4,38	1,08	22,87	42,43
H-18/04	312	4	4	3	18	27	24	18	4	10	156	178	6	84	0	3,12	5,39	1,73	21,15	42,62
H-18/06	405	7	6	4	23	39	38	67	3	13	118	165	18	138	0	2,38	4,49	1,89	22,24	43,44
H-18/08	494	8	7	4	28	38	43	147	4	18	72	114	22	159	0	1,87	3,59	1,92	21,82	41,9
H-23/01	876	128	10	6	41	30	16	219	7	13	35	37	19	57	1	4,94	3,79	0,77	23,4	45,91
H-23/07	99	36	4	2	21	0	4	315	0	20	9	7	31	5	1	2,25	2,87	1,28	28,52	49,49
H-23/12	745	134	12	6	35	53	50	102	7	19	83	94	21	134	0	3,39	3,57	1,05	19,5	40,25
H-24/01	2381	42	6	18	21	66	21	45	10	18	105	154	19	276	2	1,12	2,59	2,3	23,87	39,66
H-25/05	1765	35	7	4	75	44	20	90	6	17	128	123	21	85	2	1,26	2,93	2,32	23,43	42,78
H-25/08	704	62	4	4	37	0	7	176	7	9	120	135	20	0	1	1,77	3,96	2,23	25,9	43,11
H-25/11	428	188	7	5	26	16	13	207	0	21	49	45	30	52	0	3	2,9	0,97	28,3	47,78
H-25/15	217	23	4	2	7	0	4	151	3	13	57	55	22	2	0	3,38	3,02	0,89	22,46	45,37
H-25/19	428	166	8	7	24	25	9	198	0	28	76	73	35	99	1	1,9	2,07	1,09	28,83	47,02
H-25/20	1447	39	5	3	74	11	5	175	6	17	69	66	22	81	1	1,18	3,02	2,56	23,87	40,84
H-27/02	521	42	3	1	22	0	11	259	0	10	6	4	18	2	0	3,77	5,31	1,41	23,17	42,22
H-30/08	1654	31	4	8	28	19	12	69	15	10	97	114	15	75	0	3,05	3,51	1,15	34,99	51,4
H-30/11	1399	70	4	5	31	61	19	17	18	16	94	105	16	152	0	3,28	3,6	1,1	24,85	41,18
H-30/16	1682	11	8	4	16	0	24	302	26	10	11	8	18	6	0	4,65	3,51	0,75	30,49	47,65
H-33/03	1760	36	8	6	57	76	27	88	0	22	103	105	21	148	2	2,29	2,35	1,03	34,99	55,07
H-33/07	599	25	4	1	16	16	11	195	0	11	32	39	17	46	2	4,3	3,68	0,86	22,22	42,56
H-33/08	882	14	7	2	18	39	33	174	0	16	61	66	22	82	1	3,58	4,36	1,22	24,1	43,89
H-33/13	484	4	1	5	5	0	12	265	0	11	17	15	20	31	3	5,03	4,2	0,84	20,77	40,77
H-33/15	1364	24	10	2	38	0	13	63	0	12	173	205	23	90	0	4,08	3,73	0,91	25,57	43,76
H-33/16	2685	243	3	10	37	0	3	255	0	9	112	139	21	3	1	7,1	4,84	0,68	16,42	31,79
H-33/18	893	37	8	3	15	14	24	225	0	14	44	45	20	65	1	2,94	2,14	0,73	22,11	39,71
H-33/22	443	30	1	4	17	16	15	228	0	11	27	33	17	40	2	3,08	3,45	1,12	24,37	43,5
H-35/02	3044	92	4	15	27	2	7	176	10	8	4	2	17	17	0	8,95	4,17	0,47	22,89	47,43
H-35/04	2520	59	4	9	27	0	7	163	5	7	4	3	16	25	1	6,44	4,04	0,63	22,44	45,95
H-37/07	369	94	4	4	24	33	6	165	0	15	26	25	24	29	1	3,95	2,82	0,71	23,09	43,37



## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. F. Hellwig vom Institut für Spezielle Botanik der Universität Jena für die kompetente und stets freundliche Betreuung der vorliegenden Dissertation. Für die wissenschaftliche Betreuung an der Universität Bonn sowie die gute Zusammenarbeit im Forschungsprojekt danke ich Herrn PD Dr. B. M. Möseler vom Institut für Landwirtschaftliche Botanik, Abteilung Geobotanik und Naturschutz.

Besonders möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Biol. J. Wunder für die entspannte Zusammenarbeit, für fachliche Anregungen und die gute persönliche Atmosphäre im gesamten Projektzeitraum bedanken. Auch Frau PD Dr. R. Wingender, Institut für Landwirtschaftliche Botanik, Bonn, danke ich für die gute Zusammenarbeit.

Mein Dank richtet sich desweiteren an das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen für die Finanzierung des gesamten Forschungsprojektes.

Die Aussaat der Pflanzen sowie die jeweiligen züchtungsrelevanten Untersuchungen wurden von spezialisierten Züchtungsinstitutionen bzw. Forschungsinstituten durchgeführt.

Ganz besonders möchte ich dafür Herrn PD Dr. F. Pank von der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für gartenbauliche Kulturen, Quedlinburg, sowie Frau Dr. J. Gabler von der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Resistenzforschung und Pathogendiagnostik, Aschersleben, für ihr Engagement und die große Hilfsbereitschaft in allen Fragen zum Thema Kümmel danken.

Frau A. Schieder und Frau Schlemmer von der Firma JULIWA (Julius Wagner GmbH), Heidelberg, danke ich für die Unterstützung bei der Aussaat und Bonitierung der Feldsalatpflanzen sowie für die stets freundliche Auskunftsbereitschaft. Frau G. Pietrek, Universität Hohenheim, danke ich für die Durchführung der Pathogenitätstests.

Schließlich möchte ich mich herzlich bei Herrn A. Lutz, Herrn H. Ehrmaier und Herrn B. Engelhard von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Hans-Pfülf-Institut für Hopfenforschung, Wolnzach, bedanken, die den Wildhopfen kultiviert und bonitiert haben und für zahlreiche Fragen stets offen und hilfsbereit waren.

Hilfreich standen mir Herr Dr. Ch. Tietz, München, bei der Einarbeitung in statistische Fragestellungen, Herr Dr. Ch. Rietz, Bonn, bei der Durchsicht des Manuskripts und Herr B. Schröder, Bonn, bei Bildbearbeitung und Layout zur Seite.

In besonderem Maße bin ich meiner Familie zu Dank verpflichtet, ohne die die Durchführung dieser Dissertation nicht möglich gewesen wäre. Dies gilt insbesondere für meine Eltern, die mich in jeder Hinsicht unterstützt haben, sowie für meine Schwiegereltern und meinen Mann.

## **Tabellarischer Lebenslauf**

Name Julia Forwick-Kreuzer, geb. Forwick  
Geburtsdatum 12. März 1969  
Geburtsort Bielefeld

## **Schulische Laufbahn**

1975-78 Deutsche Schule Madrid / Spanien  
1978-79 Kreuzschule Münster  
  
1980-83 Annette-von-Droste-Hülshoff-Gymnasium Münster  
1983-85 Deutsche Schule Quito / Ecuador  
1985-88 Annette-von-Droste-Hülshoff-Gymnasium Münster  
1988 Abitur

## **Studium der Biologie**

1988-90 Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
1990 Vordiplom  
1990-91 Universidad de Salamanca / Spanien  
1991-95 Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn  
1995 Diplom  
Diplomarbeit: Das Kalkarer Moor  
– Entwicklungsbilanz und Perspektiven eines  
Naturschutzgebietes –  
  
1996-2001 Studentische bzw. Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungs-  
projekt „Vegetationskundlich-floristische und molekularbiologische  
Erfassung und Untersuchung von Wildpflanzenpopulationen in  
Nordrhein-Westfalen als pflanzengenetische Ressourcen“ am Institut  
für Landwirtschaftliche Botanik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-  
Universität Bonn  
  
1996-2002 Dissertation an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

## **Zusatzausbildung**

Geprüfte Fremdsprachenkorrespondentin in der Fremdsprache Spanisch

## **1 Selbständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt habe, ohne dabei andere als in der Dissertation angegebene Hilfsmittel verwendet zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Kein Teil dieser Arbeit ist Bestandteil eines anderen Promotions- oder Habilitationsverfahrens.

Julia Forwick-Kreuzer