

Lehrstuhl für Vegetationsökologie

in Zusammenarbeit mit dem

Fachgebiet Forstgenetik

Phänotypische und genetische Variation von Wildpflanzen am Beispiel von *Succisa pratensis* (Moench)

German Grünbauer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
für Ernährung, Landnutzung und Umwelt
der Technischen Universität München
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Dr. rer. nat.
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: **Univ. -Prof. Dr. Rainer Matyssek**

Prüfer der Dissertation: **1. Univ. -Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer**
2. Univ. -Prof. Dr. Gerhard Müller-Starck

Die Dissertation wurde
am 09.01.2001 bei der

Technischen Universität München

eingereicht und durch die Fakultät

Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt

am 22.04.2001 angenommen.

... für Baldur

1 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war die Untersuchung der phänotypischen und genetischen Variation einer Wildpflanze und deren ökologische Bedeutung in einem lokalen geographischen Raum am Beispiel von *Succisa pratensis*.

Zu diesem Zweck wurden sieben Populationen aus dem Donaumoos, dem südlich davon gelegenen Paartal und dem Freisinger Moos bearbeitet. Eine der Populationen ist fünf Jahre zuvor unter Verwendung von Mähgut aus einer nahe gelegenen Population neu angelegt worden. Zwei Populationen sind nur etwa 100 m von einander entfernt, so dass davon ausgegangen werden muß, daß Genfluß zwischen diesen Populationen stattfindet. Die übrigen Populationen sind jedoch aufgrund der Entfernung isoliert von einander (Abb. 1).

Methoden

Es wurden Samen und Knospen an den einzelnen Standorten gesammelt. Die Knospen wurden im Isoenzymlabor unter Verwendung der Stärkegelelektrophorese zur Bestimmung der Allel- und Genotypenfrequenzen von 9 Enzymsystemen untersucht, welche aufgrund von Analogieschlüssen vorhergehender Untersuchungen für 13 Genorte kodieren (S. 44).

Die gesammelten Samen wurden zur Keimung gebracht und das Keimverhalten bei verschiedenen Temperaturen bestimmt (Tab.10). Die entstehenden Pflanzen wurden unter vier verschiedenen Bedingungen zwei Jahre lang im Gewächshaus kultiviert. Auf diese Weise war es möglich, die Abhängigkeit der Ausprägung verschiedener phänotypischer Merkmale von Düngung und von *Molinia caerulea*, einem häufigen Begleiter und möglichen Konkurrenten, zu prüfen. Die Ausprägung der Merkmale wurde über zwei Jahre verfolgt (Abb. 40 ff.). Um Anhaltspunkte zur Fitness der verschiedenen Herkünfte zu erhalten, wurde ein Anpflanzexperiment durchgeführt, bei welchem Pflanzen der verschiedenen Herkünfte an einen gemeinsamen Standort verpflanzt wurden. Zusätzlich wurden zur Gewinnung von Referenzdaten phänotypische Merkmale im Freiland untersucht. Um Aussagen zu möglichen Zusammenhängen zwischen Parametern der Herkünfte der Populationen und phänotypischen Merkmalen machen zu können, wurden zudem die Populationsgrößen geschätzt, die Biomasseentwicklung der Vegetation bestimmt, Grundwasserstände gemessen, die Bodenparameter pH, N, P, K erhoben und mit Hilfe von Dataloggern Messungen zu Temperatur und Luftfeuchte durchgeführt (Methoden S.27).

Genetische Variation und phänotypische Variabilität

Die Werte der Variation, gesamt, innerhalb und zwischen den Populationen, aufgrund der phänotypischen Merkmale stimmen in hohem Maße mit den Werten der allelischen Diversität überein. Die Gesamtdiversität aufgrund der Allele ist 0,315 und die Variation aufgrund der phänotypischen Merkmale 0,305. Die Gesamtvariation aufgrund der Genotypen ist höher und beträgt 0,429. Innerhalb der Populationen beträgt die allelische Variation 0,277 und die phänotypische Variation 0,264. Die Variation innerhalb der Populationen aufgrund der Genotypen ist wiederum höher und beträgt 0,379. Der Anteil der Variation zwischen den Populationen schließlich beträgt aufgrund der Allele 12,0 %, aufgrund der Genotypen 11,6 % und aufgrund der phänotypischen Merkmale 12,6 % (Tab. 119).

Genetische Differenzierung durch frühe Mahd

Bei Anzucht der Pflanzen unter Gewächshausbedingungen ergeben sich bei der Blütezeit, aber auch bei einer Reihe von Merkmalen, die mit der Größe der Pflanze in Verbindung stehen, besonders im zweiten Jahr deutliche Unterschiede zwischen zwei sehr früh im Jahr gemähten und den übrigen Populationen (Abb. 70). Offensichtlich mußten sich die zwei Populationen an die frühe Mahd anpassen. Es wurden vermutlich die Phänotypen selektiert, welche die Blüte früher abschließen. Da die Wachstumsperiode aus klimatischen Gründen nicht früher beginnen

kann als an den anderen Standorten, ist eine frühere Blüte nur möglich, indem das Wachstum der Sprosse früher abgeschlossen wird. Vermutlich sind aus diesem Grund die Sprosshöhe, die Anzahl der Sprosse und der Knospen sowie die Biomasse dieser Herkünfte geringer (Abb. 51 / Abb. 52 / Abb. 53 / Abb. 56).

Geographisches Variationsmuster genetischer und phänotypischer Merkmale

Die Allelfrequenzen stehen in keinem direkten Zusammenhang mit den geographischen Entfernungen zwischen den Populationen. Allerdings ist ein geographisches Variationsmuster der Allelfrequenzen erkennbar, welches sich auch in den Frequenzen der Genotypen niederschlägt (Abb. 88 ff.). Die Populationen aus den Naturräumen Donaumoos und Paartal sind sich untereinander genetisch am ähnlichsten. Die geographisch am weitesten entfernte Population aus Freising weist auch die größten genetischen Distanzen auf (Abb. 83 ff.). Bei den durchschnittlichen Distanzen, berechnet aufgrund der phänotypischen Merkmale, sind die geographischen Variationsmuster nicht mehr so eindeutig (Abb. 86). Klare Unterschiede zwischen den Populationen aus dem Donaumoos und dem Paartal bestehen aber bei der Behaarung der Rosettenblätter. Die Behaarung ist im Paartal stärker ausgebildet als im Donaumoos, während die Freisinger Population eine Zwischenstellung einnimmt (Abb. 48).

Populationsgröße, Effektivität der Bestäubung und Heterozygotie

Bei den meisten Genorten und Populationen kann die Annahme einer Verteilung der Allele auf die Genotypen nach der Hardy-Weinberg-Proportion nicht zurückgewiesen werden. Offenbar ist die Durchmischung der Allele durch die Bestäubung sehr effektiv. Bei der kleinsten Population wurden aber die meisten Genorte mit Abweichungen von der Hardy-Weinberg-Proportion gefunden, während bei der größten Population keine Abweichungen nachgewiesen wurden (Tab. 112). Es ergaben sich nur geringe Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang von Populationsgröße und Heterozygotie. Die Heterozygotie ist bei den meisten Populationen etwas verringert und bleibt hinter den Erwartungswerten zurück, allerdings nur bei der kleinsten Population signifikant. Nur bei der größten Population ist die Heterozygotie nicht geringer als die Homozygotie. Dies könnte ein Hinweis auf eine gewisse Selbstbestäubungsrate bei *Succisa pratensis* und möglicherweise Inzucht bei den kleineren Populationen sein (Abb. 92).

Übertragung genetischer Variation auf eine Renaturierungsfläche

Die fünf Jahre vor der Untersuchung, mittels Mähgut angelegte Population ist nach den genetischen Distanzen aufgrund der Merkmale der Isoenzyme (Allele und Genotypen) ihrer Ursprungspopulation genetisch am ähnlichsten und kann nach wie vor als deren Tochterpopulation identifiziert werden. Die genetische Variation wurde durch das angewendete Verfahren der Mähgutübertragung offensichtlich vollständig übertragen. Die Heterozygotie unterscheidet sich kaum. Es ergeben sich aber Unterschiede bei den Frequenzen einzelner Allele.

Populationsgröße und genetische Variation

Es wurde kein Zusammenhang zwischen Populationsgröße und genetischer Variation oder Fitneß der Pflanzen gefunden. Populationen mit nur wenig über 100 Rosetten haben gleiche oder sogar geringfügig höhere Werte der genetischen Variation als eine Population mit etwa 20.000 Rosetten (Abb. 96). Die Ergebnisse zeigen, daß Reliktpopulationen einer ehemals weiter verbreiteten Art wie *Succisa pratensis* auch bei relativ geringen Individuenzahlen vergleichsweise große genetische Variation aufweisen, die durch Mähgut und Auspflanzung auf andere Flächen übertragen werden kann. Dies unterstreicht die Bedeutung auch kleinster Populationen als genetisches Reservoir für Renaturierungsvorhaben.

Fitneß der Pflanzen

Die Fitneß der Pflanzen, definiert als Überlebensrate im Auspflanzexperiment, unterscheidet sich nur geringfügig zwischen den Herkünften. Aus nicht bekannten Gründen hatte die Popula-

tion mit einer Herkunft aus der unmittelbaren Nähe der Auspflanzfläche, trotz kleinster Rosetten, die höchsten Überlebensraten. Die Größe der ausgepflanzten Rosetten scheint keine Bedeutung zu haben. Es besteht offenbar auch kein Zusammenhang zwischen der Fitneß der Pflanzen und der genetischen Variation oder der Größe der Ursprungspopulation. Deutliche Unterschiede ergaben sich allerdings bei der Fähigkeit der Pflanzen, generative Stadien zu bilden. Die zwei besonders früh blühenden Populationen hatten auch den geringsten Anteil an Pflanzen mit generativen Stadien (Abb. 77 / Abb. 78).

Heterozygotie und Samengewichte

Nach freier Bestäubung sind die Samengewichte deutlich höher als nach Selbstbestäubung. Möglicherweise entwickeln sich viele Samen nach Selbstbestäubung überhaupt nicht und bilden leere Hüllen. Es ist aber auch möglich, daß ein Zusammenhang mit der geringeren Heterozygotie der Samengeneration nach Selbstbestäubung besteht. Nach freier Bestäubung korrelieren die Samengewichte der Populationen mit der Heterozygotie der Elterngeneration (Abb. 65). Dies wurde als Heterosis-Effekt interpretiert. Nach Selbstbestäubung korrelieren die Samengewichte dagegen negativ mit der effektiven Allelzahl der Populationen (Abb. 64). Die Samengewichte stehen nach Selbstbestäubung offenbar mit der effektiven Zahl in der Samengeneration (negativ) wirksamer Allele in Verbindung. Ein Zusammenhang der Samengewichte mit der Größe der Elternpflanzen wurde nicht gefunden.

Schlußfolgerungen

Wie die Ergebnisse am Beispiel von *Succisa pratensis* unter anderem zeigen, unterscheidet sich die genetische Ausstattung von Pflanzenpopulationen aus einem relativ kleinen geographischen Raum, sowohl auf der Ebene von Zufallsallelen, welche für Isoenzyme kodieren, als auch auf der Ebene von Genen, welche makroskopisch meßbare, phänotypischer Merkmale bestimmen. Die genetischen Anpassungen an lokale Gegebenheiten können die Ausprägung von Merkmalen, auch im Verhältnis zur Abhängigkeit der Merkmalsausprägung von Standortfaktoren, in erheblichem Maße beeinflussen. Die reine Betrachtung von phänotypischen Merkmalen im Freiland und der Versuch, unterschiedliche Merkmalsausprägungen allein anhand von Korrelationen mit Standortfaktoren, ohne Beachtung der genetischen Ausstattung der Populationen, zu erklären, ist daher offensichtlich nicht sinnvoll. Da die Populationen gezwungen sind, sich an spezifische Bedingungen (z.B. den Zeitpunkt der Mahd) anzupassen und dies vielfältige Veränderungen nach sich ziehen kann, sind alleine aufgrund von phänotypischen Messungen im Freiland (z.B. von verschiedenen Größenmerkmalen der Pflanzen, Samengewichte usw.) kaum Aussagen über die Fitneß der Pflanzen möglich.

Die genetische Diversität aufgrund von Allelfrequenzen entspricht bei *Succisa pratensis* der phänotypischen Variabilität weitgehend, sowohl gesamt als auch innerhalb und zwischen den Populationen. Die phänotypische Variabilität von Pflanzenpopulationen, welche direkt nur durch aufwendige, mehrjährige Gewächshausversuche bestimmt werden kann, könnte daher durch Isoenzymanalyse über die Allelfrequenzen beschrieben werden.

Die Pflanzen müssen sich und haben sich bereits an unterschiedliche Zeitpunkte der Mahd angepaßt. Vielfältige Bewirtschaftungsformen bewirken daher nicht nur Artenvielfalt, sondern auch höhere phänotypische und genetische Variation auf dem Artniveau.

Das vereinfachte Schema, nach dem Mahd Nährstoffe entzieht und so das Wachstum von Pflanzen beeinflusst, muß modifiziert werden. Die Mahd könnte auch durch phänotypische Selektion über den Mahdzeitpunkt, ohne Einfluß der Nährstoffe, die Blütezeit und infolgedessen auch den Wuchs der Pflanzen beeinflussen.

2 Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | ZUSAMMENFASSUNG | 5 |
| 2 | INHALTSVERZEICHNIS | 8 |
| 3 | VORWORT ZUR ELEKTRONISCHEN AUSGABE | 12 |
| 4 | VORWORT | 13 |
| 5 | EINLEITUNG | 14 |
| 6 | AUFGABENSTELLUNG UND HYPOTHESEN | 17 |
| 7 | STAND DER FORSCHUNG | 19 |
| 7.1 | Phänotypische Variation | 19 |
| 7.1.1 | Probleme beim Nachweis phänotypischer Variation | 19 |
| 7.1.2 | Methoden zum Nachweis von phänotypischer Variation | 19 |
| 7.1.3 | Größe und Verteilung der phänotypischen Variation | 20 |
| 7.2 | Genetische Variation | 21 |
| 7.2.1 | Ursachen der genetischen Variation | 21 |
| 7.2.2 | Messung der genetischen Variation | 22 |
| 7.2.3 | Größe und Verteilung der genetischen Variation | 23 |
| 7.2.4 | Genfluß zwischen Populationen | 25 |
| 7.2.5 | Genetische Variation und kleine Populationen | 25 |
| 7.2.6 | Verlust genetischer Variation | 26 |
| 7.2.7 | Mögliche Auswirkungen des Verlusts genetischer Variation | 26 |
| 8 | MATERIAL & METHODEN | 27 |
| 8.1 | Artenwahl | 28 |
| 8.2 | Untersuchungsgebiet / Populationen | 29 |
| 8.2.1 | Geographische Lage | 29 |
| 8.2.2 | Klima | 29 |
| 8.2.3 | Beschreibung der Populationen | 30 |
| 8.2.4 | Geschichte | 31 |
| 8.3 | Messung von Bodenparametern | 32 |
| 8.4 | Freilanduntersuchungen | 33 |
| 8.4.1 | Boden | 33 |
| 8.4.2 | Wasser | 34 |
| 8.4.3 | Klima | 34 |
| 8.4.4 | Biomasse | 34 |
| 8.4.5 | Populationsgröße | 34 |
| 8.4.6 | Auspflanzungsexperiment | 35 |
| 8.5 | Samengewichte / Windsichtung | 35 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 8.6 | Keimversuche | 36 |
| 8.6.1 | Keimrate | 36 |
| 8.6.2 | Reaktion auf die Temperaturbehandlungen | 37 |
| 8.6.3 | Keimverlauf | 37 |
| 8.6.4 | Wirkung der Stratifikation | 37 |
| 8.6.5 | Zusammenhang von Keimrate, Samengewicht, Populationsgröße und Standortfaktoren | 38 |
| 8.7 | Gewächshausversuche | 38 |
| 8.7.1 | Inhaltsstoffe der Topferde | 38 |
| 8.7.2 | Anzucht von Pflanzen für die Gewächshausversuche | 39 |
| 8.7.3 | Aufbau / Behandlungen | 39 |
| 8.7.4 | Bewässerung und Düngung | 39 |
| 8.7.5 | Einsetzen von <i>Molinia caerulea</i> | 40 |
| 8.8 | Durchführung der phänotypischen Untersuchungen | 40 |
| 8.8.1 | Sammeln der Samen / Fremd- und Selbstbestäubung | 40 |
| 8.8.2 | Bestimmung der mittleren Samengewichte im Gewächshaus | 40 |
| 8.8.3 | Messung der Blattlängen und Blattbreiten | 40 |
| 8.8.4 | Messung der Blattform | 41 |
| 8.8.5 | Anzahl austreibender Pflanzen | 41 |
| 8.8.6 | Anzahl der Sprosse und Knospen | 41 |
| 8.8.7 | Messung der Sprosshöhen | 41 |
| 8.8.8 | Messung der Anzahl der Blüten, des Blühverlaufs und der Blühdauer | 42 |
| 8.8.9 | Messung der Behaarung | 42 |
| 8.8.10 | Messung der Biomasse | 42 |
| 8.8.11 | Messung der Inhaltsstoffe | 43 |
| 8.8.12 | Variation der Merkmale im Gewächshaus | 43 |
| 8.9 | Genetische Untersuchungen | 44 |
| 8.9.1 | Sammeln der Proben | 45 |
| 8.9.2 | Aufbewahrung | 45 |
| 8.9.3 | Aufschluß der Proben | 45 |
| 8.9.4 | Ansatz der Vor-, Gel- und Elektrodenpuffer | 45 |
| 8.9.5 | Ansatz der Gele | 45 |
| 8.9.6 | Elektrophorese | 46 |
| 8.9.7 | Schneiden und Färben der Gele | 46 |
| 8.9.8 | Auswertung und Dokumentation der Bandenmuster | 46 |
| 8.9.9 | Struktur der Isoenzyme | 46 |
| 8.9.10 | Bezeichnung der Enzymsysteme, Genorte (Loci) und Allele | 46 |
| 8.9.11 | Auswertung | 47 |
| 8.9.12 | Quantifizierung genetischer Variation | 47 |
| 8.9.13 | Analyse der genotypischen Struktur | 49 |
| 8.9.14 | Maße für die Heterozygotie | 50 |
| 8.9.15 | Variation zwischen den Populationen | 52 |
| 8.10 | Geographische Variationsmuster | 54 |
| 8.10.1 | Kuchendiagramme | 54 |
| 8.10.2 | Clusteranalyse und Berechnung von Dendrogrammen | 54 |
| 8.10.3 | PCA-Analyse | 54 |
| 8.11 | Datenauswertung | 54 |
| 9 | ERGEBNISSE | 56 |
| 9.1.1 | Populationsgröße | 56 |
| 9.2 | Ergebnisse zu den Standortfaktoren der einzelnen Herkünfte | 56 |
| 9.2.1 | Boden | 56 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 9.2.2 | Wasser | 56 |
| 9.2.3 | Klima | 56 |
| 9.2.4 | Biomasse im Freiland | 57 |
| 9.3 | Ergebnisse Keimversuche | 58 |
| 9.3.1 | Entwicklung der Keimversuche | 58 |
| 9.3.2 | Keimraten | 58 |
| 9.3.3 | Relative Keimraten | 59 |
| 9.3.4 | Keimverlauf | 59 |
| 9.3.5 | Wirkung der Stratifikation | 60 |
| 9.4 | Ergebnisse phänotypische Messungen im Freiland | 61 |
| 9.4.1 | Wachstum der Blätter im Freiland | 61 |
| 9.4.2 | Anzahl austreibender Pflanzen im Freiland | 61 |
| 9.4.3 | Sprosshöhe im Freiland | 62 |
| 9.4.4 | Blühverlauf im Freiland | 62 |
| 9.4.5 | Blühleistung im Freiland | 62 |
| 9.4.6 | Blühintensität im Freiland | 62 |
| 9.4.7 | Samengewicht | 63 |
| 9.4.8 | Zusammenhang von Merkmalen im Freiland und Standortparametern | 63 |
| 9.5 | Ergebnisse phänotypische Messungen im Gewächshaus | 64 |
| 9.5.1 | Entwicklung der Gewächshausversuche | 64 |
| 9.5.2 | Wachstum der Blätter | 64 |
| 9.5.3 | Behaarung der Rosettenblätter | 66 |
| 9.5.4 | Anzahl Knospen und Sprosse | 67 |
| 9.5.5 | Sprosshöhe | 68 |
| 9.5.6 | Blüte | 69 |
| 9.5.7 | Blühdauer | 69 |
| 9.5.8 | Blühverlauf | 70 |
| 9.5.9 | Blühleistung | 71 |
| 9.5.10 | Blühintensität | 71 |
| 9.5.11 | Samenentwicklung | 72 |
| 9.5.12 | Bestäubungsversuche | 73 |
| 9.5.13 | Biomasse | 73 |
| 9.5.14 | Inhaltsstoffe der Blätter | 74 |
| 9.5.15 | Inhaltsstoffe der Topferde | 74 |
| 9.6 | Ergebnisse Auspflanzexperiment | 75 |
| 9.6.1 | Überlebensraten | 75 |
| 9.6.2 | Blüte im Auspflanzexperiment | 76 |
| 9.6.3 | Generative Pflanzen im Auspflanzexperiment | 76 |
| 9.7 | Ergebnisse von Freiland und Gewächshaus im Vergleich | 76 |
| 9.8 | Ergebnisse Isoenzymanalyse | 78 |
| 9.8.1 | Vorversuche | 78 |
| 9.8.2 | Identifizierung genetischer Merkmale | 79 |
| 9.8.3 | Häufigkeiten und Frequenzen der Allele | 79 |
| 9.8.4 | Häufigkeiten und Frequenzen der Genotypen | 79 |
| 9.8.5 | Heterozygotie | 80 |
| 9.8.6 | Hardy-Weinberg-Proportion | 81 |
| 9.8.7 | Heterozygotie und Hardy-Weinberg-Proportion | 81 |
| 9.8.8 | Bedingte Heterozygotie | 82 |
| 9.8.9 | Skalierte Heterozygotie | 82 |
| 9.8.10 | Genetische Variation und Populationsgröße | 82 |
| 9.8.11 | Zusammenhang zwischen genetischer und geographischer Distanz | 83 |
| 9.8.12 | Übertragung der Variation durch Mähgut | 83 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 9.9 | Ergebnisse geographische Variationsmuster | 83 |
| 9.9.1 | Isoenzyme | 84 |
| 9.9.2 | Phänotypische Merkmale | 84 |
| 9.10 | Ergebnisse Variation innerhalb und zwischen Populationen | 85 |
| 9.10.1 | Variation phänotypischer Merkmale im Gewächshaus | 85 |
| 9.10.2 | Allelische und genotypische Variation aufgrund der Merkmale der Isoenzyme | 85 |
| 9.10.3 | Phänotypische und genetische Variation | 86 |
| 9.10.4 | Heterozygotie, genetische Variation und Samengewichte | 86 |
| 10 | DISKUSSION | 88 |
| 11 | OFFENE FRAGEN UND AUSBLICK | 102 |
| 12 | ANHANG | 105 |
| 12.1 | Populationen | 105 |
| 12.2 | Standortfaktoren | 108 |
| 12.3 | Keimversuche | 120 |
| 12.4 | Phänotypische Untersuchungen | 138 |
| 12.5 | Untersuchungen im Freiland | 139 |
| 12.6 | Untersuchungen im Gewächshaus | 164 |
| 12.6.1 | Sprosshöhe | 185 |
| 12.6.2 | Sprosszahl und Knospen | 187 |
| 12.6.3 | Blüte | 217 |
| 12.6.4 | Auspflanzexperiment | 233 |
| 12.7 | Isozymanalyse | 243 |
| 12.8 | Rezepte Isozymanalyse | 286 |
| 12.8.1 | Gele | 286 |
| 12.8.2 | Farblösungen | 286 |
| 12.8.3 | Elektrodenpuffer (EP)/Gelpuffer (GP) | 289 |
| 12.8.4 | Vorpuffer (VP) | 290 |
| 12.8.5 | Phosphatpuffer | 290 |
| 12.8.6 | Homogenatpuffer (HP) | 290 |
| 12.8.7 | Zusatzlösungen | 291 |
| 12.9 | Urtabellen mit Meßwerten im Freiland, Gewächshaus und Labor | 292 |
| 13 | LITERATUR | 354 |

3 Vorwort zur elektronischen Ausgabe

Auffinden und Lesen des Dokuments

Das vorliegende Dokument wird über das Bibliothekssystem der Technischen Universität München über das Internet unter der Adresse http://www.ub.tum.de/bib/zb_onl/diss.html zitierfähig, publiziert. Es ist dadurch über das Internet innerhalb von Sekunden, weltweit über entsprechende Stichworte aufzufinden und abrufbar. Die Datei liegt im PDF-Format vor. Sie wurde mit dem Programm Adobe Acrobat 4.0 (Adobe Systems Inc., 1987-1999) erstellt. Zum Lesen ist das Programm Adobe Acrobat Reader nötig. Dieses kann, wenn nicht vorhanden, kostenlos geladen werden.

Navigation im Dokument

Teile des Dokuments wurden durch Verknüpfungen verbunden. Die Verknüpfungen sind eingerahmte Textteile. Durch klicken mit der Maus kann zwischen Ansichten von Texten, Graphiken und Tabellen schnell gewechselt werden. Die Ansicht der Seiten kann am einfachsten über Tastaturkombinationen verändert werden. So ist eine Ganzseitenansicht über **Strg+L** zu erreichen. Zurück geht es mit der **Esc**-Taste. Eine Vergrößerung der Seite entsteht über die Kombination der Tasten **STRG+ +** und eine Verkleinerung über **STRG+ -**. Mit den Pfeiltasten bewegt man sich nach unten oder nach oben (**↑, ↓**), blättert zwischen den Seiten (**Strg+Alt+↑, Strg+Alt+↓**) oder zwischen Ansichten (**Strg+⇒, Strg+⇐**). Weitere Optionen finden sich über das Menü Ansicht oder das Hilfemenü. Eine Orientierung ist über die Ansicht der Dokumentstruktur, welche der Gliederung entspricht, möglich.

Form der Darstellung

Die vorliegende Arbeit wurde als elektronisches Dokument konzipiert. Das Layout der Seiten wurde dementsprechend anders gestaltet, als bei gedruckten Dokumenten üblich. Selbstverständlich kann das Dokument aber auch ausgedruckt werden.

Mit der Anzahl von Seiten wurde nicht gespart, denn die absolute Anzahl von Seiten spielt in einem elektronischen Dokument keine große Rolle. Abbildungen wurden meist großzügig auf jeweils einer Seite plazierte. Die Graphiken wurden zudem in der Regel farbig gestaltet, was ein großer Gewinn für die Anschaulichkeit der Arbeit sein dürfte.

Auch bei der Darstellung der Tabellen wurde alles so ausführlich gestaltet, wie dies für die Anschaulichkeit nötig ist. Es sei darauf hingewiesen, daß die Arbeit durch die elektronische Form eine Transparenz gewinnt, wie sie bei gedruckten Publikationen nicht erreicht wird. Daten können vom Leser aus den Tabellen direkt und ohne nennenswerten Zeitaufwand in eigene Statistik- und Kalkulationsprogramme kopiert werden. Berechnungen sind auf diese Weise besser überprüfbar und die Ergebnisse eher nachzuvollziehen. Die Daten können aber auch viel einfacher für weitere oder vergleichende Analysen verwendet werden.

4 Vorwort

Die vorliegende Untersuchung dauerte vom Sommer 1997 bis Ende 1999. Sie wurde am Lehrstuhl für Vegetationsökologie (Prof. Dr. J. Pfadenhauer), unter Kooperation mit dem Lehrstuhl für Forstgenetik (Prof. Dr. Müller-Starck) durchgeführt. Die Arbeit zeichnet sich durch den experimentellen Ansatz und die Kombination von ökologischen Fragestellungen, genetischen Untersuchungsmethoden, klassischen Gewächshausexperimenten und Freilanduntersuchungen aus.

Anlaß für die Arbeit war ein Gespräch mit Prof. Pfadenhauer Ende 1996. Dabei wurde festgestellt, daß nur wenige Kenntnisse zur genetischen Variation von Wildpflanzenarten vorhanden waren, obwohl genetische Methoden für Untersuchungen ökologischer Fragestellungen zur Verfügung standen. Die Anwendung von Untersuchungsmethoden zur genetischen Variation von Pflanzen versprach ein weites Feld möglicher Aufgabenstellungen.

Da praktisch keinerlei Kenntnisse über die genetische Variation und mögliche methodische Probleme mit einheimischen Wildpflanzen vorhanden waren, wurden Vorversuche mit verschiedenen Arten von Feuchtwiesen und Halbtrockenrasen durchgeführt. Die Förderung von Sachmitteln durch den Bund der Freunde der Technischen Universität München sowie die kostenlose zur Verfügung Stellung von Laborzeit und Material durch den Lehrstuhl für Forstgenetik (damals LMU- München), ermöglichte eine Weiterverfolgung der gesteckten Ziele.

In diesem Zusammenhang sei H. Prof. Pfadenhauer für die Initiierung und Betreuung des Projektes und H. Prof. Müller-Starck und seinem ganzen Team für die hervorragende Einarbeitung und Zusammenarbeit gedankt. Besonderen Dank gilt insbesondere den technischen Angestellten Gerhard Maak, welcher mich mit viel Geduld und Engagement in die Feinheiten und Mysterien der Isoenzymanalyse einführte, sowie Eliane Röschter, welche immer ein offenes Ohr für meine Fragen hatte. Genannt sei auch Dr. Dieter Maas, welcher mich, besonders in der Anfangsphase, in Fragen zu Arten, Standorten und Populationsbiologie beriet. Dr. Annette Patzelt und Dr. Ulrich Miller sei gedankt, für wichtige Hilfe bei Literatur und viele aufmunternde Worte. Dr. Ulrich Wild, danke ich insbesondere für die Einführung ins Donaumoos und die wichtigen Informationen zu den teilweise schwer aufzufindenden Populationen. Dr. Jan Sliva sowie dem gesamten Team am Lehrstuhl für Vegetationsökologie danke ich für die Zusammenarbeit und die Unterstützung. Ebenso sei H. Sorg und H. Geißler vom Landratsamt Neuburg- Schrobenhausen Dank ausgesprochen für die Erlaubnis auf den Flächen zu arbeiten und für die nützlichen Informationen, die sie mir zukommen ließen.

Erwähnt seien aber auch die studentischen Hilfskräfte. Insbesondere sei Joern Kimpel genannt, welcher größten Einsatz bei der Vorbereitung und Auswertung der Keimversuche zeigte und Florian Henzler, welcher zuverlässig und gewissenhaft bei vielen der teilweise monotonen Messungen im Gewächshaus half und Tausende Samen auswog. Aber auch allen anderen sei gedankt.

Meinen Eltern danke ich für die Förderung, die moralische Unterstützung und das Verständnis. Mit Blick in die Zukunft widme ich diese Arbeit meinem Sohn Baldur, der während dieser Zeit das Licht der Welt erblickte.

5 Einleitung

In größeren geographischen Zusammenhängen ist längst bekannt, daß sich Pflanzenpopulationen einer Art genetisch unterscheiden. Nach Beobachtungen von konstanten Merkmalsunterschieden verschiedener geographischer Herkunft führte dies zur Beschreibung von Varietäten, geographischen Rassen oder Unterarten. Im lokalen Bereich von Populationen, welche nur wenige Kilometer von einander entfernt liegen, sind die Kenntnisse über genetische Differenzierungen allerdings noch sehr gering (Turkington & Aarson 1984).

Wildpflanzen wachsen in unserer heutigen Kulturlandschaft, häufig in kleinen, isolierten Restpopulationen. Aber auch natürlicherweise sind Pflanzenpopulationen über ein Gebiet verteilt und zwischen diesen Populationen liegen isolierende Räume, welche von Samen und Pollen überbrückt werden müssen, damit die Populationen miteinander in Kontakt treten können (Schönfelder & Bresinsky 1990). Die Populationen haben einen eigenen Genpool und werden durch selektive Prozesse möglicherweise unterschiedlich beeinflusst. Aber auch durch zufällige Mechanismen wie Gendrift können unterschiedliche Allelaustattungen entstehen.

Pflanzenarten haben ein Gebiet ausgehend von einem geographischen Punkt oder einer geographischen Richtung, besiedelt. Populationen, welche näher beieinander liegen, standen in der Regel zuletzt miteinander in Kontakt. Auch durch die Ausbreitungsgeschichte der Art könnten somit unterschiedliche Ähnlichkeiten, bzw. genetische Distanzen zwischen den Populationen entstanden sein. Es ist nur für wenige Arten bekannt, durch welche Prozesse die genetischen Distanzen zwischen Populationen im lokalen geographischen Raum in erster Linie bestimmt werden und ob sie geographischen Variationsmustern folgen oder ob die genetischen Distanzen durch selektive Prozesse hervorgerufen werden.

Die Größe der genetischen Gesamtvariation und die Größe und die Art der genetischen Variation zwischen Populationen ist bei den meisten Wildpflanzenarten kaum bekannt. Zumal aus der im Freiland beobachteten Variation von Merkmalen nicht auf die Größe der genetischen Variation geschlossen werden kann. Man weiß nur wenig darüber, wie die genetische Variation mit der Variation der phänotypischen Merkmale in Verbindung steht und welche Bedeutung sie für die Ökologie von Pflanzenpopulationen hat. Es stellt sich auch die Frage, ob oder unter welchen Voraussetzungen die genetische Diversität eher eine genetische Last ist oder einen Vorteil für die Pflanzenpopulationen darstellt, da sie höhere Werte der Heterozygotie oder eine höhere Anpassungsfähigkeit ermöglicht (Fenster & Dudash 1995; Charlesworth & Charlesworth 1987; Ouborg & Vantreuren 1994, Husband & Schemske 1995). Aus Sicht des Naturschutzes ist es wichtig zu wissen, ob und in welchem Rahmen Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen möglich ist. Auch ist wichtig, wie lange Anpassungsprozesse dauern und ob sich die Merkmale von Pflanzenarten infolge menschlicher Einflüsse, z.B. Bewirtschaftungsformen, verändern.

Die Variation der Merkmale wird bestimmt durch die genetische Anlage und die Modifikation durch Umwelteinflüsse. Der Grad der Veränderlichkeit der Merkmale durch Modifikation wird als Plastizität der Merkmale bezeichnet. Welche Bedeutung hat aber die genetische Variation im Vergleich zur Plastizität der Merkmale? Haben die Differenzierungen, die sich durch genetische Variation ergeben, überhaupt eine ökologische Bedeutung, bzw. sind sie im Vergleich zu Variationen, welche durch Umwelteinflüsse entstehen, zu beachten?

Aspekte der genetischen Variation einer Art sind zum einen die genetische Diversität und zum anderen die genetische Variabilität. Die Variation einer Art ist weiterhin zusammengesetzt aus der Variation innerhalb und der Variation zwischen Populationen (Gregorius 1984).

Die allelische Diversität innerhalb von Populationen ist abhängig von Mutationsraten und Gendrift, die allelische Diversität zwischen Populationen von der Fähigkeit der Pflanze sich auszubreiten und der Art der Bestäubung. Es gibt bereits Vergleichsdaten zur Diversität von Pflanzenarten mit verschiedenen Bestäubungs- und Ausbreitungsmechanismen (Hamrick 1989, Hamrick 1991, Hamrick & Godt 1989). Es existieren jedoch kaum Daten über Populationen von Pflanzen aus einem lokalen Raum. Auch sind kaum Daten von Arten vorhanden, welche auf Feuchtwiesen leben und somit besondere Bedeutung für den Naturschutz haben.

Ein Maß für die genetische Variabilität ist die Heterozygotie. Es stellt sich die Frage, in welchem Zusammenhang die genetische Diversität und Heterozygotie stehen.

Ein weiterer Punkt ist die Frage, in welcher Beziehung die Variationsmaße, berechnet anhand der Variation von Isoenzymen und die Variation phänotypischer Merkmale stehen. Die Isoenzyme werden seit vielen Jahren verwendet, um genetische Variation zu beschreiben. Die Diversität der Isoenzyme entsteht durch zufällige, in der Regel selektionsneutrale Mutationen, welche zu Enzymvarianten mit anderem Ladungsmuster führen. Manche phänotypischen Merkmale werden durch stabilisierende Selektion in ihrer Ausprägung in einem bestimmten Rahmen festgelegt oder durch gerichtete Selektion verändert. Andere phänotypische Merkmale unterliegen dagegen möglicherweise keinem Selektionsdruck und werden, wie die Merkmale der meisten Isoenzyme, durch zufällige Mutationen bestimmt.

In kleinen isolierten Populationen, ohne Genaustausch mit benachbarten größeren Populationen ist infolge von genetischer Drift und Inzucht, ebenso wie durch Viabilitätsselektion in Abhängigkeit von der Zeit mit einem Verlust der genetischen Variation zu rechnen (Lacy 1987, Polans & Allard 1987, Müller-Starck 1993). Damit kann verringerte Fitness der Pflanzen, verringerte Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen, verringerte Widerstandskraft gegenüber Schadstoffbelastungen (Oleksyn & al. 1994) und verminderte Konkurrenzkraft einher gehen (Fenster & Dudash 1995). Einen Überblick über die möglichen Auswirkungen von kleinen Populationsgrößen auf die genetische Variation und die Fitness von Populationen zeigen z.B. Barrett & Kohn (1991), Ellstrand & Elam (1993) und Fenster & Dudash (1995). In kleinen Populationen wirken sich die Effekte der genetischen Drift viel eher aus als in großen. Zudem können Inzuchteffekte eine Rolle spielen. Im allgemeinen sind in kleinen Populationen auch die Anteile heterozygoter und polymorpher Allozymloci geringer. Verringerte genetische Variation bei kleinen, fragmentierten Populationen wurde z.B. bei *Eucalyptus albens* (Prober & Brown 1994) und bei *Salvia pratensis* in Holland (Ouborg & Vantreuren 1994) beschrieben. In einigen Fällen konnte auch eine verringerte Fitness nachgewiesen werden. Beispielsweise haben kleine Populationen bei *Banksia goodii* in Australien eine verringerte Samenproduktion (Lamont & Klinkhammer 1993, Lamont *et al.* 1993). Der Nachweis des Verlustes der genetischen Variation und eventueller Auswirkungen auf die Fitness der Individuen in einer Population kann helfen zu beurteilen, ob und in welcher Mindestgröße der Populationen eine Art überlebensfähig ist (Lynch & Vaillancourt 1995, Prober & Brown 1994). Kenntnisse über die Auswirkungen der Fragmentation von Populationen sind somit wichtig für den Schutz von gefährdeten Arten.

Ein weiterer Aspekt ist die häufig ausgedrückte Forderung zur Verwendung autochthonen Saatguts (z.B. Krebs 1992). Gemäß der bei einigen Arten auch bestätigten Annahme, daß die Populationen von Pflanzenarten ökologische Sippen ausbilden, welche optimal an die herrschenden Standortbedingungen angepaßt sind (z.B. Turkington & Aarson 1984, Aarson 1983a, b) und um die lokale genetische Vielfalt nicht zu verfälschen, wird gefordert, bei Renaturierungsmaßnahmen auf Samenmaterial aus lokalen Restpopulationen zurückzugreifen. Die Kleinheit vieler dieser Populationen könnte jedoch zu einem Verlust an genetischer Diversität geführt haben, so daß die Populationen aus diesem Grunde möglicherweise keine ausreichende Anpassungsfähigkeit an heterogene Umweltbedingungen mehr aufweisen (vgl. Hattemer 1994, Müller-Starck 1994). Bei den wenigsten einheimischen Wildpflanzen ist im übrigen bekannt, wie groß die genetische Variation ist und wie sich die genetische Variation zwischen und innerhalb der Populationen verteilt. Dies gilt auch für die lokalen Muster der genetischen Variation. Ohne diese Kenntnisse ist es jedoch unmöglich zu definieren, was im Sinne der geographischen Muster genetischer Variation eine lokale Population ist.

Durch Entwässerung und Kultivierung wurde die typische Vegetation vieler Niedermoore zerstört. Im Donaumoos, dem ehemals größten Niedermoor Süddeutschlands, und im südlich gelegenen Paartal sind beispielsweise nur noch von einander isolierte Feuchtwiesenfragmente vorhanden. Diese letzten Reliktstandorte sind modellhaft für populationsgenetische Untersuchungen von besonderem Interesse, da die Dauer der Isolation abgeschätzt werden kann (etwa 80-90 Jahre) und sie zur Gewinnung von Streugut für Renaturierungsvorhaben genutzt werden. Eine Renaturierungsfläche wurde vor fünf Jahren neu angelegt. Durch Auspflanzungen und Ausbringen von Mähgut aus einer nahegelegenen Restpopulation wurde unter anderem *Succisa pratensis* etabliert (Patzelt & al. 1997).

Als Untersuchungsobjekt wurde *Succisa pratensis* ausgewählt, weil es sich um eine Art handelt, die charakteristisch für magere Feuchtwiesen ist (Hegi 1918) Sie gilt zwar als allgemein verbreitet (Haeupler & Schönfelder 1988, Schönfelder & Bresinsky 1990) ist allerdings durch Vernichtung ihrer Standorte im Rückgang begriffen und wird darum in einigen Bundesländern bereits in der Roten Liste geführt (Lange 1996). Die Populationsgrößen von *Succisa pratensis* reichen an den untersuchten sieben Standorten von 120-20.000 Rosetten (Tab. 3), so das Populationen verschiedenster Größe verglichen werden können. Allgemein ist bei Pflanzen, die normalerweise immer in größeren Populationen leben, eher mit negativen Effekten kleiner Populationsgrößen zu rechnen, während bei Pflanzen, die immer schon in kleinen, mehr oder weniger isolierten Populationen auftraten, zu erwarten ist, daß Mechanismen existieren, die negativen Effekten kleiner Populationen entgegenwirken (Barrett & Kohn 1991). Da davon auszugehen ist, daß *Succisa pratensis* ursprünglich größere Flächen besiedeln konnte und in größeren Populationen lebte, wurde angenommen, daß die Art in besonderen Maße von der Isolation der Populationen und eventueller Inzuchteffekte betroffen sein könnte. *Succisa pratensis* ist im übrigen eine der wenigen Arten, welche sich auf allen Restflächen im Gebiet, auch den stark degradierten, halten konnte.

6 Aufgabenstellung und Hypothesen

Aufgabenstellung

In dieser Arbeit soll einerseits die phänotypische Plastizität von Merkmalen beschrieben und andererseits die genetische Variation von Isoenzymen und die Variation phänotypischer Merkmale im Gewächshaus gemessen werden. Die Ergebnisse sollen ermöglichen zu beurteilen, ob die genetische Variation von Isoenzymen überhaupt in Zusammenhang steht mit der Variation von phänotypischen Merkmalen. Es wird auch die Frage gestellt, ob die genetisch bedingte Variation innerhalb einer Art im lokalen geographischen Rahmen, verglichen mit der Plastizität der Merkmale, so groß ist, daß sie bei ökologischen Fragestellungen beachtet werden sollte.

Die Größe der genetische Variation von *Succisa pratensis* soll ermittelt und die Werte im Vergleich zu anderen Arten eingeordnet werden.

Es soll untersucht werden, wie sich die genetische Variation innerhalb und zwischen Populationen verteilt und wie groß die genetischen Distanzen zwischen den Populationen sind, bzw. welchem Muster die genetischen Distanzen folgen. Es soll geklärt werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der räumlichen Lage der Populationen und den genetischen Distanzen gibt.

Es soll auch geklärt werden, in welchem Verhältnis die genetische Variation, aufgrund der in der Regel selektionsneutralen Merkmale der Isoenzyme (ausgedrückt durch die Variation von Allelfrequenzen und Genotypen) zur Variabilität, berechnet aus phänotypischen Merkmalen, steht.

Die Untersuchung der Frequenzen von Genotypen und des Grads der Heterozygotie soll Aufschluß darüber geben, wie effektiv die Durchmischung der Allele innerhalb der Populationen ist und ob ein Zusammenhang zwischen einzelnen Merkmalen und der Heterozygotie besteht.

Es soll nach Hinweisen auf populationsgenetische Prozesse, wie Migration, Gendrift, Inzucht und Selektion gesucht werden. Der mögliche Zusammenhang von genetischer Variation und Populationsgröße soll an einem konkreten Beispiel aufgezeigt werden.

Restpopulationen von Wildpflanzen werden dazu genutzt, Samenmaterial (Mähgut) für Renaturierungsvorhaben zu gewinnen, da sie die einzigen noch verfügbaren lokalen Vorkommen darstellen. Am konkreten Beispiel einer fünf Jahre zuvor angelegten Renaturierungsfläche soll untersucht werden, ob die Population von *Succisa pratensis* noch die genetische Identität ihrer Ursprungspopulation besitzt, wie groß die genetische Variation dieser künstlich initiierten Population im Vergleich zu ihrer Ursprungspopulation ist und ob die genetische Diversität erfolgreich übertragen wurde.

Die genetischen Eigenheiten von Populationen bewirken möglicherweise unterschiedliche Fähigkeit der Pflanzen sich an neue Bedingungen anzupassen. Um zu prüfen, ob dies tatsächlich der Fall ist, soll die Fitneß von Pflanzen unterschiedlicher Herkünfte untersucht werden.

Hypothesen

1. Die genetische Diversität von *Succisa pratensis* entspricht den Literaturwerten für zweikeimblättrige, insektenbestäubte Arten mit Samen, die nicht durch den Wind verbreitet werden.
2. Isolierte Populationen entwickeln sich durch Zufallseffekte oder unterschiedliche Standort- und Selektionsbedingungen genetisch auseinander.
3. Es gibt signifikante genetische Unterschiede zwischen den Populationen.
4. Die genetischen Distanzen der Populationen stehen mit dem Grad ihrer geographischen Isolation und deren Dauer in Zusammenhang.
5. Die genetisch bedingten Unterschiede bedingen feine, aber meßbare Unterschiede der phänotypischen Merkmale.
6. Modifikatorische Einflüsse überlagern die genetischen Unterschiede und sind im Vergleich zu den genetisch bedingten Unterschieden bestimmend.
7. In den einzelnen Populationen wirken einzelne Umweltfaktoren selektiv. Es entstehen Ökotypen einer Art, die optimal an die jeweils herrschenden Standortbedingungen angepaßt sind.
8. Es gibt einen Zusammenhang von genetischer Variation der Isoenzyme und der Variation der phänotypischen Merkmale.
9. Die genetische und phänotypische Variation von *Succisa pratensis* ist in kleinen Populationen geringer als in größeren Populationen.
10. Die Durchmischung der Allele innerhalb der Population ist in kleinen Populationen verringert. Die Heterozygotie ist geringer.
11. Die Heterozygotie wirkt sich positiv auf bestimmte Merkmale aus (Heterosis).
12. Pflanzen kleiner, isolierter Populationen weisen eine geringere Fitneß auf, haben also nur eine verringerte Fähigkeit, zu überleben und sich zu vermehren.
13. Durch Übertragung von Streugut wird nur ein Teil der genetischen Variation der Ausgangspopulationen übertragen.

7 Stand der Forschung

Einige wenige Arbeiten beschäftigten sich bereits mit der genetischen Variation einheimischer Wildpflanzen. Eine Diplomarbeit an der LMU- München (unveröffentlicht) untersuchte dabei die Effekte der Populationsgröße auf die Reproduktion und genetische Variation von *Cochlearia bavarica*, einer seltenen Art von Quellstandorten. Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Populationsgröße, genetischer Variation und Reproduktionsvermögen. Von den Feuchtwiesenarten, die auch in unserem Gebiet vorkommen, wurde bisher z.B. die seltene Art *Gentiana pneumonanthe* bearbeitet (Oostermeijer *et al.* 1994). Arbeiten über weiter verbreitete einheimische Feuchtwiesenarten, gibt es bislang nicht. Auch wurde bisher an keinem konkreten Beispiel untersucht, in wie weit die genetische Variation durch Mähgut auf eine renaturierte Fläche übertragen wird.

7.1 Phänotypische Variation

7.1.1 Probleme beim Nachweis phänotypischer Variation

Der einfachste Weg phänotypische Variation zu bestimmen ist, verschiedene morphologische und physiologische Parameter von Individuen einer Art aus verschiedenen Populationen zu messen und die ermittelten Variationen der Populationen zu vergleichen. Bei phänotypischen Untersuchungen im Freiland besteht allerdings grundsätzlich das Problem, Effekte, die durch Umwelteinflüsse, z.B. verschiedene Nährstoffbedingungen, verursacht sind (phänotypische Plastizität), von genetisch bedingten Effekten zu unterscheiden (Foster 1991).

Die Plastizität läßt sich nicht unmittelbar von der genetischen Variation ableiten. Nach Schlichting (1986) besteht beispielsweise nicht unbedingt einen Zusammenhang zwischen der Plastizität einer Art und ihrer genetischen Variation. Die verschiedenen genetischen Formen einer einzigen Art können wiederum sehr ähnliche (Garbutt & Bazzaz *et al.* 1985) oder unterschiedlich große Plastizität der Merkmale hervorbringen (Garbutt & Bazzaz 1987). Einige Genotypen erzeugen verschiedene Spezialisten, andere dagegen Nachkommen mit großer Plastizität. In manchen Fällen ergänzen sich die plastischen Eigenschaften der einzelnen Genotypen, so das die Genotypen einen hohen Anteil an der Gesamtplastizität haben (Zangerl & Bazzaz 1984). Im Übrigen besteht auch kein Zusammenhang zwischen der Plastizität und der Verbreitung einer Art oder deren Seltenheit. Arten mit nur geringer Verbreitung können genauso große Plastizität besitzen wie Arten, die weiter verbreitet sind (Primack 1980).

Umwelteinflüsse können sich auch noch in den Folgegenerationen auswirken (maternale Effekte). Auf solche maternalen Effekte geht beispielsweise Schaal (1984) ein. Die maternalen Effekte wirken besonders in der Anfangsphase der Entwicklung, während sie später weniger Einfluß zeigen. So konnte Schaal (1984) zeigen, daß die Überlebensraten der Keimlinge unmittelbar mit der Samengröße in Verbindung stehen. Durch Kontrolle der Samengrößen und Vergleich von Individuen, die aus verschiedenen Samengrößenklassen hervorgegangen sind, können maternale Effekte herausgefiltert, bzw. erkannt werden. Allerdings ist anzunehmen, daß maternale Effekte nicht nur über die Samengröße wirken, sondern möglicherweise über eine Vielzahl weiterer, unbekannter Faktoren.

7.1.2 Methoden zum Nachweis von phänotypischer Variation

Um die oben dargestellten Probleme bei der Messung der phänotypischen Variation zu mindern, werden üblicherweise Gewächshausversuche oder Verpflanzungsexperimente durchge-

führt. Besonders bei Gewächshausversuchen können die Bedingungen optimal kontrolliert und unterschiedlich wirkende Umwelteinflüsse weitgehend ausgeschaltet werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, daß sich Pflanzen unter künstlichen Bedingungen anders verhalten als im Freiland. So kann die Ausschaltung biotischer Faktoren durchaus problematisch sein.

Es zeigte sich beispielsweise bei künstlichen Konkurrenzexperimenten, daß die Effekte unterschiedlicher Anpassungen von Individuen verschiedener Populationen mit Konkurrenz ausgeprägter sind als ohne Konkurrenz. So wurden die Unterschiede in der Biomasseproduktion von Schwermetalltoleranten und nicht -toleranten Individuen verschiedener Arten (*Agrostis tenuis*, *Plantago lanceolata*, *Anthoxanthum odoratum*) in gemischten Populationen deutlicher als in reinen Beständen (Cook 1972).

Eine Übersicht über verschiedene Verpflanzungsexperimente gibt Bradshaw (1984). In der einfachsten Form werden Individuen aus ihrer natürlichen Umgebung entnommen und in kleine, angelegte Gärten an anderen Standorten eingesetzt. Diese Art der Experimente wird vor allem verwendet, um klimatische Anpassungen nachzuweisen. So können jedoch die Einflüsse unterschiedlicher Böden nicht von den klimatischen Einflüssen unterschieden werden. Zudem werden die unterschiedlichen biotischen Faktoren ausgeschaltet. Trotz dieser Einschränkungen konnten mit Hilfe dieser Verfahren beispielsweise Anpassungen von Pflanzenarten an verschiedene Höhenstufen nachgewiesen werden (Bradshaw 1960 bei *Agrostis tenuis*).

Verpflanzungsexperimente unter natürlichen Bedingungen liefern die besten Ergebnisse, um die unterschiedliche Fitneß von Individuen verschiedener Herkünfte und den selektiven Vorteil von genetischen Unterschieden vergleichen zu können. Davies & Snaydon (1976) stellten hiermit beispielsweise fest, daß die Überlebensraten von Individuen von *Anthoxanthum odoratum* aus fremden Populationen nach Verpflanzung viel geringer waren, obwohl diese teilweise nur wenige Meter entfernt lagen. Somit konnte auch die Etablierung von Pflanzen aus Samen unterschiedlicher Herkünfte überprüft werden. Waser & Price (1985) fanden, daß Keimlinge aus Samen, die nahe ihrer Mutterpflanzen gesät wurden, geringere Sterblichkeitsraten hatten, als solche aus Herkünften in nur 50 m Entfernung.

7.1.3 Größe und Verteilung der phänotypischen Variation

Variation über größere Distanzen

Bei der Untersuchung der Variation von Pflanzenarten konzentrierte man sich zunächst auf geographisch weit entfernte Populationen. Es gibt mittlerweile eine Vielzahl von Arbeiten, die sich mit der genetischen und phänotypischen Differenzierung von geographisch getrennten Sippen beschäftigen.

Helgadóttir & Snaydon (1986) zeigten durch phänotypische Untersuchungen bei geographisch getrennten Populationen von *Poa pratensis* und *Agrostis capillaris*, daß bei fast allen gemessenen Parametern eine deutliche Variation vorliegt. Die größten Unterschiede ergaben sich dabei aufgrund klimatischer Unterschiede zwischen englischen und isländischen Populationen. Auch die Größe der Variation ist nach diesen Untersuchungen an den einzelnen Standorten deutlich verschieden.

In Populationen unterschiedlicher geographischer Herkunft kann auch die Entwicklung der Keimlinge zu adulten Pflanzen, etwa der Eintritt bestimmter phänotypischer Phasen (Beginn der Vollblüte, Samenreife usw.) verschieden sein. Auch in Wuchshöhe und bestimmten äußeren

Merkmalen, kann es erhebliche Differenzen geben. Bei Kulturversuchen mit *Prunella vulgaris* aus zwei verschiedenen Herkünften wurde beispielsweise festgestellt, daß die Blühzeiten erheblich differieren. Während die Pflanzen, welche aus dem Darmstädter Raum stammten, schon fruchteten, begannen die Pflanzen aus Hohenlohe gerade mit der Blüte (Krebs 1990, Krebs 1992).

Die Anpassungsfähigkeit der weit verbreiteten Art *Capsella bursa-pastoris* scheint in höchstem Maße von verschiedenen lokalen Ökotypen beeinflußt zu werden (Steinmeyer *et al.* 1985). Es konnte gezeigt werden, daß sich auch Familiengruppen in Populationen in wesentlichen Merkmalen wie Blühzeiten, Wuchshöhen und Rosettendurchmesser unterscheiden (Neuffer 1989). Die phänotypischen Unterschiede scheinen genetisch bedingt zu sein. Durch die große phänotypische Variationsbreite werden die genetischen Unterschiede jedoch häufig überdeckt (Neuffer & Bartelheim 1989).

Variation über kleinere Distanzen

Einen Überblick über nachgewiesene Variation zwischen Populationen über kleinere Distanzen geben Turkington & Aarson (1984).

Kleinräumige Variationen zwischen Populationen können die Morphologie, die Physiologie, die demographische Struktur, die Populationsstruktur, zeitliche Komponenten und die Konkurrenzfähigkeit betreffen. Für fast alle diese Komponenten konnten kleinräumige Differenzierungen nachgewiesen werden, z.T. zwischen Individuen die nur wenige Meter von einander wachsen (s. Turkington & Aarson 1984).

Erstaunlich sind auch die kurzen Zeiträume in denen es zu Variationen über kleinere Distanzen kommen kann. In zahlreichen Fällen wurde von Differenzierungen berichtet, die bereits in Zeiträumen von wenigen Jahren entstanden sind (z.B. *Anthoxantum odoratum*, 6 Jahre, Snaydon & Davies 1982).

Besonders bei der Anpassung an verschiedene Konkurrenten scheint es zu sehr feinen Differenzierungen zu kommen. Aarson (1983a, b) untersuchte die Anpassung von *Holcus lanatus* an verschiedene Konkurrenzbedingungen. Die untersuchten Populationen waren, jeweils nach Ansaat, 2, 21 und 40 Jahre alt. Bei Konkurrenzpaaren von den älteren Populationen waren die erreichten Biomassen der Konkurrenten ausgeglichener verteilt. Ein Hinweis darauf, daß die zu Anfang unterlegenen Konkurrenten sich mit der Zeit an die Konkurrenzbedingungen anzupassen vermögen und „aufholen“, die anfangs überlegene Art jedoch einen Teil ihrer Vorteile einbüßt. Es zeigte sich, daß diejenigen Individuen, die an ihrem natürlichen Standort entsprechende Konkurrenten hatten, im Konkurrenzexperiment immer dann die höchste Biomasse erzeugten, wenn sie mit eben diesem Konkurrenten zu tun hatten. In allen anderen Fällen wurde weniger Biomasse erzeugt.

7.2 Genetische Variation

7.2.1 Ursachen der genetischen Variation

Als Ursache der genetischen Variation kommen Mutationen, Zufallsprozesse, verschiedene lokale Muster des Genflusses innerhalb und zwischen Populationen und Anpassungen an kleinräumige, regionale oder über größere Entfernungen wirkende, biotische oder abiotische Umweltbedingungen in Frage.

Offenbar können auch kleinräumige Unterschiede der Standortbedingungen genetische Variation bedingen. Dies verwundert nicht, da bekannt ist, daß die abiotischen und biotischen Standortbedingungen kleinräumig sehr differenziert sein können (Linhart 1974, Menges 1991, Turkington & Aarson 1984). Eine genetische Differenzierung über kurze Distanzen ist aber nur durch einen lokal eingeschränkten Genfluß möglich. Auf die in einigen Fällen extrem lokale Natur des Genflusses weist aber bereits Levin & Kerster (1974) sowie Schaal (1975) hin.

7.2.2 Messung der genetischen Variation

Es steht eine Fülle verschiedener Verfahren zu Verfügung, um die genetische Variation zu bestimmen. Einen Vergleich der verschiedenen Techniken findet sich bei Schaal (1991). Die Bestimmung des Allozym- Polymorphismus mit Hilfe der Stärkegelelektrophorese gehört zu den seit längerem bewährten Methoden. Sie wurde zum ersten Mal von Lewontin & Hubby (1966) bei *Drosophila* angewandt. Eine gute Beschreibung des Verfahrens gibt Rothe (1994).

Das Prinzip ist, daß durch Mutationen auf der DNA Proteine entstehen, die veränderte Aminosäuresequenzen besitzen. Dies kann im einfachsten Fall durch die Ersetzung einer Aminosäure durch eine andere verursacht werden. Hat die neue Aminosäure eine andere Ladung, wandern die Proteine unterschiedlich schnell im elektrischen Feld. Proteine verschiedener Aminosäuresequenzen können so gelelektrophoretisch aufgetrennt werden. Haben die Proteine Enzymfunktion, lassen sie sich in geringsten Konzentrationen im Gel nachweisen, da sie unter geeigneten Bedingungen viele ihrer Substratmoleküle umsetzen. Koppelt man den Substratumsatz mit einer Farbreaktion, kann das Protein sichtbar gemacht werden.

Der Vorteil der Elektrophoresetechnik ist die einfache und universelle Anwendung bei verschiedensten Organismen. Die Technik ist vielfach erprobt und es gibt für eine Reihe von Arten Daten, welche zum Vergleich herangezogen werden können. Ein Nachteil ist die im Vergleich zu Untersuchungen auf DNA- Ebene geringere Auflösung. Die geringere Auflösung ergibt sich aufgrund des degenerativen genetischen Codes und der Tatsache, daß nur solche Mutationen sich auswirken, die auf exprimierten Abschnitten der DNA liegen. Zudem kann nur ein Teil der Aminosäuresubstitutionen erfaßt werden, da nur solche Substitutionen bemerkt werden, die eine Änderung der Nettoladung eines Enzyms bewirken. Im übrigen kann immer nur eine relativ kleine Auswahl an Enzymen getestet werden. Es ist, wie bei den anderen Techniken auch, zu beachten, daß die Ergebnisse der Elektrophorese nur eine Zufallsstichprobe der genetischen Variation darstellen. Einen Überblick über die Vor- und Nachteile der Isoenzymanalyse zeigt Müller-Starck (1998).

Der Anteil an Isozym polymorphie neutraler Allele in einer Population kann zu einem Großteil durch Mutationsrate, Zufallsprozesse und Populationsgröße erklärt werden. Es ist daher anzunehmen, daß die Mehrheit der nachgewiesenen Isozym polymorphismen auf selektiv neutralen Mutationen beruhen (Kimura 1987). Dies ergibt sich auch aus Vergleichen von nach Zufallsprozessen erwarteten und bei bestimmten Populationsgrößen und geschätzten Mutationsraten tatsächlich gefundenen Variationen. Die Erklärung ist, daß die meisten Änderungen der Aminosäuresequenz der Enzymproteine keine wesentliche Änderung der Proteinstruktur und damit der Enzymfunktion bewirken. Aber auch neutrale Mutationen könnten durchaus für die Anpassungsfähigkeit von Populationen von Bedeutung sein, und zwar dann, wenn sie die Voraussetzung für tatsächlich adaptive Mutationen schaffen oder neue Umweltbedingungen auftreten (Sperlich 1988).

Da die Allozym polymorphismen vor allem auf neutralen Mutationen beruhen, treten zwischen isolierten Populationen durch Zufallsprozesse bedingte Divergenzen auf, die mit der Zeit zunehmen. Populationen, die längere Zeit, voneinander isoliert waren, sind demnach stärker Divergent, als solche, die weniger stark oder kürzere Zeit isoliert waren. Es lassen sich daher neben Polymorphie- und Heterozygotieraten genetische Identitäten und Divergenzen nach Nei (1973) berechnen und aus diesen Werten Dendrogramme ableiten, welche die genetischen Distanzen, bzw. Ähnlichkeiten, darstellen.

7.2.3 Größe und Verteilung der genetischen Variation

Pflanzenarten sind im Schnitt an 50% ihrer Isozym- Genorte polymorph. Besonders die geographische Situation der Verbreitung, die Lebensform, Mechanismen der Samenverbreitung und die Befruchtungssysteme sind verantwortlich für die Größe und Verteilung der genetischen Variation einer Art. Aus dem Vergleich des Datenmaterials von Untersuchungen der Variation von Isoenzymen verschiedener Pflanzenarten konnten allgemeine Zusammenhänge der Größe der genetischen Variation und der Ökologie von Arten abgeleitet werden (Hamrick 1989, Hamrick 1991, Hamrick & Godt 1989).

Allgemeine Regeln für die Größe der genetischen Variation von Pflanzenarten

Endemische haben in der Regel weniger als die Hälfte der Variation von weitverbreiteten Arten, sie haben weniger polymorphe Allozyme und diese weniger Allele. Im Durchschnitt finden sich bei Pflanzen 78% der Variation innerhalb und nur 22% zwischen Populationen. Genetisch variable Arten haben in der Regel auch hohe Variation innerhalb von Populationen, jedoch geringere Variation zwischen Populationen. Solche mit insgesamt geringerer Variation haben dagegen im allgemeinen geringere Variation innerhalb und größere Variation zwischen Populationen.

Innerhalb von Populationen sind etwa 34% der Allozyme polymorph. Größte Variation haben Windbestäuber, gefolgt von durch Tiere bestäubten Fremdbestäubern, durch Tiere bestäubten Pflanzen mit teilweise Selbstbestäubung und Selbstbefruchtern mit geringster Variation. Ebenso ergibt sich eine Folge abnehmender genetischer Variation von weit verbreiteten, über regional und lokal verbreiteten bis hin zu endemischen Arten.

Ganz anders sieht es aus, wenn man die Variation zwischen Populationen betrachtet. Zwischen Populationen weisen die Selbstbestäuber größte Variation auf, gefolgt von tierbestäubten und windbestäubten Arten. Einjährige haben größere Variation zwischen Populationen als kurzlebige und diese größere als langlebige (Hamrick 1991).

Wolff *et al.* (1994) konnten bei verschiedenen *Plantago*- Arten den Zusammenhang von genetischer Variation und dem Befruchtungssystem der Arten detailliert darstellen. Bei der stark selbstbefruchtende Art *Plantago major* zeigten sich geringe Unterschiede innerhalb von Populationen, aber große zwischen Populationen. *Plantago coronopus* mit gemischtem Befruchtungssystem zeigt ein intermediäres Verhalten.

Aber auch weitere Faktoren, wie etwa die Habitateigenschaften oder die Ausbreitungsgeschichte, können eine Rolle spielen. Das Zusammenwirken verschiedener Parameter kann im Einzelfall bewirken, daß die genetische Variation einer Pflanzenart nicht den Erwartungen

aufgrund ihrer Ökologie entspricht und kann es sehr schwierig machen, Voraussagen zu treffen. Im folgenden werden einige Beispiele genannt, die weitere Zusammenhänge aufzeigen.

Verteilung der genetischen Variation und Ausbreitungsgeschichte

Die genetische Variation bei Populationen von *Quercus petraea* in Italien wurde mit Allozym-Techniken verglichen. Populationen von den Randbereichen der Verbreitung haben mehr Allele, aber geringere Heterozygotie als solche aus dem zentralen Bereich. Die Muster der geographischen Variation der Allelfrequenzen werden als Ergebnis der postglazialen Wanderung interpretiert (Zanetto & Kremer 1995). Leonardi & Menozzi (1995) untersuchten 20 Populationen von *Fagus sylvatica* auf Enzym- Polymorphismen. Es wurden klare Unterschiede zwischen den nördlichen und südlichen Populationen festgestellt. Die Allelvariation in den Südpopulationen ist höher. Dies hängt vermutlich damit zusammen, daß die nördlichen Populationen durch Einwanderung aus dem Süden entstanden.

Verteilung der genetischen Variation und Habitateigenschaften

Die genetische Divergenzen zwischen Individuen einer oder mehrerer Populationen können häufig als Anpassungen an verschiedene abiotische (Bradshaw 1984) oder biotische (Turkington & Aarson 1984) Umweltfaktoren gedeutet werden. Dies wird vor allem durch geringe Überlebensraten in einigen Verpflanzungsexperimenten deutlich (s.o.). In Populationen von *Festuca ovina* existiert ein signifikanter Zusammenhang zwischen Habitateigenschaften und Allozym- Frequenzen. Dies wird als Hinweis interpretiert, daß Nischendifferenzierung zum genetischen Polymorphismus bei *Festuca ovina* beiträgt (Prentice *et al.* 1995).

Aber auch in einer homogenen Umwelt kann der Selektionsdruck genetische Variation fördern. So zeigte Ennos (1985), daß verschiedene Genotypen von *Trifolium repens* der innerartlichen Konkurrenz dadurch ausweichen, daß sie in unterschiedlichen Bodentiefen wurzeln.

Genetische Variation und Seltenheit

Einige seltene Pflanzen sind weitgehend monomorph und weisen geringste genetische Variation auf (Waller *et al.* 1987; Lesica *et al.* 1988; Cole 1992; Soltis *et al.* 1992; Bauert 1994). Dies trifft jedoch auch für manche weitverbreitete Arten zu, z.B. auf *Pinus resinosa* (Fowler & Morris 1977) oder verschiedene Arten von *Typha* (Mashburn *et al.* 1978). Genetische Variation ist also nicht unbedingt Voraussetzung für Plastizität und weite Verbreitung einer Art.

7.2.4 Genfluß zwischen Populationen

Eine wichtige Größe für die Verteilung der genetischen Variation und die Auswirkungen von geographischer Isolation ist der Genfluß zwischen und innerhalb von Populationen.

Der Genfluß zwischen Populationen ist zum einen abhängig von der geographischen Distanz zwischen den Populationen (Jain & Bradshaw (1966), zum anderen von den Bestäubungsmechanismen und der Fähigkeit einer Art, ihre Samen zu verbreiten und sich an neuen Standorten zu etablieren. Auch die Art der Vermehrung kann eine Rolle spielen.

Schaal (1980) zeigte bei *Lupinus texensis*, daß der Genfluß unter anderem von den verschiedenen Ausbreitungsmechanismen der Diasporen abhängig ist. Es können direkte Beziehungen zwischen den Flugdistanzen der Bestäuber und der Häufigkeit von Allelen beschrieben werden. Auch die verschiedenen Mechanismen der Vermehrung haben erheblichen Einfluß auf den Genfluß. Schon bei geringem Anteil klonaler Vermehrung ergibt sich eine starke Sektorenbildung in einer Population von *Gleditsia triacanthos* (Schnabel & Hamrick 1990).

Für die einzelnen Arten gibt es jedoch kaum genaue Informationen, wie weit und wie effektiv Samen verbreitet werden. Man weiß auch wenig darüber, in welchem Ausmaß die Bestäubung über bestimmte Distanzen wirksam ist. Somit ist auch die Wirksamkeit des Genflusses bei den einzelnen Arten in den meisten Fällen unbekannt. Es läßt sich daher oft nicht mit Sicherheit sagen, ob und wie stark Populationen voneinander isoliert sind.

7.2.5 Genetische Variation und kleine Populationen

Die Gründe für kleine Populationsgrößen können ganz verschieden sein. Es gibt Pflanzenarten, die immer nur in kleinen Populationen auftreten und solche die normalerweise größere Populationen bilden, deren Lebensräume jedoch, beispielsweise durch den Einfluß des Menschen, stark verkleinert wurden.

In der Regel haben seltene Pflanzen nur relativ kleine Populationen. Ellstrand & Elam (1993) untersuchte die Angaben der Populationsgrößen von 743 seltenen Pflanzenarten. Dabei hatten 18% der Vorkommen weniger als 10 und 53 % weniger als 100 Individuen. Aber die Annahme, daß seltene Pflanzen überwiegend solche sind, die in kleinen, isolierten Populationen vorkommen, ist nicht immer zutreffend. Rabinowitz (1981) listet sieben verschiedene Formen der Seltenheit auf, von denen nur vier durch kleine Populationsgrößen gekennzeichnet sind. Kruckeberg & Rabinowitz (1985) machen auch auf die sehr unterschiedliche Ökologie und Entwicklung von seltenen Pflanzen aufmerksam.

In kleinen Populationen wirken sich die Effekte der genetischen Drift viel eher aus als in großen. Zudem können Inzuchteffekte eine Rolle spielen. Im allgemeinen sind in kleinen Populationen die Anteile Heterozygoter und polymorpher Allozymloci geringer. Dabei ist allgemein bei Pflanzen, die immer schon in kleinen, mehr oder weniger isolierten Populationen auftraten, zu erwarten, daß Mechanismen existieren die negativen Effekten kleiner Populationen entgegenwirken, bei Pflanzen dagegen, die normalerweise immer in größeren Populationen leben, ist eher mit negativen Effekten kleiner Populationsgrößen zu rechnen (Barrett & Kohn 1991). Einen Überblick über die möglichen Auswirkungen von kleinen Populationsgrößen auf die Variation und die Fitneß von Populationen zeigen z.B. Barrett & Kohn (1991) oder Ellstrand & Elam (1993).

In einigen konkreten Fällen konnte ein korrelativer Zusammenhang kleiner Populationsgrößen und verringerter Fitneß nachgewiesen werden. Bei *Banksia goodii* in Australien haben beispielsweise kleine Populationen eine überproportional verringerte Samenproduktion (Lamont & Klinkhammer 1993). Ebenso haben große Populationen von *Silene regia* höhere und weniger schwankende Keimraten als kleine Populationen (Menges 1991).

7.2.6 Verlust genetischer Variation

Bei einigen Arten wurde beobachtet, daß durch genetische Drift und Inzucht kleine, isolierte Populationen genetisch verarmen. Verringerte genetische Variation bei kleinen, fragmentierten Populationen wurde z.B. bei *Eucalyptus albens* (Prober & Brown 1994) und bei *Salvia pratensis* in Holland (Ouborg & Vantreuren 1994) beschrieben. Allerdings hatte der Verlust der genetischen Variation bei *Salvia pratensis* noch keine erkennbaren Auswirkungen auf phänotypische, bzw. auf Fitneß- Parameter wie Keimraten und Fruchtansatz (Ouborg & Vantreuren 1995). Dies wurde von Ouborg & Vantreuren (1995) darauf zurückgeführt, daß selektiv wichtige Merkmale von der erst seit kurzer Zeit wirkenden genetischen Erosion noch nicht betroffen werden.

In anderen Fällen hatte die Isolation in kleinen Populationen keine erkennbaren Auswirkungen auf die genetische Variation (Crawford & Lewis 1995). Es zeigte sich hier, daß die mit Hilfe von Allozym- Techniken ermittelte genetische Variation in einer endemischen Art der Gattung *Polygonella* sogar größer war als bei weitverbreiteten Arten. Dies wird einerseits dadurch erklärt, daß die weitverbreiteten Arten größere Selbstbestäubungsraten haben und andererseits, daß sie während der glazialen Wanderung der Sippen an genetischer Variation einbüßten.

Ebenfalls mit Endemiten befaßten sich Bauert (1994)/ *Saxifraga cernua*) und Glover & Abbott (1995)/ *Primula scotica*). In beiden Fällen wurde bei den seit langer Zeit in kleinen und stark isolierten Populationen lebenden Arten mit den verwendeten Allozym- Techniken nur sehr geringe Variation festgestellt.

7.2.7 Mögliche Auswirkungen des Verlusts genetischer Variation

Im Zusammenhang mit verringerter genetischer Variation wird bei einigen Arten eine verringerte Fitneß beobachtet (*inbreeding depression*). Fruchtbarkeit und Keimungsraten können abnehmen. Eine negative Beeinflussung des Genpools durch Inzucht wurde schon früh bei Kulturpflanzen (Neal 1935; Wright 1977) und später auch bei einigen Wildpflanzen nachgewiesen (z.B. Ganders & Ritland 1987, Schemske 1983, Schoen 1983).

In der Arbeit von Oleksyn *et al.* (1994) wurde der Einfluß von Immissionen auf Populationen von *Pinus sylvestris* verschiedener geographischer Herkunft untersucht. Es ergab sich eine negative Korrelation zwischen radialem Wachstum und genetischer Variation. Populationen mit kleinerer genetischer Variation zeigten sich weniger widerstandsfähig gegenüber Schadstoffbelastungen.

Genetische Grundlage der Verschlechterung durch Inzucht ist einmal die vermehrte Expression rezessiver, unvorteilhafter Gene bei verringerter Heterozygotenrate und die häufig beobachtete Überlegenheit Heterozygoter auch gegenüber Homozygoten mit dominanten Allelen, was als *Heterosis-Effekt* bezeichnet wird (Charlesworth & Charlesworth 1987).

Eine Voraussage der Auswirkungen verringerter genetischer Variation ist jedoch kaum möglich, zumal die negativen Auswirkungen von Inzucht auf die Fitneß der Pflanzen auch abhängig von den Standortbedingungen sind (Dudash 1990, bei *Sabatia angularis*).

Es wurde zudem beobachtet, daß die genetische Variation keinesfalls zwangsläufig positiv mit der Fitneß von Pflanzen verbunden ist. Zufallmutationen einzelner Allele haben meist neutrale oder negative Auswirkungen. In größeren Populationen können solche Mutationen gehäuft auftreten, da die Allele vermehrt in heterozygoter Form vorliegen und daher nicht über homozygote Individuen ausselektiert werden. Die Häufung von Allelen, welche besonders in homozygoter Form negative Effekte haben, stellt eine *genetische Last* der Population dar. Populationen mit einer höheren genetischen Last reagieren empfindlicher auf Inzucht (*genetic load*, *inbreeding load*). Darauf hat beispielsweise Ouborg & Van Treuren (1994) hingewiesen.

Ein weiteres Phänomen ist die in einigen Fällen beobachtete Verringerung der Fitneß bei der Kreuzung von Individuen aus verschiedenen, geographisch getrennten Populationen (*outbreeding depression*). Eine Erklärung kann sein, daß Allele nach einem bestimmten Effekt ausgelesen wurden. Die heterozygote Form ist intermediär ausgebildet und daher nicht mehr so gut an bestimmte Umweltbedingungen angepaßt (Stebbins 1977).

8 Material & Methoden

Die Arbeit gliedert sich in die eigentlichen genetischen Untersuchungen (Isoenzymanalyse), die phänotypischen Untersuchungen im Freiland und Gewächshaus, die Transplantationsexperimente und die Messung von Standortparametern und Populationsgrößen.

Zur Bearbeitung der Aufgabenstellung mußte die genetische Variation verschiedener Populationen einer Wildpflanzenart gemessen werden. Dies umfaßt die Größe und Verteilung der genetischen Variation in ihren verschiedenen Ausprägungen. Ein weiterer Aspekt ist die Beleuchtung populationsgenetischer Prozesse wie Migration, Gendrift, Selektion und Inzucht und deren Betrachtung im Zusammenhang mit den Standortbedingungen und den Populationsgrößen. Die Untersuchung der Bedeutung der genetischen Variation für die Populationen, d.h. der Zusammenhänge zwischen genetischer Variation und der Fitneß von Pflanzen sowie zwischen genetischer Variation und der Variation phänotypischer Merkmale, war ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit.

Zur Untersuchung der Zusammenhänge von genetischer Variation und der Fitneß der Individuen wurden Transplantationsexperimente durchgeführt. Die Bedeutung der genetischen Variation für Pflanzenpopulationen ist am besten durch den Vergleich genetischer und phänotypischer Variation in Zusammenhang mit den wichtigsten Standortparametern und der Populationsgröße darstellbar. Die genetische Variation wurde daher untersucht, indem zum einen selektionsneutrale Mutationen verschiedener Enzymsysteme mit Hilfe der Stärkegelelektrophorese dargestellt und statistisch ausgewertet wurden. Zum anderen wurde der genetischen Variation anhand leicht zu messender phänotypischer Merkmale nachgegangen.

Die Varianten der untersuchten Enzyme sind im Grunde gleichermaßen Merkmale der Individuen wie etwa die Form der Blätter oder die Blütezeit, welche als phänotypische Merkmale bezeichnet wurden. Der wesentliche Unterschied besteht jedoch darin, daß die Mutationen der untersuchten Enzymsysteme in der Regel selektionsneutral sind, während Merkmale wie die Blütezeit oder die Behaarung der Blätter mit hoher Wahrscheinlichkeit mit der Fähigkeit der

Individuen zusammenhängen, zu überleben und sich fortzupflanzen. Sie werden darum vermutlich unmittelbar durch selektive Prozesse bestimmt. Will man die genetische Variation beschreiben, müssen sowohl selektiv beeinflusste, als auch selektiv neutrale Merkmale betrachtet werden, denn die genetische Variation dieser Merkmale unterliegt möglicherweise entgegengesetzt wirkenden Mechanismen. Beispielsweise könnte sich unter dem Einfluß von Selektion die Variation betroffener Merkmale verringern, während die Variation selektiv neutraler Merkmale nicht betroffen wird.

Die Messung phänotypischer Merkmale wurde sowohl im Freiland als auch im Gewächshaus durchgeführt. Während die phänotypischen Merkmale der Pflanzen im Freiland durch sich überlagernde Umwelteinflüsse variiert werden, ist es möglich, die Standortbedingungen im Gewächshaus für alle untersuchten Individuen und Herkünfte konstant zu halten. Auf diese Weise kann man erkennen, welcher Teil der im Freiland gemessenen Variation, im Gewächshaus, trotz der völlig gleichen Bedingungen, erhalten bleibt und somit genetisch bedingt sein muß (sofern die Variation nicht durch die auch im Gewächshaus möglichen, geringfügigen Schwankungen der Bedingungen oder durch maternale Effekte erklärbar ist). Bei Anzucht der Pflanzen im Gewächshaus war es zudem möglich, Standortfaktoren gezielt zu variieren, um deren Einflüsse auf die Individuen und mögliche Unterschiede in den Reaktionen der Populationen zu erkennen. Durch gezieltes Variieren einzelner Faktoren bei den Gewächshausversuchen ist es zudem möglich, zu erkennen, in welchem Maße ein gemessenes Merkmal umweltabhängig ist. Die Messungen im Freiland dienten unter anderem dazu, zu überprüfen, ob die Ausprägung der Merkmale der Pflanzen unter den künstlichen Bedingungen im Gewächshaus das "Verhalten" im Freiland in modifizierter Form widerspiegelt oder eventuell völlig verändert ist.

8.1 Artenwahl

Zur Untersuchung der vorliegenden Fragestellung wurde eine Art ausgewählt, die folgende Kriterien erfüllt:

Vorkommen

- Eine Art artenreicher Feuchtwiesen.
- Eine Art, welche mehrere Populationen aufweist, die räumlich von einander isoliert sind.
- Eine Art, welche auf den Renaturierungsflächen (Torfabtragsflächen) im nördlichen Dachsholz (Donaumoos) mit Erfolg aus Samenmaterial und durch Anpflanzung (im Gewächshaus angezogener Individuen) aus anderen Populationen übertragen wurde.

Eigenschaften

- Mehrjährige Art, welche die Anzucht im Gewächshaus erlaubt.
- Eine Art mit Insektenbestäubung und höchstens geringem Vermögen der Samenverbreitung durch Wind.
- Eine Art, deren Individuen eine gewisse Größe besitzen, so daß einfache morphologische Messungen problemlos durchführbar sind.
- Eine Art welche ausreichende Menge an Untersuchungsmaterial (Knospen, junge Blätter) bietet.
- Diploide Art.
- Keine Inhaltsstoffe, welche die Allozymuntersuchungen stören könnten.
- Mindestens 10 Enzymssystemen mit genügender Enzymaktivität

Nach Vorversuchen wurde aus den in Frage kommenden Arten *Succisa pratensis* ausgewählt. Von *Succisa pratensis* wurden verschiedene Formen beschrieben (Hegi 1918), was eine gewisse genetische Variation der Art vermuten läßt. Besonders wichtig ist, daß die Auswertung und die Interpretation der Ergebnisse durch die Tatsache, daß die Art diploid ist, wesentlich erleichtert wird. *Succisa pratensis* gilt zwar als allgemein verbreitet (Haeupler & Schönfelder 1988, Schönfelder und Bresinsky 1990), ist allerdings durch Vernichtung der Standorte sehr im Rückgang begriffen und darum in einigen Bundesländern bereits in der Roten Liste aufgeführt. Die Populationen der Art sind im Gebiet des Donaumoos nur noch fragmentarisch und in kleinen, von einander räumlich isolierten Restflächen vorhanden. Es ist aber davon auszugehen, daß im Donaumoos ursprünglich wesentlich größere Populationen existierten.

8.2 Untersuchungsgebiet / Populationen

8.2.1 Geographische Lage

Die Populationen liegen in Mitteleuropa, etwa 70 Kilometer nördlich der Alpen, zwischen 11°11' und 11°41' O und 48°22' und 48°43' N (Abb. 1). Die Höhenlage der Standorte schwankt zwischen 450 und 320 m über NN. Das Gebiet läßt sich in drei Teile gliedern, das bei Ingolstadt südlich der Donau gelegene Donaumoos, das wenige Kilometer südlich davon verlaufende Paartal, welches östlich von Ingolstadt in die Donau mündet, und das Freisinger Moos, südlich der Stadt Freising, etwa 30 km nördlich von München. Diese Teilgebiete stellen verschiedene Naturräume dar, welche sich klimatisch geringfügig unterscheiden und welche geographisch von einander getrennt sind. Die Lage der Populationen im Untersuchungsgebiet ist in Abb. 1 und Tab. 2 dargestellt. Die Entfernungen zwischen den Populationen sind aus Tab. 120 abzulesen.

8.2.2 Klima

Die Lage der Populationen innerhalb der klimatischen Naturräume ist in Tab. 1 dargestellt (Deutscher Wetterdienst Weihenstephan, 1997). Die mittlere Dauer der Vegetationszeit beträgt 206-210 Tage. Die Unterschiede der Dauer der phänologischen Jahreszeiten zwischen den Naturräumen kann aus dem phänologischen Kalender (Deutscher Wetterdienst Weihenstephan 1997, Mittelwerte 1961-1990) abgelesen werden. Die Unterschiede zwischen den Naturräumen sind demnach relativ gering.

Eine feinere Auflösung ergibt sich bei Betrachtung des Beginns der Blüte von Arten, wie Schneeglöckchen, Apfel und Flieder. Dabei erweist sich das Donaumoos als klimatisch leicht begünstigt mit einer etwas längeren Vegetationsperiode und früher einsetzender Blüte der einzelnen Arten. Das Paartal und das Freisinger Moos sind insofern klimatisch ungünstiger. Die Unterschiede des Beginns der Blüte der genannten Arten betragen aber jeweils nur wenige Tage.

Weitere Unterschiede ergeben sich bei der Anzahl der Tage mit Temperaturen unter -2°C. Im Bereich des Donaumooses und des unteren Paartals wurden im Mittel (1961-1990) 20-40 solcher Kältetage im unteren Paartal und im Freisinger Moos dagegen 40-60 gezählt.

Die Niederschlagswerte liegen im Donaumoos im Mittel bei 500-600 mm (1961-1990) und sind damit geringer als im Paartal mit 700-800 mm und im Freisinger Moos mit 800-900 mm.

8.2.3 Beschreibung der Populationen

Die sieben untersuchten Populationen (Abb. 1) liegen zum einen im Bereich des Donaumoos (Dachsholz, Zensi-Schütt, Heinrichsheim), zum anderen im südlich davon gelegenen Paartal (Hörzhausen, Freinhausen1 und 2) und im Freisinger Moos. Die Freisinger Population dient dazu, den auf einen kleinen regionalen Bereich beschränkten Populationen eine aus einem weiter entfernten Gebiet gegenüberzustellen.

Die Entfernungen zwischen den Populationen sind in Tab. 120 angegeben. Bedingt durch die geringe Entfernung zwischen den Populationen Freinhausen1 und Freinhausen2 von nur etwa 100 m ist hier von einer Verbindung der Populationen durch bestäubende Insekten oder durch Samenverbreitung auszugehen. Zwischen der fünf Jahre alten Population Dachsholz und ihrer Ursprungspopulation Heinrichsheim liegen 4,3 km Entfernung. Solche Entfernungen gelten bereits als isolierend, da sie kaum von bestäubenden Insekten überbrückt werden (Schaal 1980). Theoretisch ist eine Verfrachtung von Samen durch Tiere durch Klettverbreitung bei *Succisa pratensis* möglich, doch ist diese Möglichkeit aufgrund der großen Entfernungen, der Kleinheit der Flächen und des Fehlens von Biotopvernetzungen sehr unwahrscheinlich.

Während also die Populationen in Freinhausen nicht von einander isoliert sind, sind die Populationen Dachsholz und Heinrichsheim seit fünf Jahren getrennt. Die übrigen Populationen sind seit der Intensivierung der Landwirtschaft, der tiefen Absenkung des Grundwassers und der Umwandlung der Wiesen in Ackerflächen seit mindestens 80-90 Jahren auf kleine Relikte zurückgedrängt und von einander isoliert. Noch heute vorhandene Fragmente von Feuchtwiesen bei den Gemeinden Zell, mit einer kleinen Population von *Succisa pratensis*, 1 km vor Heinrichsheim und bei Lichtenheim in der Nähe von Zensi-Schütt (Patzelt et. al. 1997) zeigen, daß im Donaumoos, zwischen Zensi-Schütt und Heinrichsheim, in früheren Zeiten weitere Populationen lagen. Auch zwischen den Populationen im Paartal, Hörzhausen und Freinhausen, dürften in der Vergangenheit entlang der Paar weitere Feuchtwiesen mit Populationen von *Succisa pratensis* gelegen haben, welche die heutigen Standorte miteinander vernetzten. Zwischen den Populationen im Paartal und im Donaumoos erhebt sich jedoch eine Hügelkette der Hallertau, welche sich erst nördlich von Freinhausen absenkt. Eine direkte Verbindung zwischen Donaumoos- und Paartal- Populationen hat es demnach offensichtlich nie gegeben. Die Freisinger Population schließlich ist allein durch ihre Entfernung schon immer von den übrigen Populationen weitgehend isoliert.

Heinrichsheim

Heinrichsheim ist eine kleine, dichte Population von *Succisa pratensis* mit einer Ausdehnung von wenigen qm. Die Population liegt direkt an einem Bahndamm und wächst auf lehmig-sandigem Untergrund. Die Wiesengesellschaft ist sehr artenreich, wobei eine Mischung von Feuchtwiesenarten mit solchen von trockeneren Standorten auffällt. Die Grundwasserstände schwanken stark, teilweise wird die Fläche im Winter mehrere Wochen lang überflutet. Der Bestand wird von umliegendem Gebüsch beschattet. Die Mahd erfolgt durch ABM- Kräfte des Landratsamt Neuburg einmal im Jahr (Patzelt & al. 1997).

Dachsholz

Dachsholz ist eine Renaturierungsfläche mit durch Streugut und Auspflanzung etablierten Populationen von *Succisa pratensis* (hunderte Exemplare). Das Streugut stammt von den Kleinfächen Zensi-Schütt, Lichtenhain, Zell und Heinrichsheim. Die Fläche wurden erst vor 5 Jahren geschaffen und ist bisher nur lückig von Pflanzen besiedelt. Es handelt sich um Nieder-

moortorf. Die Grundwasserstände schwanken relativ stark. Die Mahd erfolgt durch ABM-Kräfte des Landratsamt Neuburg einmal im Jahr (Patzelt & al. 1997).

Zensi-Schütt

Die Population von *Succisa pratensis* in Zensi-Schütt ist relativ klein. Die Fläche ist von einer sehr artenreichen Gesellschaft von Feuchtwiesenarten bewachsen. Sie ist eine ehemalige Auskiesfläche und liegt innerhalb eines Feldgehölzes (Beschattung). Die Fläche ist durch ihr Relief kleinräumig sehr differenziert. Der Boden ist zumindest teilweise torfig (mit geringer Mächtigkeit). Auch hier sind die Grundwasserstände stark schwankend. Teile der Fläche können im Winter wochenlang überflutet sein. Die Mahd erfolgt durch ABM-Kräfte des Landratsamt Neuburg einmal im Jahr (Patzelt & al. 1997).

Freinhausen1 und Freinhausen2

Auf den Streuwiesen bei der Gemeinde Freinhausen im Paartal befindet sich ein ausgedehnter, mehrere Hektar großer Bestand von *Succisa pratensis* auf einer extensiven, regelmäßig im August gemähten Streuwiese. Es handelt sich um eine artenreiche Feuchtwiesengesellschaft, in der *Succisa pratensis* stellenweise dominiert. Bereits nach 10-30 cm stößt der Spaten auf Sand, Kies oder Tonscherben unbekannter Herkunft.

Im Bereich des als Freinhausen2 bezeichneten Bestands ist der Boden dicht übersät mit Tausenden Rosetten von *Succisa pratensis*. Die Vegetation erreicht hier aber nur vergleichsweise geringe Höhe und unterscheidet sich dadurch in der Physiognomie von dem nur etwa 100 m entfernten Bestand, welcher als Freinhausen1 bezeichnet wurde. Diese Population beinhaltet weniger Individuen und *Succisa pratensis* wächst weniger dicht als in Freinhausen2. Die Vegetation ist insgesamt höher und *Succisa pratensis* hat einen allgemein kräftigeren Wuchs.

Hörzhausen

Hörzhausen ist ein Rest einer extensiv genutzten Feuchtwiese im Durchströmungsmoorbereich der Paar in der Nähe von Hörzhausen. Es ist eine nur relativ kleine Population mit wenigen Individuen. Die Vegetation wird von einer artenarmen, bultigen Pfeifengraswiese gebildet, welche in eine Mädesüßflur übergeht. Die Mahd erfolgt durch ABM-Kräfte des Landratsamt Neuburg einmal im Jahr (Patzelt & al. 1997).

8.2.4 Geschichte

Die ausgewählten Flächen sind Restflächen ehemals ausgedehnter Streuwiesen. Dabei sind die Flächen an der Paar primäre, die im Donaumoos und Freisinger Moos dagegen sekundäre Standorte von *Succisa pratensis*. Leider gibt es kaum exakte Angaben über die Geschichte der einzelnen Standorte (Pfadenhauer & al. 1991).

Bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Entwässerungsmaßnahmen und des Rückgangs der Streuwiesennutzung, welche im Donaumoos ab 1906 schon weniger als 10% ausmachten und durch weitere Entwässerungsmaßnahmen in den zwanziger Jahren weiter zurück gingen, ergibt sich, daß von den ursprünglichen Streuwiesen schon vor 80 Jahren nur noch kleine Reste vorhanden waren. Die ursprüngliche Vegetation im Donaumoos wurde nirgends genauer festgehalten. Ende des 18. Jh. wird das Moos als unzugänglicher Sumpf beschrieben. Teile dienten als Streuwiesen oder Weideflächen, wobei das Vieh im nassen Moorboden tief einsank (Ruthsatz 1983). Erste Entwässerungsmaßnahmen erfolgten bereits 1790-1793. Die Anlagen wurden zwischen 1818 und 1852 erneuert. Da die Entwässerungsmaßnahmen aufgrund der

allgemeinen Moorsackungen und der Torfstiche unwirksam wurden, wurde in den zwanziger Jahren ein weiterer Entwässerungsplan realisiert. Schon 1840/41 werden die typischen Flachmoor- und Streuwiesenarten im Raum Ingolstadt als selten bezeichnet (Strehler 1840/41). Der Rückgang der Streuwiesen erfolgt spätestens mit der Einführung mineralischer Dünger und dem Rückgang der Streuwiesennutzung. Im Jahre 1880 waren im Donaumoos 81% als Wiesen und Weiden genutzt, 1906 waren nur noch 43% Wiesen, davon Weiden und Streuwiesen 8,5% (Haushofer 1979, Pfadenhauer *et al.* 1991).

Der kleine Streuwiesenrest Zensi-Schütt entstand vor etwa 130 Jahren, während des Baus der Bahnlinie zwischen Schrobenhausen und Ingolstadt (1869-1870). Die Entwässerung des Donaumoos war zu dieser Zeit noch nicht vollständig. Die Niedermoorarten konnten aus der unmittelbaren Umgebung in die Kiesbaggerung einwandern und sich dort bis heute halten, während sie in der Umgebung, infolge der Entwässerung und intensiven Bewirtschaftung, verschwanden. Ein Hinweis, daß zum Zeitpunkt des Baus der Bahnlinien noch höhere Grundwasserstände vorherrschten ist allein schon die Anlage des Hohen Bahndamms (Jürging und Kaule 1977). Auch stellt sich auf neu angelegten, isolierten Kiesbaggerungen keine vergleichbare Sukzession ein. Von Ruthsatz (1983) wird auf die Isolation dieser Restflächen hingewiesen, obwohl *Succisa pratensis* auch entlang einiger Gräben vorkommen kann.

Die Fläche in Heinrichsheim entstand, ähnlich wie die Fläche in Zensi-Schütt, durch den Bau der Bahnstrecke von Ingolstadt nach Neuburg an der Donau (um 1860). Heinrichsheim liegt, zumindest nach vorliegendem Kartenmaterial, nicht mehr im eigentlichen Donaumoos. Allerdings müssen die umliegenden Ackerflächen auch heute noch drainiert werden und es ist wahrscheinlich, daß die Arten der heutigen Restfläche von umliegenden Feuchtwiesen eingewandert sind und nach der Umwandlung der Feuchtwiesen in Ackerland nur auf der nicht genutzten Restfläche entlang des Bahndammes überlebten.

Die Renaturierungsfläche im Dachsholz wurde 1991 geschaffen (Patzelt *et al.* 1997). Mit Hilfe von Streugut und Pflanzungen aus Restflächen im Donaumoos wurden Streuwiesenarten etabliert. An der beprobten Stelle wurde *Succisa pratensis* aus Heinrichsheim gepflanzt, an in unmittelbarer Nähe gelegenen Stellen wurde mit Hilfe von Streugut *Succisa pratensis* aus Zensi-Schütt und zwei weiteren Standorten im Donaumoos bei Lichtenheim und Zell etabliert.

Die Freisinger Population liegt in einem Torfstich. Die Streuwiese ist ein kleiner Rest ehemals ausgedehnter Streuwiesenflächen im Freisinger Moos vor der Entwässerung und der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung.

Über die Entwicklung der Streuwiesen im Paartal gibt es nur spärliche Angaben. Bezüglich der Entwicklung der Intensivierung der Landwirtschaft, Entwässerung und dem Rückgang Streuwiesennutzung erfolgte jedoch eine ähnliche Entwicklung wie im Donaumoos (Ruthsatz 1983).

8.3 Messung von Bodenparametern

Im Freiland wurden, für jede Probe 20 mal, aus einer Tiefe von 0-20 cm, mit einem Stechzylinder Substrat gestochen. Die 20 Einzelproben wurden dann zu einer Mischprobe zusammengefaßt. Pro Standort wurden so 2-3 Mischproben genommen.

Die Bodenparameter im Gewächshaus wurden gezielt beeinflußt. Durch Düngung wurden Mineralien zugeführt, welche die Pflanzen in ihrem Wachstum förderten. Der verwendete Dünger war ein Mairol Universaldünger (Mairol-Classic), welcher Stickstoff, Phosphat (P₂O₅)

und Kali (K_2O), aber auch verschiedene Spurenelemente enthält (S. 164). Gleichzeitig wurden aber auch permanent Mineralien durch die Bewässerung ausgewaschen und von den Pflanzen verbraucht. Die Nährstoffbedingungen in den Töpfen schwanken daher ständig und stellen sich im Grunde nach jedem Bewässern und jedem Düngen anders dar. Allerdings wurden die Pflanzen der einzelnen Populationen innerhalb einer Behandlung immer völlig gleichen Bedingungen ausgesetzt.

Im Gewächshaus wurden am 15.8.99 durch die Entnahme von Bodenproben aus Töpfen eine Momentaufnahme der Nährstoffbedingungen gemacht, die Aufschluß darüber geben sollte, welcher der Hauptnährstoffe die Behandlungen unterscheidet und um zu prüfen, ob innerhalb der Behandlungen tatsächlich gleiche Bedingungen für die Pflanzen der verschiedenen Herkünfte herrschen. Dabei wurden vor der täglichen Bewässerung und vor der nächsten Düngung bei der Behandlung omod (Variante ohne Düngung und ohne *Molinia* – s. S. 39) 21 Proben (d.h. 3 pro Population) und je sieben Proben (d.h. 1 pro Population) bei den übrigen Behandlungen aus einer Tiefe von 0-20 cm aus je einem Topf entnommen.

Die Bodenproben aus dem Freiland und Gewächshaus wurden direkt nach der Entnahme im Trockenschrank 48 Stunden bei $60^\circ C$ getrocknet, fein gemahlen und in Gläser gefüllt. Die Analyse selbst wurde von der Firma AGROLAB durchgeführt. Dabei wurden die Werte der Parameter pH ($CaCl_2$), für die Pflanzen verfügbarer Stickstoff (NO_3/NH_4), Phosphat (P_2O_5), Kali (K_2O) sowie der Anteil organischer Substanz (%) bestimmt. Die Angabe von Bodengehalten als Phosphat und Kali ist allgemein üblich in der Bodenkunde und erlaubt den Vergleich zwischen Standorten. Auch der Vergleich mit den Gewächshausversuchen wird dadurch erleichtert, da auch hier mit Phosphat und Kali gedüngt wird. Die Gehalte können bei Bedarf entsprechend der Molekulargewichte in Phosphor ($P_2O_5[g] \cdot 0,44$) und Kalium ($K_2O[g] \cdot 0,83$) umgerechnet werden.

Ergebn. Freiland S. 56 / Gewächshaus S. 74

8.4 Freilanduntersuchungen

Die Variation der Pflanzen einer Art findet ihre Ausprägung unter den Bedingungen im Freiland. Ausgehend vom genetischen Potential einer Population werden die Merkmale durch vielfältige Faktoren weiter variiert. Die Beschreibung der phänotypischen Variabilität der Individuen der Populationen an ihren natürlichen Standorten ist somit der erste Schritt zur Untersuchung der Variation einer Art. Die Durchführung der phänotypischen Untersuchungen im Freiland (und Gewächshaus) wird auf S.40 beschrieben.

Einfluß auf die Ausprägung der Merkmale der Individuen haben neben genetischen Merkmalen, die an den Standorten auf die Pflanzen einwirkenden Standortfaktoren. Aus diesem Grund wurden, neben phänometrischen und phänologischen Messungen, Daten zu den Standortbedingungen, Boden, Wasser, Klima, Biomasseentwicklung erhoben und die Populationsgrößen von *Succisa pratensis* geschätzt.

8.4.1 Boden

Beschreibung der Methode S. 31

8.4.2 Wasser

Mit Hilfe eines Pegels pro Standort einer Population wurden die Grundwasserstände über ein Jahr hinweg in 2-4 wöchigem Abstand gemessen. Die Pegel waren einfache PVC- Rohre (Ø 50mm) mit einer maximalen Länge von 150 cm. Die Rohre wurden seitlich perforiert, unten mit Klebeband verschlossen und oben mit einem abnehmbaren Deckel versehen.

Ergebn. S.56 / Pegelstände Abb. 3 / Daten Tab. 5

8.4.3 Klima

Temperatur und relative Luftfeuchte wurden durch vergleichende, mehrtägige Messungen mit Hilfe von Dataloggern im Untersuchungszeitraum 1998-1999 bestimmt. Die 7 batteriebetriebenen Datalogger wurden an den einzelnen Standorten installiert und zeichneten die Meßwerte jeweils gleichzeitig und stündlich auf. Die Messung erfolgt durch Sensoren in 50 cm Höhe. Zum Schutz vor Regenwasser, Wind und direkter Sonneneinstrahlung wurden die Sensoren von oben mit einer Kappe abgedeckt. Die Daten konnten zur Auswertung auf den Computer ausgelesen werden (Abb. 2).

Ergebn. S. 56 / Mittelwerte Tab. 4 / Temperaturen Abb. 4- Abb. 5 / rel. Luftfeuchte Abb. 6-Abb. 7

8.4.4 Biomasse

Die Biomasse im Freiland wurde nicht für einzelne Pflanzen von *Succisa pratensis*, sondern für den Pflanzenbestand ermittelt und sollte als ein Maß für die Wüchsigkeit und die Konkurrenzkraft an dem jeweiligen Standort dienen.

Auf je vier Quadraten á 1 x 1 m wurden am 1.10.1997, 1998 und 1999 sowie am 15.6.1998 mit einer Gartenschere alle oberirdischen Pflanzenbestandteile abgeschnitten.. Die Pflanzenmasse wurde anschließend 48 Stunden im Trockenschrank bei 60° C getrocknet und gewogen.

Ergebn. S. 57 / Methode S. 34 / Biomasse Abb. 24 / Daten Tab. 17 /
Biomasse im Gewächshaus Abb. 55; Abb. 56

8.4.5 Populationsgröße

Die absolute Populationsgröße wurde als Anzahl Rosetten und durch Hochrechnung von ausgezählten Beispielquadraten auf die Fläche geschätzt (Tab. 3). Da bei *Succisa pratensis* die Rosetten unter Umständen sehr dicht beisammen liegen können und dann nicht entschieden werden kann, ob es sich um ein und denselben Stock handelt oder um getrennte Einzelpflanzen wurden nur solche Rosetten gezählt, welche oberirdisch mindestens 10 cm Abstand voneinander haben. Näher beisammen liegende Rosetten wurden zusammengefasst und als eine Rosette gewertet. In den kleinen Populationen, Hörzhausen, Zensi-Schütt und Heinrichsheim konnten die Individuen direkt gezählt werden. Die Zahl der Rosetten wurde aber auch hier gerundet (+/- 10) angegeben.

Zusätzlich wurde die Anzahl blühender, nicht verbundener Rosetten zur Schätzung der effektiven Populationsgröße bestimmt. Die blühenden und die nicht blühenden Rosetten wurden

hierzu in je 5 zufällig ausgewählten Quadraten gezählt und die Mittelwerte auf die geschätzte Gesamtfläche der Population umgerechnet.

Ergebn. S. 56 / Populationsgröße N Tab. 3

8.4.6 Auspflanzungsexperiment

Ein für Naturschutzfragen wichtiger Aspekt ist die Fitneß von Individuen. Unter der Fitneß versteht man die Fähigkeit zu überleben und die Fähigkeit generative Stadien zu bilden. Beides kann am besten durch ein Transplantationsexperiment untersucht werden (Bradshaw 1984).

Die Auspflanzung erfolgte auf einem nur spärlich bewachsenen Torfstich im Freisinger Moos. Der Torfstich mißt nur etwa 10 x 50 m. Er ist Teil eines Vogelschutzgebiets und überwiegend mit lückigen Carex- Bestände besiedelt (vor allem Carex nigra, Carex panicea und Carex flava). Zu etwa 60-80 % erfolgte die Pflanzung in den offenen anstehenden Torf. In Teilen der Fläche traten Kalkabscheidungen (Wiesenkalk) an der Oberfläche hervor. Die Fläche wird in den Wintermonaten teilweise monatelang, bis zu 30 cm hoch, überflutet. Da auch einige Herkünfte, z.B. Dachsholz, Heinrichsheim und Freising zumindest zeitweise im Winter überschwemmt sein können, wurde dies jedoch nicht als nachteilig angesehen.

Da das Überleben eines Individuums an einem Standort auch in hohem Maße von Zufallseffekten bestimmt ist, ist eine möglichst große Zahl von Individuen notwendig, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Insgesamt wurden daher 1400 Pflanzen, also 200 Pflanzen pro Population, wie auf Seite 39 beschrieben, aus Samen im Keimschrank gezogen. Am 15.04.99 wurden die Pflanzen pikiert und im Gewächshaus kultiviert. Am 26.07.98 wurden die Keimlinge ausgepflanzt. Ein früherer Zeitpunkt der Auspflanzung war nicht möglich, da die Fläche Teil eines Wiesenbrütergebiets ist und darum nicht früher betreten werden durfte. Die Auspflanzung erfolgte im Abstand von 30 cm in 10 parallelen Reihen. Die Reihenfolge und Lage der Herkünfte der Pflanzen entsprach einem Zufallsmuster, so das die Pflanzen aller Herkünfte gleichermaßen den heterogenen Bedingungen ausgesetzt waren. Jeweils die Enden der Reihen wurden markiert und die Position der einzelnen Pflanzen entlang eines Maßbandes aufgezeichnet. Dadurch konnten die Herkünfte der einzelnen Pflanzen später eindeutig identifiziert werden, sofern die Endmarkierungen erhalten blieben. Im folgenden Jahr wurden die Überlebensraten und durch eine einmalige Messung die Anzahl generativer Pflanzen, die Anzahl der Blütenstände und das Blühverhalten der Pflanzen der einzelnen Herkünfte ermittelt.

Ergebn. S. 75 / Methode S.35 / Anzucht der Pflanzen S. 39

8.5 Samengewichte / Windsichtung

Die 1997 im Gelände gesammelten Samen wurden bis zum Januar 1998 bei Zimmertemperatur, trocken gelagert. Nach der Lagerung wurde das mittlere Samengewicht gemessen. Hierzu wurde zunächst die Zahl der Samen bestimmt, die notwendig ist, daß sich die Mittelwerte nicht mehr wesentlich ändern. Es zeigte sich, daß bei allen Populationen bereits mit 50 Samen die Bestimmung eines stabilen Mittelwerts möglich ist. Zur Sicherheit wurden jedoch 100 Samen pro Population gewogen.

Für die weiteren Versuche wurde das Samenmaterial aufbereitet. Spelzen und leere Samenhüllen mußten beseitigt werden. Die Samen wurden darum vor den Keimversuchen und vor der

Anzucht für die Gewächshausversuche gesiebt und von den Spelzenanteilen, also leeren Samenhüllen, getrennt. Anschließend wurden mit einem Windsichter, welcher die Samen nach ihrem spezifischen Gewicht in einem Luftstrom trennt, drei Fraktionen erzeugt. Von den drei Fraktionen wurde die mittlere für die Keimversuche und zur Anzucht von Pflanzen im Gewächshaus verwendet. Zwar erfolgt die Trennung der Samen im Windsichter nicht nur nach dem Samengewicht, sondern ist auch abhängig vom Luftwiderstand der Samen, welcher mit der Größe, der Form, dem spezifischen Gewicht und der Behaarung zusammenhängt. In erster Linie werden jedoch leere Samen, ohne Keimfähigkeit und besonders große, schwere Samen ausgelesen.

Ergebn. S. 63 / Methode S. 35 / Anzucht der Pflanzen S. 39

8.6 Keimversuche

Das Keimverhalten ist eine der wichtigsten Größen im Entwicklungsprozeß einer Pflanze. Eine erfolgreiche Keimung entscheidet zu einem großen Teil darüber, ob sich eine Pflanze an einem Standort etablieren kann oder nicht. Zudem wird im Freiland unter den Einflüssen der Witterung, der Konkurrenz und von Fraßfeinden nur ein geringer Teil der Samen zur Keimung gelangen. Es wurde darum angenommen, daß gerade Anpassungen an Standortbedingungen, welche die Keimung der Pflanzen betreffen, einen Vorteil für die Populationen darstellen und darum auch lokale Unterschiede zwischen Populationen bewirken könnten.

Für die Keimversuche wurden Petrischalen und je 2 Rundfilter zum Auslegen der Schalen verwendet. Die Rundfilter wurden in regelmäßigen Abständen mit destilliertem Wasser befeuchtet. Je Keimschale wurden 50 Samen abgezählt. Pro Population und Temperaturstufe wurden Wiederholungen (10 Schalen) durchgeführt. Ein Teil der Samen wurde auf Keimfähigkeit ohne Stratifikation bei 30°C getestet. Die übrigen Samen wurden stratifiziert, indem sie 6 Wochen bei +5° C in Petrischalen, auf 2 Lagen Filterpapier, feucht gelagert wurden. Die Keimung erfolgte bei 18 Stunden Licht (Osram 18W/25) in Klimaschränken.

Die gekeimten Samen wurden je nach Keimrate täglich, wöchentlich oder monatlich, gezählt und aus den Keimschalen entnommen. Die Keimversuche begannen am 4.3.98. Bei den meisten Temperaturstufen war die Keimung schon nach wenigen Tagen beendet. Die Keimung bei den Temperaturstufen 5 und 10°C wurde allerdings bis 18.11.98 verfolgt.

Die Daten wurden auf die Merkmale Keimrate, Reaktion auf die Temperaturbehandlungen, Wirkung der Stratifikation und Keimverlauf untersucht. Dem Faktor Temperatur wurde aufgrund der Lage der Populationen in verschiedenen klimatischen Naturräumen und Räumen mit Hinweisen auf unterschiedliche Temperaturbedingungen (s. Geographische Lage und Klima S.29) besondere Beachtung geschenkt. Die Temperatur wirkt zum einen vor der Keimung und kann bei niedrigen Werten (0-5 °C) die Stratifikation der Samen bewirken, zum anderen wirkt sie während der Keimung und beeinflusst den Keimverlauf und die Keimgeschwindigkeit.

8.6.1 Keimrate

Zur Bestimmung der Keimraten wurden zunächst die mittleren Keimraten pro Population bei den einzelnen Temperaturstufen $K_{T \text{ abs.}}$, d.h. der durchschnittliche Anteil gekeimter Samen pro Population und Temperaturstufe, bestimmt. Daraus wurde für jede Population ein Mittelwert der Keimrate aller Temperaturstufen K_{abs} berechnet:

$$K_{\text{abs}} = \sum (K_{T \text{ abs.}}) / n$$

n = Anzahl der Temperaturstufen

Mittels Varianzanalyse, mit den Keimraten pro Schale (und aller Temperaturstufen) als abhängige Variable und den Populationen als 1. Faktor, wurde getestet, ob sich die mittleren absoluten Keimraten K_{abs} zwischen den Populationen signifikant unterscheiden. Weiterhin wurde die Regression mit der Populationsgröße, dem mittleren Samengewicht und den Standortparametern der Populationen (N, P, K, Biomasse) untersucht.

Ergebn. S. 58 / Daten Tab. 11 / Statistik Tab. 12 / Regression Populationsgröße Abb. 8 / Regression mit Samengewicht Abb. 9 / Regression mit Phosphatgehalt des Bodens Abb. 10

8.6.2 Reaktion auf die Temperaturbehandlungen

Zum Vergleich der Keimraten der Samen der einzelnen Populationen bei den einzelnen Temperaturstufen wurde der Einfluß der absoluten Keimraten, welcher durch maternale Effekte, wie z.B. die Samengröße, beeinflusst sein könnte, ausgeglichen. Dazu wurde für jede Population eine relative Keimrate $K_{T \text{ rel.}}$ berechnet. Die relative Keimrate ist der Quotient aus der durchschnittlichen Zahl gekeimter Samen bei einer bestimmten Temperaturstufe $K_{T \text{ abs}}$ und der durchschnittlichen absoluten Keimrate der Samen der Population K_{abs} :

$$K_{T \text{ rel.}} = K_{T \text{ abs}} / K_{\text{abs}}$$

Ergebn. S. 59 / Relative Keimraten Abb. 12 / Daten Tab. 13

8.6.3 Keimverlauf

Die Keimverläufe der einzelnen Temperaturstufen bei den einzelnen Populationen wurden graphisch als Summenkurve dargestellt.

Ergebn. S. 59 / Keimverläufe Abb. 13- Abb. 21

8.6.4 Wirkung der Stratifikation

Die Wirkung der Stratifikation wurde durch den Vergleich der Keimung bei 30°C mit, bzw. 30°C ohne Stratifikation, untersucht. Durch einen paarweisen G-Test wurde getestet, ob signifikante Unterschiede in der Reaktion auf die Stratifikation zwischen den einzelnen Populationen bestehen.

Durch den Quotienten S_w , berechnet aus der Anzahl der Keimlinge bei 30°C ohne Stratifikation geteilt durch die Anzahl Keimlinge mit Stratifikation kann die Wirkung der Stratifikation unabhängig vom Einfluß der absoluten Keimraten dargestellt werden.

$$S_w = N_{30^\circ\text{C, nicht stratifiziert}} / N_{30^\circ\text{C, stratifiziert}}$$

S_w ist eine Kennzahl dafür, wie stark die Keimung einer Population durch die Stratifikation beeinflusst wird. Da die Stratifikation eine Verschiebung des Temperaturoptimums der Keimung zu niedrigeren Temperaturen bewirkt, bedeutet eine größere Sensibilität der Samen gegenüber Stratifikation bei niedrigeren Temperaturen eine Erhöhung, bei höheren dagegen eine Verringerung der Keimrate.

S_w wurde verwendet, um einen möglichen Zusammenhang der Wirkung der Stratifikation und Standortfaktoren sowie der Populationsgröße durch eine Regressionsanalyse zu prüfen.

Ergebn. S. 60 / Verlauf Abb. 21 / Daten Tab. 14 / Tab. 11 / Statistik Tab. 15 / Regression Abb. 11

8.6.5 Zusammenhang von Keimrate, Samengewicht, Populationsgröße und Standortfaktoren

Der Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Keimrate (K_{abs}) der einzelnen Herkünfte und der Populationsgröße (Anzahl an Rosetten) und der Zusammenhang zwischen Keimrate K_{abs} und den mittleren Samengewichten wurde mit Hilfe einer Regressionsanalyse beschrieben. Ausgehend von der Regressionsanalyse konnten die Werte der unabhängigen Variablen, Populationsgröße und Samengröße, soweit erforderlich, zur Berechnung der linearen Korrelation (Pearson) mit der Keimrate K_{abs} (als abhängige Variable) linearisiert werden. Ebenso wurde der Zusammenhang von K_{abs} und den Standortfaktoren pH, Kalium (K_2O), Stickstoff ($N_{ges.}$), Phosphat (P_2O_5) und Biomasseentwicklung untersucht. Um zu klären, ob die Korrelation von Keimrate K_{abs} und Populationsgröße besser in Zusammenhang mit dem Faktor Samengröße erklärt werden kann, wurde zusätzlich eine multiple Regression von Keimrate K_{abs} mit Populationsgröße und durchschnittlichen Samengröße berechnet.

Der Zusammenhang von S_w und Populationsgröße, Keimrate (K_{abs}), mittleres Samengewicht sowie den Standortfaktoren pH- Wert, Kali (K_2O), Stickstoff ($N_{ges.}$), Phosphat (P_2O_5) und Biomasseentwicklung wurde mittels Regressionsanalyse und durch Berechnung der Korrelation mit diesen Variablen untersucht.

8.7 Gewächshausversuche

Die phänotypische und phänologische Variation von Pflanzen wird im Freiland an ihren natürlichen Standorten durch verschiedene, sich überlagernde Faktoren bestimmt. Es ist im Freiland unmöglich zu erkennen, in wie weit eine gefundene Variation durch abiotische oder biotische Umwelteinflüsse verursacht ist oder genetisch bedingt ist.

Aus diesem Grund wurden Samen an den einzelnen Standorten gesammelt, im darauffolgenden Jahr unter völlig gleichen Bedingungen zur Keimung gebracht und die Pflanzen über einen Zeitraum von insgesamt zwei Jahren im Gewächshaus kultiviert. Während dieser Zeit wurden verschiedene phänologische und phänotypische Parameter gemessen, die Aufschluß darüber geben sollten, wie groß die Variation innerhalb und zwischen den Populationen ohne Einfluß divergierender Umweltparameter ist. Der Schwerpunkt der Beobachtungen lag dabei auf leicht zu messenden Merkmalen wie dem Wachstum der Blätter, der Blattbehaarung, dem Austreiben der Blütenprosse, Merkmalen der Blüte, der Biomasseentwicklung oder den Inhaltsstoffen der Blätter. Einen Überblick über die Gewächshausversuche gibt Tab.29.

8.7.1 Inhaltsstoffe der Topferde

Das Substrat war bei den ungedüngten Varianten mit Mineralien angereicherter Torf vom Typ TKS1 und bei den gedüngten Torf vom Typ TKS2. Die Beschreibung der Methode zum Messen der Inhaltsstoffe findet sich auf S. 32 ff..

8.7.2 Anzucht von Pflanzen für die Gewächshausversuche

Da es darum ging, Einflüsse aus der Elterngeneration (maternale Effekte) nach Möglichkeit gering zu halten, wurden die Samen vorsortiert (S. 31). Die Samen wurden anschließend am 19.01.98 in Schalen mit Torf ausgesät und 6 Wochen bei 5°C stratifiziert. Anschließend wurden sie ab 04.03.98 bei 20°C und 12 h Licht im Keimschrank zur Keimung gebracht. Am 30.03.98 wurden die Pflanzen pikiert und im Gewächshaus in Multitopfpfplatten kultiviert. Am 18.05.99 wurden sie in Töpfe verpflanzt (Abb. 40).

8.7.3 Aufbau / Behandlungen

Insgesamt wurden 686 Pflanzen in Töpfen gezogen. Die Töpfe wurden auf Tischen in 7 Reihen zu je 98 Töpfen aufgebaut (Abb. 40). Die mittlere Reihe diente lediglich der Entnahme von Bodenproben und als Reserve für den Fall, daß einzelne Pflanzen ersetzt werden müßten. Pro Population wurden also 98 Pflanzen gezogen. Die Pflanzen wurden zu einem Teil gedüngt und zum anderen nicht. Die Pflanzen wurden weiterhin jeweils zur Hälfte mit *Molinia caerulea* bestückt. Auf diese Weise ergaben sich vier verschiedene Behandlungen, gedüngt, mit *Molinia* (mmd), gedüngt, ohne *Molinia* (ommd), ungedüngt, mit *Molinia* (mmod) sowie ungedüngt, ohne *Molinia* (omod). Je 21 Pflanzen einer Population wurden einer der vier Behandlungen ausgesetzt und vermessen. (Tab.30).

Die vier Behandlungen erlauben es, die Reaktion der Pflanzen auf einen potentiellen Konkurrenten und unterschiedliche Nährstoffbedingungen zu testen. Mögliche Unterschiede in den Reaktionen der Populationen können so aufgedeckt werden.

Es sei darauf hingewiesen, daß auch bei der ungedüngten Variante eine gewisse Minimaldüngung nötig war. Zum einen mußten die starken Auswaschungen an Eisen durch einen speziellen Eisen-Chelat-Dünger ausgeglichen werden, zum anderen war es in größeren Abständen nötig, die Tropfer von Algen zu befreien. Dies gelang durch kurzes Spülen der Rohre und Tropfer mit Düngeflüssigkeit.

8.7.4 Bewässerung und Düngung

Die Bewässerung der Töpfe erfolgte über Tröpfchenbewässerung. Jeder Topf wurde, ausgehend von einer Hauptleitung, über einen eigenen Tropfer versorgt. Auch die Düngung erfolgte über das Bewässerungssystem in Form von Flüssigdünger, der dem Gießwasser in einem Vorratsbehälter zugesetzt wurde.

Das Bewässerungssystem war so eingerichtet, daß über eine Tensiometersteuerung, Wasser je nach Bedarf zugeführt werden konnte. Es war jedoch auch eine Bewässerung mit Steuerung durch Zeitschaltuhr möglich. Von letzterer Möglichkeit wurde wegen der höheren Zuverlässigkeit zumeist Gebrauch gemacht. Es wurde immer im Überschuß gegossen, d.h. das Substrat wurde permanent feucht gehalten und Überschußwasser drang bei allen Bewässerungen in geringem Maße durch die Töpfe (Abb. 41).

Das System bestand aus zwei Bewässerungskreisen. Der eine versorgte die gedüngte, der andere die ungedüngte Behandlungsvariante. Über eine Verbindung mit Sperrhahn war optional auch eine Versorgung der ungedüngten Variante mit Düngerflüssigkeit, bzw. der gedüngten Variante mit reinem Wasser möglich. Zudem wurde durch die Verbindung das Auffüllen des Vorratsbehälters mit Wasser zum Ansatz der Düngelösung ermöglicht (Abb. 41).

Zumeist wurden beide Varianten bei offenem Sperrhahn mit durch eine Entionisierungsanlage teilentkalktem Wasser bewässert. Bei Düngung wurde der Sperrhahn geschlossen und nur die

gedüngte Variante wurde mit Düngeflüssigkeit versorgt. Die Düngung erfolgte während der Vegetationsperiode (im Gewächshaus war dies von Januar- August), einmal im Monat mit Mairol Universaldünger (1%). Wegen der Auswaschung durch Gießwasser mußte in der Anfangsphase (Juni 1998) einmalig ein spezieller Eisen- Chelat - Dünger zugesetzt werden.

8.7.5 Einsetzen von *Molinia caerulea*

Die Samen von *Molinia caerulea* wurden im Herbst 1997 im Freisinger Moos gesammelt. Die Samen wurden zusammen mit den Samen von *Succisa pratensis* trocken gelagert und im Januar 1998 6 Wochen bei 5° C im Keimschrank stratifiziert. Die Keimung erfolgte bei 20° C. Die Keimlinge wurden am 10.04.98 zusammen mit den Keimlingen von *Succisa pratensis* in die Töpfe eingesetzt.

Pro Topf wurden 8 juvenile Pflanzen von *Molinia caerulea* um den Keimling von *Succisa pratensis* angeordnet. Die Anordnung ist in Abb. 42 dargestellt.

8.8 Durchführung der phänotypischen Untersuchungen

Phänotypische Untersuchungen wurden im Freiland und im Gewächshaus durchgeführt. In Tab.16 sind die Untersuchungen aufgelistet.

8.8.1 Sammeln der Samen / Fremd- und Selbstbestäubung

Zum einen wurden die Samen von Gipfelknospen gesammelt. Pro Pflanze wurde eine Gipfelknospe mit den reifen Samen gepflückt und die Samen für jede Population und Behandlung getrennt in einer Papiertüte aufbewahrt.

Bei der Behandlung omod wurde bei jeder Pflanze zudem je eine Seitenknospe mit einer transparenten, mit kleinen Löchern perforierten und daher auch luftdurchlässigen Papiertüte abgedeckt, die gegenüberliegende Seitenknospe aber belassen. Die Blütenstände, welche mit einer Tüte abgedeckt waren, konnten nicht von bestäubenden Insekten besucht werden. Beim gegenüberliegenden Blütenstand derselben Pflanze und desselben Spross war dagegen freie Bestäubung, auch zwischen Individuen verschiedener Populationen möglich. Auf diese Weise konnten die Varianten freie Bestäubung (Selbst-, und Fremdbestäubung) und reine Selbstbestäubung unterschieden werden. Die Samen jeder Population wurden für die beiden Fälle, mit Tüte und ohne Tüte, getrennt gesammelt.

8.8.2 Bestimmung der mittleren Samengewichte im Gewächshaus

Die Samen wurden bei Zimmertemperatur drei Monate trocken gelagert. Zur Bestimmung der mittleren Samengewichte wurden dann je 100 Samen pro Population und Behandlung, bzw. pro Population und Fall (freie Bestäubung und Selbstbestäubung) gewogen.

Ergebn. S. 72; 73

8.8.3 Messung der Blattlängen und Blattbreiten

Die Messung der Länge der Rosettenblätter diente in erster Linie dazu ein Maß für die Größe der Rosette zu erhalten. Da jede Pflanze eine meist große Zahl an Rosettenblättern besitzt, mußte eine Methode gefunden werden, um die Auswahl des zu messenden Blattes zu standardisieren. So wurde das jeweils längste Blatt einer Pflanze gesucht und mit einem Lineal von der

Spitze bis zum Blattansatz gemessen. Aus den Werten wurde die mittlere Blattlänge der Populationen berechnet. Die Messung der Blattlängen erfolgte mit einsetzen der Vegetationsperiode in ein- bis mehrwöchigen Abständen bis kein weiteres Wachstum der Blattlängen mehr zu verzeichnen war.

Die Blattbreiten wurden nur einmalig im ersten Jahr an den ausgewachsenen Blättern gemessen, an denen auch die Blattlängen bestimmt wurden.

Ergebn. Freiland S. 61 / Gewächshaus S. 64

8.8.4 Messung der Blattform

Ein Maß für die Blattform wurde gewonnen, indem der Quotient aus der Länge der Blätter und der Breite berechnet wurde. Im Freiland wurden die jeweils längsten Blätter der Pflanzen verwendet, im Gewächshaus dagegen die zufällig gesammelten Rosettenblätter. Die Messung erfolgte einmalig an ausgewachsenen Rosettenblättern.

Ergebn. Freiland S. 61 / Gewächshaus S. 64

8.8.5 Anzahl austreibender Pflanzen

Die Anzahl austreibender Pflanzen wurde innerhalb der Stichprobe markierter Pflanzen im Freiland bestimmt, an welchen die phänotypischen Messungen durchgeführt wurden. Im Gewächshaus wurde für jede Population und bei jeder Behandlung registriert, welcher Anteil der Pflanzen Sprosse bildet. Durch einen paarweisen G-Test der Häufigkeiten austreibender Pflanzen wurde geprüft, ob Unterschiede zwischen den Populationen bestehen.

Ergebn. S. Freiland S. 61 / Gewächshaus S. 69

8.8.6 Anzahl der Sprosse und Knospen

Die Anzahl der Sprosse pro Pflanze und die Anzahl Knospen wurde September 1999 im Gewächshaus für jede Pflanze durch genaues Abzählen bestimmt. Die Werte wurden für die Populationen gemittelt. Es wurde einmal die Anzahl der Knospen pro Pflanze und zum anderen die mittlere Anzahl von Knospen pro Sproß berechnet, da beobachtet wurde, daß sich die Anzahl der Knospen pro Sproß je nach Größe der Pflanze erheblich unterscheiden kann. Teilweise bilden kleinere Pflanzen aber auch eine große Zahl Sprosse, welche dann wiederum meist relativ wenig Knospen tragen. Die Mittelwerte von Sprossen und Knospen pro Pflanze und Knospen pro Sproß wurden für die einzelnen Behandlungen und Populationen durch einen Tukey - Test auf signifikante Unterschiede untersucht.

Ergebn. S. 67 / Anzahl Knospen und Sprosse pro Pflanze Abb. 52 / Abb. 53 / Knospen pro Spross Abb. 54

8.8.7 Messung der Sprosshöhen

Die Messung der Sprosshöhen wurde in ein- bis mehrwöchigen Abständen durchgeführt, bis die maximale Sprosshöhe erreicht war. Es wurde jeweils der längste Spross vermessen. Die Messung erfolgte von der Knospe an der Spitze bis zum Boden.

Ergebn. Freiland S. 61 / Gewächshaus S. 41

8.8.8 Messung der Anzahl der Blüten, des Blühverlaufs und der Blühdauer

Im Freiland wurden im Abstand von ein bis mehreren Wochen alle jeweils blühenden Blütenstände markierter Pflanzen gezählt. Im Gewächshaus wurde die Blüte genauer verfolgt und neben der Anzahl blühender Blütenstände zu einem bestimmten Zeitpunkt die Dauer der Blüte einzelner Pflanzen und die Dauer der Blüte einzelner Blütenstände beschrieben. Aus der Differenz des Datums des ersten und des letzten Auftretens von Blüten berechnet sich die Blühdauer pro Pflanze in Tagen. Da im Gewächshaus im Abstand von etwa 5 Tagen gezählt wurde hat die Messung eine gewisse Ungenauigkeit. Der tatsächliche Wert der Blühdauer einer Pflanze kann theoretisch bis zu 8 Tagen von dem berechneten abweichen. Die Blühdauer einzelner Blütenstände wurde ermittelt, indem einzelne Knospen markiert wurden. Das Aufblühen und Abblühen wurde täglich zur gleichen Zeit registriert. Die Messung hatte somit einen Fehler von maximal 48 Stunden. Ein Blütenstand wurde als blühend bezeichnet, sobald eine Einzelblüte zu sehen war. Dies erschien gerechtfertigt, da in der Regel nach sehr kurzer Zeit, spätestens bei der nächsten Messung, alle Blüten eines Köpfchens aufgeblüht waren.

Zur Beschreibung der Blüte der Populationen wurden drei Größen berechnet, welche einerseits ein Maß dafür lieferten, wie üppig sich die Blüte bei einer Population entwickelt und andererseits, welcher Blühverlauf und welche Blühintensität vorliegt. Der Blühverlauf wurde durch die Anzahl jeweils zu einem bestimmten Zeitpunkt blühender Pflanzen beschrieben. Die Üppigkeit der Blüte wurde durch die Blühleistung wiedergegeben. Die Blühleistung beschreibt die maximal während der Blütezeit erreichte Anzahl von Blüten in einer Population. Die Blühintensität schließlich wurde berechnet, indem die Anzahl der jeweils zu einem Zeitpunkt blühenden Blütenstände durch die Anzahl der Knospen pro Pflanze geteilt wurde. Die Blühintensität wurde als zeitliche Verlaufskurve aufgezeichnet und diente ebenso wie die Anzahl blühender Pflanzen zur Beschreibung der Blühverlaufs.

Ergebn. Freiland S.62 / Gewächshaus S. 69

8.8.9 Messung der Behaarung

Die Behaarung wurde an den Pflanzen im Gewächshaus gemessen, indem die Rosettenblätter mit der Fingerspitzen befühlt und die so festgestellte Behaarung drei Kategorien (Tab.46) zugeordnet wurde.

Die Messung wurde wiederholt durchgeführt und die Zuordnung zu den Kategorien erwies sich als sehr zuverlässig. Durch eine Messung am Anfang und während gegen Ende Vegetationsperiode (April/August) wurde zudem geprüft, ob ein Zusammenhang der Blattbehaarung mit dem Wachstum der Blätter besteht.

Ergebn. S.64 / Behaarung August Abb. 48 / Behaarung April Abb. 49

8.8.10 Messung der Biomasse

Im Gewächshaus wurde am Ende der Vegetationsperiode alle Blätter von *Succisa pratensis* abgeschnitten, im Klimaschrank 48 Stunden bei 60° C getrocknet und anschließend gewogen. Im Freiland wurde nur die Biomasse des Bestandes insgesamt bestimmt (S.34).

Ergebn. S.73 / Biomasse 98 Abb. 55 / Biomasse 99 Abb. 56 / Statistik Tab. 75- Tab. 78

8.8.11 Messung der Inhaltsstoffe

Die Blätter der Rosetten wurden zur Bestimmung der Biomassen im Gewächshaus im Herbst 1998 abgeschnitten. Die Blätter jeder Pflanze wurden in je eine Schale gegeben, gewogen, getrocknet und wieder gewogen. Aus der Differenz des Frisch- und des Trockengewichts wurde der Wassergehalt der Blätter bestimmt.

Von je 11 Pflanzen pro Population, der Behandlung ohne Düngung und ohne Molinia (omod), wurden die getrockneten Rosettenblätter von *Succisa pratensis* in der Mühle fein gemahlen, in Gläser gefüllt und von der Firma AGROLAB auf die Inhaltsstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) untersucht.

Ergebn. S. 74 / Wassergehalt Abb. 57 / N, P, K Abb. 58

8.8.12 Variation der Merkmale im Gewächshaus

Die Merkmale von Pflanzen wurden im Gewächshaus zum einen untersucht, um die Variation von Merkmalen zwischen den Populationen und den Behandlungen zu vergleichen. Die Variation der Merkmale zwischen den Behandlungen ist ein Maß für die Plastizität der Merkmale unter dem Einfluß von Düngung und Konkurrenz. Die Unterschiede zwischen den Herkünften sind dagegen ein Maß für die genetisch bedingte phänotypische Variation der Merkmale.

Zum anderen wurden die Merkmale von Pflanzen im Gewächshaus untersucht, um einen Vergleich der genetisch bedingten, phänotypischen Variabilität der Merkmale mit der Variation der Allele und der Genotypen aufgrund der Isoenzyme zu ermöglichen.

Es steht eine Reihe von Indizes zur Verfügung, um die Variabilität zu beschreiben, die Standardabweichung, die Varianz, der Variabilitätskoeffizient $V(\%)$ oder der Standardfehler der Merkmale. Aus diesen Indizes wurde der Variabilitätskoeffizient $V(\%)$ gewählt (Sachs 1974), da nur dieser Quotient geeignet ist, Vergleiche von metrischen Daten mit den entsprechenden Indizes der Isoenzymstruktur herzustellen. Die Berechnung erfolgte nach der unten angegebenen Formel.

Variabilität eines Merkmals innerhalb eines Bestands mit metrischen Daten

$$V = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}}$$

V = Variabilitätskoeffizient der Population V_s oder des Gesamtbestands V_T

s = Standardabweichung der Werte innerhalb der Population oder des Gesamtbestands

\bar{x} = arithmetisches Mittel des Merkmals innerhalb der Population oder des Gesamtbestands

Die Behaarung der Rosettenblätter wurde in Form von Häufigkeiten von Behaarungsklassen beschrieben. Zur Berechnung der Variabilität lagen die Daten darum in Form von Häufigkeiten der Behaarungsklassen (0, 1 und 2) vor. Die Berechnung der Variabilität des Merkmals wurde folgendermaßen durchgeführt:

Variabilität innerhalb einer Population eines Merkmals mit Häufigkeitsdaten

$$V_s = 1 - \frac{\sum (x_{ik})^2}{n}$$

x_{ik} = die Frequenz der Merkmalsausprägung k der Population i .

Gesamtvariabilität eines Merkmals mit Häufigkeitsdaten

$$V_T = 1 - \sum_k \left(\frac{\sum_i (p_{ik})}{n} \right)^2$$

p_{ik} = Frequenz des k -ten Merkmals der Population i .
 n = Anzahl der Populationen

Die Variabilität V_s steht für die Variabilität innerhalb einer Population, die Variabilität V_T für die Variabilität über alle Populationen. Aus V_T und V_s läßt sich die Variabilität zwischen Populationen D_{st} berechnen:

$$D_{st} = V_T - V_s$$

Ergebn. S. 85 / Variabilität Merkmale Abb. 79 / Variabilität Populationen Abb. 80 / Daten Tab. 104 / Tab. 105

8.9 Genetische Untersuchungen

Die genetische Variation in Allelen und Genotypen ist eine wesentliche Voraussetzung für die Variabilität der Pflanzenpopulationen. Die genetische Variation wird dabei im Freiland durch das Wirken biotischer und abiotischer Umweltfaktoren weiter abgewandelt und führt so zur Variation von phänotypischen Merkmalen.

Gemessen wird die genetische Variation an zufällig auftretenden und in der Regel selektionsneutralen Mutationen an den Genorten verschiedener Enzymsysteme, welche zu verschiedenen Allelen führen, die wiederum für verschiedene Enzymvarianten kodieren. Aspekte der genetischen Variation sind einerseits die genetische Diversität, welche sich aus der Frequenzverteilung der Allele ergibt, und andererseits die Variabilität, d.h. der Verwirklichung des Potentials verschiedene Typen zu bilden. Variabilität ist z.B. die Verwirklichung möglicher Werte der Heterozygotie (reines Maß der Heterozygotie ist freilich nur H_c / S. 50). Die Variation der Frequenzen der Genotypen ist kein eindeutiges Maß für Diversität oder Variabilität, da die Häufigkeiten von Genotypen sowohl von den Allelfrequenzen, als auch von der Rekombination der Allelfrequenzen, d.h. der Verwirklichung möglicher Genotypen, abhängt.

Aus den Frequenzen der Allele und der Genotypen können genetische Distanzen zwischen den Populationen berechnet werden. Die Isoenzymmuster liefern weiterhin Hinweise auf populationsgenetische Prozesse, wie die Migration, Gendrift, Inzucht und Selektion. Dies sind Prozesse, welche die Entwicklung der Populationen bestimmen und letztlich die Ausbildung von Unterschieden phänotypischer Merkmale zwischen einzelnen Populationen bewirken.

In der Regel ist zu erwarten, daß Populationen mit verschiedenen phänotypischen Merkmalsmustern der Individuen auch entsprechende Unterschiede selektionsneutraler Allele aufweisen. Die Ausbildung abweichender phänotypischer Merkmale der Individuen zweier Populationen, ebenso wie Abweichungen in den Frequenzen selektionsneutraler Allele, sind ja eine Folge von Isolation und unabhängiger Entwicklung der Genpools. Unterschiede in den phänotypischen Merkmalen entstehen jedoch nicht nur infolge von Zufallsprozessen, sondern auch durch gerichtete Selektion, welche spezifisch an bestimmten, selektiv nicht neutralen Allelen wirkt und deren Frequenzen in den Populationen verändert. Durch den Druck der gerichteten Selektion können so Unterschiede phänotypischer Merkmale entstehen, die sich nicht in den Frequenzen selektionsneutraler Allele widerspiegeln. Im Gegensatz dazu werden sich im Falle eines in zwei isolierten Populationen gleichermaßen stabilisierend wirkenden Selektionsdrucks die betroffe-

nen phänotypischen Merkmale nicht auseinander entwickeln, während die Frequenzen selektionsneutraler Allele mit der Zeit immer größere Unterschiede aufweisen.

Große genetische Distanzen müssen daher nicht mit meßbaren unterschieden der phänotypischen Merkmale einher gehen. Populationen wiederum, welche sich in phänotypischen Merkmalen ihrer Individuen deutlich voneinander unterscheiden, können ähnliche Muster der gemessenen Isoenzyme aufweisen.

8.9.1 Sammeln der Proben

Pro Population von *Succisa pratensis* wurden je zwei Blütenknospen von 50 verschiedenen Pflanzen gesammelt. Bei den kleineren Populationen wurden weniger Proben gesammelt, da nicht genügend Individuen zu Verfügung standen.

Die Pflanzen und Knospen für die Isoenzymanalyse wurden zufällig ausgewählt. Um zu vermeiden, daß mehrere Knospen desselben Individuums gesammelt werden, wurde jedoch darauf geachtet, daß die Abstände der beprobten Rosetten mindestens 100 cm betragen.

Die Knospen wurden erst unmittelbar vor dem Aufblühen gesammelt. Da die Entwicklung der Knospen an den Standorten unterschiedlich schnell erfolgte, war daher auch der Zeitpunkt des Sammelns in den einzelnen Populationen verschieden.

8.9.2 Aufbewahrung

Die Proben wurden direkt in Eppendorf- Gefäße gegeben, luftdicht verschlossen und in der Kühltasche transportiert. Anschließend wurde je eine Probe bei -5 und eine bei -20° C bis zum Beginn der Analyse im Nov.- Dez. 1997 aufbewahrt.

8.9.3 Aufschluß der Proben

Der Aufschluß erfolgte bei ständiger Kühlung in 1% Mercaptoethanol unter Zugabe einer gehäuften Spatelspitze unlöslichem PVP (Polyvinylpyrrolidone). Die Knospen wurden mit einem Glasstab zermörsert. Der mit 2-Mercaptoethanol und PVP vermischte Zellsaft wurde anschließend mit mehreren zugeschnittenen Filterpapierstreifen aufgesogen und diese bei -80° C bis zum nächsten Tag aufbewahrt.

8.9.4 Ansatz der Vor-, Gel- und Elektrodenpuffer

Die Rezepte für die verwendeten Puffer finden sich im Anhang (S. 286). Die Elektrodenpuffer wurden nur bei Histidin immer frisch angesetzt, die anderen wurden jeweils einmal wiederverwendet.

8.9.5 Ansatz der Gele

Die Ansätze für die Gele wurden am Vortag ausgewogen. Die Rezepte hierfür finden sich im Anhang. Am Morgen der Elektrophorese wurden die Gele gegossen. Die Ansätze von Stärke und Zucker, bzw. Stärke und Harnstoff wurden zunächst mit einem Teil des Gelpuffers aufgeschlämmt. Der andere Teil des Gelpuffers wurde erst nach kurzem Aufkochen zugegeben. Anschließend wird der Ansatz in der Mikrowelle erhitzt, bis die Flüssigkeit weitgehend klar war. Nach Entnehmen aus der Mikrowelle wurde das Gefäß an eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen und überschüssiges Gas entfernt, welches im Gel Blasen bilden könnte. Danach wurde sofort durch ein Sieb in die vorbereitete Form gegossen. Die Gele wurde, nachdem sie fest genug waren, herausgeschnitten und gekühlt.

Von jedem Gel wurde ein 1 cm breites Randstück abgeschnitten und zu Seite geschoben. Die Proben in den Filterpapierstreifen wurden zwischen Randstück und Gel an das Gel angedrückt und das Randstück wieder angefügt. Auf diese Weise konnten pro Gel maximal 50 Proben untersucht werden.

8.9.6 Elektrophorese

Die bestückten Gele wurden in der Ausrichtung von minus nach plus eingesetzt und der vom jeweiligen Puffer abhängigen Spannung (Tab.107) 20 min. ausgesetzt. Danach werden die Papierschnitzel aus dem Gel gezogen, um zu verhindern, daß störende Bestandteile des Zellsaftes in die Gele gelangen. Nach der jeweils spezifischen Laufzeit (Tab.107) wurden die Gele herausgenommen, geschnitten und angefärbt.

8.9.7 Schneiden und Färben der Gele

Das Prinzip der Färbungen wurde bereits im Kapitel 7.2.2 (S. 22) erklärt. Pro Gel konnten bei der verwendeten Apparatur maximal drei Schichten unterschiedlich angefärbt werden. Die Gele wurden hierfür durch einen in der Höhe verstellbaren, gespannten Draht in drei dünne Schichten geschnitten und sofort in Schalen mit den jeweiligen Puffern der Färbelösungen gelegt, damit sie nicht austrockneten. Danach wurde der überschüssige Puffer abgeschüttet und die frisch angesetzte Färbelösung zugegeben (Rezepte im Anhang S. 286). Die Färbung selbst erfolgte im Wärmeschrank bei 40° C.

8.9.8 Auswertung und Dokumentation der Bandenmuster

Die gefärbten Gele wurden mit Wasser gespült, anschließend mit Glyzerin fixiert und zur Dokumentation gescannt. Die Auswertung erfolgte sofort an den frischen Gelen und teilweise später an den gescannten Bildern am Bildschirm. Die Ergebnisse für jedes Enzymsystem wurden den einzelnen Genorten und Individuen zugeordnet. Als Ausgangspunkt für alle weiteren Berechnungen wurde eine Urliste angefertigt, aus welcher die multiplen Genotypen der Individuen der Populationen hervorgehen.

8.9.9 Struktur der Isoenzyme

Die Struktur der verwendeten Enzymsysteme und die Bezeichnung der Genorte ist in Tab.108 dargestellt. Zur Untersuchung der genetischen Variation diente die Analyse von insgesamt 9 Enzymsystemen mit Hilfe der Stärkegelelektrophorese, welche aufgrund der Ergebnisse von Vorversuchen ausgewählt wurden. Kriterium für die Auswahl der Enzymsysteme war eine für die Auswertung ausreichende Enzymaktivität. Auf der Basis von Analogieschlüssen aus Segregationsstudien anderer Arten (Müller-Starck & Starke 1993, Müller-Starck & al. 1996) werden diese Enzymsysteme von mindestens 12 polymorphen Genorten kodiert (Tab.108).

8.9.10 Bezeichnung der Enzymsysteme, Genorte (Loci) und Allele

Die Enzymsysteme werden mit einem aus dem Namen gebildeten Kürzel bezeichnet, z.B. ACO für Aconitase (Tab.108). Bei der Beschreibung des Genorts wurde das Kürzel um einen Buchstaben erweitert, z.B. LAP-A oder LAP-B. Der Genort LAP-A bezeichnet dabei eine Zone größerer elektrophoretischer Mobilität als der Genort LAP-B. Die Bezeichnung der Allele erfolgt nach dem gleichen Prinzip, wobei die Allele nach ihrer Wandergeschwindigkeit im Gel durchnummeriert werden. Die schnellsten Allele erhalten die Nummer 1.

Zur Beschreibung der Allelaustattung eines Individuums am Genort eines bestimmten Enzymsystems und zur Unterscheidung von homozygoten und heterozygoten Individuen werden die Begriffe für Enzymsystem, Genort und Allelbezeichnung kombiniert. LAP-B-13 ist beispielsweise ein beim Genort B des Enzymsystems LAP heterozygoten Individuum mit den Allelen 1 und 3. Die bei den einzelnen Enzymsystemen gefundene Genorte, Allele und Bandenmuster sind in Abb. 81 dargestellt.

Ergebn. S. 78 / Methode 44 / Urliste Tab. 160

8.9.11 Auswertung

Die Auswertung der Allelfrequenzen und Berechnung der Indizes erfolgte nach Nei (1973) und Gregorius (1978).

8.9.12 Quantifizierung genetischer Variation

Allelzahl N_a

Die Allelzahl N_a einer Population ist die durchschnittliche Anzahl von Allelen an den untersuchten Genorten:

$$N_a = \frac{\text{Anzahl Allele}}{\text{Anzahl Genorte}}$$

Allelfrequenz p

Die Allelfrequenz ist die relative Häufigkeit eines Allels in einer Population. Die Summe der Allelfrequenzen der Allele einer Population ergibt daher 1:

$$p_{xi} = \frac{\text{Anzahl Allele}}{2 N}$$

p_{xi} = Allelfrequenz den x-ten Allels am Genort i

N = Anzahl untersuchter Individuen

Maße für die Variation der Allele

Die folgenden Maßzahlen für die Diversität berechnen sich aus den Allelfrequenzen der einzelnen Populationen an den einzelnen Loci. Es handelt sich insofern um allelische Diversitätsmaße. Die Maßzahlen erklären sich jedoch in der Theorie über eine sich aus den Allelfrequenzen ergebende hypothetische Heterozygotie, welche sich im Falle einer Idealpopulation, d.h. völlig freier Durchmischung nach der Hardy-Weinberg-Proportion, ergeben würde. Daher rührt auch die Bezeichnung dieser Diversitätsmaße mit großem "H". Die erwartete Heterozygotie H_e (Nei 1973) ist ein echtes Maß der allelischen Diversität (s. a. Rothe 1994). Ein echtes Maß der Variabilität ist dagegen die Heterozygotie H_c (Gregorius 1978).

Bei der genetischen Variation wird die Gesamtvariation, die Variation innerhalb und die Variation zwischen Populationen unterschieden. Daraus läßt sich schließlich der Anteil Variation zwischen den Populationen an der Gesamtvariation G_{ST} berechnen.

Effektive Allelzahl N_e (entspricht Diversität v nach Gregorius 1978)

N_e ist 1 im Falle der Fixierung und identisch mit der Allelzahl N_a im Falle ausgeglichener Allelhäufigkeiten.

$$N_e = \frac{1}{\sum (p_i^2)}$$

p_i = Frequenz des Allels i

Locus-Diversität einer Population H_I (Nei 1973)

Der Wert der Locus-Diversität H_I entspricht für große N der Diversität d_T von Gregorius (1978). Nur im Falle einer Hardy-Weinberg-Verteilung entspricht H_I der aktuellen Locus-Heterozygotie. H_I (bzw. d_T) kann schwanken zwischen 0, bei völlig monomorpher Population und 1, wenn sich alle Individuen einer Population genetisch unterscheiden.

$$H_I = 1 - \sum p_{ik}^2 \quad d_T = \frac{N}{N-1} * (1 - \sum p_{ik}^2)$$

p_{ik} = der Frequenz des k -ten Allels eines Locus der Population i .

N = Populationsgröße

Mittlere Locus-Diversität der untersuchten Populationen H_S (Nei 1973)

$$H_S = \frac{\sum H_I}{n}$$

n = Anzahl Populationen

Mittlere Locus-Diversität einer Population H_e (Nei 1973)

$$H_e = \frac{\sum H_I}{n}$$

n = Anzahl untersuchter Genorte

Gesamtdiversität H_T (Nei 1973)

$$H_T = 1 - \sum_k \left(\frac{\sum_i (p_{ik})}{n} \right)^2$$

p_{ik} = Frequenz des k -ten Allels der Population i

n = Anzahl Populationen

Diversität zwischen den Populationen D_{ST} (Nei 1973)

$$D_{ST} = H_T - H_S$$

Anteil der Diversität zwischen den Populationen an der Gesamtdiversität G_{ST} (Nei 1973)

$$G_{ST} = \frac{D_{ST}}{H_T}$$

8.9.13 Analyse der genotypischen Struktur

Die Variationsmaße für die genotypischen Struktur wurden analog zu den Diversitätsmaßen aufgrund der Allelfrequenzen berechnet. Für die Allelfrequenzen wurden lediglich die Frequenzen der Genotypen eingesetzt. Zur Unterscheidung wurde der Buchstabe G (G_I , G_s , G_e , G_T) verwendet.

Genotypenfrequenz p

Die Genotypenfrequenz ist die relative Häufigkeit eines Genotyps in einer Population. Die Summe der Genotypenfrequenzen der Genotypen einer Population an einem Genort ergibt daher 1:

$$p_{xi} = \frac{\text{Anzahl Genotypen}}{2 N}$$

p_{xi} = Genotypenfrequenz des x-ten Genotyps am Genort i
 N = Anzahl untersuchter Individuen

Genotypische Locus-Variation einer Population G_I (Nei 1973)

$$G_I = 1 - \sum p_{ik}^2$$

p_{ik} = Frequenz des k-ten Genotyps eines Locus der Population i

Mittlere genotypische Locus-Variation der untersuchten Populationen G_s (Nei 1973)

$$G_s = \frac{\sum G_I}{n}$$

n = Anzahl der Populationen

Mittlere genotypische Locus-Variation einer Population G_e (Nei 1973)

$$G_e = \frac{\sum G_I}{n}$$

n = Anzahl untersuchter Genorte

Genotypische Gesamtvariation G_T (Nei 1973)

$$G_T = 1 - \sum_k \left(\frac{\sum_i (p_{ik})}{n} \right)^2$$

p_{ik} = Frequenz des k-ten Genotyps der Population i
 n = Anzahl untersuchter Genorte

Genotypische Variation zwischen den Populationen D_{ST} (Nei 1973)

$$D_{ST} = G_T - G_S$$

Anteil der genotypischen Variation zwischen den Populationen an der Gesamtvariation G_{ST} (Nei 1973)

$$G_{ST} = \frac{D_{ST}}{G_T}$$

8.9.14 Maße für die Heterozygotie

Es wurden fünf Maße für die Heterozygotie verwendet (H_a , H_e , H_c , H_{max} , $H_{skal.}$). H_a beschreibt den aktuellen Anteil der Heterozygoten in einer Population. H_e ist die nach der Hardy-Weinberg-Proportion erwartete Heterozygotie. Sie ist eigentlich ein Diversitätsmaß. Die Werte von H_e werden jedoch auch verwendet, um den Zusammenhang zwischen aktueller Heterozygotie H_a und den Erwartungswerten nach der Hardy-Weinberg-Proportion zu beschreiben. H_c schließlich ist das eigentliche Maß für die Heterozygotie, da es unabhängig ist von der Verteilung der Allele und daher ein von der Diversität entkoppeltes Maß der Variabilität darstellt. In einer Population etwa, in der durchschnittlich weniger Allele pro Genort oder Allele in weniger ausgeglichenem Verhältnis vorhanden sind, ist mit weniger Heterozygoten zu rechnen. Der Wert H_e ist entsprechend niedriger und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch der Wert für H_a . Trotzdem könnte in einer solchen Population, beispielsweise infolge eines höheren Selektionsdrucks gegen Homozygote, die Zahl der Heterozygoten dem Anteil, der maximal mit dieser Allelausstattung erreichbaren Heterozygoten, näher kommen als in anderen Populationen. Dem trägt der Index H_c Rechnung. Bei H_c werden die beobachteten Werte von H_a auf die maximal möglichen Werte normiert und somit vergleichbar gemacht. Dadurch wird H_c unabhängig von den zugrundeliegenden Allelhäufigkeiten. H_{max} beschreibt die theoretisch maximal mit einer gegebenen Allelausstattung einer Population an einem bestimmten Genort erreichbare Heterozygotie. H_{max} ist zur Berechnung von H_c nötig.

Anteil Heterozygoter H_a

$$H_a = \frac{\text{Anzahl Heterozygoter}}{N}$$

N = Anzahl untersuchter Individuen

Erwartete Heterozygotie H_e (Nei 1973)

$$H_e = \sum \left(\frac{H_i}{r} \right)$$

r = Anzahl untersuchter Loci

Bedingte Heterozygotie H_c (Gregorius *et al.* 1986)

$$H_c = \frac{H_a}{H_{\max}}$$

wobei H_{\max} dem aufgrund der Allelaustattung hypothetisch maximal erreichbaren Heterozygotiegrad entspricht:

$$H_{\max} = 2(1-p_{\max})$$

p_{\max} = Frequenz des häufigsten Allels an einem Genort

Skalierung von Heterozygotie und Homozygotie zur graphischen Darstellung

H_c gibt den Anteil Heterozygoter an der maximal möglichen Zahl Heterozygoter in einer Population und an einem Genort wieder. Der Anteil Homozygoter entspricht insofern dem Wert H_c , da die maximal mögliche Zahl Homozygoter der Zahl der Individuen gleichzustellen ist. Summiert ergeben die Werte von H_c und der Anteil Homozygoter allerdings Werte ungleich 1. Um die Heterozygotie und die Homozygotie zusammen auf einer Skala von 0-1 darzustellen, wurden die Werte entsprechend skaliert:

$$H_{\text{skal.}} = \frac{H_c}{(\text{beob. Homozygotie} + H_c)} \qquad \text{Hom}_{\text{skal.}} = \frac{\text{Homozygotie}}{(\text{beob. Homozygotie} + H_c)}$$

Die resultierenden Größen wurden als skalierte Homozygotie und skalierte Heterozygotie bezeichnet. Skalierte Homozygotie und skalierte Heterozygotie ergeben in der Summe 1. Die Berechnung wurde nur für Genorte durchgeführt, bei denen die mittlere Frequenz des häufigsten Allels in den Populationen nicht mehr als 0,75 beträgt. Da bei zu großer Dominanz eines Allels kaum mit messbaren Effekten einer Tendenz zur Heterozygotie oder Homozygotie zu rechnen ist.

Ergebn. S. 80

Hardy-Weinberg-Proportion

In einer hypothetischen, idealen Population mit zufälliger Rekombination der Allele stellt sich im Rahmen einer statistischen Zufallsschwankung ein bestimmtes Verhältnis von heterozygoten und homozygoten Individuen ein. Auch die Häufigkeiten der Rekombinanten eines Allels mit den anderen Allelen eines Genorts im Genpool entspricht in einer idealen Population, innerhalb möglicher statistischer Schwankungen, der sich mathematisch aus den Häufigkeiten der rekombinierenden Allele errechneten Häufigkeiten. Diese Häufigkeiten werden als Hardy-Weinberg-Proportion bezeichnet. Die für eine Population an den einzelnen Genorten errechneten Häufigkeiten der Rekombinanten (Genotypen) können als Erwartungswerte der Hardy-Weinberg-

Proportion den tatsächlichen Häufigkeiten gegenübergestellt werden. Aus signifikanten Abweichungen der Häufigkeiten von den Erwartungswerten der Hardy-Weinberg-Proportion ergeben sich Hinweise auf Mechanismen bei der Rekombination der Allele. Es wurde einmal geprüft, ob signifikante Abweichungen von den Erwartungswerten bei den Häufigkeiten der einzelnen Genotypen und zum anderen, ob signifikante Abweichungen bei der Häufigkeit heterozygoter Individuen bestehen.

Ist der Anteil der Heterozygoten bei der Mehrzahl der Genorte geringer als erwartet, so ist das ein Hinweis auf Inzuchtprozesse. Ein deutlich höherer Anteil an Heterozygoten an einem Genort dagegen weist auf selektive Prozesse hin, entweder durch Bevorzugung Heterozygoter oder durch Selektion gegen Homozygote.

Dies wird bei der Darstellung der aktuellen Heterozygotie H_a über der erwarteten Heterozygotie H_e nach der Hardy-Weinberg-Proportion deutlich. Werden die Werte für die einzelnen Genorte aufgetragen und eine Regressionsgerade mit dem zugehörigen Vertrauensintervall eingezeichnet, können aus der Graphik die Genorte und Populationen gefunden werden, welche eine signifikant abweichende Häufigkeit an Heterozygoten aufweisen. Die Regressionsgerade selbst ist eine Ursprungsgerade. Aus ihrer Steigung läßt sich das durchschnittliche Verhältnis von H_a zu H_e ablesen.

Ergebn. S. 81 / Statistik Tab. 160

8.9.15 Variation zwischen den Populationen

Genetische Identität und genetische Distanz

Aus den Frequenzen der Allele und der Genotypen wurden die genetischen Identitäten I , bzw. die genetischen Distanzen zwischen den Populationen, D nach Nei (1973) und D_0 nach Gregorius (1984), berechnet. In den meisten Arbeiten wird Nei's Maß verwendet. Dieser Index bietet daher eine bessere Vergleichbarkeit. Der Index D_0 betont im Vergleich zu D geringere Frequenzen stärker (Rothe 1994). Die Gefahr von Verzerrungen des Ergebnisses durch einzelne oder wenige Individuen ist bei dem Index D_0 bei geringen Probenumfängen daher größer. Bei den verwendeten kleinen Stichprobengrößen bedeutet dies, daß Allelfrequenzen, bzw. Genotypenfrequenzen, welche nur durch wenige oder einzelne Individuen entstanden sind, sich unverhältnismäßig stark bei den genetischen Distanzen auswirken.

Formel für die genetische Identität Nei (1973)

$$I_{pq} = \frac{\sum p_i \cdot q_i}{\sum p_i^2 \cdot \sum q_i^2}$$

p_i = Frequenz des i -ten Allels einer Population

q_i = Frequenz des i -ten Allels der zu vergleichenden Population

Die mittlere genetische Identität ist das arithmetische Mittel der genetischen Identitäten aller untersuchter Genorte.

Formel für die genetische Distanz Nei (1973)

$$D = - \ln I$$

I = genetische Identität

Signifikante Unterschiede bei Frequenzen von Allelen, Genotypen und Heterozygoten

Die rechnerische Prüfung einer signifikanten Abweichung von der Hardy-Weinberg-Proportion der Genotypenhäufigkeiten und der Häufigkeiten Heterozygoter kann mit Hilfe eines Chi-Quadrat- oder eines G-Tests erfolgen. Da der G-Test besonders bei geringen Häufigkeiten signifikante Abweichungen besser aufdeckt und ansonsten gleichwertig zum Chi-Quadrat-Test ist (Ferguson 1980, Sachs 1974), wurde der G-Test bevorzugt. Bei geringen Erwartungswerten müssen die Genotypen gepoolt werden. Die Regeln für das Poolen wurden von Lohr (1998) und Hahn (1996) übernommen (Tab. 111).

Formel für den G-Test:

$$G_K = 2 \cdot \sum P_{j \text{ obs}} \ln \left[\frac{P_{j \text{ obs.}}}{P_{j \text{ exp.}}} \right]$$

$$FG = \frac{1}{2} \cdot (m_k^2 - m_k)$$

k = Genort

$P_{j \text{ obs.}}$ = Beobachtete Genotypenhäufigkeit des Genotyps j am Genort k

$P_{j \text{ exp.}}$ = erwartete Genotypenhäufigkeit des Genotyps j am Genort k

j = Genotypen am Genort k mit j = 1...s

FG = Freiheitsgrade

m_k = Anzahl der Allele am Genort k

Die Populationen wurden, ebenfalls mit einem paarweisen G-Test, auf signifikante Unterschiede bei den Häufigkeiten der Allele, Genotypen und Heterozygoten an den einzelnen Genorten geprüft. Die Freiheitsgrade berechnen sich für diese G-Tests nach:

$$FG = m_k - 1$$

m_k = der Anzahl der Allele, Genotypen oder Heterozygoter am k-ten Genort

Der G-Test wurde ansonsten wie oben durchgeführt. Bei geringen Erwartungswerten wurde auch hier gepoolt (Tab. 111).

Die Ergebnisse der G-Tests wurden zusammen in einer Tabelle dargestellt. Auf diese Weise ist schnell zu erkennen, wenn signifikante Unterschiede bei den Allelhäufigkeiten signifikante Unterschiede bei den Genotypen und dem Anteil Heterozygoter bedingen, bzw. wenn signifikante Unterschiede bei der Anzahl Heterozygoter oder den Häufigkeiten von Genotypen entstehen, obwohl keine signifikanten Unterschiede bei den Allelhäufigkeiten vorliegen.

Die signifikanten Unterschiede zwischen den Populationen wurden zudem in einem Kreuzdiagramm dargestellt. Einmal wurden die Namen der Genorte mit signifikanten Unterschieden und zum anderen die Anzahl signifikanter Unterschiede eingetragen.

8.10 Geographische Variationsmuster

Die Populationen wurden auf geographische Variationsmuster bei den Allel-, den Genotypenfrequenzen und den phänotypischen Merkmalen untersucht.

8.10.1 Kuchendiagramme

Von den Genorten der ausgewählten Allele (Genotypen) wurden Kuchendiagramme erstellt, bei denen die räumliche Verteilung der Allele deutlicher wird. Die Häufigkeiten einzelner Allele (Genotypen) einer Population an einem Genort wurden dabei als Ausschnitt eines Kuchendiagramms dargestellt und die Kuchendiagramme der Populationen auf der Karte, welche die Lage der Populationen zeigt, an der entsprechenden Stelle positioniert.

8.10.2 Clusteranalyse und Berechnung von Dendrogrammen

Dendrogramme können dazu dienen Distanzen, aufgrund von Allel- und Genotypenfrequenzen und den Mittelwerten von Merkmalen zweidimensional, graphisch darzustellen. Die Berechnung der Dendrogramme wurde einmal mit Hilfe des Programms PC-ORD (McCune und Mefford 1997) unter Verwendung der Routine "Nearest Neighbour" mit dem Distanzmaß "Euclidean relative" und zum anderen mit Hilfe der genetischen Distanzen D nach Nei (1973) und der UPGMA- Methode für die Konstruktion des Dendrogramms berechnet (Rothe 1994). Bei der UPGMA- Methode wird zunächst ein Paar geringster Distanz D gebildet und die durchschnittliche genetische Distanz dieses Paares zu den übrigen Populationen berechnet. Anschließend wird wieder die geringste genetische Distanz gesucht und das nächste Paar gebildet. Auf diese Weise wird verfahren, bis alle Populationen zusammengefaßt sind. Die genetischen Distanzen zwischen den Populationen, bzw. Gruppen von Populationen werden im Dendrogramm durch die Länge der verbindenden Äste dargestellt.

8.10.3 PCA-Analyse

Die Auswertung der Allelfrequenzen wurde mit einer PCA- Analyse (Principal Component Analysis) unter Verwendung des Programms PC-ORD (McCune und Mefford 1997) ergänzt. Bei der PCA- Analyse werden successive die Achsen ermittelt, welche die Varianzen im Datensatz maximal beschreiben. Sie wurde als erstes von Goodall (1954) für ökologische Fragestellungen eingesetzt. Die Populationen wurden in die Hauptmatrix als Zeilen, die Allele als Spalten und die Frequenzen der Allele als Daten eingesetzt. Die PCA- Analyse erfolgte mit der Option Variance / Covariance (Greig-Smith 1983). Bei dieser Option tragen die Parameter proportional zu ihrer Varianz zum Ergebnis der Analyse bei. Diese Option ist sinnvoll, da mit größerer Varianz der Frequenzen die Allele um so mehr populationsgenetische Prozesse widerspiegeln. Auf diese Weise wird eine bessere Auflösung der Analyse erreicht.

Ergebn. S. 83/ Methode S. 54 /

Dendrogramme Abb. 83-Abb. 86 / Kuchendiagr. Abb. 88-Abb. 91/ PCA- Plot Abb. 87

8.11 Datenauswertung

Zur statistischen Auswertung der Daten wurden die Programme EXCEL (Microsoft Corp., Vers. Excel 97, 1997), WINSTAT (Kalmia Co. Inc., Vers. 3.1, 1995) und PC-ORD (MjM

Software, Vers. 3.15, 1997) verwendet. Die Dendrogramme wurden mit dem Programm NTSYS-PC (Applied Biostatistics Inc., Vers. 1.40, 1988) berechnet.

Zur Auswertung der Daten aus der Isoenzymanalyse wurde unter anderem auf die Programme GSED (Gillet 1994) und POPGENE (Ag / for Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta und Center of International Forestry Research, Vers. 1.21, 1997) zurückgegriffen. Allerdings stellte sich heraus, daß mit diesen Programmen die Analyse nur unzureichend durchgeführt werden konnte, da aufgrund der relativ geringen Probenzahl bei den statischen Tests häufig zu geringe Erwartungswerte entstanden und daher gepoolt werden mußte (Zusammenfassen von Daten). Das Poolen wird von keinem der getesteten Programme automatisch durchgeführt. Im übrigen führen die in einigen Fällen vorhandenen "Leerstellen" bei den Ergebnissen der Analyse, hervorgerufen durch den Ausfall einzelner Enzymsysteme bei einzelnen Individuen, zu Fehlern. Bei großen Probenumfängen können die Individuen mit Leerstellen weggelassen werden. Bei kleineren Probenumfängen führt dies aber zu einer unverhältnismäßigen Verringerung der Stichprobengrößen. Die einzelnen Tests und Berechnungen zur Analyse der Daten mußte daher "von Hand" im Tabellenprogramm (EXCEL) durchgeführt werden und waren außerordentlich aufwendig. Die Ergebnisse der Programme GSED und POPGENE konnten somit lediglich zur groben Orientierung dienen.

Zum Vergleich intervallskalierter Daten von Standorten, Populationen und Behandlungen wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Hierzu mußte zunächst sichergestellt werden, daß die Daten normalverteilt sind. Der Test auf Normalverteilung erfolgte mit einem Kolmogorov-Smirnov-Test. Lag keine Normalverteilung vor, wurden die Datensätze entsprechend transformiert. Zur Transformation wurde die BOXCOX-Funktion des Programms WINSTAT verwendet (MBOXCOX("Variable"; L)). $L=0$ entspricht einer logarithmischen Transformation der Daten. Für $L > 1$ kann eine negative Schiefe, mit $0 < L < 1$ eine positive Schiefe behoben werden.

Der multiple Vergleich intervallskalierter Daten erfolgte unter Verwendung des Tukey-Tests. Zuerst wird für jede mögliche Untermenge eine kritische Spannweite (Variationsbreite) berechnet und dann mit der Differenz von größtem und kleinstem Mittelwert der Untergruppen in der Untermenge verglichen. Ist die Differenz kleiner als die berechnete Spannweite, geht man von nicht signifikanten Unterschieden ihrer Mitglieder aus. Beim Tukey-Test erfolgt die Berechnung der kritischen Spannweite für Gruppenpaare nach der sogenannten "studentized" Spannweitenverteilung, welche die Gesamtzahl der Gruppen berücksichtigt. Dieser Test eignet sich besonders für kleine Stichprobengrößen (Sachs 1974).

Beim Vergleich von Datensätzen, welche als Häufigkeiten vorliegen, wurde ein paarweiser G-Test durchgeführt. Der G-Test ist dem CHI-Quadrat-Test vergleichbar. Allerdings hat er bei kleinen Stichproben eine bessere Auflösung (Sachs 1974).

9 Ergebnisse

9.1.1 Populationsgröße

Die Größe der untersuchten Populationen von *Succisa pratensis* ist sehr unterschiedlich. Die Schätzung der Anzahl an Rosetten reicht von nur etwa 120 in Hörzhausen bis 20.000 in Freinhausen2 (Tab. 3).

Methode 34 / Populationsgröße N Tab. 3

9.2 Ergebnisse zu den Standortfaktoren der einzelnen Herkünfte

9.2.1 Boden

Der pH- Wert liegt bei den meisten Populationen etwas über pH 7. Nur in Hörzhausen ist er mit 4,7 deutlich und in Dachsholz mit 6,5 leicht geringer. Die Population Dachsholz hat relativ hohe Werte an Stickstoff und organischer Substanz im Boden. Sie unterscheidet sich dadurch von ihrer Ursprungspopulation Heinrichsheim und von der ebenfalls im Donaumoos gelegenen Population Zensi-Schütt, welche die kleinsten Werte aufweisen. Die Kali- Gehalte des Bodens sind in Freising, gefolgt von Heinrichsheim und Zensi-Schütt am höchsten, die niedrigsten Werte finden sich hier in Dachsholz, Freinhausen2, Freinhausen1 und Heinrichsheim Die Phosphatgehalte sind in Freinhausen1 und Freinhausen2 etwas höher (Tab. 17).

Text S.56 / Methode S. 31 / Daten Tab. 17

9.2.2 Wasser

Die Wasserstände wurden von Juni 1997 bis April 1999 erfaßt. Die Wasserstände schwanken im Verlauf eines Jahres an den Standorten relativ stark, im Mittel zwischen 27 und 57 cm unter Flur. Die Tatsache, daß die Standorte eine relativ große Amplitude mittlerer Wasserstände haben, zeigt, daß *Succisa pratensis* offensichtlich einen relativ großen Bereich unterschiedlicher Grundwasserstände toleriert (Abb. 3).

Im Mittel weisen die Populationen Heinrichsheim und Hörzhausen die niedrigsten, Freinhausen2 und Freising die höchsten Wasserstände auf. Die maximal niedrigsten Werte wurden in Heinrichsheim und Dachsholz gemessen. Die Schwankungen sind in Heinrichsheim am größten (Tab. 5).

In Heinrichsheim und Zensi-Schütt kam es über die Wintermonate 89/99 zu einer länger andauernden Überflutung der Flächen (Abb. 3).

Text S.56 / Methode S. 34/ Pegelstände Abb. 3 / Daten Tab. 5

9.2.3 Klima

Die Messungen der relativen Luftfeuchte und der Temperatur an den Standorten führte nur teilweise zum Erfolg, da in mehreren Fällen die verwendeten Datalogger nicht funktionierten. Nur bei zwei Messungen, im August und im Nov./ Dez. 1998 wurden brauchbare Daten gewonnen.

Die Temperaturen lagen im August tags im Mittel zwischen 21,5 und 22,4 °C. Nachts sanken die Temperaturen im Mittel auf Werte zwischen 12,9 und 10,5 °C. In Freinhausen, Hörzhausen und Freising sind die mittleren Temperaturen nachts etwas niedriger und tagsüber etwas höher als an den Standorten im Donaumoos. Die größten Schwankungen weist dabei der Standort Freising auf (Abb. 4 / Tab. 4).

Im Herbst liegen die mittleren Temperaturen tagsüber zwischen -0,1 und 0,9 °C und sinken nachts auf 0,8 bis -2,6 °C. Nur in Freinhausen, Hörzhausen und Freising sinken die mittleren Temperaturen im gemessenen Zeitraum nachts deutlich unter 0°C (Abb. 5 / Tab. 4).

Wiederum weist dabei der Standort Freising die größten Schwankungen auf. Während die Temperaturen in Freinhausen und Hörzhausen auch tagsüber meist unter den Werten an den Standorten im Donaumoos bleiben, steigen sie in Freising tagsüber relativ stärker an und die Werte liegen teilweise sogar über denen der anderen Standorte (Abb. 5).

Die relative Luftfeuchte sinkt im August tagsüber auf Werte von im Mittel 52 %, um nachts auf bis zu 100 % zu steigen. Die mittleren Werte in Freinhausen und Hörzhausen sind etwas geringer als an den übrigen Standorten. Dies liegt vor allem an den geringeren Werten relativer Luftfeuchte bei Tag. Dies könnte eine Folge der höheren Einstrahlung der weitgehend offenen, nicht beschatteten Flächen sein (Abb. 6 / Tab. 4).

Im Herbst fallen die Schwankungen der relativen Luftfeuchte geringer aus. Die relative Luftfeuchte bei den Standorten Freinhausen und Hörzhausen ist im Mittel tagsüber und nachts höher als bei den übrigen Standorten. Beim Standort Freising variiert der Wert relativ stark (Tab. 4 / Abb. 7).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die weniger beschatteten Standorte im Paartal (Freinhausen^{1/2}, Hörzhausen) im Sommer, besonders tagsüber, geringere Luftfeuchte aufweisen. Die Abkühlung nachts und die Erwärmung tags ist stärker. Im Herbst bei geringerer Einstrahlung haben die Standorte Freinhausen und Hörzhausen höhere Werte relativer Luftfeuchte und sind geringfügig kühler als die übrigen Standorte.

Der Standort Freising zeigt relativ große Schwankungen im Tagesverlauf bei relativer Luftfeuchte und Temperatur. Insgesamt ist es der Standort mit den im Mittel höchsten Werten der relativen Luftfeuchte und den niedrigsten mittleren Temperaturen, sowohl im August als auch im Herbst.

Text S. 56 / Methode S. 34/ Mittelwerte Tab. 4 / Temperaturen Abb. 4- Abb. 5 / rel. Luftfeuchte Abb. 6-
Abb. 7 / Daten Tab. 6- Tab. 8

9.2.4 Biomasse im Freiland

Als wichtige Parameter der Vegetation der einzelnen Standorte wurden die mittlere Höhe, die maximale Höhe, die Deckung und die Biomasse des Bestands ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tab. 17 zusammengefaßt.

Die Deckung der Vegetation und die Biomasse ist in Dachsholz besonders gering (Tab. 17). Dies liegt daran, daß die Fläche erst vor wenigen Jahren angelegt und bis heute nicht völlig von Pflanzen besiedelt wurde. Geringere Werte bei der Deckung und Biomasse weist auch Hörz-

hausen auf. Hier entstehen zwischen hohen Molinia- Bulten freie Flächen, welche von alter Streu bedeckt werden aber ansonsten vegetationsfrei sind. Die Deckung an den anderen Standorten ist relativ hoch und liegt zwischen 95 und 100 %.

Die Herkünfte haben nur geringe Unterschiede in der mittleren Höhe der Vegetation. Während die maximale Höhe in Freinhausen1 und Freinhausen2 jedoch deutlich geringer ist, sind die Werte der Biomasse am höchsten (Abb. 24, Tab. 17). Die Flächen in Freinhausen werden als einzige regelmäßig jedes Jahr gemäht, in der Regel schon Mitte August. Optisch hat man bei den Flächen in Freinhausen den Eindruck einer Wiese. Die Flächen Heinrichsheim, Zensi-Schütt, Freising und z.T. Hörzhausen werden dagegen nur unregelmäßig und später im Jahr gemäht. Sie erinnern in ihrer Physiognomie, bei voll entwickelter Vegetation, eher an eine Hochstaudenflur.

Text S. 57 / Methode S. 34/ Biomasse Abb. 24 / Daten Tab. 17 / Biomasse im Gewächshaus Abb. 55; Abb. 56

9.3 Ergebnisse Keimversuche

9.3.1 Entwicklung der Keimversuche

Die Keimversuche wurden im Januar 1998 begonnen. Die Keimung bei den höheren Temperaturen (15, 20, 25, 30, 35°C) war schnell beendet. Einerseits setzte die Keimung bei diesen Temperaturen relativ zügig ein und die Keimraten waren sehr hoch, andererseits kam es im weiteren Verlauf, besonders bei den Temperaturen ab 30°C zu einem starken Wachstum von Pilzen und Blaualgen, welche noch nicht gekeimte Samen überwucherten und somit eine weitere Beobachtung der Keimung verhinderten.

Die Keimung bei den tieferen Temperaturen, ab 10°C verlief dagegen deutlich verschieden. Es kam zu so gut wie keinem Wachstum von Pilzen und Blaualgen. Die langsame und geringe Keimung der Samen konnte aus diesem Grunde bei diesen Temperaturen über lange Zeit (vom 4.3.98-18.11.98) verfolgt werden. Durch diese lange Beobachtungszeit veränderte sich das Ergebnis für diese Temperaturstufen deutlich.

Text S.58 / Methode S. 36

9.3.2 Keimraten

Die Durchschnittswerte der im Mittel gekeimten Samen sind in Tab. 11 dargestellt. Die höchsten Keimraten liegen meist bei den Wechseltemperaturen (20°C / 10°C). Nur bei Zensi-Schütt ist die Keimrate bei 20°C etwas höher als bei der Wechseltemperatur.

Das Optimum der Temperatur liegt ansonsten bei 10-20°C. Während sich die Werte zwischen 10 und 20°C nur wenig unterscheiden, ist der Keimerfolg bei den höheren Temperaturen (ab 25°C) deutlich geringer, bei 5°C, der niedrigsten verwendeten Temperatur, ist der Keimerfolg ebenfalls, jedoch meist weniger deutlich, reduziert. Stratifizierte Samen hatten bei 30° C eine geringere Keimrate als nicht stratifizierte Samen.

Die Mittelwerte der absoluten Keimrate K_{abs} (Tab. 11) unterscheiden sich zwischen den Populationen. Die größten mittleren Keimraten bei den Populationen Freinhausen1, Freinhausen2, Dachsholz und Heinrichsheim liegen deutlich über 50 %. Die Mittelwerte dieser Populationen unterschieden sich untereinander nicht signifikant. Jedoch sind die Unterschiede zu den übrigen Populationen, welche Keimraten unter 50 % aufweisen, statistisch relevant. Besonders

gering sind die Keimraten in Zensi-Schütt. Die Population hat signifikant geringere Keimraten als alle anderen Populationen (Tab. 12).

Die Korrelation von Keimrate und mittlerem Samengewicht liegt knapp über der Signifikanzgrenze ($r=0,620$; $n=7$; $p=0,069$; Pearson). Signifikant ist aber die Korrelation von Keimrate und dem Kali- Gehalt des Bodens ($r=-0,676$; $n=7$; $p=0,048$; Pearson) und die Korrelation von Keimrate und Populationsgröße (linearisiert als $1/N$; $r=-0,7883$; $n=7$; $p=0,018$; Pearson). In Abb. 9 ist der Zusammenhang von Keimrate und mittlerem Samengewicht, in Abb. 10 der von Keimrate und Kali- Gehalt des Bodens (K_2O), in Abb. 8 der von Keimrate und Populationsgröße, dargestellt.

Die Keimrate ist um so geringer, je höher der Kali- Gehalt des Bodens ist. Der Kali- Gehalt des Bodens der Standorte korreliert aber auch signifikant und negativ mit den Samengewichten (Abb. 28). Es liegt daher der Schluß nahe, daß Standorte mit hohen Kalium Gehalten geringere Samengewichte haben und darum geringere Keimraten aufweisen. Die Regression von Keimrate und Populationsgröße hat die Form einer Sättigungskurve. Größere Populationen haben signifikant höhere Keimraten.

Die gefundenen korrelativen Zusammenhänge sind relativ unsicher, zum einen wegen der geringen Anzahl untersuchter Populationen. Zum anderen bleibt unklar, ob die Keimraten und Samengewichte mit dem Gehalt an Kalium im Boden oder der Populationsgröße oder mit beiden Parametern zusammenhängen (s. auch S. 63).

Es wurde keine signifikante Korrelation zwischen Keimrate K_{abs} und den Standortfaktoren pH, Stickstoff, Anteil organischer Substanz im Boden und Phosphat gefunden.

Text S. 58 / Methode S. 36 / Daten Tab. 11 / Statistik Tab. 12 / Regression Populationsgröße Abb. 8 / Regression mit Samengewicht Abb. 9 / Regression mit Bodenparameter Abb. 10 / Samengewicht Abb. 28

9.3.3 Relative Keimraten

In Tab. 13 sind die mittleren, bezüglich der einzelnen Temperaturstufen, relativen Keimraten angegeben. Diese Größe wurde angegeben, um eventuell unterschiedliche Effekte der Temperaturbehandlungen auf die Populationen anschaulich darzustellen und zu testen.

In Abb. 12 sind die relativen Keimraten bei den einzelnen Temperaturbehandlungen graphisch dargestellt. Wie aufgrund von Abb. 12 zu erwarten war, ergeben sich auch aus der durchgeführten Varianzanalyse keinerlei signifikante Unterschiede im Keimverhalten bei Unterschiedlichen Temperaturen zwischen den einzelnen Populationen.

Text S. 59/ Methode S.37 / Relative Keimraten Abb. 12 / Daten Tab. 13

9.3.4 Keimverlauf

Die Keimverläufe sind in Abb. 13 - Abb. 21 dargestellt. Die Keimtätigkeit wurde am schnellsten bei $25^{\circ}C$ und $30^{\circ}C$ beendet. Bei höheren und bei niedrigeren Temperaturen erfolgt die Keimung langsamer. Auch bei Wechseltemperaturen ($20^{\circ}C/10^{\circ}C$) ist die Keimung im Vergleich zur höheren Temperatur, also $20^{\circ}C$, gebremst. Sie hat einen mehr linearen Verlauf (Abb. 20). Die stratifizierten Samen keimen schneller als die nicht stratifizierten (Abb. 21). Die Größere Keimgeschwindigkeit geht nicht mit höheren Keimraten einher. So sind die Keimraten

ohne Stratifikation bei geringerer Keimgeschwindigkeit höher als mit Stratifikation und die höchsten Keimraten liegen bei 15-20° C, obwohl sich die höchste Keimgeschwindigkeit bei 25-30° C ergab.

Unterschiede zwischen den Populationen zeigen sich nur bei den niedrigen Temperaturen (Abb. 13- Abb. 14). Während einige Populationen zunächst einen steilen Keimverlauf haben, welcher im weiteren zunehmend abklingt (Freinhausen1 Freinhausen2 und Dachsholz), ist der Verlauf bei den anderen Populationen mehr linear. Besonders ausgeprägt ist der lineare Verlauf bei der Population Freising und Hörzhausen während Zensi-Schütt und Heinrichsheim eine Zwischenstellung einnehmen. Auffallend ist, daß die Populationen mit einem eher linearem Verlauf diejenigen sind, welche kleinere durchschnittliche Samengewichte haben und die Populationen mit einem zunächst steilen Verlauf, große durchschnittliche Samengewichte aufweisen (Tab. 27). Möglicherweise sind die gefundenen Unterschiede im Keimverlauf bei niedrigen Temperaturen durch Unterschiede der durchschnittlichen Samengrößen bedingt.

Bei den höheren Temperaturen (20-35°C) und bei der Wechseltemperatur (20°C/10°C) erfolgt die Keimung der Samen sehr schnell und es lassen sich kaum Unterschiede bei den Keimverläufen erkennen. (Abb. 15- Abb. 19).

Text S. 59 / Methode S. 37 / Keimverläufe Abb. 13- Abb. 21

9.3.5 Wirkung der Stratifikation

In allen Fällen hat die Stratifikation die Keimrate bei 30°C verringert (Tab. 14, Tab. 11). Die Keimgeschwindigkeit wird dagegen durch die Stratifikation erhöht (Abb. 21).

Es ist bekannt, daß die Stratifikation eine Verschiebung der Temperaturoptima der Keimung zu niedrigeren Temperaturen bewirkt. Die Stratifikation hatte zwar bei 30°C einen bezüglich der Keimrate negativen Effekt, bei niedrigeren Temperaturen ist jedoch mit erhöhten Keimraten zu rechnen. Samen von Populationen, welche bei 30°C einen negativen Effekt der Stratifikation erfahren haben, müßten bei den niedrigeren Temperaturen einen entsprechend positiven Effekt zeigen, welcher dann zu einer insgesamt höheren Keimrate beitragen könnte.

In Tab. 15 ist das Ergebnis eines paarweisen G-Tests, auf Grundlage der jeweiligen Anzahl gekeimter Samen, mit und ohne Stratifikation, dargestellt. In einigen Fällen ergeben sich signifikante Unterschiede. Die Samen der Populationen sind demnach unterschiedlich sensibel gegenüber der Stratifikation. Relativ großen (negativen) Effekt auf die Keimfähigkeit bei 30°C hatte die Stratifikation bei Freinhausen1, Freinhausen2, Heinrichsheim und Freising. In einigen Fällen ist die Zahl keimender Samen nach Stratifikation bei diesen Populationen signifikant geringer als bei den Populationen Dachsholz, Zensi-Schütt und Hörzhausen (Tab. 15).

Es zeigt sich weiterhin, daß die absolute Keimrate K_{abs} signifikant mit dem berechneten Faktor S_w korreliert ($r=0,7332$; $n=7$; $p=0,0304$). Die lineare Regression von S_w und K_{abs} ist in Abb. 11 dargestellt. Samen von Populationen mit höheren Keimraten haben demnach eine größere Sensibilität gegenüber Stratifikation.

Es besteht dagegen keine signifikante Korrelation von S_w mit dem Samengewicht ($r=0,1245$; $n=7$; $p=0,3951$; Pearson), den Bodengehalten an N ($r=0,1098$; $n=7$; $p=0,4073$, Pearson), P ($r=0,1274$; $n=7$; $p=0,3927$, Pearson), K ($r= -0,1955$; $n=7$; $p=0,3372$, Pearson), organischer

Substanz ($r=-0,1057$; $n=7$; $p=0,4108$, Pearson), Biomasse ($r=0,3662$; $n=7$; $p=0,2096$, Pearson) oder der Populationsgröße (als $1/N$; $r=-0,3969$; $n=7$; $p=0,1900$; Pearson).

Text S. 60 / Methode S. 37 / Verlauf Abb. 21 / Daten Tab. 14 / Tab. 11 / Statistik Tab. 15 / Regression Abb. 11

9.4 Ergebnisse phänotypische Messungen im Freiland

9.4.1 Wachstum der Blätter im Freiland

Das Wachstum der Blätter der einzelnen Populationen wurde im Freiland 1997 durch Messung der maximalen, mittleren Blattlänge, Blattbreite und dem Quotienten aus Blattlänge und Blattbreite als Maß für die Blattform beschrieben (Abb. 22). Es zeigen sich teilweise erhebliche und signifikante Unterschiede zwischen den Populationen besonders bei der Blattlänge. Die Blattbreite bleibt dagegen mit der Ausnahme Dachsholz und Freinhausen2 weitgehend konstant (Tab. 23). Die Blattform wurde als Quotient von Länge durch Breite angegeben, da es vor allem die Länge der Blätter ist, welche die Populationen unterscheidet. Durch die gewählte Darstellungsform zeigt sich, daß die Unterschiede in der Blattform durch Unterschiede in der Blattlänge bei weitgehend gleichbleibender Breite gegeben sind.

Text S. 61 / Methode S. 40 / Rosettenblattlängen Abb. 22 / Statistik Tab. 23

9.4.2 Anzahl austreibender Pflanzen im Freiland

Ein Teil der Pflanzen legte 1997 keine Sprosse an und kam nicht zur Blüte. Der Anteil von Pflanzen, die nicht austreiben, unterscheidet sich zwischen den Populationen (Tab.21). In Freinhausen2 treiben deutlich weniger Pflanzen aus als in den anderen Populationen, in Hörzhausen dagegen fast 100%. Daraus ergeben sich teilweise signifikante Unterschiede zwischen den Populationen (Tab. 22).

Die Tatsache, daß an einem Standort mehr Pflanzen austreiben, könnte für Indiz dafür sein, daß die Bedingungen für die Pflanzen besser sind oder die Individuen größere Fitneß aufweisen. Es ist jedoch zu beachten, daß *Succisa pratensis* in der Regel erst im zweiten Jahr blüht, selbst wenn die Bedingungen optimal sind (s. Gewächshausversuche). Ein hoher Anteil austreibender Pflanzen kann somit auch Zeichen einer fehlenden Verjüngung der Population sein. Die Bedeutung des unterschiedlichen Anteils austreibender Pflanzen kann daher nicht ohne weiteres interpretiert werden. In Hörzhausen fehlten kleinere, offensichtlich jüngerer Pflanzen fast vollständig. Der hohe Anteil austreibender Pflanzen ist hier eher ein Hinweis auf fehlende Verjüngung der Population. In Feinhausen2 wiederum wurden relativ viele kleine Rosetten beobachtet, welche keine Sprosse bildeten. *Succisa pratensis* scheint sich hier relativ gut zu verjüngen, möglicherweise benötigen jedoch die Pflanzen mehr Zeit als in Dachsholz, um zu blühen. Denn in Dachsholz wurden üppig wachsende Pflanzen neben vielen kleineren, scheinbar jüngerer, Pflanzen beobachtet, welche trotz ihrer geringen Größe blühten. Diese Population verjüngt sich offenbar, hat aber trotzdem, möglicherweise aufgrund der guten Nährstoffbedingungen, einen hohen Anteil austreibender Pflanzen.

Text S. 61 / Daten Tab.21 / Statistik Tab. 22

9.4.3 Sprosshöhe im Freiland

Das Wachstum der Sprosse im Freiland wurde vom 10.7.97 bis 12.9.97 verfolgt (Abb. 23). In Freinhausen erfolgte die Mahd bereits am 21.8.97. Die Entwicklung der Sprosse war allerdings zu diesem Zeitpunkt in Freinhausen bereits weitgehend abgeschlossen.

Es fällt auf, daß die Höhe der Sprosse bei den Populationen in Freinhausen1 und Hörzhausen, besonders aber in Freinhausen2, hinter den anderen Populationen zurückbleibt (Abb. 23). Im Falle von Freinhausen2 und Freinhausen1 sind die Unterschiede teilweise signifikant (Tab. 26). Zwar ist das Wachstum in Freinhausen1 und Hörzhausen am Anfang der Messung etwas weiter fortgeschritten als bei den anderen Populationen, ein früherer Beginn des Wachstums kann anhand der Messung jedoch nicht nachgewiesen werden. Allerdings flacht die Wachstumskurve in Freinhausen und Hörzhausen früher ab als in den übrigen Populationen.

Die etwas, allerdings nicht signifikant, geringere mittlere Sprosshöhe in Dachsholz kann dadurch erklärt werden, daß diese Population eine große Dynamik aufweist. Es wurden relativ viele kleine, vermutlich junge Pflanzen beobachtet, die Sprosse und Blüten bildeten. Die Sprosse dieser Pflanzen erreichten jedoch längst nicht die Höhe der anderen Pflanzen.

Text S.62 / Methode S. 41 / Sprosshöhe Abb. 23 / Statistik Tab. 26

9.4.4 Blühverlauf im Freiland

Die Blüte im Freiland wurde 1997 untersucht. Der Blühverlauf ist für die einzelnen Populationen in Abb. 25 dargestellt. Die Populationen aus Freinhausen beginnen früher mit der Blüte und die Blühaktivität erreicht, bzw. überschreitet, zum 14.8. ihren Höhepunkt. In Hörzhausen wird dieser Punkt erst am 19.8., in Dachsholz am 26.8. und in Heinrichsheim und Freising am 12.9.97 erreicht. Die Population Zensi-Schütt fällt durch einen jeweils geringen Anteil gleichzeitig blühender Individuen auf.

Text S.62 / Methode S. 42 / Blühverlauf Abb. 25

9.4.5 Blühleistung im Freiland

Die maximale Blühleistung zeigt, wie viele Blütenstände gleichzeitig blühen. Sie ist abhängig von der Anzahl von Knospen. Größere, üppiger wachsende Pflanzen haben in der Regel mehr Knospen und können somit mehr Blüten gleichzeitig zum blühen bringen. Die Blühleistung ist auch abhängig davon, wie die Blüte der Pflanzen zeitlich aufeinander abgestimmt ist.

Die maximalen Werte der Blühleistung im Freiland werden in Dachsholz erreicht (Abb. 26). Die geringsten Werte erreichen Heinrichsheim, Zensi-Schütt und Freinhausen2.

Text S.62 / Methode S. 42 / Blühleistung Abb. 26

9.4.6 Blühintensität im Freiland

Die Blühintensität ist im Gegensatz zur Blühleistung unabhängig von der Üppigkeit der Pflanzen. Der Verlauf der Blühintensität beschreibt und vergleicht darum besonders gut die Größe, den Verlauf und die Schwankungen der Blühaktivität der Populationen.

Die Blühintensität der Populationen in Freinhausen bleibt relativ niedrig (Abb. 76). Ein Grund dafür könnte sein, daß nur ein Teil der Knospen zur Blüte kam. Es wurde beobachtet, daß in Freinhausen viele Seitenknospen zwar angelegt wurden, die aber aufgrund der frühen Mahd keine Blüten bilden konnten. Auffallend ist der hohe maximale Wert der Blühintensität in Heinrichsheim. Offenbar wurden hier der höchste Anteil angelegter Knospen gleichzeitig zu blühenden Blütenständen entwickelt.

Text S. 62 / Methode S.42 / Blühintensität Abb. 76

9.4.7 Samengewicht

Das mittlere Samengewicht der Populationen ist in Tab. 27 dargestellt. Die schwersten Samen hat Dachsholz, gefolgt von den Populationen Freinhausen1, Freinhausen2 und Zensi-Schütt. Die leichtesten Samen wurden in Heinrichsheim, Freising und Hörzhausen gefunden. Bei der statistischen Analyse ergeben sich signifikante Unterschiede (Tab. 27). Der Zusammenhang der Samengewichte und der Standortfaktoren und Populationsgröße wird auf Seite 63 beschrieben.

Text S. 63 / Methode S. 35 / Daten und Statistik Tab. 27 /
Samengewicht und Kali- Gehalt des Bodens Abb. 28 ff. / Samengewicht und Populationsgröße Abb. 29

9.4.8 Zusammenhang von Merkmalen im Freiland und Standortparametern

In Tab. 28 sind mögliche Korrelationen verschiedener Parameter mit den im Freiland gemessenen Mittelwerten von Merkmalen bei den einzelnen Populationen dargestellt. Wegen der geringen Zahl von Populationen, bei gleichzeitiger Einwirkung vielfältiger Faktoren im Freiland auf die Merkmalsausprägung, müssen die gefundenen signifikanten Korrelationen kritisch betrachtet werden. Es wurden aus diesem Grund Regressionen berechnet und graphisch dargestellt (Abb. 28 ff.).

Es zeigt sich anhand der Abbildungen, daß einige der gefundenen korrelativen Zusammenhänge möglicherweise Scheinkorrelationen darstellen, d.h. daß statistisch signifikante Zusammenhänge errechnet wurden, ohne daß ein tatsächlicher, sinnvoller Zusammenhang besteht. Die Werte für Stickstoff und organische Substanz im Boden sind in Dachsholz besonders hoch. Werden diese Parameter gegen verschiedene Merkmale aufgetragen, wird deutlich, daß sich Zusammenhänge nur aufgrund der Werte der Population Dachsholz errechneten (Abb. 32 / Abb. 34 / Abb. 35 / Abb. 38 / Abb. 39). Ebenso ist der pH- Wert in Hörzhausen ungewöhnlich niedrig, und es besteht scheinbar ein Zusammenhang mit dem geringen Anteil austreibender Pflanzen. Ohne die Population Hörzhausen ist der Zusammenhang jedoch nicht vorhanden (Abb. 36).

Gerade bei den größeren Populationen ist die mittlere Blattlänge geringer. Dies könnte daran liegen, daß in diesen Populationen eine andere Alterstruktur vorherrscht. In Freinhausen2 und Dachsholz wurden beispielsweise relativ viele kleine, vermutlich junge Pflanzen beobachtet. Die andersartige Altersstruktur könnte einen möglichen Einfluß der Bodenparameter überdecken oder vortäuschen (Abb. 30 / Abb. 33).

Der negative Zusammenhang von Sprosshöhen und Phosphatgehalt des Bodens entsteht durch die beiden Populationen aus Freinhausen. Hier sind die Werte für Phosphat höher als bei den anderen Populationen. *Succisa pratensis* hat hier aber kleinere Rosettenblätter (Abb. 37).

Der positive Zusammenhang von Blattlänge und Kali- Gehalt könnte auch bestehen, wenn die Populationen Freinhausen1 und Dachsholz, aufgrund ihrer vermutlich andersartigen Altersstruktur, nicht berücksichtigt werden (Abb. 31). Siehe hierzu auch S. 76.

Die Samengewichte scheinen negativ mit den Kali- Gehalten des Bodens zusammenzuhängen (Abb. 28). Gleichzeitig sind die Samengewichte bei den größeren Populationen höher (Abb. 29). Es kann anhand der Daten nicht beurteilt werden, ob die Samengewichte von Populationsgröße oder den Kali- Gehalten oder von beidem abhängen. Siehe hierzu auch S. 72 und S. 76).

9.5 Ergebnisse phänotypische Messungen im Gewächshaus

9.5.1 Entwicklung der Gewächshausversuche

Succisa pratensis erwies sich als sehr leicht zu kultivierende Pflanze. Dies lag zum einen an der hohen Keimrate, aber auch an der Widerstandskraft der Pflanzen. Nur eine von 588 Pflanze starb im zweiten Jahr des Gewächshausversuchs ab.

Schon nach kurzer Zeit kam es, wohl infolge von Auswaschung, zu einer Gelbfärbung der Blätter. Nach einmaliger Zugabe eines Eisen-Chelat-Düngers wurden die Blätter jedoch innerhalb weniger Tage wieder grün und setzten ihr Wachstum fort.

Text S.64 / Methode S. 38

9.5.2 Wachstum der Blätter

Blattlänge

Die bei den einzelnen Behandlungen maximal erreichten mittleren Rosettenblattlängen der Populationen sind für 1998 in Abb. 44 und für 1999 in Abb. 45 dargestellt.

Wie in den Abbildungen zu erkennen, wirkt sich Düngung immer positiv auf die Blattlängen aus. Der Einfluß von Molinia ist jedoch nicht so eindeutig. In einigen Populationen wird bei einer Behandlung mit Molinia ein größerer Wert der mittleren Blattlänge erreicht bei anderen Populationen finden sich größere Werte bei der Variante ohne Molinia.

Die Vergleiche zwischen den Behandlungen zeigen im ersten Jahr, daß es bei einigen Populationen signifikante Unterschiede zwischen mmod und den übrigen Behandlungen gibt (Tab. 38). Nur bei Zensi-Schütt ist auch der Unterschied zwischen der Behandlung omod und mmod signifikant. Offenbar waren die Pflanzen einiger Populationen im ersten Jahr besonders bei der Behandlung mmod in ihrer Entwicklung gehemmt.

Im folgenden Jahr liegen die Unterschiede zwischen gedüngten und nicht gedüngten Behandlungen (Tab. 39). Die Pflanzen einiger Populationen haben bei den gedüngten Varianten signifikant längere Blätter als die ungedüngten, während signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen mit und ohne Molinia nicht mehr auftreten.

Es ist in keinem Fall nachweisbar, daß die Populationen unterschiedlich auf die einzelnen Behandlungen reagieren. Allerdings fällt auf, daß die Populationen Heinrichsheim, Freising und Freinhausen2 im zweiten Jahr keine Unterschiede zwischen den Behandlungen zeigen, während bei Dachsholz, Zensi-Schütt, Freinhausen1 und Hörzhausen in mehreren Fällen signifikante

Unterschiede auftreten (Tab. 39). Die größte Differenzierung der Populationen bei der Blattlänge erfolgt bei den ungedüngten Behandlungen (mmod und omod).

Die Unterschiede zwischen den Populationen sind 1998 (Tab. 40) weniger deutlich und stellen sich anders dar als 1999 (Tab. 41). Während 1998 noch signifikante Unterschiede zwischen den Populationen im Donaumoos, Zensi-Schütt, Heinrichsheim und Dachsholz auftreten, verschwinden diese Unterschiede im zweiten Jahr. 1999 zeigen sich die meisten signifikante Unterschiede zwischen Populationen im Donaumoos (Dachsholz, Heinrichsheim, Zensi-Schütt) und den Populationen im Paartal (Freinhausen1, Freinhausen2 und Hörzhausen). Auch die Freisinger Population unterscheidet sich bei einigen Behandlungen von den Donaumoos- und den Paartal- Populationen (Tab. 41).

Text S. 64 / Methode S. 40 / Blattlängen 1998 Abb. 44 / Blattlängen 1999 Abb. 45 /
Statistiken Tab. 38 / Tab. 39 / Tab. 40 / Tab. 41

Entwicklung der Blattlänge

Das Wachstum der Blätter wurde über zwei Jahre verfolgt. Aus den regelmäßig vermessenen Blattlängen ergibt sich eine Wachstumskurve. In Abb. 43 sind die Wachstumskurven der Populationen bei der Behandlung omod (ohne *Molinia*, ungedüngt) dargestellt, da sich bei dieser Behandlung die Unterschiede zwischen den Populationen am deutlichsten zeigen.

Im ersten Jahr sind die Blattlängen der Populationen Freising und Zensi-Schütt geringer als die der anderer Populationen. Die Populationen Heinrichsheim und Dachsholz entwickeln dagegen deutlich längere Blätter. Die Unterschiede werden gegen Ende des Jahres immer größer, deuten sich aber schon am Beginn des Wachstums an. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß die beobachteten Unterschiede auf maternale Effekte zurückgehen könnten. Allerdings können diese maternalen Effekte nicht allein über Unterschiede bei den mittleren Samengewichten der Elterngeneration wirken. Die Populationen aus Freinhausen haben beispielsweise fast ebenso große mittlere Samengewichte wie die Population Dachsholz. Trotzdem bleiben die mittleren Blattlängen hinter denen von Dachsholz zurück. Die Population Heinrichsheim hat dagegen relativ große mittlere Blattlängen, obwohl die mittleren Samengewichte sehr gering sind.

Im zweiten Jahr, in dem sich die Sprosse und Blüten bildeten, variieren die Blattlängen in anderer Weise. Besonders die Blattlängen der Populationen aus Freinhausen bleiben, im Gegensatz zum Vorjahr, deutlich hinter den anderen Populationen zurück. Die Populationen Zensi-Schütt und Heinrichsheim entwickeln im zweiten Jahr die längsten Blätter, während sie im ersten Jahr nur geringe Blattlängen aufwiesen. Bei den Populationen Dachsholz, Heinrichsheim und Zensi-Schütt sind die Blattlängen 1999 durchweg größer als 1998 (Abb. 44/Abb. 45)). Dagegen sind bei der Population Freinhausen2 die Mittelwerte aller, bei Freinhausen1 die Werte der ungedüngten Behandlungen, bei Hörzhausen der Wert der Behandlung omod (ohne *Molinia*, ohne Düngung) 1999 geringer als im Vorjahr.

Text S. 64 / Methode S. 40/ zeitlicher Verlauf Abb. 43 / Blattlängen 1998 Abb. 44 / Blattlängen 1999 Abb. 45

Blattbreite

Die Blattbreite wurde nur im ersten Jahr (1998) gemessen. In Abb. 46 sind keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Behandlungen erkennbar. Die Mittelwerte der Populationen in der Rosettenblattbreite unterscheiden sich in keinem Fall (keiner Population) signifikant zwischen

den Behandlungen. Es ist zudem in keinem Fall nachweisbar, daß die Populationen unterschiedlich auf die einzelnen Behandlungen reagieren (Tab. 42).

Die größte Differenzierung zwischen den Populationen erfolgt bei den Behandlungen ohne Düngung (omod und mmod). Signifikante Unterschiede zeigen sich zwischen den Populationen Dachsholz, Heinrichsheim und Zensi-Schütt, Freising, Hörzhausen und zwischen den Populationen Freinhausen1, Freinhausen2 und Freising, Zensi-Schütt.

Die Populationen Zensi-Schütt und Freising und zum Teil Hörzhausen erreichen im ersten Jahr deutlich geringere Werte der Rosettenblattbreite (Abb. 46). Besonders bei der Behandlung omod ergeben sich so signifikante Unterschiede zu den übrigen Populationen (Tab. 43).

Text S. 64 / Methode S. 40/ Blattbreite Abb. 46 / Statistiken Tab. 42 / Tab. 43

Blattform

Die Blattform konnte nur 1998 berechnet werden. Die Reaktion auf die Behandlungen verläuft bei den Populationen bezüglich der Blattform sehr einheitlich. Bei Düngung sind die Blätter länglicher, ohne Düngung oder mit Molinia sind sie relativ breiter (Abb. 47).

Signifikante Unterschiede ergeben sich nur zwischen mmod und den übrigen Behandlungen, bei der Population Hörzhausen auch zwischen omod und omd. Signifikante Unterschiede zeigen nur die Population Dachsholz, Freising und Heinrichsheim. Hinweise darauf, daß die Populationen unterschiedlich auf die einzelnen Behandlungen reagieren, konnten nicht gefunden werden (Tab. 44).

Die Differenzierung zwischen den Populationen ist vergleichsweise gering. Die größte Differenzierung erfolgt bei den Behandlungen ohne Molinia (mmod und omd). In einem Fall wurde ein signifikanter Unterschied bei der Behandlung mmd gefunden (Tab. 45).

Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen gibt es nur bei Hörzhausen mit relativ länglicheren Blättern als in den Populationen Freinhausen1, Freinhausen2 und Heinrichsheim (Tab. 45).

Text S. 64 / Methode S. 41 / Blattform Abb. 47 / Statistik Tab. 44 / Tab. 45

9.5.3 Behaarung der Rosettenblätter

Die Behaarung der Blätter wurde zweimal gemessen, 1998 im August an den voll entwickelten Blättern und 1999 im April an den jungen Blättern.

Die Behaarung ist bei der Messung im August an älteren, voll entwickelten Blättern stärker. Dies ist möglicherweise unter anderem durch die Art der Messung bedingt, denn die Behaarung ist bei größeren Blättern leichter zu ertasten, als bei kleineren (Abb. 48, Abb. 49).

Bei beiden Messungen ist die Behaarung fast immer unabhängig von der Behandlung (Abb. 48, Abb. 49), also von Düngung und Molinia. Es gibt im August nur zwei Fälle bei Dachsholz mit signifikanten Unterschieden zwischen gedüngten und nicht gedüngten Varianten (Tab. 49). Im April war nur der Unterschied bei Freinhausen1 zwischen mmd und mmod, also auch zwischen einer gedüngten und einer ungedüngten Behandlung signifikant (Tab. 51).

Die Differenzen in der Behaarung zwischen den Populationen sind im Balkendiagramm deutlich zu sehen (Abb. 48, Abb. 49) und es ergeben sich zahlreiche signifikante Unterschiede,

sowohl bei der Messung im April (Tab. 52) als auch bei der Messung im August (Tab. 50). Besonders die Populationen im Donaumoos, Dachsholz und Heinrichsheim und in etwas geringerem Maße Zensi-Schütt, haben eine geringere Blattbehaarung als die anderen Populationen. Es zeigen sich auch Unterschiede zwischen Dachsholz und Zensi-Schütt sowie Heinrichsheim und Zensi-Schütt. Die Population Hörzhausen nimmt eine Zwischenstellung ein.

Text S.64 / Methode S.42 / Behaarung August Abb. 48 / Behaarung April Abb. 49 /
Statistiken Tab. 49 / Tab. 50 / Tab. 51 / Tab. 52

9.5.4 Anzahl Knospen und Sprosse

Anzahl Sprosse

Sowohl die einzelnen Behandlungen als auch die Populationen unterscheiden sich deutlich bei der Anzahl Sprosse pro Pflanze.

Schon in der Graphik kann man erkennen, daß bei allen Populationen Düngung eine höhere Anzahl Sprosse pro Pflanze bewirkt und Molinia die Anzahl der Sprosse verringert (Abb. 52). Es besteht in dieser Hinsicht keinerlei Unterschied der Populationen in der Reaktion auf die Behandlungen. Die deutlichsten und die meisten signifikanten Unterschiede bestehen zwischen der gedüngten Variante, ohne Molinia (ommd) und den beiden ungedüngten Behandlungen. Es gibt aber auch einzelne Populationen, bei denen signifikante Unterschiede beim Vergleich der anderen Behandlungen auftreten (Tab. 69)

Die Populationen werden bei keiner der Behandlungen in besonderen Maße differenziert. Signifikante Unterschiede zwischen Populationen treten bei fast allen Behandlungen auf.

Die Populationen aus Freinhausen haben bei allen Behandlungen eine geringere Anzahl Sprosse pro Pflanze als die übrigen Populationen. Dies wird schon in der Abb. 52 deutlich. Die Populationen Hörzhausen und Freising zeichnen sich dagegen vielfach durch eine größere Zahl Sprosse pro Pflanze aus (Tab. 70). Dies führt zu signifikanten Unterschieden beim Vergleich mit Freinhausen1, Freinhausen2, Zensi-Schütt und Dachsholz. Auch die Population Heinrichsheim hebt sich durch eine größere Zahl von Sprossen pro Pflanze gegenüber der Population Freinhausen1 und Zensi-Schütt ab.

Text S. 67 / Methode S.41 / Knospen pro Spross Abb. 52 / Statistik Tab. 70 / Tab. 69

Anzahl Knospen pro Pflanze

Die Anzahl Sprosse bedingt in hohem Maße die Anzahl von Knospen pro Pflanze (Abb. 53). Je größer die mittlere Zahl Sprosse pro Pflanze ist, um so größer ist auch die Anzahl von Knospen. Das ist verständlich, da jeder Spross in der Regel mehrere Knospen aufweist.

Die Zahl der Knospen differenziert deutlich die einzelnen Behandlungen und Populationen (Abb. 53).

Es gibt keine Unterschiede in der Art der Reaktion der Populationen auf die Behandlungen. Bei allen Populationen haben die Populationen der gedüngten Behandlungen und die Varianten ohne Molinia mehr Knospen. Signifikant sind fast ausschließlich die Unterschiede zwischen den gedüngten und den nicht gedüngten Behandlungen (Tab. 71). Nur in einem Fall bei Dachsholz unterschieden sich die Behandlungen mit und ohne Molinia (ommd und mmd) signifikant.

Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen treten bei fast allen Behandlungen auf. Die Populationen aus Freinhausen haben eine deutlich geringere Anzahl von Knospen als die anderen Populationen. Nur bei der Behandlung mmod hat die Population Zensi-Schütt ebenso niedrige Werte wie die Populationen aus Freinhausen (Abb. 53). Dies zeigt sich auch in Tab. 72. Die signifikanten Unterschiede bei verschiedenen Behandlungen sind durch die jeweils geringen Werte der Populationen aus Freinhausen bedingt. Nur bei der Behandlung mmod (4) unterscheidet sich auch die Population aus Zensi-Schütt signifikant von Heinrichsheim und Freising.

Text S.67 / Methode S. 41 / Anzahl Knospen pro Pflanze Abb. 53 / Tab. 71 / Tab. 72

Knospen pro Spross

Düngung bewirkt eine höhere Anzahl von Knospen pro Spross. Der Einfluß von Molinia ist jedoch nicht eindeutig. Bei einigen Populationen haben die Pflanzen mit Molinia größere Zahl von Knospen pro Spross, bei anderen eine geringere (Abb. 54). Signifikant sind bei einigen Populationen die Unterschiede zwischen gedüngten und ungedüngten Behandlungen (Tab. 73). Bei der Population Freinhausen2 (6) hat die Variante ohne Molinia (ommd) mehr Knospen pro Spross als die Variante mit Molinia (mmmd).

Gegensätzliche Reaktionen der Populationen auf die Behandlungen sind nicht nachzuweisen. Die Differenzierung zwischen den Populationen ist bei allen Behandlungen gleichermaßen gegeben.

Die Populationen aus Freinhausen, Hörzhausen und Freising haben, verglichen mit den Populationen Dachsholz, Heinrichsheim und Zensi-Schütt, meist niedrigere Werte (Abb. 54). Signifikant werden die Unterschiede vor allem beim Vergleich mit den geringen Werten von Freinhausen2 (Tab. 74).

Text S. 67 / Methode S. 41 / Knospen pro Spross Abb. 54 / Statistik Tab. 73 / Tab. 74

9.5.5 Sprosshöhe

Das Wachstum der Sprosse setzte erst im zweiten Jahr ein. Unterschiede zwischen den Populationen zeigen sich besonders bei der Behandlung ommd (Abb. 50). Die Populationen aus Freinhausen haben niedrigere Sprosse als die anderen. Die höchsten Sprosse entwickeln die Pflanzen aus Dachsholz und Zensi-Schütt, gefolgt von Hörzhausen und Heinrichsheim.

Bei den Populationen Dachsholz, Heinrichsheim, Zensi-Schütt und Freising wirkt sich Düngung positiv auf das Wachstum der Sprosse aus (Abb. 51). Der Effekt von Molinia ist dagegen anhand der Graphik nicht eindeutig zu erkennen, denn bei den gedüngten Varianten sind die Werte mit Molinia in einigen Fällen höher als ohne Molinia, in anderen Fällen nicht (Abb. 51). Aufschlußreicher als Abb. 51 ist Tab. 67. Signifikante Unterschiede ergeben sich vor allem zwischen der ungedüngten Variante mit Molinia und den beiden Varianten mit Düngung. In einem Fall (Dachsholz) ist auch der Unterschied zwischen gedüngt, ohne Molinia (omod) und ungedüngt mit Molinia (ommd) signifikant. Es wird also bestätigt, daß sich Düngung positiv auf die Höhe der Sprosse auswirkt. In einem Fall (Freinhausen2) kann signifikant nachgewiesen werden, daß die Variante ohne Molinia höhere Sprosse entwickelt als die Variante mit Molinia. Dies ist ein Hinweis, daß sich Molinia negativ auf die Sprosshöhe niederschlägt.

Eine unterschiedliche Reaktion der Populationen auf die Behandlungen wurde nicht gefunden. Bei allen Behandlungen werden die Populationen gleichermaßen differenziert.

Die Populationen aus Freinhausen haben deutlich geringere Höhe der Sprosse als alle anderen Populationen. Freising nimmt eine Zwischenstellung ein. Die größten Werte erreichen Dachsholz, Heinrichsheim, Hörzhausen und Zensi-Schütt. In einem Fall (omod) ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Zensi-Schütt und Heinrichsheim (Tab. 68).

Text S. 41 / Methode S.41 / Sprosshöhe Abb. 51 / Statistik Tab. 67 / Tab. 68

9.5.6 Blüte

Blütenbildung

Im ersten Jahr kam nur eine einzige von insgesamt 686 Pflanzen zur Blüte. Es handelte sich um ein Exemplar aus der Population Freinhausen1 (Topf-Nr. 242 / Behandlung mmod / Blühbeginn: 13.8.98). Der gebildete Blütenspross wuchs jedoch nur auf eine Höhe von 14,5 cm und es wurden nur 3 Knospen angelegt. Die Ausnahme ist bemerkenswert, da sich hierdurch einerseits die Festlegung der Blütenbildung von *Succisa pratensis* auf das zweite Jahr ausdrückt. Andererseits wird unter Beweis gestellt, daß es der Art nicht nur grundsätzlich möglich ist schon im ersten Jahr zu blühen, sondern dies in seltenen Fällen tatsächlich auch vorkommt.

Im zweiten Jahr bildeten nur wenige Pflanzen keine Blüten (6 von 588). Es handelte sich dabei nach der Ausbildung der Rosette nicht um "Kümmerlinge", welche durch sichtbare Krankheiten oder Störungen in ihrer Entwicklung zurückgeworfen worden wären, sondern um äußerlich normale Pflanzen. Die nicht blühenden Pflanzen kamen in verschiedenen Populationen vor, in Heinrichsheim (1), Zensi-Schütt (1), Freinhausen1 (3) und Freinhausen2 (1). Wegen der Seltenheit kann statistisch nicht nachgewiesen werden, ob nicht blühende Pflanzen in einer Population häufiger sind als in einer anderen. Allerdings kommen 4 der sechs nicht blühenden Pflanzen aus Freinhausen, davon drei aus Freinhausen1.

Von den sechs nicht blühenden Pflanzen kamen fünf aus Behandlungen ohne Düngung (3 aus mmod, 2 aus omod), nur eine kam aus der Variante mit Düngung und mit *Molinia* (mmod).

9.5.7 Blühdauer

Die Blühdauer einzeln markierter Blütenstände wurde ermittelt und die Blühdauer der einzelnen Pflanzen aufgezeichnet. Die Pflanzen blühten im Mittel bis zu 39,3 Tage (Dachsholz - omod), einzelne Blütenknospen im Mittel bis zu 7,3 Tagen (Freising - omod).

Blühdauer der Pflanzen

Wie aus Abb. 67 zu ersehen, wird die Blühdauer der Pflanzen in den meisten Fällen sowohl von der Düngung, als auch von *Molinia* beeinflusst. Die Blühdauer ist immer höher bei den gedüngten Pflanzen. Der Einfluß von *Molinia* ist weniger eindeutig. In den meisten Fällen ist die Blühdauer bei der Variante ohne *Molinia* höher als bei der entsprechenden Variante mit *Molinia*. Die Unterschiede sind allerdings relativ gering. In einigen Fällen ist auch bei der Behandlung mit *Molinia* der errechnete Mittelwert höher.

Die statistische Auswertung ergibt signifikante Unterschiede zwischen gedüngten und nicht gedüngten Varianten jedoch nicht zwischen den Varianten mit und ohne *Molinia* (Tab. 95). Es fällt dabei auf, daß die signifikanten Unterschiede besonders häufig zwischen der gedüngten Variante ohne *Molinia* (omod) und den beiden ungedüngten Varianten zu finden sind. Es

wurde keine signifikant verschiedene Reaktionen der Pflanzen der Populationen auf die Behandlungen gefunden.

Bereits in Abb. 67 deuten sich Unterschiede zwischen den Populationen an. Die Blühdauer erscheint bei Freinhausen2 und Freinhausen1 geringer als bei den anderen Populationen. Auch die statistische Auswertung ergibt zahlreiche signifikante Unterschiede bei verschiedenen Behandlungen zwischen den Populationen aus Freinhausen und den übrigen Herkünften (Tab. 96). In einem Fall (mmod) ist die Blühdauer in Dachsholz signifikant länger als in Zensi-Schütt.

Text S. 69 / Methode S. 42 / Text S.69 / Blühdauer- Pflanzen Abb. 67 / Statistik Tab. 95 / Tab. 96

Blühdauer einzelner Blütenstände

Bezogen auf die Blütenstände sind die Unterschiede zwischen den Behandlungen und Populationen geringer als bei Betrachtung der Pflanzen (Abb. 68).

Die Unterschiede zwischen den Behandlungen bleiben uneinheitlich. Die gedüngten Varianten haben zwar meist längere Blühzeiten als die nicht gedüngten, allerdings nicht immer. Die Varianten mit Molinia haben meist längere Blütezeiten als ohne Molinia (Tab. 97). Die statistische Auswertung ergibt lediglich bei der Population Freising signifikante Unterschiede der gedüngten Variante ohne Molinia (ommd) zu den beiden ungedüngten Varianten.

Unterschiede zwischen den Populationen finden sich nur bei der Behandlung ommd. Die Population Freinhausen2 hat eine signifikant geringere Blühdauer der Blütenstände als alle anderen Populationen mit Ausnahme von Freinhausen1. Freinhausen1 wiederum hat in einem Fall (ommd) signifikant längere Blühzeiten als Freising (Tab. 98).

Text S. 69 / Methode S. 42 / Text S.69 Blühdauer Blütenstände Abb. 68 / Statistik Tab. 97 / Tab. 98

9.5.8 Blühverlauf

Der Blühverlauf wurde beschrieben, indem jeweils die Pflanzen verzeichnet wurden, welche mindestens einen blühenden Blütenstand aufwiesen. Das Verhalten der Pflanzen bei den verschiedenen Behandlungen ist in Abb. 69 dargestellt. Der Blühverlauf ist demnach bei allen vier Behandlungen nahezu identisch.

Da die unterschiedlichen Behandlungen offenbar keinen Einfluß auf den Blühverlauf haben wurden zum Vergleich der Populationen, die Pflanzen aller Behandlungen zusammengefaßt dargestellt (Abb. 70).

Der Blühverlauf beschreibt bei allen Populationen eine typische Glockenkurve. Diese Kurve ist jedoch bei den beiden Populationen Freinhausen1 und Freinhausen2 deutlich verschoben. Die Pflanzen der Populationen aus Freinhausen blühen früher als die Pflanzen der anderen Herkünfte. Im zeitlichen Verlauf der einsetzenden Blühaktivität folgt die Population Hörzhausen, später Zensi-Schütt und Freising. Die beiden zuletzt genannten Populationen haben einen weitgehend identischen Blühverlauf. Die Populationen Dachsholz und Heinrichsheim zeigen eine sehr ähnliche Glockenkurve. Beide Populationen beginnen als letzte mit der Blüte und schließen diese auch als letzte ab.

Auf dem Höhepunkt der Blühaktivität blühen 98-99 % aller Pflanzen. Lediglich die Populationen aus Freinhausen und die Population Heinrichsheim erreichen im Gewächshausversuch nur 95 % (Abb. 70).

Text S. 69 / Methode S. 42 Verlauf Behandlungen Abb. 69 / Verlauf Populationen Abb. 70

9.5.9 Blühleistung

Die Blühleistung ist die mittlere Anzahl blühender Blütenstände pro Pflanze, welche maximal erreicht wird.

Die Pflanzen zeigen bei den einzelnen Behandlungen Unterschiede in der Größe der Blühleistung (Abb. 71). Die Blühleistung ist größer bei Düngung und bei Abwesenheit von Molinia. Der zeitliche Verlauf der Blühleistung ist jedoch bei den einzelnen Behandlungen identisch. Der Beginn der Blüte, der Höhepunkt der Blühleistung und das Ende der Blüte findet bei allen Behandlungen weitgehend zur selben Zeit statt.

Es zeigen sich jedoch Unterschiede zwischen den Populationen (Abb. 72). Die Populationen aus Freinhausen haben bei fast allen Behandlungen eine deutlich geringere Blühleistung. Die Blühleistung der Population Hörzhausen ist dagegen meist etwas höher als die der anderen Populationen.

Text S. 71 / Methode S. 42 / Behandlungen Abb. 71 / Populationen Abb. 72

9.5.10 Blühintensität

Die Blühintensität wurde als der zu einem bestimmten Zeitpunkt blühende Anteil von Blütenständen einer Pflanze definiert.

Die einzelnen Behandlungen haben weder Einfluß auf die Größe noch auf den zeitlichen Verlauf der Blühintensität (Abb. 73). Die Pflanzen aus den einzelnen Behandlungen wurden darum zur Beschreibung des Verlaufs der Blühintensität der einzelnen Populationen in einer Graphik zusammengefaßt (Abb. 75). Wiederum zeigen die Populationen aus Freinhausen und weniger deutlich die Population aus Hörzhausen einen zeitlich früheren Blühverlauf.

Die jeweils maximal erreichte Blühintensität ist für die einzelnen Populationen und Behandlungen in Abb. 74 aufgetragen. Die Unterschiede zwischen den Werten der Behandlungen sind uneinheitlich und meist gering. Nur bei Freinhausen2-mmmd weicht die maximale Blühintensität relativ stark von den übrigen Werten ab. Beim Vergleich der Populationen fällt auf, daß die Werte bei Freinhausen1 und Freinhausen2 bei allen und bei Hörzhausen bei den meisten Behandlungen höher sind als bei den übrigen Populationen.

Die Blühintensität zeigt keinen Zusammenhang mit Temperatur, relativer Luftfeuchte oder der Einstrahlung (Abb. 75). Die Klimawerte wurden von einer etwa 50 m entfernten Klimastation des Lehrstuhls für Bioklimatologie und Immissionsforschung der Forstfakultät der Technischen Universität München bezogen. Die Werte für Temperatur und Luftfeuchte werden zwar durch den Treibhauseffekt über die Intensität der Sonneneinstrahlung modifiziert. Trotzdem stehen die gemessenen Werte mit den Werten im Gewächshaus zweifellos in Zusammenhang. Eventuelle Beziehungen zwischen den Schwankungen der Blühintensität und den Klimawerten müßten sich in der Graphik zeigen.

9.5.11 Samenentwicklung

Mittleres Samengewicht von Samen von Gipfelknospen nach freier Bestäubung

Wie aus Abb. 60 hervorgeht, deutet sich in allen Populationen, mit Ausnahme der Population Dachsholz und Heinrichsheim, an, daß die Pflanzen bei den Behandlungen ohne Düngung größere Samen ausbilden als mit Düngung. Dieses überraschende Ergebnis wird bei der statistischen Analyse für viele Populationen bestätigt (Tab. 84). Signifikante Unterschiede finden sich vor allem zwischen gedüngten und nicht gedüngten Varianten. Bei Heinrichsheim (2) besteht auch ein signifikanter Unterschied zwischen einer Behandlung mit *Molinia* (mmmd) und einer ohne *Molinia* (ommd), mit größerem Samengewicht bei der Behandlung ohne *Molinia*.

Durch die Düngung wurden vor allem die Gehalte an Phosphat und Kali in der Topferde erhöht (S. 74). Im Freiland wurde eine signifikante Korrelation mit negativem Korrelationskoeffizienten von Samengewichten und Kali- Gehalten im Boden gefunden ($r = -0,7360$, $n=7$, $p=0,0296$; Pearson) und festgestellt, daß die Populationen mit höherem Gehalt an Kali geringere Samengewichte aufweisen (S. 63 / Abb. 28). Die durch die Düngung höheren Kali- Gehalte könnten darum eine Erklärung für die Beobachtung sein, daß die Samengewichte im Gewächshaus bei Düngung geringer ausfallen.

Die Populationen aus Freinhausen haben relativ große Samengewichte und unterscheiden sich von den Populationen Hörzhausen, Dachsholz, Heinrichsheim und z.T. Freising signifikant bei einzelnen Behandlungen. Auch Zensi-Schütt hat bei einzelnen Behandlungen signifikant höhere Samengewichte als Hörzhausen, Dachsholz und Heinrichsheim (Tab. 85).

Das relativ hohe mittlere Samengewicht von Heinrichsheim bei der Behandlung mmmd (2) stellt eine Besonderheit dar, da bei allen anderen Behandlungen bei Heinrichsheim relativ geringe mittlere Samengewichte gemessen wurden. Auffallend ist auch der Wert von Heinrichsheim bei der Behandlung omod (3). Dieser Wert ist bei Heinrichsheim besonders gering, so daß sich bei dieser Behandlung beim Vergleich mit anderen Populationen signifikante Unterschiede ergeben. Die Differenzierung der Populationen nach dem Samengewicht erfolgt bezüglich der Behandlungen bei Heinrichsheim möglicherweise anders als bei den anderen Populationen.

Anteil von Spelzen (leere Samenhüllen)

Als Spelzen wurden alle Samen der Gipfelblüten bezeichnet, die ein Samengewicht von unter 0,9 mg hatten. Die Grenze von 0,9 mg wurde dabei gewählt, da in wie in Abb. 59 zu erkennen ist, daß die Samengewichte unter etwa 0,9 mg eine eigene, deutlich zu trennende Fraktion darstellen.

In Abb. 61 zeigen sich bei fast allen Populationen relativ große Schwankungen zwischen den Behandlungen. Mit der Ausnahme von Heinrichsheim erscheint in allen Fällen eine Abstufung der Häufigkeiten von Spelzen von der Behandlung ommd, mit den meisten Spelzen, über die Behandlung mmmd bis zur Behandlung omod, mit dem geringsten Anteil. Das Verhalten bei der Behandlung mmod ist jedoch nicht eindeutig.

Unterschiede zwischen Behandlungen sind nur bei den Populationen Dachsholz und Hörzhausen signifikant. Diese signifikanten Unterschiede können jedoch nicht die Rolle von *Molinia* klären, da beispielsweise ohne Düngung bei Dachsholz der Wert mit *Molinia* ($m_{mod} > o_{mod}$), mit Düngung aber der Wert ohne *Molinia* größer ist ($o_{mmd} > m_{mmd}$). Bei Hörzhausen ergeben sich einmal Unterschiede zwischen einer gedüngten und einer nicht gedüngten Variante und zum anderen zwischen einer mit und einer ohne *Molinia* (Tab. 86).

Die Populationen Dachsholz und Hörzhausen haben relativ hohe Anteile an Spelzen, wodurch sie sich bei einigen Behandlungen von den anderen Populationen signifikant unterscheiden (Tab. 87). Bei Dachsholz ergeben sich die signifikanten Unterschiede bei den Behandlungen o_{mmd} und m_{mod} . Bei Hörzhausen sind die Werte bei den Behandlungen o_{mmd} und m_{mmd} so hoch, daß sich teilweise signifikante Unterschiede zu den anderen Populationen ergeben. In einem Fall (o_{mmd}) hat die Population Freising signifikant mehr Spelzen als Heinrichsheim.

Text S. 72 / Methode S. 40/ Samengewichte Abb. 60 / Spelzen Abb. 61 / Statistik Samengewichte Tab. 84 / Tab. 85 / Statistik Spelzen Tab. 86 / Tab. 87

9.5.12 Bestäubungsversuche

Die Samengewichte der Samen von Seitenknospen sind erwartungsgemäß etwas geringer als die der Gipfelknospen. Besonders groß sind jedoch die Unterschiede zu den mit Tüten abgedeckten Knospen (Abb. 62). Die Samen, die ohne Fremdbestäubung entstanden, sind leichter und fallen im wesentlichen in die Kategorie, die bei den Gipfelknospen als Spelzen bezeichnet wurde ($<0,9$ mg).

Bei bei den Samengewichten der Samen der Seitenknospen gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Populationen (Tab. 88). Besonders die Population Zensi-Schütt hat bei den Samen aus abgedeckten Blütenständen relativ schwerere Samen als eine Reihe anderer Populationen. Beim Vergleich der Populationen Dachsholz und Freinhausen2 sind die Samengewichte in Dachsholz bei abgedeckten Blütenständen signifikant größer, bei freier Bestäubung jedoch signifikant geringer. Das gegenläufige Verhalten, das sich hier durch Signifikanz ausdrückt, deutet sich auch schon in Abb. 62 an. Mit Ausnahme der Population Zensi-Schütt bleiben bei allen anderen Populationen, welche bei freier Bestäubung relativ höhere Samengewichte erzielen, die Werte bei abgedeckten Blütenständen hinter den anderen Populationen zurück. Um dieses zunächst etwas überraschende Verhalten der Populationen zu verdeutlichen, wurde eine lineare Regression von Samengewichten von Knospen mit und Knospen ohne Abdeckung berechnet ($r^2=0,891$; $n=6$; $p=0,046$ /Pearson). Der Zusammenhang ist signifikant. Die Population Zensi-Schütt wurde aber, da sie sich offensichtlich anders verhält als die anderen Populationen, nicht berücksichtigt (Abb. 63). Bei Zensi-Schütt haben die Samen bei reiner Selbstbestäubung vergleichsweise hohe Werte. Siehe hierzu S. 86.

Text 73 / Methode S. 40 Samengewichte Abb. 62 / Regression Abb. 63 // Statistik Tab. 88 / Daten Tab. 65 / Tab.

9.5.13 Biomasse

Die Biomasse wurde im Gewächshaus zweimal erfaßt. Die Ergebnisse im Gewächshaus für August 1998 sind in Abb. 55, für April 1999 in Abb. 56 dargestellt. Im ersten Jahr war die Biomasseentwicklung ausschließlich von der Blattmasse der Rosetten abhängig. Im folgenden

Jahr 1999 wurden beblätterte Sprosse gebildet. Die Biomasseentwicklung wurde somit von der Masse der Rosetten und der Ausbildung der Sprosse bestimmt.

Es zeigt sich 1998 (Abb. 55) und noch deutlicher 1999 (Abb. 56), daß die Biomasse von *Succisa pratensis* bei Düngung und bei Abwesenheit von *Molinia* größer ist. Dies wird durch die statistische Analyse bestätigt (Tab. 75, Tab. 77). Besonders 1999 ergibt sich eine klare Abstufung der Werte für die Biomasse bei den Behandlungen von omd, mmd, omod zu mmod. Es fällt auf, daß bei einigen Populationen im ersten Jahr der Effekt von Düngung und *Molinia* noch nicht so eindeutig ausfällt wie im zweiten Jahr. Dies gilt z.B. für Zensi-Schütt, Freising und Freinhausen1. Die Art der Reaktion auf Düngung und *Molinia* unterscheidet sich im übrigen zwischen den Populationen nicht.

Die Populationen werden bei allen Behandlungen gleichermaßen differenziert. Die Unterschiede fallen aber 1998 ganz anders aus als 1999. Während sich im ersten Jahr die beiden Populationen aus Freising und Zensi-Schütt durch ihre kleinen Werte deutlich von den anderen Populationen abheben (Tab. 76), sind es im folgenden Jahr die Populationen aus Freinhausen, welche signifikant kleinere Werte der Biomasse aufweisen als alle anderen Herkünfte (Tab. 78).

Text S.73 / Methode S. 42 / Biomasse 98 Abb. 55 / Biomasse 99 Abb. 56 / Statistik Tab. 75- Tab. 78

9.5.14 Inhaltsstoffe der Blätter

Wassergehalt der Blätter

Es gibt nur relativ geringe Unterschiede zwischen den Behandlungen und Populationen beim Wassergehalt der Blätter (Abb. 57). Trotzdem sind in je einem Fall (Dachsholz und Heinrichsheim) die Unterschiede zwischen der Behandlung ohne Düngung und ohne *Molinia* und den beiden gedüngten Varianten (mit und ohne *Molinia*) signifikant (Tab. 81). Offenbar bewirkt Düngung eine leichte Verringerung des Wassergehalts der Blätter. Dies erscheint plausibel, da durch einen höheren Salzgehalt des Substrats der Pflanzen die Wasseraufnahme erschwert wird. Es wurden jedoch keine signifikante Unterschiede im Wassergehalt der Blätter zwischen den Populationen gefunden (Tab. 82).

N, P, K - Gehalte der Blätter

Die Inhaltsstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium wurden aus Kostengründen nur bei einer Behandlung gemessen (omod). Somit konnten die einzelnen Behandlungen in ihrer Auswirkung auf die Inhaltsstoffe nicht beschrieben werden. Die Werte sind in Abb. 58, bzw. Tab. 61 eingetragen. Die Schwankungen der Mittelwerte sind, teilweise zwar relativ groß, dies läßt sich jedoch durch die geringe Wiederholungsrate pro Population erklären (n=11). Die Populationen unterscheiden sich bei keinem der genannten Parameter signifikant (Tab. 83).

Methode S. 43 / Wassergehalt Abb. 57 / N,P, K Abb. 58 / Daten Tab. 61 / Statistik Tab. 81-Tab. 83

9.5.15 Inhaltsstoffe der Topferde

Die Behandlungen unterschieden sich vor allem bei den Werten für Phosphat und Kali, während die Werte für Stickstoff und der Gehalt an organischer Substanz der Topferde kaum variieren (Tab. 62). Die statistische Analyse ergibt signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei Phosphat, Kali und bei den pH- Werten (Tab. 79). Die Düngung erhöhte die Gehalte an Phosphat und Kali in der Topferde. Die höheren pH- Werte bei der Behandlung mmod im

Vergleich zu den beiden gedüngten Varianten (ommd, mmd) sind ein Hinweis auf eine leichte Verringerung des pH- Werts durch Düngung.

Die Phosphat- Gehalte sind besonders den gedüngten Varianten im Vergleich zum Freiland sehr hoch. Die Kali- Gehalte sind bei den nicht gedüngten Varianten etwas höher als im Mittel im Freiland und liegen im Bereich der Populationen Hörzhausen und Zensi-Schütt, bei den gedüngten Behandlungen sind die Werte allerdings wiederum erheblich höher als im Freiland (Tab. 63 / Tab. 17). Die pH- Werte liegen im Mittel bei pH 5,9 und sind somit geringer als bei den meisten Populationen im Freiland. Lediglich der Wert in Hörzhausen ist mit 4,7 noch niedriger. Die Stickstoffgehalte entsprechen mit rund 1 % den Bedingungen in Freinhausen und Hörzhausen, sind damit aber deutlich geringer als in Dachsholz (4%). Da das Substrat Torf ist, verwundert es nicht, daß der Gehalt an organischer Substanz vergleichsweise hoch ist und den Werten in Dachsholz, einer stellenweise offenen Torffläche, recht nahe kommt.

Die Mittelwerte für die Populationen bei der Behandlung omod sind in Tab. 63 dargestellt. Es bestehen bei keinem der gemessenen Parameter Unterschiede zwischen den Populationen (Tab. 80). Dies bestätigt den Versuchsaufbau. Die Töpfe mit Pflanzen der verschiedenen Herkünfte wurden völlig gleich behandelt und weisen somit auch gleiche Bedingungen auf.

Methode S. 31 / Mittelwerte Tab. 62 / Tab. 63 / Daten Tab. 146 / Werte Freiland Tab. 17 / Statistik Tab. 79 / Tab. 80

9.6 Ergebnisse Auspflanzexperiment

Am 24.7.1998 wurden pro Population 200 Pflanzen auf eine Niedermoorfläche im Freisinger Moos ausgepflanzt. Von den zehn Reihen waren nach einem Jahr nur noch 8 eindeutig zuzuordnen. Insgesamt konnten somit für jede der sieben Population zwischen 149 und 154 Pflanzen ausgewertet werden.

9.6.1 Überlebensraten

Zwischen 32 und 44 % der Pflanzen sind nach einem Jahr ausgefallen (Abb. 77). Die Gründe für das Absterben der Pflanzen hängen in erster Linie mit der Position der ausgepflanzten Rosetten im Bestand zusammen. In Bereichen mit dichter Vegetation, besonders solcher aus Carex und Molinia, waren die Überlebensraten ausgesprochen gering. In offeneren Bereichen dagegen überlebten fast alle Individuen. Die monatelange Überstauung der Fläche mit Eisbildung im Winter haben einige der Rosetten offenbar ebenfalls nicht überstanden. Einzelne Rosetten wurden schließlich durch Feldhasen angefressen oder sogar aus dem Boden herausgezogen, wo sie dann zu Grunde gingen. Trotz der relativ großen Anzahl ausgepflanzter Rosetten war darum mit erheblichen Zufallsschwankungen zu rechnen.

Der statistische Test der Häufigkeiten ergibt eine signifikant höhere Überlebensrate in Freising gegenüber Freinhausen2 (Tab. 99). Es erscheint bemerkenswert, daß ausgerechnet die Pflanzen aus Freising die höchsten Überlebensraten haben, obwohl die ausgepflanzten Rosetten aus Freising 1998 sichtbar die kleinsten waren und zusammen mit Zensi-Schütt die geringsten Blattlängen (Abb. 43 / Abb. 44) und Biomassen (Abb. 55 / Tab. 75) aufwiesen. Im übrigen sind die Unterschiede der einzelnen Herkünfte bei den Überlebensraten der Individuen nicht signifikant (Tab. 103).

Methode S. 35 / Überlebensraten Abb. 77 / Werte Überlebensrate / Tab. 99 / Statistik Tab. 103

9.6.2 Blüte im Auspflanzexperiment

In einer Momentaufnahme vom 14.8.99 ist die Blüte bei den Populationen aus Freinhausen und in geringerem Maße bei Hörzhausen weiter fortgeschritten als bei den übrigen Populationen (Abb. 78). Während fast alle Pflanzen aus Freinhausen1 und Freinhausen2, welche Blüten bildeten, blühten oder bereits verblüht waren, begannen die Pflanzen der anderen Herkünfte erst mit der Blüte. Die Häufigkeit blühender oder bereits verblühter Individuen ist bei den Populationen aus Freinhausen signifikant verschieden zu allen übrigen Populationen (Tab. 101). Auch die Population Hörzhausen hebt sich durch mehr blühende Pflanzen signifikant von den Populationen aus Dachsholz, Heinrichsheim, Zensi-Schütt und Freising ab.

9.6.3 Generative Pflanzen im Auspflanzexperiment

In ganz anderer Weise fällt der Vergleich der Häufigkeit der Pflanzen aus, welche 1999 generativ sind. Hierzu werden alle Pflanzen gerechnet, die am 14.8.99 blühen, verblüht sind oder Knospen gebildet haben (Abb. 78). Der Vergleich der Häufigkeiten von generativen und vegetativen Pflanzen ergibt signifikant größere Anteile generativer Pflanzen bei der Population aus Hörzhausen (Tab. 102). Die Populationen aus Freinhausen haben dagegen die geringsten Werte und unterscheiden sich dadurch signifikant von allen anderen Populationen außer Heinrichsheim.

Methode S. 35 / Blüte und gen. Pflanzen Abb. 78 / Daten Tab. 100 / Statistik Blüte Tab. 101 / gen. Stadien Tab. 102

9.7 Ergebnisse von Freiland und Gewächshaus im Vergleich

Das Klima, aber auch die meisten anderen Bedingungen, sind im Gewächshaus gänzlich anders als die Bedingungen im Freiland. Dies verändert die Merkmalsausprägung der Pflanzen. Hinzu kommen die differenzierte Altersstruktur der Pflanzen und die Heterogenität der Lebensbedingungen der Individuen im Freiland.

Die Temperatur im Gewächshaus steigt schon Anfang des Jahres bei Sonneneinstrahlung auf sommerliche Temperaturen und fällt nicht unter 8°C (Frostschutzeinrichtung). Die Vegetationsperiode beginnt somit früher und Stoffwechselfvorgänge werden durch die milderen Temperaturen beschleunigt. Wie auf S. 74 gezeigt wurde sind die Gehalte der Topferde an Phosphat bei allen Behandlungen und die Kali- Gehalte bei den gedüngten Varianten im Gewächshaus erheblich höher als im Freiland. Die pH- Werte sind dagegen im Gewächshaus relativ niedrig. Das reine Substrat Torf kommt im Freiland nur bei der Population Dachsholz vor.

Trotzdem lohnt es sich zu beobachten, inwiefern sich die Merkmalsausprägung im Freiland und im Gewächshaus unterscheidet.

Wuchs

Allgemein ist der Wuchs der Pflanzen im Gewächshaus, wohl infolge der günstigen Bedingungen, sehr üppig. Die Pflanzen, welche erst im Jahr zuvor aus Samen gezogen wurden, übersteigen die erzielte Wuchshöhe im Freiland schon dem Augenschein nach bei weitem. Tatsächlich liegen die mittleren Sprosshöhen im Freiland bei der gedüngten Variante ohne Molinia bei 74-120 cm (Tab. 54) im Freiland nur bei nur 32-55 cm (Tab. 23). Die Populationen aus Freinhausen haben sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland die geringsten Sprosshöhen.

Die Pflanzen aus Freinhausen haben auch im Freiland relativ geringe Werte der Blattlänge.

Ansonsten sind die Blattlängen im Freiland aber anders verteilt als im Gewächshaus (Abb. 22 / Abb. 44 / Abb. 45). Die Länge der Rosettenblätter im Gewächshaus ist beispielsweise in Freising relativ gering. Im Freiland haben die Pflanzen der Freisinger Population dagegen die größte mittlere Länge (Tab. 23 / Tab. 54). Der geringe Wert der mittleren Rosettenblattlänge im Freiland bei der Population Dachsholz kann wohl am besten durch die besondere Alterstruktur erklärt werden.

Düngung bewirkte im Gewächshaus höhere Werte für Blattlänge und Blattbreite. Da bei der Düngung vor allem die Gehalte des Substrats an Kali und Phosphat erhöht wurden, kann eine positive Korrelation von Blattlängen und Kali- Gehalten des Substrats im angenommen werden. Die Unterschiede der Herkünfte beim Samengewicht könnten unter anderem durch Unterschiede der Kali- Gehalte des Bodens erklärt werden. Ein Zusammenhang mit der Populationsgröße wäre eine weitere mögliche Ursache.

Die Höhe der Sprosse ist im Freiland bei den Populationen aus Freinhausen geringer als bei den anderen Populationen. Dies wiederholt sich im Gewächshaus. Auch im Gewächshaus bleiben die Pflanzen aus Freinhausen hinter den anderen Populationen zurück (Abb. 23 / Abb. 50 / Tab. 26 / Tab. 68).

Blüte

Die phänotypischen Messungen im Freiland wurden 1997 durchgeführt. Aber auch 1999 wurden die Standorte besucht und bei dieser Gelegenheit der Verlauf der Blüte bei den Populationen registriert. Der Anfang der Blüte lag in Freinhausen 1999 wie 1997 vergleichbar früh. Anfang August (3.8.99) standen die Populationen in Freinhausen bereits in voller Blüte, während bei noch keiner der Populationen im Donaumoos Blüten aufgebrochen waren. Die Blüte in Freinhausen wurde rechtzeitig zur Mahd zwischen 15.8. und 26.8.99 weitgehend abgeschlossen. Zu diesem Zeitpunkt hatten die übrigen Populationen erst den Gipfel der Blüte erreicht. Da sich der Blühverlauf im Freiland 1999 und 1997 nicht wesentlich unterschied, erscheint es legitim die Daten der Blüte 1997 im Freiland und 1999 im Gewächshaus zu vergleichen.

Zum Vergleich der Blüte im Freiland (1997) und im Gewächshaus (1999) wurden die Graphiken des jeweiligen Verlaufs der Blühintensität gegenübergestellt. Abb. 76 zeigt die Unterschiede zwischen der Blüte im Freiland und im Gewächshaus. Die Blühintensität ist im Gewächshaus höher, die Blühaktivität beginnt früher und die Blühphasen der Populationen sind im Gewächshaus durchweg länger.

Das Ende der Blühphase wurde allerdings bei allen Populationen 1997 *und* 1999 im Freiland und Gewächshaus zu einem vergleichbaren Zeitpunkt erreicht. In Freinhausen ist am 26.8. und 25.8., in Hörzhausen am 19.9 und 15.9. und bei den übrigen Populationen am 6.10. und 23.9 der größte Teil aller Blüten verblüht.

Die Unterschiede im Beginn der Blühphase zwischen den Populationen stellen sich im Gewächshaus leicht verändert dar. Die Population Hörzhausen, welche 1997 noch eine Zwischenstellung zwischen dem Blühbeginn der Populationen in Freinhausen und der übrigen Populationen einnahm, hebt sich im Gewächshaus nur noch geringfügig von den anderen Populationen ab. Die Populationen aus Freinhausen haben im Gewächshaus dagegen eine nach wie vor deutlich früher einsetzende Blüte. Sie erreichen im Gewächshaus eine höhere, im Freiland dagegen eine geringere Blühintensität als die anderen Populationen (Abb. 76).

Samen

Die mittleren Samengewichte sind im Gewächshaus, nach freier Bestäubung der Blüten, höher als im Freiland. Während die Samengewichte der Populationen Dachsholz, Freinhausen2 und Freinhausen1 im Freiland am höchsten waren (Tab. 27), ist es im Gewächshaus, neben der Population Freinhausen1, Freinhausen2, die Population Zensi-Schütt, welche sich in einigen Fällen durch höhere Samengewichte gegenüber anderen Populationen auszeichnet. Die Population Dachsholz hat im Gewächshaus nur relativ geringe oder nur mittlere Werte des Samengewichts (Tab. 64 / Tab. 85).

Im Gewächshaus sind die Samengewichte bei Düngung geringer als ohne Düngung. Durch die Düngung wurden vor allem die Gehalte des Substrats an Kali und Phosphat erhöht. Eine negative Korrelation des Kali- Gehalts des Bodens der Standorte und des Samengewichts, wie er im Freiland festgestellt wurde, könnte daher die geringeren Samengewichte bei den gedüngten Varianten im Gewächshaus erklären.

Text S. 76 / Blattlängen Abb. 45; Abb. 22 / Blühintensität Abb. 76 / Sprosshöhe Tab. 54 / Samengewichte Tab. 27 / Tab. 64; / Statistik Samengewicht Tab. 85 Tab. 23

9.8 Ergebnisse Isoenzymanalyse

9.8.1 Vorversuche

Vor Beginn der Analyse mußten zunächst einige Vorversuche durchgeführt werden, um geeignete Methoden der Lagerung und des Zellaufschlusses sowie optimale Verfahrensweisen der Gelelektrophorese zu erarbeiten und um Enzymsysteme mit ausreichender Aktivität zu finden.

Lagerung der Knospen

Es stellte sich heraus, daß die Lagerung bei -20° C am besten geeignet war, die Knospen mit für die Analysen ausreichender Enzymaktivität, über mehrere Monate zu aufzubewahren. Bei der Lagerung bei -5° C war zwar noch eine Enzym- Restaktivität vorhanden, diese war jedoch viel geringer. Aber auch die Lagerung bei -20° C machte sich bemerkbar. Vereinzelt hatten Knospen keine Enzymaktivität mehr und die Enzymaktivitäten der anderen war etwas unregelmäßig. Dies erschwerte auch hier die Auswertung.

Aufschluß der Zellen

Der Aufschluß der Zellen gelingt bei *Succisa pratensis* am besten in 1-1,5% Mercaptoethanol (genügende Menge, je nach Größe der Knospen) und reichlich (eine volle Spatelspitze / Knospe) unlöslichem PVP (Polyvinylpyrrolidone), welches störende phenolische Verbindungen bindet. Ohne PVP sind später kaum Banden zu erkennen. Die Knospen werden mit einem Glas- oder Kunststoffstab zermörsert. Die Verwendung des elektrischen Mörsers hat sich nicht bewährt, da die Knospen sehr faserig sind. Es ist wichtig, daß die Knospen und das Homogenat immer gekühlt werden und nicht zu lange liegen bleiben. Es muß schnell und nicht zu ausgiebig gemörsert werden. Am besten ist es, wenn zunächst nur etwa 20 Proben aufgeschlossen werden und die mit Homogenat vollgesogenen Stücke Filterpapier sofort bei -20° C oder besser -80° C im Kühlschrank aufbewahrt werden.

Enzym- und Puffersysteme

Es wurden einige Ansätze durchgeführt, um verschiedene Kombinationen von Enzym- und Puffersysteme sowie die notwendigen Laufzeiten zu testen (Tab.106). Es ist ebenfalls wichtig,

welche der drei Schichten eines Gels für die Anfärbung verwendet wird. Es stehen drei Schichten pro Gel zur Verfügung. Die Enzymkonzentration ist in der untersten Schicht am höchsten, da hier der untere Teil der Papierschnitzel angelegt wurde, der sich beim Aufschluß mit mehr Zellsaft vollsaugen konnte. Bei niedriger Enzymaktivität kann daher die untere Schicht für die Anfärbung, bei höherer Aktivität die mittlere oder oberste Schicht verwendet werden. Die günstigsten Enzymsysteme und Pufferkombinationen wurden schließlich für die weiteren Versuche ausgewählt (Tab.107)

Methode 44 / Urliste Tab. 160

9.8.2 Identifizierung genetischer Merkmale

Erstes Ergebnis der genetischen Untersuchungen war die Urliste (Tab. 160). In ihr sind die gefundenen Genotypen der einzelnen Individuen der Populationen an den einzelnen Genorten aufgelistet. Alle weiteren Berechnungen gehen letztlich auf Tab. 160 zurück.

Insgesamt wurden 312 Individuen an 13 Genorten untersucht. Bei 114 Individuen konnten einzelne Genorte nicht dargestellt werden. Die Allelkombination der Individuen an diesen Genorten blieb infolge fehlender Enzymaktivität unbekannt und es war nicht möglich, die Genotypen eindeutig zu erfassen. Es entstanden Leerstellen in der Urliste (Tab. 160). Von den 198 Individuen, bei denen ohne Ausnahme alle Genorte dargestellt werden konnten, waren nur zwei Individuen in Freinhausen1 genetisch nicht von einander zu unterscheiden. Bei allen anderen waren die Allelkombinationen an den 13 untersuchten Genorten für jedes Individuum einmalig. (Tab. 160).

Methode 44 / Urliste Tab. 160

9.8.3 Häufigkeiten und Frequenzen der Allele

Die Häufigkeiten der Allele ergeben sich aus Tab. 160. Im Durchschnitt wurden 3,46 Allele/Locus bestimmt. Die Allelfrequenzen sind in Tab. 113 dargestellt. Ausgehend von Tab. 160 wurde mittels eines paarweisen G-Tests untersucht, ob sich die Populationen in den Häufigkeiten der Allele unterscheiden. Es zeigt sich, daß die Populationen jeweils bei einer ganzen Reihe von Genorten signifikant verschiedene Allelfrequenzen haben (Tab. 109).

9.8.4 Häufigkeiten und Frequenzen der Genotypen

Die Häufigkeiten der Genotypen lassen sich aus Tab. 160 ablesen. Die Frequenzen der Genotypen sind in Tab. 114 dargestellt. Ausgehend von den aus Tab. 160 abzulesenden Häufigkeiten der Genotypen in den Populationen wurde mittels eines paarweisen G-Tests geprüft, ob sich die Populationen unterscheiden.

Es stellte sich dabei heraus, daß auch bei den Genotypen zwischen allen Populationen eine Reihe signifikanter Unterschiede bestehen. Es sind jedoch weniger Genorte, welche die Populationen nach Genotypen differenzieren (Tab. 110) als nach Allelen (Tab. 109). Der Vergleich der Differenzierung durch die Häufigkeiten der Genotypen und durch die Häufigkeiten der Allele bei den Populationen zeigt, daß in den Genotypen nur vergleichsweise wenig weitere Information liegt. Von den 88 signifikanten Unterschieden zwischen den Populationen nach

den Häufigkeiten der Genotypen gibt es nur drei Fälle, bei denen nicht gleichzeitig ein signifikanter Unterschied zwischen den Häufigkeiten der Allele vorhanden ist. Das heißt, daß die meisten Unterschiede nach Genotypen durch unterschiedliche Allelausstattung bedingt sind. Von den genannten Fällen ist wiederum nur in einem Fall der p- Wert im G-Test der Allelhäufigkeiten größer als 0,25 und somit ein Unterschied zwischen den Allelhäufigkeiten tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Es handelt sich hierbei um den Vergleich der Genotypenhäufigkeiten von Freising und Heinrichsheim am Genort PGM-A. Ursache des signifikanten Unterschieds ist, daß der Anteil des Genotyps PGM-A-23 in Freising, auch im Vergleich zu anderen Populationen, relativ hoch liegt (Tab. 114).

Urliste Tab. 160 / Methoden S. / Statistik Allele Tab. 109 / Statistik Genotypen Tab. 110 /
Allelfrequenzen Tab. 113 / Genotypenfrequenzen Tab. 114

9.8.5 Heterozygotie

Die Heterozygotie ist ein wichtiges Maß zur Beschreibung der genetischen Variation von Populationen und Individuen. Der Grad der Heterozygotie ist, wie an einigen Beispielen gezeigt werden konnte (Müller-Starck 1994), verknüpft mit der Fitneß von Pflanzen.

Aktuelle Heterozygotie H_a

Die Auswertung der Isoenzymanalyse ergab homozygote und heterozygote Genotypen, welche zum einen den einzelnen Individuen und zum anderen den verschiedenen Genotypen zugeordnet werden können. Die Heterozygotie kann zunächst für die einzelnen Individuen oder für die Genorte berechnet werden. Beide Wege der Berechnung sind eigentlich equivalent. Allerdings erlaubt die Berechnung der Heterozygotie der Individuen und die der Genotypen die Darstellung unterschiedlicher Aspekte der Heterozygotie der Populationen. Das Kapitel wird darum unter anderem in die Heterozygotie nach Genorte und die Heterozygotie nach Individuen gegliedert.

Heterozygotie nach Genorten

In Tab. 126 sind die Werte der aktuellen Heterozygotie H_a der Populationen an den einzelnen Genorten dargestellt. Die Werte von H_a schwanken bei allen Populationen zwischen den einzelnen Genorten von 0 bei den monomorphen Genorten bis 0,44 bei EST-A und 0,62 bei LAP-A. Die Schwankungen hängen offensichtlich mit den unterschiedlichen Allelzahlen an den Genorten zusammen, welche bei EST-A und LAP-A besonders hoch sind (Tab. 113). Die Mittelwerte der Heterozygotie H_a aller Genorte liegen bei den Populationen zwischen 0,29 in Freinhausen1 und 0,19 in Hörzhausen. Der Mittelwert für alle Populationen liegt bei 22%.

In Tab.125 sind die absoluten Häufigkeiten heterozygoter und homozygoter Genotypen dargestellt. Die Häufigkeiten aus Tab.125 wurden einem paarweisen G-Test für Unterschiede zwischen den Populationen unterzogen. Es zeigt sich, daß die Population Freinhausen1 signifikant größere Heterozygotie hat als die übrigen Populationen (Tab. 133).

Betrachtet man die Häufigkeiten bei den einzelnen Genorten getrennt und führt einen paarweisen G-Test zum Vergleich der Häufigkeiten in den Populationen durch, ergibt sich ein differenzierteres Bild und eine Vielzahl signifikanter Unterschiede (Tab.134). Nur zwischen Freinhausen2 und Hörzhausen gibt es keinen Genort mit signifikant verschiedener Heterozygotie. Bei allen anderen ist mindestens ein Genort mit signifikanten Unterschieden vorhanden. Keine der Populationen hat an allen der Genorte größere oder kleinere Heterozygotie als eine andere.

Dies gilt auch für die Population Freinhausen1. Das ist ein Hinweis dafür, daß keine der Populationen eine allgemein größere Tendenz zur Heterozygotie aufweist.

Die Korrelation der aktuellen Heterozygotie H_a mit der Populationsgröße ($1/N$) bleibt knapp über der Signifikanzgrenze ($r=-0,642; n=7; p=0,06$ / Pearson).

Heterozygotie nach Individuen

Die Heterozygotie wurde auch auf der Ebene der Individuen dargestellt. Da 13 Genorte untersucht wurden und einer davon monomorph ist, können maximal 12 Genorte eines Individuums heterozygot sein.

Bei fast allen Individuen wurden heterozygote Genorte nachgewiesen. Lediglich drei Individuen in Heinrichsheim, zwei in Dachsholz und eines in Freising waren an allen untersuchten Genorten homozygot (Tab.128).

Die mittlere Anzahl heterozygoter Genorte und der mittlere Heterozygotiegrad der Individuen ist in den Populationen aus Freinhausen am höchsten (Tab. 127). Die Populationen Dachsholz, Heinrichsheim, Zensi-Schütt und Freising haben etwas niedrigere Heterozygotie und unterscheiden sich untereinander nicht oder nur geringfügig. Die Population Hörzhausen hat die niedrigsten Werte. Die Werte der individuellen Heterozygotie sind somit wie erwartet den Werten aufgrund der Genorte ähnlich (Tab. 126 und Tab.125).

Der paarweise G-Test der Häufigkeiten der Heterozygoten Genotypen der Individuen auf Grundlage der Tab.128 ergibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Populationen.

Text S.80 / Methode S.50 / Anzahl heterozygoter Genotypen Tab.125 / Daten H_a Tab. 126;
 H_a der Individuen Tab. 127 / Häufigkeiten Individuen bestimmter Heterozygotie Tab.128

9.8.6 Hardy-Weinberg-Proportion

Die Häufigkeiten der Genotypen wurden in Abhängigkeit von den Häufigkeiten der Allele auf mögliche Abweichungen von der Hardy-Weinberg-Proportion getestet (Tab. 112). Bei der überwiegenden Zahl der Genorte kann keine Abweichung von der Hardy-Weinberg-Proportion nachgewiesen werden. Andererseits werden bei fast allen Populationen bei einigen Genorten, Abweichungen von der Hardy-Weinberg-Proportion signifikant. Die meisten Abweichungen von Hardy-Weinberg-Proportion gibt es bei PGI-A (5), gefolgt von SKDH-A (3) und PGM-A (3). Es fällt weiterhin auf, daß bei der größten Population Freinhausen2 keinerlei Abweichungen nachzuweisen sind, während bei der kleinsten der Populationen die höchste Zahl von Genorten (4) keine Hardy-Weinberg-Proportion besitzen.

Methode S.46 / Statistik Tab. 111

9.8.7 Heterozygotie und Hardy-Weinberg-Proportion

In Abb. 93 werden die Werte der aktuellen Heterozygotie H_a den nach der Hardy-Weinberg-Proportion erwarteten Werten der Heterozygotie H_e gegenübergestellt. Die Werte für H_a bleiben bei allen Populationen hinter H_e zurück. Dies kann unter anderem dadurch erklärt werden, daß bei *Succisa pratensis* eine gewisse Selbstbefruchtungsrate vorliegt, welche zu einem höheren Anteil von Homozygoten führt, als bei zufälliger Kombination der Gameten (Hardy-Weinberg-Proportion) zu erwarten wäre. Tatsächlich ist nach Grime (1990) bei *Succisa pratensis* auch

Selbstbestäubung möglich, obwohl Fremdbestäubung überwiegt. Die beobachtete Heterozygotie H_a korreliert signifikant mit H_e ($r=0,764$; $p=0,023$; $n=7$). Diese Beobachtung ist vor allem der Population in Freinhausen1 zu verdanken, welche als einzige signifikant höhere Heterozygotiewerte H_a und H_e besitzt.

Methode S.50 / H_a und H_e Abb. 93

9.8.8 Bedingte Heterozygotie

Zum Vergleich der Werte der Heterozygotie der einzelnen Populationen wurde die bedingte Heterozygotie H_c herangezogen (Gregorius 1978), da diese die Einflüsse durch unterschiedliche Allelhäufigkeiten in den Populationen berücksichtigt. Die Werte der bedingten Heterozygotie sind in Tab. 129 dargestellt. Es gibt keine signifikanten Unterschiede der bedingten Heterozygotie zwischen den Populationen (Tab. 135).

In Abb. 95 sind die H_c - Werte zusammen mit den Populationsgrößen aufgetragen. Es gibt keine signifikante Korrelation der Werte der Heterozygotie H_c mit der Populationsgröße ($r= 0,2077$; $p=0,327$; $n=7$, Pearson). Zwar hat die größte Population Freinhausen2 einen relativ hohen H_c - Wert, dieser bleibt jedoch hinter den viel kleineren Populationen Dachsholz und Zensi-Schütt zurück. Die Population Freinhausen1 hat einen eher geringen H_c - Wert. Die höheren Werte der aktuellen Heterozygotie H_a in Freinhausen1 sind somit nicht durch eine höhere Tendenz zur Heterozygotie, sondern durch eine andere Allelaustattung bedingt.

Methode S. 50 / Daten Tab. 129 / Statistik Tab. 135 / H_c und Populationsgröße Abb. 95

9.8.9 Skalierte Heterozygotie

Die Werte der skalierten Heterozygotie sind in Tab. 130 abzulesen. Die neu eingeführte Größe der skalierten Heterozygotie und der Homozygotie ermöglicht die anschauliche Darstellung der Heterozygotie, wie sie mit den H_c - Werten nicht ohne weiteres möglich ist. In Abb. 92 ist bei allen Populationen eine, allerdings relativ geringfügige, Tendenz zur Homozygotie zu erkennen. Die Abweichungen von der 50%- Marke sind allerdings minimal. Lediglich bei Hörzhäusern, der kleinsten der Populationen, sind die Werte der skalierten Homozygotie an den Genorten signifikant höher als die der Heterozygotie (Tab. 136).

Methode S. 50/ Werte Tab. 130 / Abb. 92 / Statistik Tab. 136

9.8.10 Genetische Variation und Populationsgröße

Die effektive Allelzahl N_e ist ein Maß für die Diversität berechnet aufgrund des Verhältnisses der Häufigkeiten der Allele in einer Population und entspricht der Diversität v von Gregorius (1978). N_e ist 1 im Falle der Fixierung und identisch mit der Allelzahl N_a im Falle ausgeglichener Allelhäufigkeiten. Die Werte für N_e und N_a sind aus Tab. 131 und Tab. 132 abzulesen.

Die Werte für die Diversität N_e zeigen keine signifikante Korrelation mit der Populationsgröße ($r= -0,551$; $n=7$; $p=0,10$ Pearson / Populationsgröße als $1/N$ / Abb. 96). Die Population Freinhausen1 hat einen etwas erhöhten N_e - Wert. Auch die Werte der beobachteten Heterozygotie H_a und der erwarteten Heterozygotie H_e sind in Freinhausen1 höher als bei den anderen Populationen (Abb. 93). Die lineare Regression ($r=0,887$; $p=0,004$; $n=7$ /Pearson) von effektiver Allelzahl N_e und tatsächlicher Allelzahl N_a zeigt, daß der größte Teil der Schwankungen von

N_e und die höheren Diversitätsmaße in Freinhausen1 durch verschiedene Allelzahlen N_a erklärt werden können (Abb. 94).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß sich die Populationen nur geringfügig in den Werten der Heterozygotie unterscheiden. Es gibt aber geringfügige Hinweise auf einen Zusammenhang von Heterozygotie und Populationsgröße (82).

Text S. 82 / 56 / Methode S. 47 / Diversität und Populationsgröße Abb. 96 / H_a und H_e Abb. 93 /
Diversität N_e und Allelzahl Abb. 94 / Daten Tab. 131 und Tab. 132/ Populationsgröße Tab. 3

9.8.11 Zusammenhang zwischen genetischer und geographischer Distanz

Die beiden nur etwa 100 Meter von einander entfernten Populationen in Freinhausen sind sich auch genetisch am ähnlichsten (Abb. 1, Tab. 120, Abb. 83). Dies verwundert insofern nicht, als es die einzigen Populationen sind, bei denen aktuell von einem Genaustausch, z.B. durch Bestäuber, ausgegangen werden muß. Auch überrascht nicht, daß die renaturierte Population Dachsholz ihrer Ursprungsfläche Heinrichsheim, welche 4,3 km entfernt ist, genetisch sehr nahe steht. Die genetischen Distanzen stehen bei Betrachtung aller Populationen jedoch in keinem direkten Zusammenhang mit der geographischen Entfernung der Populationen (vgl. Tab. 120/ $r=0,1396$; $p=0,2730$; $n=21$, Pearson). Die Populationen Heinrichsheim und Zensi-Schütt einerseits und im Paartal, Freinhausen1, 2 und Hörzhausen andererseits sind sich genetisch ähnlicher, obwohl die Entfernung zwischen der Population Zensi-Schütt und den Populationen in Freinhausen geringer ist. Die am weitesten von allen anderen entfernte Freisinger Population hat wiederum die größten genetischen Distanzen im berechneten Dendrogramm. Betrachtet man jedoch die einzelnen Werte der genetischen Distanzen in Tab. 120, so zeigt sich, daß die größten genetischen Distanzen zwischen Dachsholz und den Populationen aus Freinhausen liegen.

Text S. 83 / Methode S.54 / Karte Abb. 1 / Distanzen Tab. 120 / Dendrogramm Abb. 83 /
Daten Tab. 120 / Statistik Tab. 120

9.8.12 Übertragung der Variation durch Mähgut

Die durch Auspflanzung und durch Mähgut aus Heinrichsheim entstandene Population Dachsholz weist eine nur geringfügig von der Ursprungsfläche abweichende genetische Variation H_e (Abb. 93) und N_e (Abb. 94) auf. Der Grad der bedingten Heterozygotie H_c ist geringfügig höher (Abb. 95). Die Fläche Heinrichsheim ist der Fläche Dachsholz genetisch am ähnlichsten und läßt sich somit nach wie vor als deren Ursprungsfläche identifizieren (Abb. 83). Offensichtlich wurde durch das angewandte Verfahren der Mähgutübertragung und Auspflanzung die genetische Variation auf die Renaturierungsfläche übertragen und blieb auch nach fünf Jahren erhalten. Bei einzelnen Allelen in den Stichproben der Populationen Dachsholz und Heinrichsheim zeigen sich jedoch auch deutliche Unterschiede, z.B. bei SKDH-A Allel 3 (Abb. 88).

Methode S. 30; 47 / H_e und H_a Abb. 93 / N_e und N_a Abb. 94 /
 H_c und Populationsgröße Abb. 95 / Dendrogramm Abb. 83

9.9 Ergebnisse geographische Variationsmuster

Die geographischen Variationsmuster der Populationen wurden anhand der Distanzen nach den Frequenzen der Allele (Abb. 83 ; Abb. 84), den Frequenzen der Genotypen (Abb. 85) und der

Distanzen aufgrund der Mittelwerte der im Gewächshaus gemessenen phänotypischen Merkmale (Abb. 86) untersucht. Bei den Allelfrequenzen wurden zwei Indizes der genetischen Distanzen (D und D_0) berechnet und entsprechende Dendrogramme angefertigt.

9.9.1 Isoenzyme

Die Dendrogramme nach den genetischen Merkmalen der Isoenzyme unterschieden sich nur geringfügig. Die Zuordnung der Population Freising ist teilweise verschieden. Die Population wird einmal den Populationen im Donaumoos und zum anderen den Populationen im Paartal zugeordnet. Im Dendrogramm nach den Distanzen aufgrund der Genotypenfrequenzen ist auch die Zuordnung der Populationen aus Freinhausen und Hörzhausen anders. In allen drei Dendrogrammen sind sich jedoch die Populationen jeweils innerhalb des Paartals und des Donaumooses am ähnlichsten, während die weiter entfernte Freisinger Population die größten Distanzen zu den anderen Populationen aufweist (Abb. 83- Abb. 85).

Diese Gliederung wird auch bei der Betrachtung der Allelhäufigkeiten an einigen Genorten deutlich (Abb. 88- Abb. 91). Einige Allele sind im Donaumoos (Dachsholz, Heinrichsheim und Zensi-Schütt), andere im Paartal (Freinhausen1, 2 und Hörzhausen) häufiger. Bei SKDH-A ist beispielsweise das Allel 3 nur im Donaumoos vertreten, fehlt dagegen im Paartal und in Freising. Bei EST-A und IDH-A ist jeweils das Allel 2 im Donaumoos häufiger als im Paartal vertreten. Bei PGI-A ist Allel 1 häufiger im Paartal, Allel 2 dagegen häufiger im Donaumoos. Die Freisinger Population nimmt in den genannten Fällen eine Zwischenstellung ein. Bei SKDH-A ähnelt das Muster der Allelfrequenzen in Freising mehr den Populationen im Paartal, bei IDH-A mehr den Populationen im Donaumoos.

Die PCA- Analyse der Populationen auf Grundlage der Allelfrequenzen (Abb. 87) ergibt eine Anordnung der Populationen, die in erstaunlicher Weise an die geographische Lage der Populationen erinnert (Abb. 1). Allerdings wird die Population Hörzhausen mehr in Richtung der Populationen im Donaumoos gerückt und der Abstand der Population Freising ist unverhältnismäßig klein, verglichen mit ihrer geographischen Entfernung.

Methode S. 54 Karte Abb. 1 / Dendrogramme Abb. 83 ff./ Kuchendiagramme Abb. 88-Abb. 91 / PCA- Plot Abb. 87

9.9.2 Phänotypische Merkmale

Die Distanzen nach den phänotypischen Merkmalen führen zu einer anderen Gliederung der Populationen als nach den genetischen Distanzen der Isoenzyme. Die Populationen Dachsholz, Heinrichsheim, Zensi-Schütt und Hörzhausen haben nur relativ geringe Distanzen zueinander und die Populationen aus Freinhausen werden gegen die Population Freising, aber auch gegen alle anderen Populationen, einschließlich der Population Hörzhausen, weit abgegrenzt. Die Gliederung nach geographischen Herkünften ist nur noch insofern vorhanden, als die Population Freising nach wie vor die größten Distanzen zu den anderen Populationen aufweist und die Populationen aus Freinhausen ein Paar bilden. (Abb. 86).

Text S. 84 / Methode S. 43; 54 / Dendrogramm Abb. 86

9.10 Ergebnisse Variation innerhalb und zwischen Populationen

9.10.1 Variation phänotypischer Merkmale im Gewächshaus

Die Variabilität bei den im Gewächshaus gemessenen Merkmalen beträgt $V_T = 30,7\%$. Diese Variabilität setzt sich zusammen aus $26,6\%$ an Variabilität innerhalb der Populationen und $4,1\%$ an Variabilität zwischen den Populationen. Dies ergibt einen Anteil der Variabilität zwischen Populationen an der Gesamtvariabilität (G_{ST}) von $12,7\%$ (Tab. 104).

Die größte Gesamtvariabilität liegt beim Merkmal Blattbehaarung, bei der Anzahl Sprosse pro Pflanze und der Anzahl Knospen pro Pflanze (Tab. 105). Es folgen die Merkmale Biomasse und die Anzahl Knospen pro Spross. Die größte Variabilität zwischen den Populationen liegt bei der Sprosshöhe und der Blattbehaarung (Abb. 79). Ganz offensichtlich sind die Merkmale mit hoher Variabilität (V) nicht zwangsläufig diejenigen, mit dem höchsten Anteil der Variabilität zwischen den Populationen (V_{st}). Die Unterschiede zwischen den Populationen scheinen also eher durch Selektions- und weniger durch Zufallsprozesse entstanden zu sein.

Die Werte der Variabilität schwanken bei manchen Populationen zwischen den Behandlungen relativ stark (Abb. 80). Bei den meisten Populationen sind die Werte bei den Behandlungen mit *Molinia* etwas höher. *Molinia* scheint demnach die Variabilität innerhalb der Populationen zu vergrößern. Auch die Gesamtvariabilität ist bei den Behandlungen mit *Molinia* (mmmd, mmod) leicht höher, während die Variabilität zwischen den Populationen kaum Schwankungen aufweist (Tab. 104). Ein auf Grundlage von Tab. 105 durchgeführte Varianzanalyse ergab bei keiner der Populationen signifikante Unterschiede der Variabilität zwischen den Behandlungen.

Die Unterschiede zwischen den Populationen bei der Variabilität sind relativ gering und in keinem Fall signifikant. Es gibt im Übrigen eindeutig keine positive Verbindung zwischen der Variabilität der Merkmale und der Populationsgröße. Dies zeigt allein schon, daß die kleinste Population Hörzhausen größere Werte der Variabilität aufweist, als die größte Population Freinhausen2.

Text S. 85 / Methode S. 43 / Variabilität Merkmale Abb. 79 / Populationen Abb. 80 / Werte Tab. 104 / Tab. 105

9.10.2 Allelische und genotypische Variation aufgrund der Merkmale der Isoenzyme

Die Gesamtvariation, welche sich aus der Variation zwischen und innerhalb der Populationen zusammensetzt, ist aufgrund der Allelfrequenzen $H_T = 0,315$. Der Wert der Gesamtvariation aufgrund der Frequenzen der Genotypen ist höher und beträgt $G_T = 0,429$. Der Anteil der Variation zwischen den Populationen liegt jedoch in beiden Fällen nahe $G_{ST} = 0,12$, d.h. 12% der Gesamtvariation H_T findet sich zwischen und 88% innerhalb der Populationen (Tab. 119).

Die statistische Auswertung der Variation der Populationen, aufgrund der Variation an den einzelnen Genorten, ergab weder für die Genotypen (Tab. 115 / Tab. 116) noch für die Allele (Tab. 117 / Tab. 118) signifikante Unterschiede zwischen den Populationen.

Text S. 85 Methode S. 47, 49 / Übersicht Tab. 119 / Datentabellen Tab. 115 / Tab. 117 / Statistik Tab. 116 / Tab.

9.10.3 Phänotypische und genetische Variation

In Tab. 119 sind die Werte der Variation aufgrund der Allele, der Genotypen und der phänotypischen Merkmale im Gewächshaus gegenübergestellt.

Der Anteil der Variation zwischen den Populationen ist aufgrund der phänotypischen Merkmale mit 12,6 Prozent nur geringfügig höher als die allelische und genotypische Variation der Isoenzyme. Die geringe Differenz der Werte ist um so bemerkenswerter, wenn man bedenkt, daß die phänotypische Variabilität aus den makroskopisch gemessenen, meist intervallskalierten Daten von Merkmalen berechnet wird. Dagegen geht die allelische Diversität aus den Allelfrequenzen von Isoenzymen und die genotypische Variation aus den Frequenzen der von diesen Allelen gebildeten Genotypen hervor.

Auch aufgeschlüsselt nach den einzelnen Populationen, kommen in den meisten Fällen die Werte der allelischen denen der phänotypischen Variation recht nahe. Nur bei der Population Freinhausen1 divergieren die Werte deutlicher (Abb. 82). Dies liegt an höheren Werten der allelischen und genotypischen Variation in Freinhausen1 an einigen Genorten (nicht signifikant). Diese wiederum gehen, wie gezeigt wurde, auf höhere durchschnittliche Allelzahlen zurück (S. 82 / Abb. 94).

Methode S. 43, 47, 49 / Übersicht Tab. 119

9.10.4 Heterozygotie, genetische Variation und Samengewichte

Bei den Bestäubungsversuchen auf S. 73 wurde festgestellt, daß bei den Populationen, bei denen die Samengewichte nach freier Bestäubung relativ zu den anderen Populationen höher waren, nach Abdeckung der Knospen und Verhinderung der Fremdbestäubung die Samen geringere Gewichte hatten (mit Ausnahme der Population Zensi-Schütt). Es wurde nun untersucht, ob ein Zusammenhang mit der genetischen Ausstattung der Populationen besteht, der die beobachteten Unterschiede erklären könnte.

Es stellte sich heraus, daß die Samengewichte der Populationen nach freier Bestäubung positiv mit den Werten der aktuellen Heterozygotie H_a ($r=0,809$; $n=6$; $p=0,026$ / Pearson), nach reiner Selbstbestäubung dagegen negativ mit der effektiven Allelzahl N_e korrelieren. Zumindest, wenn man die Population Freinhausen1, die mit ihren sehr hohen Werten für N_e und H_a aus dem Rahmen fällt, nicht berücksichtigt ($r= - 0,755$; $n=6$; $p=0,041$ / Pearson). Unter Einbeziehung der Population Freinhausen1 liegt die Korrelation aber ebenfalls nur knapp über der Signifikanzgrenze. Der höchste Korrelationskoeffizient ergibt sich bei der partiellen Korrelation von Samengewichten nach Selbstbestäubung und effektiver Allelzahl (N_e) mit der Heterozygotie (H_a) als Kontrollvariablen ($r= - 0,777$; $n=6$; $p=0,034$ / Pearson). Die lineare Korrelationen sind in Abb. 64 und Abb. 65 dargestellt.

Ein Zusammenhang zwischen Samengewichten nach Selbstbestäubung und der Heterozygotie besteht offenbar nicht ($r= - 0,326$; $n=6$; $p=0,264$ / Pearson).

Der Zusammenhang zwischen effektiver Allelzahl (N_e) und Heterozygotie (H_a) ist zwar signifikant ($r=0,8759$; $n=7$; $p=0,0049$), allerdings wurde bei den vorliegenden Daten ein signifikanter Zusammenhang nur erreicht, weil die Population Freinhausen1 sehr Hohe Werte von H_a und N_e hat. Bei den übrigen Populationen ist der Zusammenhang nicht zu erkennen. Die lineare Regression zeigt (Abb. 66).

Für die Ergebnisse auf S. 73 bedeutet dies, daß der negative Zusammenhang zwischen Samengewichten nach freier Bestäubung und Selbstbestäubung in dieser einfachen und linearen Form nicht besteht. Im Zuge einer höheren effektiven Allelzahl ist zwar eine höhere Heterozygotie wahrscheinlich, sie muß jedoch nicht zwangsläufig in jeder Population gleichermaßen verwirklicht sein. In den meisten Fällen wird, wie beobachtet, ein negativer Zusammenhang zwischen Samengewichten nach freier Bestäubung und nach Selbstbestäubung entstehen. Ein direkter Zusammenhang existiert jedoch nicht. Trotzdem ist der vermutete Zusammenhang auf S. 73 Teil des Lösungsweges, ohne den die Überlegungen zu den genetischen Zusammenhängen wohl nicht entstanden wären.

Für die Deutung der Zusammenhänge von genetischer Variation, Heterozygotie und Samengewichte s S. 88.

10 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde die genetische Variation von *Succisa pratensis* innerhalb eines relativ kleinen geographischen Raums untersucht und versucht, Variation auf der Ebene von makroskopisch wahrnehmbaren Merkmalen sowie auf der Ebene von Isoenzymen zu finden. Zu Beginn der Arbeit war nicht bekannt, ob innerhalb eines so begrenzten Raums, ohne deutliche geographische Unterschiede, weder hinsichtlich des Klimas noch der Höhe, Variation messbar sein würde. Dies galt besonders für die makroskopischen Merkmale. Zwar gibt es schon lange Arbeiten, die über kleinräumige Differenzierungen berichten (z.B. Davies & Snaydon 1976, Turkington & Aarson 1984, Waser & Price 1985), doch bleibt bei den meisten Arbeiten der Nachweis aus, ob die beobachteten Unterschiede durch Umwelteinflüsse entstanden, maternale Effekte darstellen oder tatsächlich genetisch bedingt sind. Die Kenntnisse über die Bedeutung der genetischen Variation von Arten sind daher immer noch relativ gering.

Aussagekraft des Gewächshausversuchs

Natürlich unterscheiden sich die Bedingungen im Gewächshaus von denen im Freiland. Vor allem die höheren Temperaturen und die dadurch längere Vegetationsperiode sind zu nennen, aber auch der Wegfall der Begleiter und Konkurrenten. Bei allen Unterschieden zu den Bedingungen im Freiland kann jedoch festgestellt werden, daß die Pflanzen keinen so extremen Bedingungen ausgesetzt waren, als das ihre Entwicklung nicht der im Freiland sehr ähnelte und somit Rückschlüsse auf die normale Entwicklung und das normale Verhalten der Pflanzen im Freiland ermöglichen würde.

Die Nährstoffbedingungen waren im Gewächshaus sehr gut für die Entwicklung von *Succisa pratensis*, wodurch fast alle Pflanzen bereits im zweiten Jahr eine große Zahl von Blüten bildeten und teilweise enormen Wuchs entwickelten. Die Unterschiede zum Freiland bestanden vor allem in den hohen Gehalten des Substrats an Phosphor und Kalium. Allerdings wurden auch an den Standorten im Freiland relativ große Schwankungen an Phosphor und Kalium beobachtet. Und an einigen Standorten im Freiland entwickeln einzelne Individuen durchaus Wuchshöhen, die denen im Gewächshaus vergleichbar waren, z.B. in der Population Dachsholz. Es wurde bei geringem Nährstoffangebot beobachtet, daß Individuen von *Succisa pratensis* erst nach vier bis fünf Jahren zur Blüte kamen (persönliche Mitteilung des Botanischen Gartens in München). Auch Grime & Hodgson (1990) geben an, daß *Succisa pratensis* unter natürlichen Bedingungen oft erst im vierten blüht. Allerdings blüht *Succisa pratensis* im Garten nach Adams (1955) in der Regel schon im zweiten Jahr. Das Auspendanzexperiment zeigte zudem, daß auch im Freiland, bei ausreichender Nährstoffversorgung, die Blüte der meisten Pflanzen im zweiten Jahr erfolgt.

Die Nährstoff- und die Konkurrenzbedingungen wurden in vier Behandlungen gezielt variiert. Das Substrat der gedüngten Behandlungen hatte dabei wiederum vor allem höhere Gehalte an Phosphor und Kalium. Innerhalb der Behandlungen wurden die Individuen und Populationen allerdings völlig gleich behandelt, so daß keinerlei Unterschied innerhalb einer Behandlung nachzuweisen war (S. 74).

Maternale Effekte

Nicht genetisch bedingte, maternale Effekte sind ein bekanntes Phänomen, welches bei vielen Pflanzenarten untersucht wurde (Schaal 1984). Bei *Crepis sancta* bestimmen maternale Effekte die meisten der adulten Merkmale (Imbert *et al.* 1999). Bei *Lobelia inflata* beeinflusst die Samengröße sogar die endgültige Größe der adulten Pflanzen (Simons & Johnston 2000).

Auch bei *Succisa pratensis* sind im ersten Jahr Unterschiede zwischen den Populationen bei den Größenmerkmalen der Rosetten (Blattlänge, Blattbreite, Biomasse) zu erkennen, welche mit den Samengewichten der Populationen in Verbindung stehen und vermutlich Ausdruck maternaler Effekte sind. Diese Unterschiede stellen sich im zweiten Jahr jedoch ganz anders dar. Die Rosetten sind in Freinhausen im zweiten Jahr kleiner, die Sprosse sind niedriger, die Anzahl der Knospen und die oberirdische Biomasse ist geringer als bei allen anderen Herkünften. Und das, obwohl die Pflanzen sich aus relativ großen Samen entwickelten und im ersten Jahr zu denen mit den größten Rosetten gehörten. Umgekehrt holten die Pflanzen aus der Population Freising, trotz der Samen mit besonders geringem Gewicht und der kleinsten Rosetten im ersten Jahr, im folgenden Jahr deutlich auf. Während also ein Einfluß von maternalen Effekten auf die Merkmalsausprägung im ersten Jahr noch erkennbar ist, ist dies im zweiten Jahr unwahrscheinlich. Der Umstand, daß maternale Effekte im zweiten Jahr keine Rolle mehr spielten, bedeutet, daß die, trotz gleicher Bedingungen im Gewächshaus, verbliebene Variation der Merkmale weitgehend genetisch bedingt ist.

Genetische Variation

Die meisten Untersuchungen zur genetischen Variation von Wildpflanzen wurden mit Populationen aus einem relativ weiten geographischen Spektrum durchgeführt. Die Pflanzen stammen aus mehrere hundert Kilometern entfernten Population oder sind über ganze Kontinente verteilt. Dies geschah wohl unter anderem auch aus der Sorge, bei Populationen mit ähnlichen geographischen, klimatischen und geologischen Bedingungen, bzw. mit ähnlicher geobotanischer Vorgeschichte, keine nennenswerte genetische Variation zu finden. Auch zu Beginn dieser Untersuchung bestand die Befürchtung, keine bedeutende Differenzierung zwischen Populationen zu finden, die so nahe beieinander liegen.

Wie die Ergebnisse am Beispiel von *Succisa pratensis* jedoch zeigen, unterscheidet sich die genetische Ausstattung der Populationen von Wildpflanzen auch schon innerhalb eines relativ kleinen geographischen Raums, sowohl auf der Ebene von Zufallsallelen, welche für Isoenzyme kodieren, als auch auf der Ebene von Genen, welche makroskopisch meßbare, phänotypische Merkmale bestimmen. Variation auf dem Artniveau ist ein Teil der biologischen Vielfalt. Sie ist nicht nur in größeren geographischen Räumen meßbar, sondern spielt bei lokalen Anpassungen der Pflanzen eine entscheidende Rolle (Hypothese-3, S. 18).

Merkmale werden genetisch angelegt und im Freiland durch Umwelteinflüsse modifiziert. Da Zusammenhänge mit Umweltfaktoren im Freiland lediglich durch Korrelationen dargestellt werden können, ist die alleinige Untersuchung von Merkmalen im Freiland wenig erfolgversprechend. Genetische und modifikatorische Einflüsse auf die Merkmale können kaum unterschieden werden. Nur die genetisch festgelegten Unterschiede von Merkmalen zwischen Populationen sind jedoch Ausdruck von Anpassungen der Pflanzen. Klassische ökologische Untersuchungen gehen oft davon aus, daß eine Pflanzenart nur ein genetisches Modell ist, welches in festgelegter Weise auf Umwelteinflüsse reagiert. Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen jedoch, daß selbst im lokalen geographischen Rahmen eine Art nicht nur ein genetisches Modell darstellt. Populationen unterschiedlicher genetischer Ausstattung können ganz unterschiedlich auf Umwelteinflüsse reagieren. Eine frühe Mahd wie in Freinhausen hätte beispielsweise bei den anderen Populationen sehr wahrscheinlich einen gravierenden Einbruch der Samenproduktion zur Folge. Für die angepaßten Individuen aus Freinhausen stellt der Mahdtermin jedoch kein Problem dar (Hypothese-7, S. 18).

Die genetischen Ähnlichkeiten aufgrund der Allelfrequenzen folgen einem geographischen Variationsmuster und verhalten sich anders als die meisten phänotypischen Merkmale. Die Allele sind in der Regel das Ergebnis von selektionsneutralen Zufallsmutationen (Kimura 1987). Dagegen sind die phänotypischen Merkmale in der Regel nicht selektionsneutral, sondern werden durch Selektionsprozesse, welche gerichtet oder stabilisierend wirken können, in ihrer Ausprägung beeinflusst. Dies bedeutet, daß die Untersuchung der Isoenzyme und die Angabe der genetischen Distanzen ebenfalls nur einen Teil des genetischen Spektrums erfaßt. Erst die Verbindung von Isoenzymanalyse und phänotypischen Untersuchungen kann das ganze Spektrum genetischer Differenzierung von selektiv beeinflussten und selektionsneutralen Merkmalen beschreiben (Hypothese-8, S. 18).

Die Isoenzymanalyse zeigt eine relativ große genetische Variation bei *Succisa pratensis*. Die Analyse der Bandenmuster ergab ein Muster, das nur bei zwei von 198 Individuen an allen Genorten identisch war. Von 13 untersuchten Genorten ist nur einer monomorph. Die durchschnittliche Allelzahl pro Genort beträgt 2,54 (S. 79 ff.). Die Literaturwerte für die allelische Diversität zweikeimblättriger Pflanzen liegen bei $H_T = 0,311$ und $G_{ST} = 0,273$ (Hamrick & Godt 1990). Während also der Wert für die allelische Gesamtdiversität $H_T = 0,315$ etwa dem Literaturwert entspricht, ist der Anteil der Diversität zwischen den Populationen $G_{ST} = 0,120$ deutlich geringer als der Durchschnitt für zweikeimblättrige Pflanzen (Tab. 119). Dies liegt möglicherweise daran, daß die Populationen aus einem im Verhältnis zu vielen bisherigen Untersuchungen kleinen geographischen Raum stammen. Zudem liegen die beiden Populationen in Freinhausen sehr nahe beieinander und die Population Dachsholz ist aus der Population Heinrichsheim durch Übertragung von Pflanzenmaterial hervorgegangen. Die genetischen Distanzen zwischen diesen Populationen sind daher gering (Hypothese-1 S. 18).

Die genetische Variation von *Succisa pratensis* ist auf Basis der Allelhäufigkeiten nicht abhängig von der Populationsgröße. Die Ergebnisse ähnlicher Untersuchungen bei anderen Arten sind diesbezüglich widersprüchlich. Bei einigen Arten wurde ein Zusammenhang von genetischer Variation und Populationsgröße gefunden, z.B. von Persson *et al.* (1998) bei *Lilium martagon*, von Lammi *et al.* (1999) bei *Lychnis viscaria*, von Weidema (2000) bei *Filipendula ulmaria* und von Buza *et al.* (2000) bei *Swainsona recta*. Bei anderen Untersuchungen wurde dagegen kein solcher Zusammenhang festgestellt, z.B. von Schmidt & Jensen (2000) bei *Pedicularis palustris* und von Young *et al.* (1999) bei *Rutidosia leptorhynchoides*. Bei *Rutidosia leptorhynchoides* waren allerdings die Allelzahlen in kleinen Populationen geringer. Die Zahl der Beispiele mit einer Korrelation von genetischer Variation und Populationsgröße scheint größer zu sein als die derjenigen ohne solchen Zusammenhang. Es ist allerdings zu bedenken, daß bei den Arbeiten oft gezielt nach einem Zusammenhang gesucht wurde und darum Arten und Populationen gewählt wurden, bei denen eine Korrelation von genetischer Variation und Populationsgröße am ehesten zu erwarten war. So wurden vielfach besonders seltene Arten oder besonders kleine, isolierte Populationen bearbeitet. Es ist wohl bei den meisten Arten mit einem Verlust genetischer Variation in kleinen Populationen und einem Zusammenhang von Populationsgröße und genetischer Variation zu rechnen, allerdings erst unterhalb einer bestimmten Mindestgröße der Population (Oostermeijer *et al.* 1998a). Offenbar ist auch die kleinste untersuchte Population von *Succisa pratensis* mit etwa 120 Individuen nicht so klein, als das Inzuchtffekte und genetische Drift zu einem Verlust von Allelen und genetischer Variation führen würden. Dies ist allerdings mit der Einschränkung zu sehen, daß nicht auszuschließen ist, daß in der Zukunft, bei weiter wirkender Isolation der Kleinpopulationen, eine genetische Verarmung stattfindet. Möglicherweise ist die Zeit der Isolation von geschätzten 80-90 Jahren für Populationen einer langlebigen Pflanze wie *Succisa pratensis* noch nicht maßgebend und

wirkt sich erst nach weiteren Generationen aus. In diesem Zusammenhang wären Kenntnisse über Generationsdauer von Arten wie *Succisa pratensis* wichtig, fehlen jedoch bislang. Populationen mit längerer Generationsdauer dürften erst nach entsprechend längerer Zeit von populationsgenetischen Prozessen betroffen werden. Auch Schmidt & Jensen (2000) führten unter anderem historische Prozesse als mögliche Ursache für das Fehlen eines Zusammenhangs von genetischer Variation und Populationsgröße bei *Pedicularis palustris* an (Hypothese-9, S. 18 / Ergebnisse S. 82).

Es war zu erwarten, daß die Werte der genotypischen Variation, gesamt innerhalb und zwischen den Populationen, höher liegen als die Werte der allelischen Variation. Da die Variation der Allele sich zwangsläufig in den Genotypen ausdrückt und es mehr Genotypen gibt als Allele. Die Tatsache jedoch, daß sich der Anteil der allelischen und genotypischen Variation zwischen Populationen kaum unterscheidet, bedeutet, daß die Populationen fast ausschließlich durch die unterschiedliche Allelaustattung differenziert werden und nicht zusätzlich durch unterschiedliche Mechanismen oder Voraussetzungen bei der Bildung von Genotypen aus diesen Allelen. Dies bestätigt sich durch die relativ geringen Unterschiede zwischen den Populationen bei der bedingten Heterozygotie und den kaum vorhandenen Abweichungen der Genotypenhäufigkeiten von der Hardy-Weinberg-Proportion (Hypothese-10 S. 18).

Die Werte der Variation aufgrund der phänotypischen Merkmale, gesamt, innerhalb und zwischen den Populationen, stimmen in hohem Maße mit den Werten der allelischen Variation und weniger mit der genotypischen Variation der Isoenzyme überein. Die Gesamtvariation ist mit $V_T=0,305$ etwas niedriger als die allelische Variation, ebenso die Variation innerhalb der Populationen mit $V_S=0,264$. Die größere Übereinstimmung der phänotypischen mit der allelischen Variation überrascht zunächst, sind doch die im Gewächshaus gemessenen Merkmale (Phänotypen) Ausdruck von Genotypen der Individuen. Die phänotypischen Merkmale beruhen jedoch auf das unterschiedliche Zusammenwirken vieler Genotypen. Wenn, wie festgestellt wurde, überwiegend Hardy-Weinberg-Verteilung vorliegt, ist die Variation dieser Merkmale ausschließlich von der Variation der Allele abhängig. Die hohe Übereinstimmung der Werte der allelischen und phänotypischen Variation war zu erwarten und bestätigt im Grunde nur den Versuchsaufbau im Gewächshaus. Die im Gewächshaus gemessene Variation stellt tatsächlich die genetisch bedingte Variation dar (Hypothese-5 S. 18 / Ergebnisse S. 79 ff / S. 85).

Die kleinen Reliktpopulationen von *Succisa pratensis* weisen auch bei sehr geringen Individuenzahlen keine verringerte genetische Variation auf, die zudem durch Mähgut und Auspflanzung auf eine andere Fläche übertragen werden konnte. Dies unterstreicht die Bedeutung auch kleinster Populationen als genetisches Reservoir für Renaturierungsvorhaben (Hypothese-13 S. 18 / Ergebnisse S. 83).

Durchmischung der Allele und Heterozygotie

Bei der überwiegenden Zahl der Genorte entspricht die Häufigkeit der Genotypen der Hardy-Weinberg-Proportion. Die Ergebnisse bedeuten, daß bei allen Populationen, zumindest soweit es die Erzeugung der aktuell lebenden Individuen betrifft, ein fast ungehinderter Austausch der Allele zwischen den Individuen möglich war. Es gibt aber geringe Hinweise auf eine schlechtere Durchmischung der Allele. Die vorhandenen Abweichungen von der Hardy-Weinberg-Proportion sind am häufigsten bei der kleinsten Population Hörzhausen, während bei der größten Population Freinhausen2 keine Abweichung vorkommt. Da einerseits nicht bekannt ist, wie alt die einzelnen Individuen von *Succisa pratensis* sind und andererseits nicht genau bestimmt werden konnte, wie lange die Populationen in ihrer heutigen Größe bestehen, ist nicht auszu-

schließen, daß einige Individuen aus einer Zeit stammen, in der die Populationen größer waren und eine bessere Durchmischung der Allele stattfand. Möglicherweise weist die Samengeneration der kleinen Populationen, also die Pflanzen, die im Gewächshaus gezogen wurden, bereits eine wesentlich schlechtere Durchmischung der Allele und geringere Heterozygotie auf. Leider war es in diesem Projekt nicht mehr möglich, die genetische Variation der Individuen im Gewächshaus zu untersuchen.

Die Heterozygotie der Populationen ergibt sich überwiegend aus der Allelausstattung und der aufgrund freier Rekombination der Allele nach der Hardy-Weinberg-Proportion erwarteten Werte, auch wenn wegen der geringen Unterschiede der Heterozygotie die Korrelation von erwarteter Heterozygotie H_e und aktueller Heterozygotie H_a nicht zu erkennen ist. Da die Werte für die Diversität in den kleinen Populationen kaum geringer sind und die Allele offenbar in allen Populationen gut durchmischt werden, war eine größere Variation der Heterozygotie nicht zu erwarten. Es wurde auch keine signifikante Korrelation der Heterozygotie und der Populationsgröße gefunden. Young *et al.* (1999) stellten bei der seltenen Art *Rutidosia leptorhynchoides* ebenfalls keine geringere Heterozygotie in kleinen Populationen fest. Es ergeben sich bei *Succisa pratensis* jedoch gewisse Hinweise auf einen Zusammenhang. Die Korrelation der aktuellen Heterozygotie und der Populationsgröße bleibt nämlich nur knapp über der Signifikanzgrenze. Der berechnete skalierte Anteil der Homozygotie ist bei fast allen Populationen geringfügig höher als die skalierte Heterozygotie, wenn auch nur bei der kleinsten Population mit Signifikanz. Als einzige hat die größte Population einen geringfügig höheren Wert der skalierten Heterozygotie (Hypothese-10 S. 18 / Ergebnisse S. 81).

Geographische Variationsmuster

Die genetischen Distanzen aufgrund der Frequenzen der Allele und Genotypen folgen den geographischen Naturräumen Donaumoos, Paartal und Freisinger Moos. Die genetischen Distanzen der Populationen innerhalb des Paartals und innerhalb des Donaumoos sind jeweils geringer als zwischen den Räumen, während die Freisinger Population die größten Distanzen aufweist (Abb. 83 ff. und Abb. 88 ff.). Die Distanzen aufgrund der phänotypischen Merkmale ergeben ein anderes geographisches Variationsmuster, welches nicht den beschriebenen Naturräumen folgt (Abb. 86). Lediglich beim Merkmal Blattbehaarung ist eine Gliederung in einer zu den Isoenzymen vergleichbaren Form gegeben (Abb. 48). Insgesamt zeichnet sich das Muster der genetischen Variation nach phänotypischen Merkmalen aber dadurch aus, daß die Populationen aus Freinhausen und Freising voneinander und von den anderen Populationen unterschieden werden (Hypothese-2,4 und 5 S. 18).

Die Gliederung der genetischen Ähnlichkeiten aufgrund der Allelhäufigkeiten nach den Naturräumen Donaumoos und Paartal könnte bedeuten, daß der genetische Austausch innerhalb dieser Räume größer ist, als dazwischen. Aufgrund der Entfernungen zwischen den Populationen ist jedoch ein Austausch durch bestäubende Insekten auszuschließen. Auch die Verfrachtung von Samen durch Tiere von einem Standort zum anderen ist sehr unwahrscheinlich. Möglich ist eine Samenverfrachtung durch Mähtrupps der Landratsämter, welche die Flächen einmal jährlich mähen. Da der Mähtrupp des Landkreises Neuburg die Populationen im Donaumoos und die Population Hörzhausen im Paartal mäht, könnte dies die im Vergleich zu Freinhausen etwas größere Ähnlichkeit der Population Hörzhausen zu den Donaumoos-Populationen erklären.

Da anzunehmen ist, daß vor der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung entlang der Paar zwischen Hörzhausen und Freinhausen und im Donaumoos zwischen Heinrichsheim und Zensi-

Schütt viele weitere Streuwiesen mit Populationen von *Succisa pratensis* lagen, ist es möglich, daß die größeren Ähnlichkeiten der Paartal- Populationen einerseits und der Donaumoos- Populationen andererseits durch die Verbindung dieser Populationen untereinander über einst bestehende Zwischenglieder verursacht ist. Tatsächlich finden sich noch heute Streuwiesenreste zwischen Heinrichsheim und Zensi-Schütt. Bei der Gemeinde Zell mit einem Vorkommen von *Succisa pratensis* (Patzelt, Mayer *et al.* 1997) .

Eine weitere mögliche Erklärung ist, daß das gefundene Muster der genetischen Ähnlichkeiten eine Folge von Anpassungsprozessen an die verschiedenen Standortfaktoren ist. Zwar sind die meisten der untersuchten Genorte der Isoenzyme vermutlich selektionsneutral. Es können jedoch Kopplungseffekte zwischen Genmarkern und selektiven Genorten auftreten. Bei einige Enzymmarkern wurde bei Waldbäumen bereits Selektivität nachgewiesen (Müller-Starck & Ziehe 1991, Starke *et al.* 1996 / Ergebnisse S. 83).

Variation phänotypischer Merkmale

Die Ausprägungen der Merkmale im Freiland zeigte teilweise erhebliche Variation zwischen den Populationen in der Größe der Pflanzen und bei der Blütezeit. Die Unterschiede zwischen den Populationen konnten jedoch aufgrund der Untersuchungen im Freiland nicht eindeutig den Standortbedingungen zugeordnet werden. Verwirrend war bei den Ergebnissen aus den Freilanduntersuchungen besonders die Tatsache, daß die Samengewichte in Freinhausen, trotz des viel kleineren Wuchses der Pflanzen, relativ hoch sind, die Pflanzen dabei aber auf einem Boden mit relativ hohen Gehalten an Phosphat und Kalium wachsen.

Samen, Populationsgröße und Heterozygotie

In der Arbeit von Vaughton & Ramsey (1998) wurde ein linearer Zusammenhang von Samengewichten bei *Banksia marginata* und den Stickstoff und Phosphat Gehalten des Substrats beschrieben. Ebenso wurde bei *Gentiana pneumonanthe* ein positiver Effekt von Stickstoff und Phosphat auf die Ausbildung der Samen festgestellt (Oostermeijer *et al.* 1998b). Bei den untersuchten Populationen von *Succisa pratensis* im Freiland konnte jedoch kein derartiger Zusammenhang nachgewiesen werden. Allerdings bleibt der Zusammenhang von Stickstoff, organischer Substanz und Samengewicht nur knapp über der Signifikanzgrenze. Erst im Gewächshaus ist die unterschiedliche Abhängigkeit des Wuchses und des mittleren Samengewichts von der Düngung erkennbar. Es wird deutlich, daß sich Düngung zwar positiv auf den Wuchs der Pflanzen, aber negativ auf die Samengewichte auswirkt. Es besteht also ein Zusammenhang von Samengewichten und Bodenparametern. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Variation der Samengewichte im Freiland teilweise durch unterschiedliche Bodenparameter, insbesondere Kalium, hervorgerufen wird. Auch bei *Gentiana pneumonanthe* ergab sich ein Einfluß von Bodenparametern auf die Samenbildung. Dabei hatte eine höhere Konzentration von NO₂ zwar keine erkennbaren Auswirkungen auf die Samengewichte, dafür aber negative Auswirkungen auf die Anzahl vitaler Samen (Oostermeijer *et al.* 1998b). Da im Gewächshaus die Samengewichte nach freier Bestäubung bei den hier ebenfalls früh blühenden und im zweiten Jahr kleinsten Pflanzen aus Freinhausen nicht geringer sind als bei den anderen Populationen, stehen die Samengewichte offenbar in keinem Zusammenhang mit der Größe der Elternpflanzen.

Im Gewächshaus ergeben sich auch Unterschiede bei den Samengewichten zwischen den Populationen von *Succisa pratensis*, die nicht auf Bodenparameter oder durch diese wirkende maternale Effekte zurückzuführen sind. So variieren die Samengewichte auch innerhalb einer Behandlungsvariante bei gleichen Nährstoff- und Konkurrenzbedingungen. Der Bestäubungsversuch legt nahe, daß die Samengewichte auch davon abhängen, ob und in welchem Maße die

Pflanzen bestäubt werden. So sinken die Samengewichte, wenn Bestäubung verhindert wird, drastisch. Ein Zusammenhang des Samengewichts und der Heterozygotie der Samen wurde z.B. von Wang *et al.* (1998) nachgewiesen. Bei weniger effektiver Bestäubung werden kleinere Samen gebildet. Bei *Cakile edentula* bildeten Blüten, die selbstbestäubt wurden, weniger lebensfähige Samen mit geringeren Keimraten (Donohue 1998). Es verwundert daher nicht, daß Oostermeijer *et al.* (1998b) zeigen konnten, daß die Samenproduktion und Samenkeimung mit den jeweiligen Habitats-eigenschaften in Verbindung stehen. So kann die Anwesenheit anderer insektenbestäubter Arten einen positiven Effekt haben, da mehr Bestäuber an einen Standort gelockt werden. Große Populationen einer Art sind ebenfalls durch ihre größere Zahl von Blüten attraktiver für Bestäuber. So könnten größere Populationen von *Succisa pratensis* Vorteile gegenüber kleineren haben und schwerere Samen entwickeln. Tatsächlich wurde eine signifikante, positive Korrelation von Populationsgröße und Samengewichten sowie Populationsgröße und Keimrate gefunden. Allerdings gibt es nur geringe Hinweise auf verringerte Heterozygotie und eine schlechtere Durchmischung der Allele in kleinen Populationen. Die Korrelation der aktuellen Heterozygotie und der Populationsgröße bleibt knapp über der Signifikanzgrenze. Es wurden aber auch, wie schon erwähnt, nur die aktuell etablierten Individuen untersucht und nicht die Heterozygotie der Samengeneration.

Es deutet sich im Bestäubungsversuch an, daß das mittlere Samengewicht von der Heterozygotie der Elternpflanzen und der genetischen Variation der Population, ausgedrückt durch die effektive Allelzahl, abhängt (Abb. 62). So korrelieren die Samengewichte von *Succisa pratensis* nach freier Bestäubung positiv mit dem Grad der Heterozygotie der Elternpflanzen (Abb. 64). Sie sind aber nach reiner Selbstbestäubung negativ korreliert mit der effektiven Allelzahl (Abb. 65). Nach Selbstbestäubung zeigt sich der im Vergleich zu den Elternpflanzen bestimmende Einfluss der genetischen Ausstattung und der Heterozygotie der Samen auf die Samengewichte. Die Samen haben nach Selbstbestäubung vermehrt negative Allele in homozygoter Kombination. Da die meisten Mutationen mit phänotypischen Effekten negative Auswirkungen haben (Charlesworth 1998), korreliert die Anzahl negativer Allele mit der effektiven Allelzahl, einem Maß für die genetische Variation der Populationen. Die Auswirkungen von Zufallsmutationen und negativ wirkenden Allelen auf Samen wurde bereits in einem Experiment bei *Arabidopsis thaliana* untersucht (Schultz *et al.* 1999). Dabei sanken die Keimraten und Samenzahlen von *Arabidopsis thaliana* in Inzuchtlinien pro Generation kontinuierlich. (Ergebnisse S. 73, 86 / Hypothese-11 S. 18).

Größere Populationen von *Succisa pratensis* haben signifikant höhere Samengewichte. In jedem Fall ist zu erwarten, daß hohes Samengewicht positive Auswirkungen auf die Entwicklung und Chancen einer sich daraus entwickelnden Pflanze haben sollte. Schon allein deshalb, weil die Bildung größerer Samen eine erhebliche Investition der Mutterpflanze darstellt, besonders dann, wenn Nährstoffe knapp sind (Vaughton & Ramsey 1998). Es ist jedoch zu beachten, daß die Größe der Samen nicht nur von der Fitneß der Elternpflanzen abhängt, sondern auch von der genetischen Ausstattung der Samen. Die Ursache der kleineren Samen in den kleinen Populationen kann im Übrigen nicht nur an einer genetischen Verarmung der kleineren Populationen und einer verringerten Fitneß ihrer Individuen, sondern auch an der geringeren Attraktivität kleiner Populationen für bestäubende Insekten liegen. Kommt es infolge des Fehlens von Bestäubern in einem Jahr zu vermehrter Inzucht, so können dieselben Pflanzen möglicherweise nur noch kleinere Samen hervorbringen. Die genetische Ausstattung der Elternpflanzen, wäre davon nicht betroffen. Bei ähnlichen Untersuchungen wurde der Zusammenhang von Samengewicht und Populationsgröße meist nicht gefunden. Lammi *et al.* (1999) berichten von keinerlei Zusammenhang von Samengewicht und Populationsgröße bei *Lychnis viscaria*. Auch das

Samengewicht bei *Gentiana pneumonanthe* scheint mit der Populationsgröße nicht in Verbindung zu stehen (Oostermeijer *et al.* 1998b). Das gleiche gilt für Populationen von *Gentianella germanica* (Fischer & Matthies 1998). Dies könnte daran liegen, daß die Attraktivität für bestäubende Insekten nicht nur von der Größe der Population, sondern von einer Vielzahl weiterer Parameter, wie z.B. den Habitateigenschaften, abhängig ist. Die Menge der bestäubenden Insekten muß im Übrigen nicht immer ein begrenzender Faktor sein, der Variation verursacht. Vielleicht ist dies ein Grund dafür, daß der Zusammenhang von Samengröße und Populationsgröße nicht immer gefunden wird.

Die Samengewichte werden bei *Succisa pratensis* vermutlich sowohl durch die Eigenschaften des Substrats, durch Habitateigenschaften und Bestäuber, die Populationsgröße und in geringem Maße durch die genetische Variation beeinflusst. Die genetische Variation wirkt durch die Heterozygotie der Elternpflanzen und die effektive Allelzahl. Höhere genetische Variation wirkt sich dabei im Falle des Fehlens von Bestäubern und Inzucht aus. Sie hat in diesem Fall unmittelbar eher negative Effekte.

Im Gegensatz zu anderen Arten ist bei *Succisa pratensis* der Vorteil größerer Samen nicht so einfach zu erkennen. Bei *Lobelia inflata* waren beispielsweise die Überlebensraten der Pflanzen positiv mit der Samengröße korreliert, da die Pflanzen aus schwereren Samen größer sind (Simons & Johnston 2000). Während bei *Lobelia inflata* nach Angaben von Simons & Johnston (2000) auch die endgültige Größe der Pflanze durch die Samengröße beeinflusst wird, ist dies bei *Succisa pratensis* nicht der Fall. Aus schwereren Samen ergeben sich zwar, wie aus den Gewächshausversuchen zu ersehen ist, im ersten Jahr größere Pflanzen. Dies ist aber ein maternaler Effekt, der im zweiten Jahr wieder verschwindet. Die endgültige Größe der Pflanzen, deren Überlebensraten im Auspflanzexperiment und der Erfolg bei der Blütenbildung werden nicht betroffen. Es ist allerdings durchaus denkbar, daß größere juvenile Pflanzen bei schärferen Konkurrenzbedingungen, als sie im Auspflanzexperiment vorhanden waren, höhere Überlebenschancen besitzen. Bei *Lobelia inflata* wiesen Simons & Johnston (2000) auch einen Zusammenhang von Samengewicht und Keimgeschwindigkeit nach. Möglicherweise besteht der Vorteil höheren Samengewichts in höheren Keimgeschwindigkeiten der Samen und größeren juvenilen Pflanzen.

Die Korrelation des Samengewichts mit der Keimrate bleibt knapp über der Signifikanzgrenze. Es ist zwar trotzdem möglich, daß höhere Samengewichte höhere Keimraten bewirken. Bei den meisten anderen Arbeiten ergab sich allerdings ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang. Das Samengewicht bei *Gentiana pneumonanthe* scheint mit keinem Populationsparameter oder Habitateigenschaft in Verbindung zu stehen (Oostermeijer *et al.* 1998b). Bei *Banksia marginata* wurde ebenso kein Zusammenhang zwischen Samengewichten und verschiedenen Parametern der adulten Pflanzen und deren Fitness gefunden und das Samengewicht hatte kaum Einfluss auf das Keimverhalten (Vaughton & Ramsey 1998). Bei anderen Arten haben größere Samengewichte also keine höheren Keimraten zur Folge und auch die Korrelation bei *Succisa pratensis* ist nicht signifikant. Keimrate und Samengewicht sind offenbar zwei Parameter, die kaum miteinander in Verbindung stehen.

Die Keimrate korreliert bei *Succisa pratensis* wie das Samengewicht signifikant mit der Populationsgröße (S. 36). Dieser Zusammenhang wurde bei einigen Arten gefunden, bei anderen aber nicht. So konnte z.B. bei *Gentiana pneumonanthe*, ein positiver Zusammenhang von Populationsgröße und der Zahl vitaler Samen pro Frucht nachgewiesen werden (Oostermeijer *et al.* 1998 b). Während aber bei *Rutidosis leptorrhynchoides* die Samenzahl mit der Populations-

größe korreliert, ergaben sich keine Unterschiede der Keimfähigkeit (Morgan 1999), ebenso wenig bei *Lychnis viscaria* (Lammi *et al.* 1999). So dürfte auch dieser Zusammenhang keine ohne weiteres übertragbare Regel darstellen. Eine höhere Keimrate ist in jedem Fall ein Vorteil für eine Population. Die Ursache einer höheren Keimrate in größeren Populationen könnte jedoch wie die der Samengewichte nicht nur in der genetischen Ausstattung und höheren Fitness der Individuen liegen, sondern auch in der größeren Attraktivität großer Populationen für Bestäuber.

Zusammenfassend lässt sich für *Succisa pratensis* feststellen, daß die genetische Variation Einfluß auf das Samengewicht und die Keimrate hat. Positiv auf das Samengewicht wirkt sich Heterozygotie aus, welche durch effektive Bestäubung bei einer gewissen genetischen Variation erreicht wird. Die genetische Variation kann sich aber nach Selbstbestäubung als genetische Bürde offenbaren, welche sich beim Fehlen von Bestäubern und Inzucht negativ auf die Samenentwicklung niederschlägt. Größere Populationen haben zwar größere Samen mit höheren Keimraten. Da sich die Populationen jedoch kaum in der Größe der genetischen Variation unterscheiden (S. 82), liegt die Ursache der beobachteten Variation der Samengewichte und Keimraten der Samen aus dem Freiland eher in der höheren Attraktivität der größeren Populationen für Bestäuber, den jeweiligen Habitatsigenschaften und der Variation der Gehalte des Bodens an Nährstoffen und Mineralien (S. 63).

Abhängigkeit der Merkmale von Düngung und Konkurrenz

Die Behandlungen mit und ohne Düngung sowie mit und ohne *Molinia* wirken sich auf eine Vielzahl von Merkmalen aus. *Molinia caerulea*, welche im Freiland häufiger Begleiter von *Succisa pratensis* ist, hat auf die Mehrzahl der Merkmale eine ähnliche Wirkung wie geringere Düngung. *Molinia* konkurriert offenbar mit *Succisa pratensis* um Nährstoffe (S.64 ff.). Von der Düngung und der Anwesenheit von *Molinia* sind vor allem Merkmale betroffen, die mit der Größe der Pflanzen in Zusammenhang stehen (Samengewichte, Blattlänge, Blattbreite, Sprosshöhe, Anzahl Sprosse, Anzahl Knospen und Biomasse). In der Regel bewirkt Düngung größere Werte der Parameter. Die Samengewichte waren aber bei den ungedüngten Varianten größer. Merkmale, wie die Blattbehaarung, Blütezeit, Blühdauer, Blühverlauf und Blühintensität bleiben von Düngung und Konkurrenz weitgehend unbeeinflusst. Die Überdeckung der genetisch bedingten Ausprägung durch umweltbedingte Einflüsse ist offenbar stark abhängig vom jeweiligen Merkmal. Durch den Versuchsaufbau mit verschiedenen Varianten der Düngung und Konkurrenz waren die Faktoren jedoch gut voneinander zu trennen. In einigen Fällen, z.B. bei der Blüte, scheinen eher umgekehrt die genetisch bedingten Ausprägungen die umweltbedingten Faktoren zu überdecken (s.a. Neuffer & Bartelheim 1989 / Hypothese-6 S. 18).

Es konnte in keinem Fall eine unterschiedliche Reaktion der Populationen auf die Behandlungen nachgewiesen werden. Eine unterschiedliche Reaktion zweier Populationen auf eine Behandlung wäre nur dann gegeben, wenn die Werte einer Population durch eine Behandlung signifikant höher, die Werte einer anderen Population aber signifikant geringer würden (S.69 ff.). Teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Populationen ergaben sich allerdings bei einigen Merkmalen innerhalb der einzelnen Behandlungen. Diese Unterschiede, traten nicht bei allen Behandlungen mit gleicher Deutlichkeit hervor, sie wiederholten sich aber bei den vier verschiedenen Behandlungen in ähnlicher Weise.

Differenzierung durch Mahd

Die klimatischen Bedingungen unterscheiden sich zwischen den Populationen nur geringfügig im Vergleich zu den jahreszeitlichen Schwankungen. Auch die Entfernungen zwischen den

Populationen sind nicht größer als 50 km und die Höhenunterschiede betragen nicht mehr als 70 m. Unterschiedliche Temperaturoptima der untersuchten Populationen bei der Keimung bestehen nicht. Offenbar sind die klimatischen Unterschiede zu gering, um eine Anpassung des Keimverhaltens an unterschiedliche Temperaturverhältnisse notwendig zu machen. Trotzdem blühen die Pflanzen der Populationen aus Freinhausen wesentlich früher (S. 56). Die Populationen aus Freinhausen unterscheiden sich nicht nur durch einen früheren Blühbeginn, sondern auch durch ein früheres Ende der Blüte. Dies gilt, wenn auch in geringerem Maße, für die ebenfalls im Paartal gelegene Population Hörzhausen. Bei den ausgepflanzten Pflanzen ergeben sich ähnliche Unterschiede in der Blühzeit wie im Gewächshaus. Die Pflanzen aus Freinhausen blühen früher als die Individuen der anderen Herkünfte.

Es fällt auf, daß das Ende der Blüte im Freiland und im Gewächshaus, trotz der so verschiedenen Temperaturbedingungen und trotz der im Gewächshaus viel früher einsetzenden Vegetationsperiode, im Freiland und im Gewächshaus mehr oder weniger zum gleichen Zeitpunkt erfolgt. Die Unterschiede in der Blühzeit sind offensichtlich genetisch festgelegt. Sie zeigen sich im Gewächshaus in ähnlicher Weise wie im Freiland und im Auspflanzexperiment. Sie sind im übrigen weitgehend unabhängig von Düngung und Konkurrenz.

Dabei ist der Zusammenhang der Größenmerkmale (Blattlänge, Sprosshöhe, Biomasse, Anzahl Knospen etc.) und der Blühzeit offensichtlich. Es wurde beobachtet, daß das Wachstum der Rosetten nach Einsetzen des Sprossens praktisch aufhört. Da die Pflanzen aus Freinhausen früher blühen, wachsen die Rosetten nicht so lange, wie die der anderen Populationen. Auch das Wachstum der Sprosse wird schneller abgeschlossen, obwohl es nicht wesentlich früher einsetzt. In der Folge bleiben die Pflanzen aus Freinhausen kleiner. Zwar wurde die Größe der Pflanzen von Düngung und Konkurrenz (*Molinia caerulea*) beeinflußt, das unterschiedliche Verhalten der Populationen aus Freinhausen wiederholte sich aber innerhalb aller vier Behandlungen.

Die Abweichung der Blühzeit der Populationen aus Freinhausen ist im Vergleich zu den anderen Populationen so groß, daß sie kaum eine Anpassung an die geringen klimatischen Unterschiede darstellen kann. Ein Zusammenhang mit Standortfaktoren ist ebenfalls nicht erkennbar. Eine plausible Erklärung ist aber eine Anpassung an den frühen Zeitpunkt der Mahd in Freinhausen. Die Flächen werden seit Jahren vom selben Landwirt bewirtschaftet und nur sie werden regelmäßig bereits Mitte August gemäht. Zum Zeitpunkt der Mahd hatten die meisten Pflanzen in Freinhausen, aber auch ihre Nachkommen im Gewächshaus, die Blüte beendet und reife Samen gebildet. Zu einem Zeitpunkt also, als die Pflanzen der anderen Herkünfte erst mit der Blüte begannen. Die meisten Individuen der anderen Populationen wären an den Standorten in Freinhausen nicht in der Lage, Samen zu bilden und auf diese Weise nicht fortpflanzungsfähig. Die veränderten Merkmale der Populationen aus Freinhausen sind somit am ehesten Ausdruck einer Anpassung der Populationen an den Zeitpunkt der Mahd.

Schon Adams (1955) berichtet über unterschiedliche Blühzeiten bei *Succisa pratensis*. Pflanzen mit Herkünften aus verschiedenen Regionen aus England hatten, trotz Anzucht unter gleichen Bedingungen, unterschiedliche Blühzeiten. Allerdings wurde dieser Umstand von Adams (1955) nicht weiter untersucht. Da der Beginn der Blüte eine Abhängigkeit von der Temperatur zeigte, wurde wohl eine klimatische Anpassungen der Pflanzen unterstellt. Bei der Untersuchung einer Reihe von Populationen verschiedener Arten, unter anderem auch *Succisa pratensis*, war Siman & Lennartsson (1998) jedoch aufgefallen, daß offenbar ein Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Mahd und der Blüte besteht, welcher möglicherweise auf eine

Anpassung der Populationen zurückgeht. Von einer Anpassung von *Piptochaetium napastaense* an unterschiedliche Weideregimes berichtet Tomas *et al.* (2000) und Kelly & Levin (2000) wiesen gerichtete Selection zur früheren Blüte bei *Phlox drummondii* nach. Die Selektion durch den Zeitpunkt der Mahd oder Beweidung sind offenbar keine Besonderheit, sondern tritt bei verschiedenen Arten auf. Daß eine Anpassung von Pflanzenpopulationen innerhalb weniger Jahre möglich ist, zeigten bereits Snaydon & Davies (1982) (Hypothese-7 S. 18 / Ergebnisse S.69 ff.).

Blattbehaarung

Die unterschiedliche Behaarung von Individuen von *Succisa pratensis* wurde bereits von verschiedenen Autoren erkannt und beschrieben (Adams 1955, Baksay 1952), jedoch kaum weiter untersucht. Dies wohl auch deshalb, weil oftmals in einer Population Individuen mit kahlen neben solchen mit stärker behaarten Blättern vorkommen und somit eine Anpassung der Pflanzen an lokale klimatische Bedingungen nur bedingt gegeben sein kann.

In dieser Untersuchung stellte sich heraus, daß die Häufigkeit von Individuen mit behaarten Blättern zwischen den Populationen signifikant variiert. Im Gegensatz zu den festgestellten Unterschieden zwischen den Populationen bei der Blühzeit und der Größe der Pflanzen liegen die Unterschiede bei der Blattbehaarung zwischen den geographischen Regionen, dem Paartal und dem Donaumoos. Die Population Freising nimmt eine Zwischenstellung ein. Offensichtlich können Merkmale durch völlig verschiedene Mechanismen beeinflusst werden. Die Blattbehaarung ist im Übrigen weitgehend unabhängig von Düngung und Konkurrenz durch *Molinia*. Es ist ebenfalls kaum zu erwarten, daß die Variation der Blattbehaarung eine Anpassung an die nur geringfügig variierenden klimatischen Bedingungen darstellt. Die klimatischen Unterschiede zwischen den Populationen sind wesentlich geringer als die jahreszeitlichen Schwankungen an den einzelnen Standorten. Zudem sollte dann der klimatisch weniger begünstigte Standort Freising keine Zwischenstellung einnehmen, sondern einen höheren Anteil an Individuen entweder mit behaarten oder kahlen Blättern haben. Ein aktueller, selektiver Vorteil der Behaarung der Rosettenblätter ist nicht bekannt. Möglicherweise wird die Verteilung der Blattbehaarung wie die Verteilung der Allele der Isoenzyme in erster Linie durch Zufallsprozesse gesteuert (Hypothese-7 S. 18 / Ergebnisse S.66).

Fitness und Populationsgröße

Der Begriff der Fitneß muß differenziert betrachtet werden. Es gibt zum einen die Fitneß bezogen auf die Population, womit deren Fähigkeit gemeint ist, sich an neue Bedingungen anzupassen und zum anderen die Fitneß der Individuen einer Population, womit in der Regel deren Fähigkeit gemeint ist, zu überleben, zu konkurrieren und sich fortzupflanzen. Es muß jedoch möglicherweise auch differenziert werden zwischen der Fitneß einzelner Generationen einer Population, z.B. zwischen den adulten Pflanzen und deren jedes Jahr aufs neue produzierten Samen.

Versteht man die Fitneß einer Population als deren Fähigkeit sich anzupassen, so bedeutet dies, daß Populationen mit höherer genetischer Variation eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, genau die vorteilhaften Allele und Genotypen zu besitzen, welche für eine Anpassung an neue Selektionsfaktoren nötig sind. Populationen mit größerer genetischer Variation haben aber auch einen größeren Anteil genetischer Last durch negative Allele. Die Individuen haben dadurch möglicherweise nur mittelmäßig ausgeprägte Merkmale. Größere Fitneß bei der Anpassungsfähigkeit der Population bedeutet also möglicherweise geringere Fitneß der aktuell vorhandenen Individuen. Die Populationen dürften zudem empfindlicher auf Inzucht reagieren.

Die größte Fitneß von Individuen ist dagegen in kleinen isolierten Populationen mit geringer genetischer Variation zu erwarten, in denen sich die Populationen an die spezifischen Bedingungen der jeweiligen Standorte optimal angepaßt haben. Dies gilt jedoch nicht für frisch fragmentierte Populationen, die keine Zeit zur Anpassung hatten und unter Inzucht leiden. Eine spezifische Anpassung an einen Standort verringert wiederum die Fähigkeit der Population (Fitneß) sich auf neue Umweltbedingungen einzustellen (Charlesworth & Charlesworth 1987, Fenster & Dudash 1995, Barrett & Kohn 1991, Ellstrand & Elam 1993, Ouborg & Vantreuren 1994, Husband & Schemske 1995).

Im Allgemeinen werden zur Beschreibung der Fitneß von Pflanzenpopulationen Parameter wie die Überlebensrate, die Zahl keimfähiger Samen, die Keimrate, die Samengröße oder die Größe der Pflanzen und ihre Konkurrenzkraft angeführt. Häufig werden Zusammenhänge von Fitneß relevanten Parametern und der Populationsgröße hergestellt. Und es wird auf diese Weise die Hypothese geprüft, ob größere Populationen aufgrund größerer genetischer Variation größere Fitneß aufweisen (z.B. Buza *et al.* 2000, Lammi *et al.* 1999, Oostermeijer *et al.* 1998a, b, Morgan 1999, Fischer & Matthies 1998, Schultz *et al.* 1999, Vaughton & Ramsey 1998, Simons & Johnston 2000).

Wie sich bei *Succisa pratensis*, aber auch in anderen Untersuchungen (Schaal 1975, Waser & Price 1985, Turkington & Aarson 1984), gezeigt hat, sind die Pflanzen oft spezifisch an ihren jeweiligen Standort angepasst. Die kleineren Pflanzen aus Freinhausen hätten sicherlich an den anderen Standorten geringere Konkurrenzkraft. An ihrem ursprünglichen Standort haben sie jedoch durch die Anpassung der Blühzeit an die frühe Mahd Vorteile gegenüber anderen Herkünften. Die Fitneß der Individuen, definiert als Fähigkeit zu überleben und sich fortzupflanzen, ist darum eigentlich immer relativ zum Standort zu sehen und als absolute Größe kaum zu erfassen. Merkmalsausprägungen können Individuen an einem Standort Vorteile verschaffen an einem anderen jedoch nachteilig sein.

Es wurden signifikant höhere Samengewichte und höhere Keimraten bei den größeren Populationen nachgewiesen. Die Variation der Keimraten und Samengewichte wird aber wahrscheinlich vor allem durch Substrat- und Habitateigenschaften variiert. Es gibt aber immerhin Hinweise auf verringerte aktuelle Heterozygotie in den kleinen Populationen. Und im Bestäubungsversuch konnte gezeigt werden, daß die Heterozygotie die Samengewichte beeinflusst. Demnach ist auch eine genetische Ursache der Samengewichte möglich. Die kleinen Populationen haben also eine verringerte Fitneß der Individuen, zumindest bei der Samengeneration. Es ist jedoch keine verringerte Fähigkeit (Fitneß) der Population zu erwarten, sich auf neue Bedingungen einzustellen. Schließlich unterscheidet sich die genetische Variation zwischen den Populationen nur geringfügig. Aus diesem Grund variieren vermutlich auch die Überlebensraten nach Auspflanzung nur geringfügig zwischen den Herkünften und es besteht kein positiver Zusammenhang der Fitness der Individuen mit der Populationsgröße. Die Überlebensrate war sogar am kleinsten bei den Individuen mit der größten Elternpopulation.

Es muß betont werden, daß nur Aussagen über die Fitneß der Folgegeneration gemacht werden konnten. Die Fitneß der aktuell an den Standorten lebenden Individuen ist kaum bestimmbar. Aufgrund der vergleichsweise hohen genetischen Variation und Heterozygotie in den kleinen Populationen, ist aber nicht zu erwarten, daß ihre aktuell etablierten Individuen verringerte Fitneß aufweisen. Die Individuen der kleinen Standorte zeigten bei den Messungen im Freiland auch keinerlei Hinweise auf verringerte Fitneß.

Das Auspflanzexperiment wurde im Freisinger Moos durchgeführt und die Überlebensraten der Individuen aus der Population Freising sind am höchsten, obwohl diese im Vorjahr die kleinsten Samen und Rosetten besaßen und aus einer relativ kleinen Population stammen. Dies könnte ein Hinweis auf Anpassung der Freisinger Population an die spezifischen Bedingungen im Freisinger Moos sein. Die Unterschiede sind freilich nicht signifikant. Anpassungen an noch viel kleinräumiger differenzierte Bedingungen sind jedoch bereits bekannt und daher nicht unwahrscheinlich (Cook 1972). Die Fitneß, definiert als Anzahl generativer Pflanzen, steht nicht mit der Populationsgröße in Verbindung. Vielmehr gibt es Hinweise auf andere Zusammenhänge. Die Pflanzen aus Freinhausen blühen sehr früh, haben dafür aber den geringsten Anteil generativer Pflanzen und auch die geringsten Überlebensraten. Möglicherweise steht die Festlegung der frühen Blüte bei diesen Populationen mit dem geringeren Anteil generativer Pflanzen in Verbindung.

Bei manchen Arten wurde ein Zusammenhang von Populationsgröße und Fitneß- Parametern gefunden, bei anderen Arten dagegen nicht. Beispielsweise stellte Lammi *et al.* (1999) bei *Lychnis viscaria* keinen Zusammenhang fest. In einem Experiment von Fischer & Matthies (1998) wurde aber eine positive Korrelation beschrieben. Die Ergebnisse sind jedoch zumindest teilweise durch eine verringerte Anzahl von Bestäubern in den kleinen Populationen erklärbar (Fischer & Matthies 1998, Oostermeijer *et al.* 1998a). Möglicherweise ist bei der seltenen Art die genetische Diversität in den kleinen Populationen sehr viel stärker reduziert als bei den untersuchten Populationen von *Succisa pratensis*. Nach Angaben von Oostermeijer *et al.* (1998a) ist erst unterhalb der Größe von 150-200 blühenden Individuen verstärkt mit Auswirkungen verringerter Fitneß zu rechnen. Im Falle der Untersuchung von *Succisa pratensis* hat die kleinste der Populationen jedoch nicht weniger als 120 und alle anderen 150 oder mehr Individuen (Hypothese-12 S. 18).

Schlußfolgerungen

Durch die vergleichende Untersuchung der Merkmale im Freiland, im Auspflanzexperiment, sowie im Gewächshaus bei vier verschiedenen Behandlungen und die Untersuchung der genetischen Variation der Populationen anhand von Isoenzymen war es möglich, die unterschiedliche Beeinflussung von einzelnen Merkmalen durch Düngung und Konkurrenz zu messen und von der genetisch bedingten Variation zu unterscheiden. Auf diese Weise konnte die Bedeutung der genetischen Variation im Verhältnis zu diesen Faktoren dargestellt werden. Einzelne Merkmale werden deutlich durch Düngung oder Konkurrenz beeinflusst (Samengewichte, Sprosshöhe, Blattlänge, Biomasse), andere dagegen nicht (Blattbehaarung, Blütezeit). Manche Merkmale scheinen in einzelnen Populationen durch selektive Prozesse variiert zu werden (Blütezeit), während bei anderen kein selektiver Vorteil der Variation zu erkennen ist und möglicherweise Zufallsprozesse bestimmend sind (Blattbehaarung, Isoenzyme). Manche Merkmale (Sprosshöhe, Blattlänge, Biomasse) werden in ihrer Ausprägung wohl eher sekundär durch selektiv beeinflusste Merkmale (Blütezeit) mitbestimmt. Dementsprechend folgen manche Merkmale eher einem geographischen Variationsmuster (Isoenzyme, Blattbehaarung), andere jedoch nicht (z.B. Blütezeit, Sprosshöhe, Biomasse). Die genetisch bedingte Variation der Merkmale ist sehr bedeutsam, auch im Vergleich zur Abhängigkeit der Merkmale von Umweltparametern. Die Größe der genetisch bedingten phänotypischen Variation scheint der allelischen Variation der Isoenzyme weitgehend zu entsprechen. Am Beispiel der Samengewichte konnte gezeigt werden, daß die Heterozygotie von großer Bedeutung für die Pflanzen ist. Die Heterozygotie ist jedoch nicht nur abhängig von der Größe der genetischen Variation, sondern auch von Habitateigenschaften und dem Vorhandensein von bestäubenden Insekten. Größere genetische Variation kann positiv über höhere Heterozygotie wirken, sich im Falle von Inzucht jedoch als

genetische Last offenbaren und eher negative Auswirkungen haben. Die Populationsgröße hängt lediglich mit dem Samengewicht und der Keimrate zusammen, sie wirkt jedoch bisher nicht über die genetische Diversität. Die Fitness der Individuen der Populationen ist eher geprägt von spezifischen Anpassungen an lokale Bedingungen als durch die genetische Ausstattung der Populationen und die Populationsgröße. Bei der Wirkung der Populationsgröße auf den Genpool der Populationen ist jedoch zu beachten, daß die Ergebnisse nur eine Momentaufnahme darstellen. Wirkungen der geringen Populationsgrößen sind bei längerer Dauer der Isolation nicht auszuschließen.

11 Offene Fragen und Ausblick

Größeres und kleineres räumliches Spektrum

Unterschiede zwischen Populationen entstehen durch Selektion der Merkmale. Die Selektionsfaktoren beschreiben die Rahmenbedingungen der Merkmalsausprägung. Die Untersuchung genetischer Unterschiede von lokalen Populationen verspricht daher Rückschlüsse auf die ökologischen Bedingungen unter denen eine Art lebt.

Aber auch die Untersuchung eines größeren Spektrums von weiter entfernt liegender Populationen könnte weitere Erkenntnisse liefern. So konnten die Gründe für ein geographisches Variationsmuster einzelner Allelfrequenzen durch diese Untersuchung nicht geklärt werden. Die Wiederholungsrate von sieben Populationen war zu gering und schränkte die Möglichkeit Korrelationen aufzudecken ein. Möglicherweise sind Zufallsprozesse oder die Ausbreitungsgeschichte von *Succisa pratensis* beteiligt. Nur wenn mehr Populationen und Populationen aus einem größeren geographischen Zusammenhang untersucht werden, könnten diese Fragen geklärt werden.

Es stellt sich auch die Frage, ob es innerhalb der Populationen lokale genetische Muster gibt. Solche Muster könnten sich durch lokal eingeschränkten Genfluß ergeben. Allele, welche an einer Stelle in einer Population entstehen, bzw. eingebracht werden, könnten an diesen Stellen gehäuft werden, bevor sie sich über die Population verteilen oder wieder verschwinden. Lokale Muster genetischer Variation innerhalb von Populationen könnten Rückschlüsse auf die Effektivität der Bestäubung und die Kommunikation der Individuen innerhalb einer Population geben. Auch unterschiedliche Selektionsbedingungen innerhalb der Populationen könnten zu lokalen genetischen Mustern führen. Die Aufdeckung solcher Selektionsfaktoren könnten helfen, das Wirken ökologischer Mechanismen innerhalb der Populationen zu verstehen.

Untersuchung phänotypischer Variation

Es wurde gezeigt, daß die genetischen Anpassungen an lokale Gegebenheiten die Ausprägung von Merkmalen in erheblichem Maße beeinflussen können, auch im Verhältnis zur Abhängigkeit der Merkmalsausprägung von Standortfaktoren. Die reine Betrachtung von phänotypischen Merkmalen im Freiland und der Versuch, unterschiedliche Merkmalsausprägungen allein anhand von Korrelationen mit Standortfaktoren, ohne Beachtung der genetischen Ausstattung der Populationen, zu erklären, ist daher offensichtlich nicht besonders erfolgversprechend. In der vorliegenden Arbeit hätten die Zusammenhänge von Blüte, Größe der Pflanzen und Mahd ohne die Gewächshausversuche nicht aufgezeigt werden können. Bei ökologischen Untersuchungen und insbesondere bei Fragestellungen zur Merkmalsausprägung sollte genetischen Untersuchung größte Bedeutung beigemessen werden.

Die allelische Variation entspricht bei *Succisa pratensis* weitgehend der phänotypischen Variation. Die phänotypische Variation von Pflanzenpopulationen, welche direkt nur durch aufwendige, mehrjährige Gewächshausversuche bestimmt werden kann, könnte daher einfacher durch Isoenzymanalyse über die Allelfrequenzen untersucht werden.

Anpassungsfähigkeit

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, daß Wildpflanzen sich bereits an unterschiedliche Zeitpunkte der Mahd anpassen mußten. Die Anpassungsfähigkeit mancher Arten ist offenbar recht groß. Somit bewirken vielfältige Bewirtschaftungsformen nicht nur Artenvielfalt, sondern

auch höhere phänotypische und genetische Variation auf dem Artniveau. Der genaue Zeitraum, in dem die Anpassung stattfand konnte nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Er dürfte aber mindestens einige Jahrzehnte betragen. Es wäre für das Verständnis der Überlebensfähigkeit und der Prozesse in Pflanzenpopulationen wichtig zu wissen, wie schnell durch Selektion bestimmte Merkmale bei bestimmten Arten verändert werden, welche Auswirkungen dies hat und in welchen Grenzen es möglich ist.

Genetische Variation, Populationsgröße und Fitneß

Der vermutete Zusammenhang von genetischer Variation und Populationsgröße wurde bei den untersuchten Populationen nicht gefunden. Es wäre nötig noch kleinere Populationen zu untersuchen, um festzustellen, ob ab einer gewissen Mindestgröße ein Zusammenhang zwischen Populationsgröße und genetischer Variation besteht. Erst, wenn Populationen mit verringerter genetischer Variation gefunden wurden, können mögliche negative Effekte studiert werden.

Ob genetische Variation tatsächlich immer ein Vorteil ist, muß bezweifelt werden. Die Untersuchung der Samengewichte hat gezeigt, daß die Samengewichte nach Selbstbestäubung um so geringer sind, je größer die genetische Variation, ausgedrückt durch die effektive Allelzahl, ist. Bei Selbstbestäubung und Inzucht, z.B. infolge kleiner Populationsgrößen, könnte sich genetische Variation daher eher als genetische Last entpuppen. Eine verringerte genetische Variation kleiner Populationen ist umgekehrt nicht unbedingt von Nachteil. Eine spezifische Anpassung an lokale Bedingungen ist nur in Verbindung mit einer verringerten genetischen Variation zu verwirklichen, allerdings auf Kosten der Anpassungsfähigkeit. Die Zusammenhänge von genetischer Variation, Populationsgröße, Fitneß und Anpassungsfähigkeit sind noch immer weitgehend unklar.

Die Geschichte von Pflanzenpopulationen

Die genetischen Untersuchungen an Pflanzenpopulationen stellen im Grunde genommen Langzeitexperimente dar, die unter der Voraussetzung durchgeführt werden, daß der erste Teil des Experiments nicht im Detail bekannt ist, denn die Kenntnisse über die Geschichte der Populationen sind in der Regel sehr dürftig. Dies war auch eine Einschränkung der vorliegenden Untersuchung. Hätten sich die Maße der Diversität zwischen den Populationen wesentlich unterschieden, dann wäre die Interpretation der Ergebnisse und möglicher Zusammenhänge immer mit der Einschränkung zu sehen gewesen, daß man nicht bis in letzte Detail weiß, was in den letzten Jahren mit einer Fläche und der darauf lebenden Population passiert ist. Kenntnisse über die Geschichte von Pflanzenpopulationen, ihr Alter, ihre Entwicklung und mögliche Katastrophen sind von entscheidender Bedeutung. Eine andere Möglichkeit wäre die Schaffung künstlicher, beaufsichtigter Populationen und deren Auswertung nach einem angemessenem Zeitraum.

Das Alter von krautigen Pflanzen

Auch die Kenntnisse darüber, wie alt krautige Pflanzen werden können, sind sehr begrenzt. Für einige Arten ist eine Altersbestimmung anhand der Wurzeln möglich. Bei *Succisa pratensis* konnten allerdings keine Jahresringe erkannt werden. Dies hängt wohl damit zusammen, daß die Hauptwurzel bei *Succisa pratensis* abstirbt und durch Seitenwurzeln ersetzt wird. Das Alter und die Altersstruktur von Populationen ist sehr wichtig für demographische und somit für populationsgenetische Untersuchungen. Der Sammlung von Daten und Beobachtungen zum Alter von krautigen Pflanzen und die Entwicklung von entsprechenden Methoden zur Altersbestimmung sollte größte Bedeutung beigemessen werden.

Ausbreitung und Isolation

Es wäre wichtig, Kenntnisse über die Isolation von Pflanzenpopulationen zur Interpretation von Allelfrequenzen und phänotypischen Unterschieden zu haben. Es gibt zwar bereits Arbeiten, die sich mit der Fähigkeit von Bestäubern beschäftigen, bestimmte Distanzen zu überbrücken und so eine Verbindung zwischen Populationen zu ermöglichen. Die Effektivität der Bestäubung verringert sich schon nach wenigen Metern und ist zwischen Populationen, welche mehrere Kilometer entfernt, sind praktisch null. Es gibt aber nur wenige und meist ungenaue Kenntnisse darüber, welche Fähigkeit Pflanzen besitzen, sich mit Samen auszubreiten. Beispielsweise ist oft bei häufigen Arten umstritten, ob Windausbreitung eine Rolle spielt oder nicht. Bei *Succisa pratensis* wird in der Literatur eine mögliche Klettverbreitung der Samen genannt, weil diese Haare besitzen und sich auf diese Weise im Fell von Tieren verfangen können. Es ist jedoch nicht bekannt, ob diese Form der Ausbreitung bei der Kommunikation zwischen weiter entfernten Populationen wirklich eine Rolle spielt.

Die Funktion der Blattbehaarung

Bei den untersuchten Populationen wurden Unterschiede bei der Blattbehaarung festgestellt. Es deutete sich bei den sieben Populationen an, daß die Blattbehaarung einem geographischen Variationsmuster folgt, welches die geographischen Naturräume Paartal und Donaumoos unterscheidet. Die Freisinger Population nimmt aber eine Zwischenstellung ein, obwohl sie erheblich weiter entfernt ist. Es ist nicht bekannt, ob und welche Funktion die Blattbehaarung für die Pflanzen hat. Solange dies nicht geklärt ist, wird es schwierig sein die unterschiedliche Häufigkeit von Pflanzen mit behaarten Blättern zu erklären. Eine Untersuchung der Bedeutung der Blattbehaarung bei *Succisa pratensis* wäre daher wünschenswert.

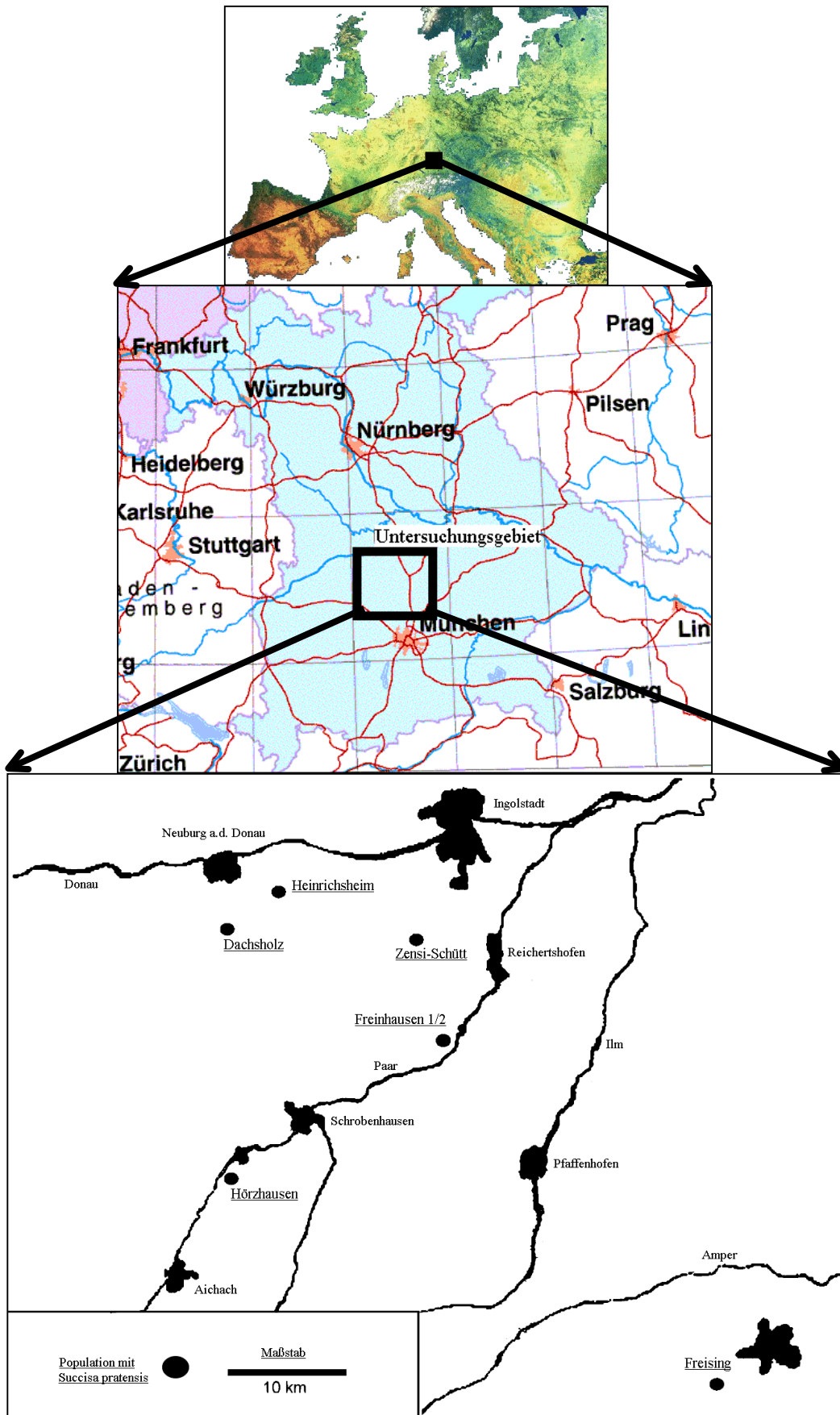
12 Anhang

12.1 Populationen

Tab. 1 Lage der Populationen in den geographischen Naturräumen

| Naturraum | | Population |
|-------------------------------|-------------------------|--|
| Unterbayerisches Hügelland | Donaumoos | Dachsholz Heinrichsheim Zensi-Schütt |
| | Donau-Isar Hügelland | Freinhausen1 Freinhausen2 Hörzhausen |
| Isar - Inn Schotterplatten | Münchner Ebene | Freisinger Moos |

Abb. 1: Lage der Populationen



Tab. 2 Geographische Lage der Populationen / Entfernungen s. Tab. 120

| POPULATION | HÖHE (in m ü. NN ± 10 m) | GEOGRAPHISCHE LAGE |
|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| Freising | 450 | 11°40'59'' O / 48°22'10'' N |
| Dachsholz | 380 | 11°11'27'' O / 48°41'32'' N |
| Heinrichsheim | 380 | 11°14'13'' O / 48°43'22'' N |
| Zensi-Schütt | 370 | 11°22'29'' O / 48°40'42'' N |
| Hörzhausen | 420 | 11°11'25'' O / 48°32'04'' N |
| Freinhausen1 | 390 | 11°25'26'' O / 48°37'06'' N |
| Freinhausen2 | 390 | 11°25'29'' O / 48°37'06'' N |

Tab. 3 Beschreibung der Populationen

| POPULATION | STICH- PRO- BEN- GRÖßE N | GRÖßE DER POPULATION (~ANZAHL ROSETTEN) | KURZBESCHREIBUNG |
|---------------|--------------------------------------|--|--|
| Dachsholz | 48 | 1000 | Renaturierungsfläche, entstanden durch Auspflanzungen und Mähgutübertragung aus der Population Heinrichsheim |
| Heinrichsheim | 47 | 150 | sekundär entstandene, kleine Reliktfläche am Rande eines Bahndammes im Donaumoos |
| Zensi-Schütt | 37 | 150 | sekundär entstandene, kleine Reliktfläche am Rande eines Bahndammes im Donaumoos |
| Freinhausen1 | 46 | 2.000 | kleinflächiges Vorkommen von <i>Succisa pratensis</i> in unmittelbarer Nähe von Freinhausen2 im Paartal |
| Freinhausen2 | 43 | 20.000 | großflächiges Vorkommen von <i>Succisa pratensis</i> in unmittelbarer Nähe von Freinhausen1 im Paartal |
| Hörzhausen | 38 | 120 | degradierte Restfläche einer Pfeifengraswiese im Paartal |
| Freising | 36 | 200 | gut erhaltene Restfläche einer Pfeifengraswiese im Freisinger Moos |

12.2 Standortfaktoren

Abb. 2 Aufbau der Temperatur und Luftfeuchtemessung

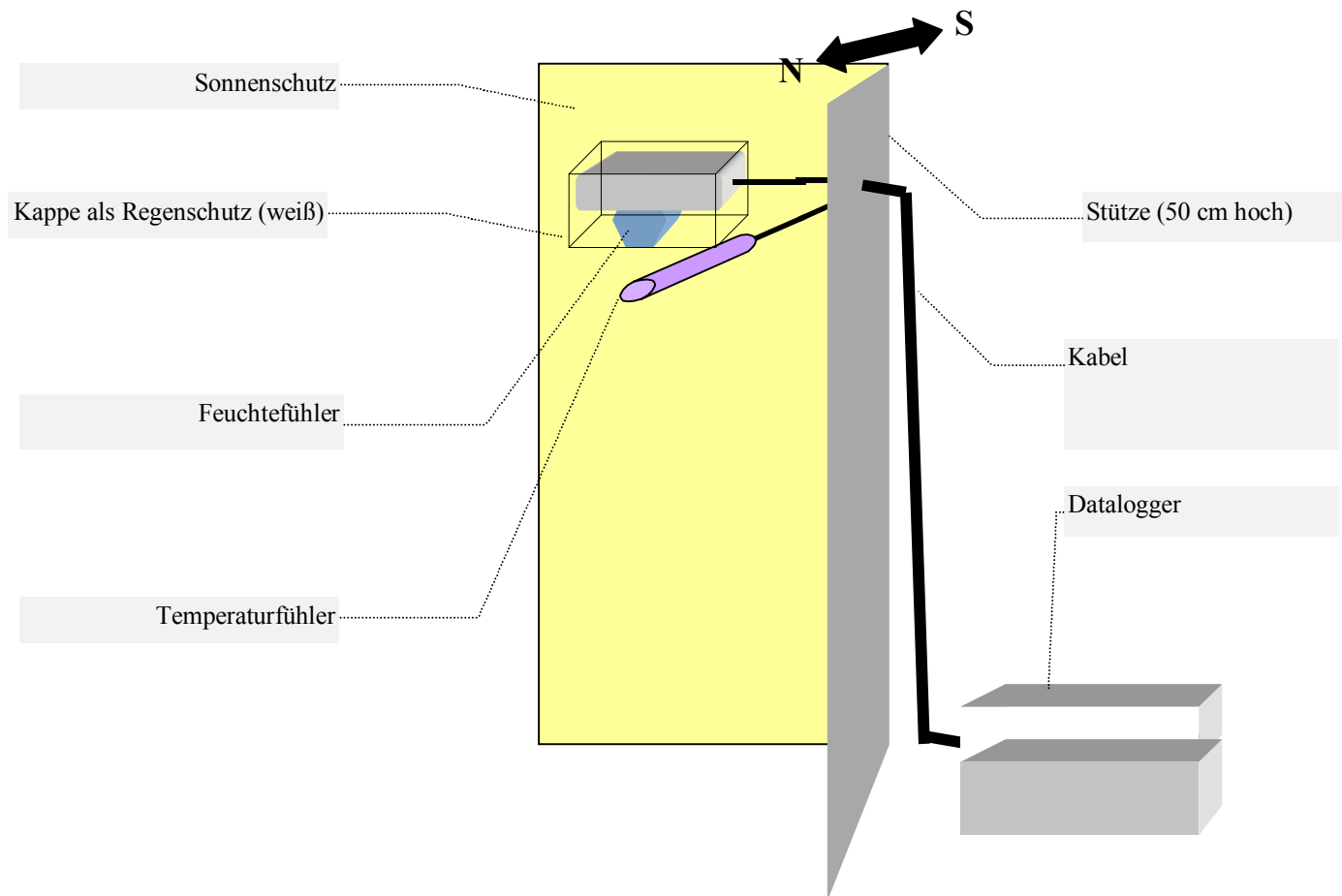


Abb. 3 Verlauf der Wasserstände auf Grundlage von Tab. 5

Verlauf der Pegelstände an den Standorten

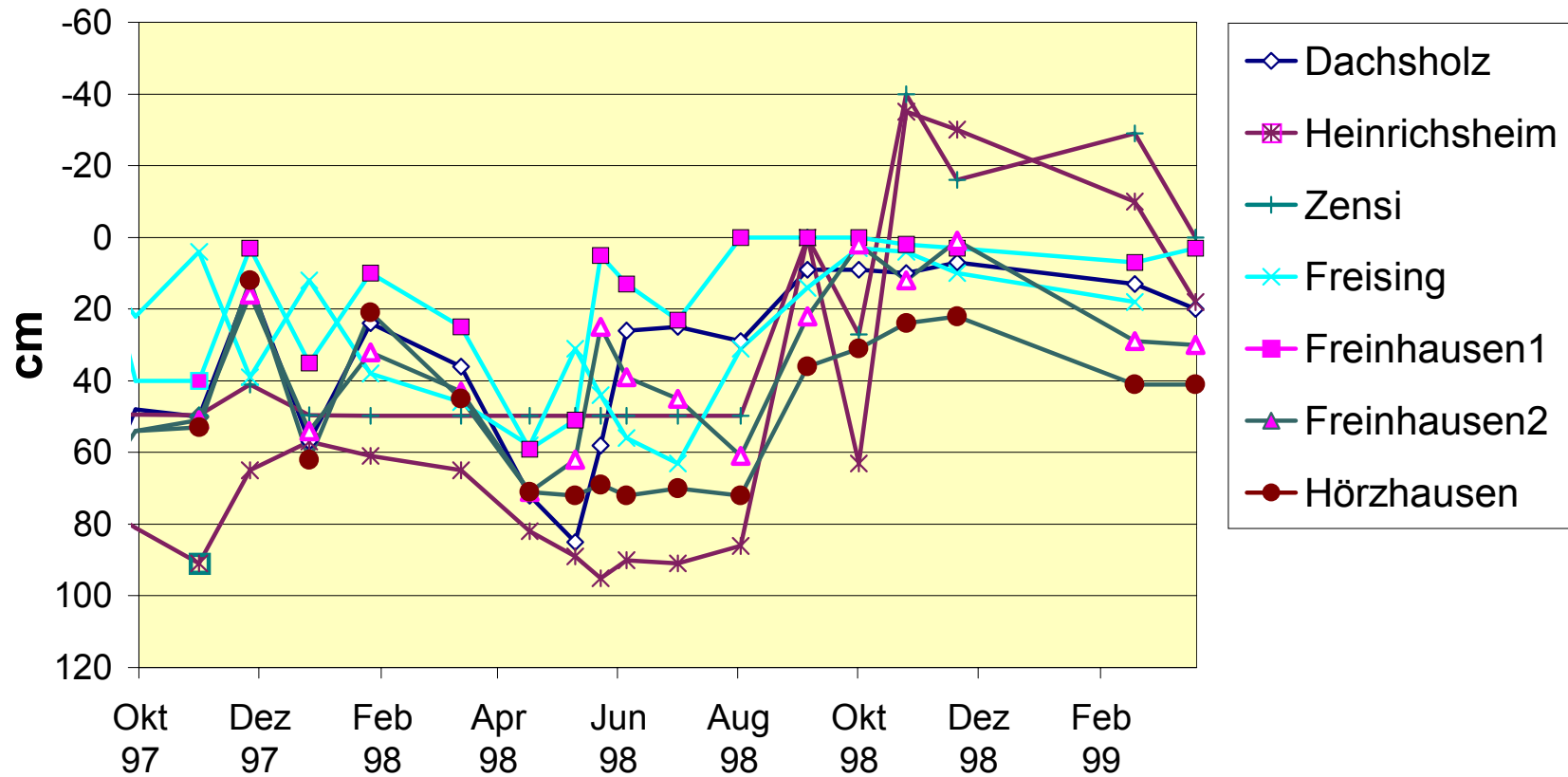


Abb. 4 Temperatur im August / Daten Tab. 6 / rel. Luftfeuchte Abb. 6

Tageslauf der mittleren Temperatur an den einzelnen Standorten im August (13.-26.8.98)

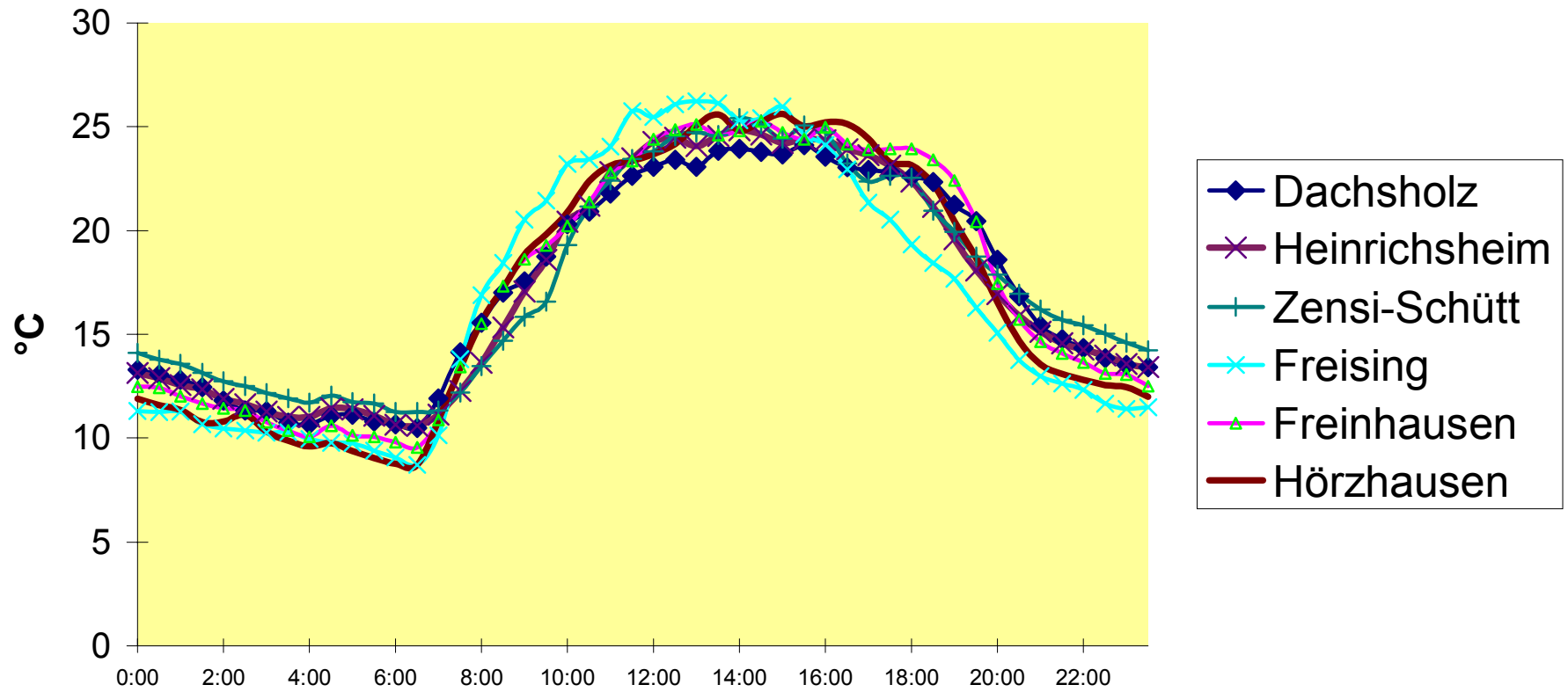


Abb. 5 Temperatur im Herbst / Daten Tab. 8 / rel. Luftfeuchte Abb. 7

Tageslauf der mittleren Temperatur an den einzelnen Standorten im Herbst (19.11-06.12.98)

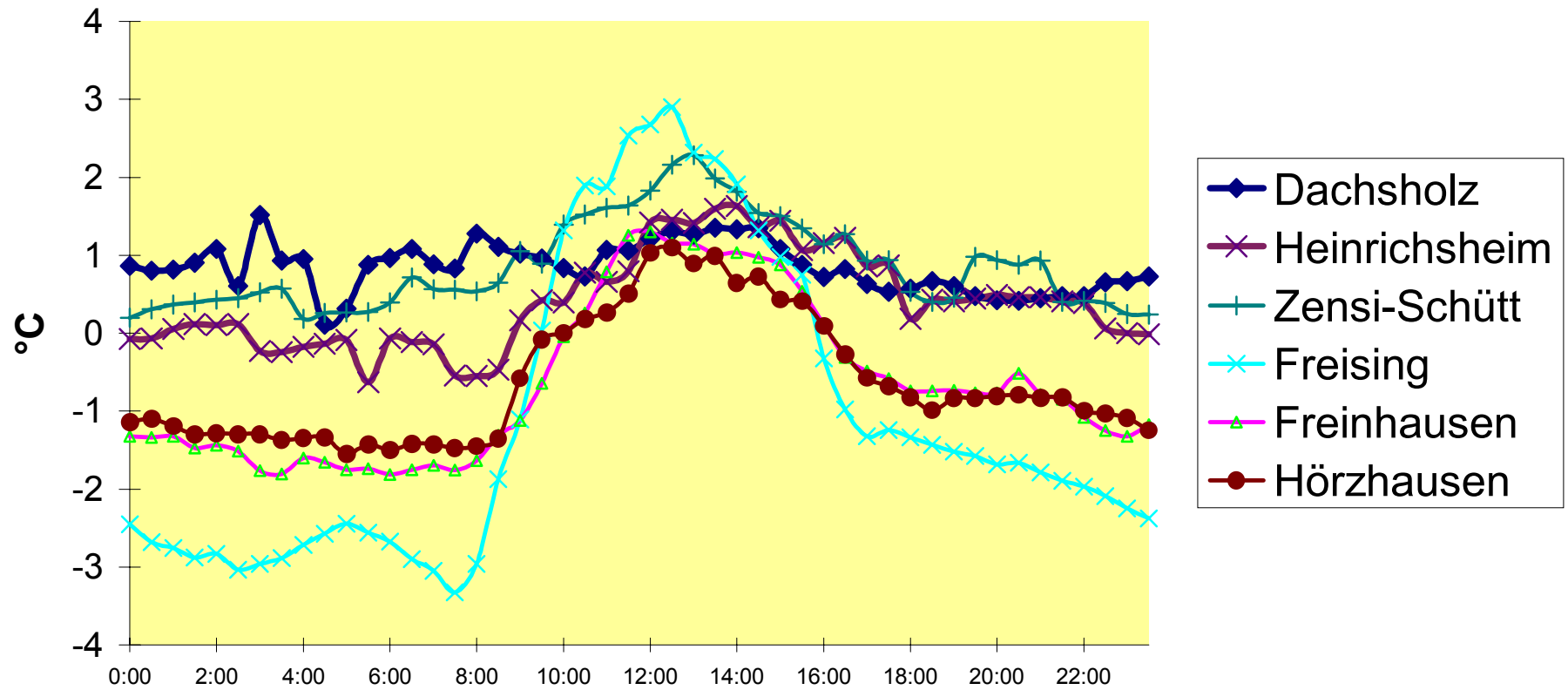


Abb. 6 Relative Luftfeuchte im August / Daten Tab. 7 / Temperatur Abb. 4

Tageslauf der mittleren Luftfeuchte an den einzelnen Standorten im August (13.-26.8.98)

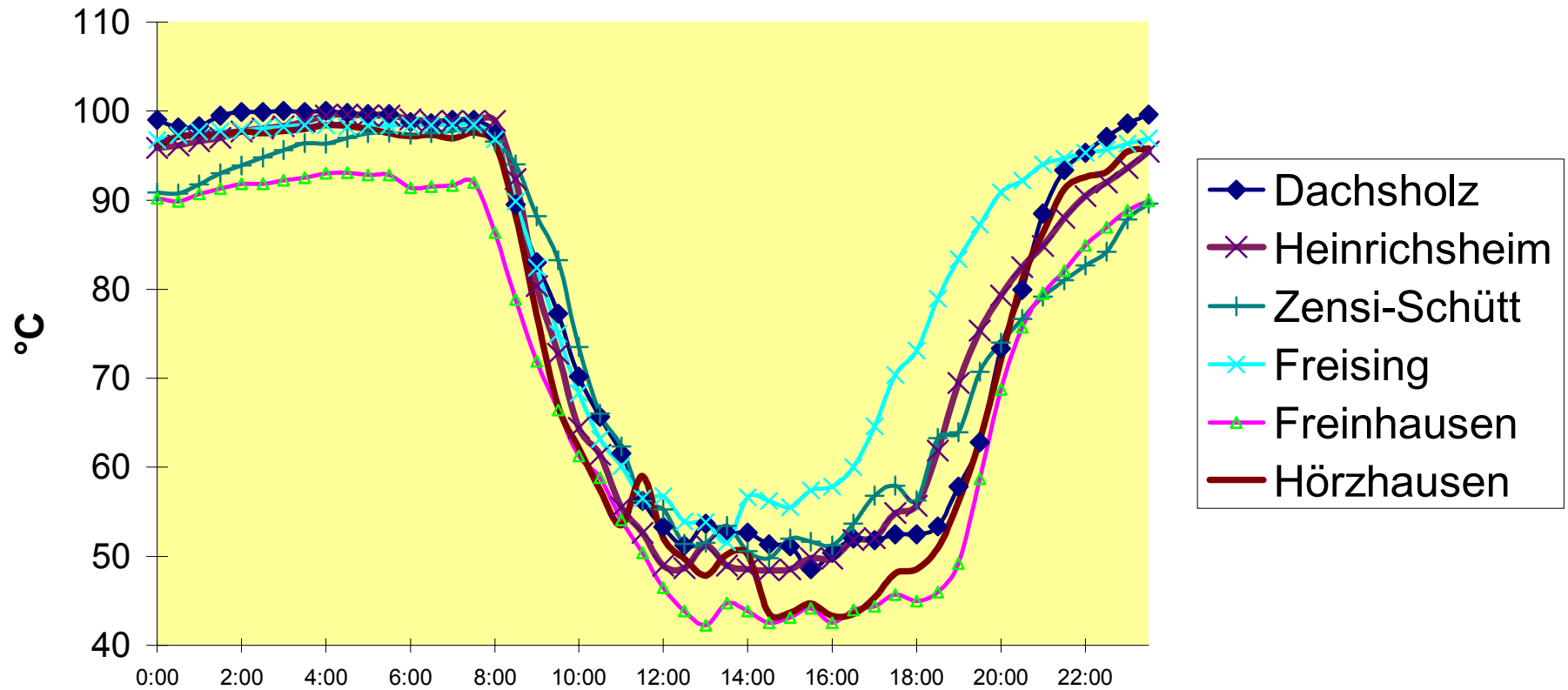
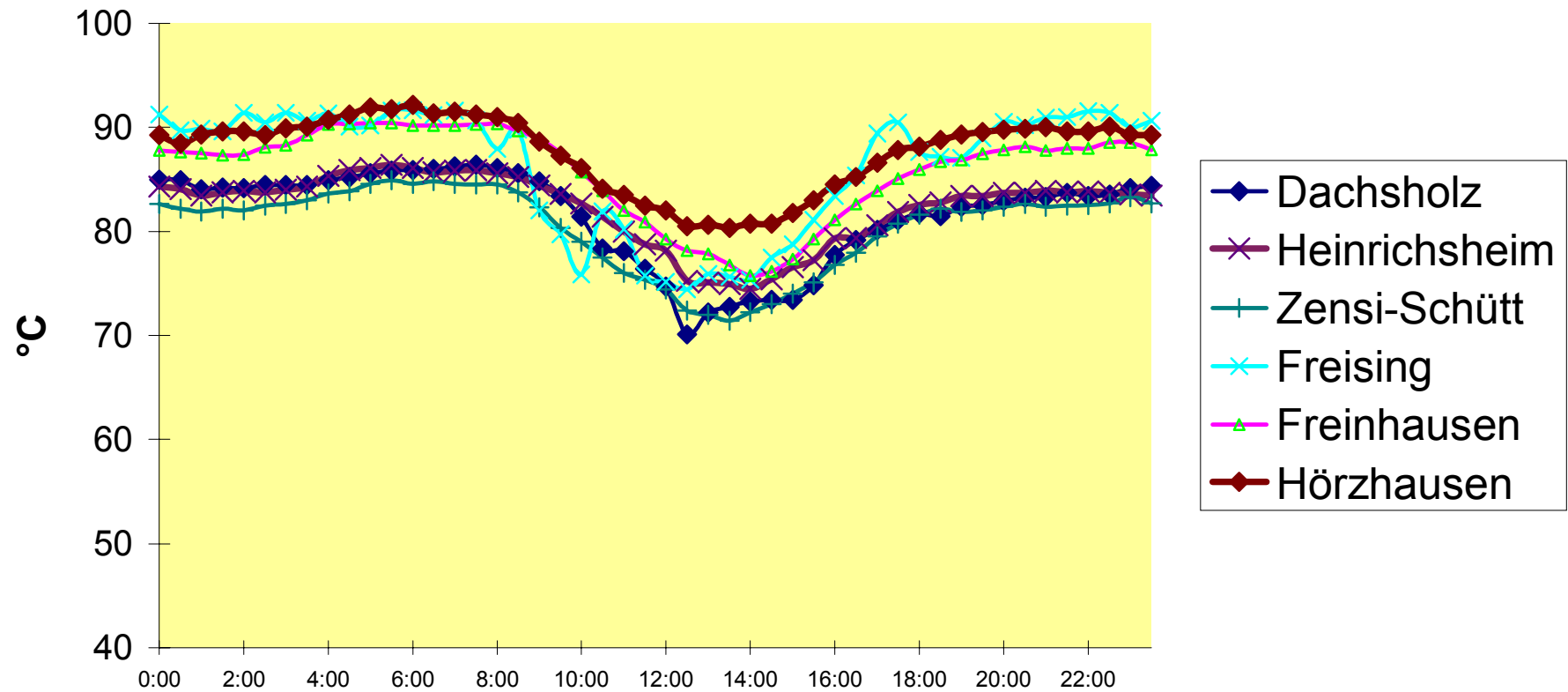


Abb. 7 Relative Luftfeuchte im Herbst / Daten Tab. 9 / Temperatur Abb. 5

Tageslauf der mittleren Luftfeuchte an den einzelnen Standorten im Herbst (19.11.-06.12.98)



Tab. 4 Temperatur und relative Luftfeuchte im Mittel verschiedener Tageszeiten im Sommer und Herbst

| | ZEIT | | DACHSHOLZ | HEINRICHS-HEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREIN-HAUSEN | HÖRZ-HAUSEN |
|--|--------|--------|-----------|----------------|--------------|----------|--------------|-------------|
| Mittlere relative Luftfeuchte im Nov.-Dez. % | Nacht | 22-7 h | 84,8 | 84,6 | 83,2 | 90,8 | 88,8 | 90,2 |
| | Tag | 8-20 h | 78,7 | 80,2 | 77,9 | 82,3 | 83,1 | 85,3 |
| | Gesamt | | 81,6 | 82,3 | 80,4 | 86,4 | 85,8 | 87,7 |
| Mittlere relative Luftfeuchte im August % | NACHT | 22-7 h | 99,0 | 97,1 | 93,3 | 97,6 | 90,9 | 96,8 |
| | TAG | 8-20 h | 60,9 | 60,9 | 63,3 | 68,0 | 52,9 | 56,6 |
| | MITTEL | | 78,4 | 77,5 | 76,9 | 82,0 | 70,4 | 75,2 |
| Mittlere Temperatur im August °C | NACHT | 22-7 H | 12,0 | 12,1 | 12,9 | 10,5 | 11,4 | 10,7 |
| | TAG | 8-20 h | 21,6 | 21,6 | 21,5 | 22,2 | 22,4 | 22,4 |
| | MITTEL | | 17,3 | 17,3 | 17,6 | 16,8 | 17,4 | 17,0 |
| Mittlere Temperatur im Nov.-Dez. °C | Nacht | 22-7 h | 0,8 | -0,1 | 0,4 | -2,6 | -1,5 | -1,3 |
| | Tag | 8-20 h | 0,9 | 0,8 | 1,3 | 0,2 | 0,0 | -0,1 |
| | Gesamt | | 0,8 | 0,4 | 0,9 | -1,1 | -0,7 | -0,6 |

Tab. 5 Wasserstände an den Standorten (cm unter Flur) als Grundlage für Abb. 3.

| DATUM | DACHS HOLZ | HEINRICHS- HEIM | ZENSI- SCHÜTT | FREISING | FREIN HAUSEN1 | FREIN HAUSEN2 | HÖRZ- HAUSEN |
|------------------------------|---------------|--------------------|------------------|----------|------------------|------------------|-----------------|
| 06.08.97 | 61 | 73 | 49 | - | 41 | 62 | 69 |
| 14.08.97 | 73 | 49 | 49 | - | - | 67 | 69 |
| 26.08.97 | 36 | 47 | 49 | - | 51 | 61 | 57 |
| 05.09.97 | 42 | 49,5 | 49 | - | 49 | 59 | 65 |
| 12.09.97 | 51 | 58 | 49 | - | 55 | 64 | 69 |
| 19.09.97 | 58 | 62 | 49 | - | 57 | 67 | 69 |
| 27.09.97 | 67 | 68 | 49 | 24 | 61 | 70 | 69 |
| 06.10.97 | 71 | 75 | 49 | 23 | - | | 69 |
| 24.10.97 | 48 | 81 | 49 | 9 | 40 | 54 | 54 |
| 25.11.97 | 50 | 91 | 49 | 22 | 40 | 51 | 53 |
| 21.12.97 | 13 | 65 | 41 | 4 | 3 | 16 | 12 |
| 20.01.98 | 57 | 57 | 49 | 39 | 35 | 54 | 62 |
| 20.02.98 | 24 | 61 | 49 | 12 | 10 | 32 | 21 |
| 07.04.98 | 36 | 65 | 49 | 38 | 25 | 43 | 45 |
| 12.05.98 | 72 | 82 | 49 | 46 | 59 | 71 | 71 |
| 04.06.98 | 85 | 89 | 49 | 58 | 51 | 62 | 72 |
| 17.06.98 | 58 | 95 | 49 | 31 | 5 | 25 | 69 |
| 30.06.98 | 26 | 90 | 49 | 44 | 13 | 39 | 72 |
| 26.07.98 | 25 | 91 | 49 | 56 | 23 | 45 | 70 |
| 27.08.98 | 29 | 86 | 49 | 63 | - | 61 | 72 |
| 30.09.98 | 9 | >83 | - | 31 | - | 22 | 36 |
| 26.10.98 | 9 | 63 | 27 | 14 | 0 | 2 | 31 |
| 19.11.98 | 10 | -35 | -40 | 3 | 2 | 12 | 24 |
| 15.12.98 | 7 | -30 | -16 | 4 | 3 | 1 | 22 |
| 15.03.99 | 13 | -10 | -29 | 10 | 7 | 29 | 41 |
| 15.04.99 | 20 | 18 | - | 18 | 3 | 30 | 41 |
| Mittelwert | 40,4 | 57,6 | 38,55 | 27,5 | 28,8 | 44,0 | 54,0 |
| Standard- abwei- chung | 23,8 | 36,0 | 26,5 | 18,9 | 22,4 | 21,8 | 19,3 |
| Maximum | 85 | 95 | 49,7 | 63 | 61 | 71 | 72 |
| Minimum | 7 | -35 | -40 | 3 | 0 | 1 | 12 |

Tab. 6 Tageslauf der mittleren Temperatur gemittelt vom 13-26.8.98 als Grundlage für Abb. 4

| ZEIT | DACHS- HOLZ | HEIN- RICHSHEIM | ZENSI- SCHÜTT | FREISING | FREINHAU- SEN | HÖRZHAU- SEN |
|----------|----------------|--------------------|------------------|----------|------------------|-----------------|
| 00:00:00 | 13,3 | 13,1 | 14,1 | 11,3 | 12,5 | 11,9 |
| 00:30:00 | 13,1 | 12,9 | 13,8 | 11,3 | 12,4 | 11,6 |
| 01:00:00 | 12,8 | 12,6 | 13,6 | 11,3 | 12,0 | 11,4 |
| 01:30:00 | 12,5 | 12,4 | 13,1 | 10,7 | 11,7 | 10,8 |
| 02:00:00 | 11,8 | 11,9 | 12,7 | 10,5 | 11,4 | 10,8 |
| 02:30:00 | 11,3 | 11,6 | 12,5 | 10,4 | 11,3 | 11,1 |
| 03:00:00 | 11,3 | 11,3 | 12,2 | 10,3 | 10,8 | 10,3 |
| 03:30:00 | 10,8 | 11,0 | 11,9 | 10,3 | 10,4 | 9,9 |
| 04:00:00 | 10,7 | 11,0 | 11,7 | 9,9 | 10,1 | 9,6 |
| 04:30:00 | 11,1 | 11,4 | 12,1 | 9,8 | 10,6 | 9,7 |
| 05:00:00 | 11,1 | 11,4 | 11,7 | 9,8 | 10,1 | 9,4 |
| 05:30:00 | 10,8 | 11,1 | 11,7 | 9,4 | 10,1 | 9,0 |
| 06:00:00 | 10,7 | 10,7 | 11,3 | 9,1 | 9,8 | 8,8 |
| 06:30:00 | 10,5 | 10,6 | 11,3 | 8,7 | 9,5 | 8,7 |
| 07:00:00 | 11,9 | 11,1 | 11,3 | 10,1 | 10,9 | 10,9 |
| 07:30:00 | 14,1 | 12,3 | 12,2 | 13,8 | 13,4 | 13,4 |
| 08:00:00 | 15,6 | 13,6 | 13,5 | 16,9 | 15,5 | 15,6 |
| 08:30:00 | 17,0 | 15,3 | 14,7 | 18,5 | 17,3 | 17,3 |
| 09:00:00 | 17,5 | 17,1 | 15,8 | 20,5 | 18,6 | 18,8 |
| 09:30:00 | 18,8 | 18,6 | 16,6 | 21,4 | 19,3 | 19,8 |
| 10:00:00 | 20,3 | 20,4 | 19,3 | 23,2 | 20,2 | 20,9 |
| 10:30:00 | 20,9 | 21,2 | 21,2 | 23,4 | 21,4 | 22,4 |
| 11:00:00 | 21,8 | 22,8 | 22,4 | 24,0 | 22,8 | 23,1 |
| 11:30:00 | 22,7 | 23,5 | 23,5 | 25,8 | 23,3 | 23,4 |
| 12:00:00 | 23,1 | 24,3 | 23,8 | 25,5 | 24,4 | 23,7 |
| 12:30:00 | 23,4 | 24,5 | 24,6 | 26,1 | 24,9 | 24,2 |
| 13:00:00 | 23,1 | 24,1 | 24,7 | 26,2 | 25,1 | 25,1 |
| 13:30:00 | 23,8 | 24,6 | 24,6 | 26,1 | 24,6 | 25,6 |
| 14:00:00 | 23,9 | 24,8 | 25,4 | 25,3 | 24,8 | 24,8 |
| 14:30:00 | 23,8 | 24,6 | 25,1 | 25,4 | 25,3 | 25,2 |
| 15:00:00 | 23,7 | 24,2 | 24,4 | 26,0 | 24,7 | 25,6 |
| 15:30:00 | 24,1 | 24,4 | 25,1 | 24,6 | 24,4 | 25,0 |
| 16:00:00 | 23,6 | 24,4 | 24,7 | 24,1 | 25,0 | 25,2 |
| 16:30:00 | 23,1 | 23,9 | 23,2 | 23,0 | 24,2 | 25,1 |
| 17:00:00 | 22,9 | 23,6 | 22,4 | 21,3 | 23,9 | 24,4 |
| 17:30:00 | 22,8 | 23,1 | 22,6 | 20,5 | 23,9 | 23,3 |
| 18:00:00 | 22,6 | 22,4 | 22,5 | 19,3 | 23,9 | 23,2 |
| 18:30:00 | 22,3 | 21,1 | 21,0 | 18,4 | 23,4 | 22,2 |
| 19:00:00 | 21,2 | 19,6 | 19,9 | 17,7 | 22,4 | 20,4 |
| 19:30:00 | 20,4 | 18,1 | 18,7 | 16,3 | 20,4 | 18,7 |
| 20:00:00 | 18,6 | 16,9 | 17,9 | 15,1 | 17,4 | 16,6 |
| 20:30:00 | 16,8 | 15,9 | 17,0 | 13,7 | 15,7 | 14,7 |
| 21:00:00 | 15,4 | 15,1 | 16,2 | 13,0 | 14,6 | 13,5 |
| 21:30:00 | 14,8 | 14,6 | 15,7 | 12,6 | 14,1 | 13,1 |
| 22:00:00 | 14,3 | 14,3 | 15,4 | 12,3 | 13,7 | 12,8 |
| 22:30:00 | 13,9 | 14,0 | 15,0 | 11,7 | 13,1 | 12,6 |
| 23:00:00 | 13,5 | 13,6 | 14,6 | 11,4 | 13,1 | 12,5 |
| 23:30:00 | 13,4 | 13,4 | 14,2 | 11,5 | 12,5 | 12,0 |

Tab. 7 Tageslauf der mittleren relativen Luftfeuchte gemittelt vom 13-26.8.98 als Grundlage für Abb. 6

| ZEIT | DACHS- HOLZ | HEIN- RICHSHEIM | ZENSI- SCHÜTT | FREISING | FREINHAU- SEN | HÖRZHAU- SEN |
|----------|----------------|--------------------|------------------|----------|------------------|-----------------|
| 00:00:00 | 99 | 96 | 91 | 97 | 90 | 96 |
| 00:30:00 | 98 | 96 | 91 | 97 | 90 | 97 |
| 01:00:00 | 98 | 97 | 92 | 98 | 91 | 97 |
| 01:30:00 | 99 | 97 | 93 | 98 | 91 | 97 |
| 02:00:00 | 100 | 98 | 94 | 98 | 92 | 98 |
| 02:30:00 | 100 | 98 | 95 | 98 | 92 | 98 |
| 03:00:00 | 100 | 98 | 96 | 98 | 92 | 98 |
| 03:30:00 | 100 | 99 | 96 | 98 | 93 | 98 |
| 04:00:00 | 100 | 99 | 96 | 98 | 93 | 98 |
| 04:30:00 | 100 | 100 | 97 | 98 | 93 | 98 |
| 05:00:00 | 100 | 100 | 98 | 98 | 93 | 98 |
| 05:30:00 | 100 | 100 | 98 | 98 | 93 | 98 |
| 06:00:00 | 99 | 99 | 97 | 98 | 91 | 97 |
| 06:30:00 | 99 | 99 | 98 | 98 | 92 | 97 |
| 07:00:00 | 99 | 99 | 98 | 98 | 92 | 97 |
| 07:30:00 | 99 | 99 | 98 | 99 | 92 | 98 |
| 08:00:00 | 97 | 99 | 97 | 97 | 86 | 96 |
| 08:30:00 | 90 | 92 | 94 | 90 | 79 | 88 |
| 09:00:00 | 83 | 80 | 88 | 82 | 72 | 77 |
| 09:30:00 | 77 | 73 | 83 | 75 | 66 | 67 |
| 10:00:00 | 70 | 64 | 74 | 68 | 61 | 62 |
| 10:30:00 | 66 | 61 | 66 | 63 | 59 | 57 |
| 11:00:00 | 62 | 56 | 62 | 60 | 54 | 54 |
| 11:30:00 | 56 | 53 | 56 | 57 | 50 | 59 |
| 12:00:00 | 53 | 49 | 55 | 57 | 47 | 52 |
| 12:30:00 | 51 | 49 | 51 | 54 | 44 | 50 |
| 13:00:00 | 54 | 51 | 52 | 54 | 42 | 48 |
| 13:30:00 | 53 | 49 | 53 | 52 | 45 | 50 |
| 14:00:00 | 53 | 49 | 51 | 57 | 44 | 50 |
| 14:30:00 | 51 | 48 | 50 | 56 | 43 | 44 |
| 15:00:00 | 51 | 49 | 52 | 56 | 43 | 44 |
| 15:30:00 | 49 | 50 | 52 | 57 | 44 | 45 |
| 16:00:00 | 50 | 50 | 51 | 58 | 43 | 43 |
| 16:30:00 | 52 | 52 | 54 | 60 | 44 | 44 |
| 17:00:00 | 52 | 52 | 57 | 65 | 44 | 45 |
| 17:30:00 | 52 | 55 | 58 | 70 | 46 | 48 |
| 18:00:00 | 52 | 56 | 56 | 73 | 45 | 49 |
| 18:30:00 | 53 | 62 | 63 | 79 | 46 | 51 |
| 19:00:00 | 58 | 69 | 64 | 83 | 49 | 56 |
| 19:30:00 | 63 | 75 | 71 | 87 | 59 | 63 |
| 20:00:00 | 73 | 79 | 74 | 91 | 69 | 72 |
| 20:30:00 | 80 | 82 | 77 | 92 | 76 | 81 |
| 21:00:00 | 88 | 85 | 79 | 94 | 80 | 86 |
| 21:30:00 | 93 | 88 | 81 | 95 | 82 | 91 |
| 22:00:00 | 95 | 90 | 83 | 95 | 85 | 93 |
| 22:30:00 | 97 | 92 | 84 | 96 | 87 | 93 |
| 23:00:00 | 99 | 94 | 88 | 96 | 89 | 95 |
| 23:30:00 | 100 | 95 | 90 | 97 | 90 | 96 |
| | 78 | 78 | 77 | 82 | 70 | 75 |

Tab. 8 Tageslauf der mittleren Temperatur gemittelt vom 19.11-06.12.98 als Grundlage für Abb. 5

| ZEIT | Dachsholz | Heinrichsheim | Zensi-Schütt | Freising | Freinhausen | Hörzhausen |
|----------|-----------|---------------|--------------|----------|-------------|------------|
| 00:00:00 | 0,86 | -0,07 | 0,20 | -2,45 | -1,32 | -1,14 |
| 00:30:00 | 0,80 | -0,07 | 0,31 | -2,68 | -1,34 | -1,10 |
| 01:00:00 | 0,81 | 0,05 | 0,36 | -2,75 | -1,32 | -1,19 |
| 01:30:00 | 0,90 | 0,11 | 0,39 | -2,88 | -1,47 | -1,30 |
| 02:00:00 | 1,08 | 0,10 | 0,43 | -2,83 | -1,44 | -1,28 |
| 02:30:00 | 0,61 | 0,11 | 0,45 | -3,04 | -1,52 | -1,29 |
| 03:00:00 | 1,51 | -0,23 | 0,52 | -2,96 | -1,76 | -1,30 |
| 03:30:00 | 0,93 | -0,25 | 0,57 | -2,88 | -1,81 | -1,37 |
| 04:00:00 | 0,95 | -0,17 | 0,19 | -2,72 | -1,60 | -1,35 |
| 04:30:00 | 0,11 | -0,13 | 0,26 | -2,58 | -1,66 | -1,34 |
| 05:00:00 | 0,31 | -0,09 | 0,26 | -2,44 | -1,75 | -1,55 |
| 05:30:00 | 0,87 | -0,63 | 0,27 | -2,56 | -1,74 | -1,43 |
| 06:00:00 | 0,97 | -0,07 | 0,39 | -2,68 | -1,81 | -1,50 |
| 06:30:00 | 1,08 | -0,11 | 0,71 | -2,90 | -1,75 | -1,42 |
| 07:00:00 | 0,88 | -0,14 | 0,56 | -3,05 | -1,70 | -1,43 |
| 07:30:00 | 0,83 | -0,55 | 0,56 | -3,33 | -1,76 | -1,48 |
| 08:00:00 | 1,28 | -0,55 | 0,54 | -2,96 | -1,64 | -1,46 |
| 08:30:00 | 1,11 | -0,47 | 0,64 | -1,88 | -1,31 | -1,35 |
| 09:00:00 | 1,02 | 0,16 | 1,05 | -1,11 | -1,12 | -0,58 |
| 09:30:00 | 0,96 | 0,42 | 0,89 | 0,03 | -0,65 | -0,08 |
| 10:00:00 | 0,84 | 0,39 | 1,39 | 1,32 | -0,05 | 0,00 |
| 10:30:00 | 0,73 | 0,77 | 1,52 | 1,89 | 0,26 | 0,18 |
| 11:00:00 | 1,06 | 0,66 | 1,61 | 1,88 | 0,79 | 0,26 |
| 11:30:00 | 1,06 | 0,79 | 1,64 | 2,53 | 1,26 | 0,51 |
| 12:00:00 | 1,21 | 1,42 | 1,83 | 2,68 | 1,29 | 1,03 |
| 12:30:00 | 1,31 | 1,45 | 2,16 | 2,90 | 1,15 | 1,09 |
| 13:00:00 | 1,26 | 1,41 | 2,28 | 2,32 | 1,14 | 0,89 |
| 13:30:00 | 1,35 | 1,59 | 1,99 | 2,23 | 1,02 | 0,99 |
| 14:00:00 | 1,33 | 1,63 | 1,81 | 1,91 | 1,04 | 0,64 |
| 14:30:00 | 1,34 | 1,36 | 1,54 | 1,32 | 0,97 | 0,73 |
| 15:00:00 | 1,08 | 1,44 | 1,50 | 0,98 | 0,88 | 0,43 |
| 15:30:00 | 0,88 | 1,06 | 1,34 | 0,75 | 0,54 | 0,41 |
| 16:00:00 | 0,72 | 1,16 | 1,14 | -0,33 | 0,11 | 0,09 |
| 16:30:00 | 0,82 | 1,22 | 1,27 | -0,98 | -0,31 | -0,27 |
| 17:00:00 | 0,63 | 0,85 | 0,93 | -1,32 | -0,49 | -0,58 |
| 17:30:00 | 0,53 | 0,87 | 0,94 | -1,25 | -0,58 | -0,68 |
| 18:00:00 | 0,57 | 0,18 | 0,53 | -1,34 | -0,74 | -0,82 |
| 18:30:00 | 0,67 | 0,43 | 0,40 | -1,43 | -0,74 | -0,99 |
| 19:00:00 | 0,61 | 0,41 | 0,45 | -1,52 | -0,73 | -0,84 |
| 19:30:00 | 0,47 | 0,44 | 0,98 | -1,58 | -0,76 | -0,84 |
| 20:00:00 | 0,42 | 0,49 | 0,94 | -1,68 | -0,76 | -0,81 |
| 20:30:00 | 0,41 | 0,46 | 0,88 | -1,66 | -0,52 | -0,79 |
| 21:00:00 | 0,45 | 0,46 | 0,93 | -1,78 | -0,79 | -0,83 |
| 21:30:00 | 0,47 | 0,41 | 0,40 | -1,89 | -0,85 | -0,82 |
| 22:00:00 | 0,47 | 0,39 | 0,41 | -1,97 | -1,08 | -1,00 |
| 22:30:00 | 0,65 | 0,06 | 0,39 | -2,09 | -1,25 | -1,04 |
| 23:00:00 | 0,67 | 0,00 | 0,24 | -2,25 | -1,32 | -1,09 |
| 23:30:00 | 0,73 | -0,01 | 0,24 | -2,38 | -1,18 | -1,25 |

Tab. 9 Tageslauf der mittleren relativen Luftfeuchte gemittelt vom 19.11-06.12.98 als Grundlage für Abb.

| ZEIT | Dachsholz | Heinrichsheim | Zensi-Schütt | Freising | Freinhausen | Hörzhausen |
|----------|-----------|---------------|--------------|----------|-------------|------------|
| 00:00:00 | 85 | 84 | 83 | 91 | 88 | 89 |
| 00:30:00 | 85 | 84 | 82 | 90 | 88 | 88 |
| 01:00:00 | 84 | 83 | 82 | 90 | 88 | 89 |
| 01:30:00 | 84 | 84 | 82 | 90 | 87 | 90 |
| 02:00:00 | 84 | 84 | 82 | 91 | 87 | 90 |
| 02:30:00 | 84 | 84 | 82 | 90 | 88 | 89 |
| 03:00:00 | 84 | 84 | 83 | 91 | 88 | 90 |
| 03:30:00 | 84 | 84 | 83 | 91 | 89 | 90 |
| 04:00:00 | 85 | 85 | 84 | 91 | 90 | 91 |
| 04:30:00 | 85 | 86 | 84 | 90 | 90 | 91 |
| 05:00:00 | 86 | 86 | 85 | 90 | 90 | 92 |
| 05:30:00 | 86 | 86 | 85 | 92 | 90 | 92 |
| 06:00:00 | 86 | 86 | 85 | 92 | 90 | 92 |
| 06:30:00 | 86 | 86 | 85 | 91 | 90 | 91 |
| 07:00:00 | 86 | 86 | 85 | 92 | 90 | 92 |
| 07:30:00 | 86 | 86 | 85 | 91 | 90 | 91 |
| 08:00:00 | 86 | 86 | 85 | 88 | 90 | 91 |
| 08:30:00 | 86 | 85 | 84 | 90 | 90 | 90 |
| 09:00:00 | 85 | 84 | 82 | 82 | 89 | 89 |
| 09:30:00 | 83 | 84 | 80 | 80 | 88 | 87 |
| 10:00:00 | 81 | 83 | 79 | 76 | 86 | 86 |
| 10:30:00 | 78 | 81 | 78 | 82 | 84 | 84 |
| 11:00:00 | 78 | 80 | 76 | 80 | 82 | 84 |
| 11:30:00 | 76 | 79 | 75 | 76 | 81 | 83 |
| 12:00:00 | 75 | 78 | 74 | 75 | 79 | 82 |
| 12:30:00 | 70 | 75 | 72 | 74 | 78 | 81 |
| 13:00:00 | 72 | 75 | 72 | 76 | 78 | 81 |
| 13:30:00 | 73 | 75 | 71 | 76 | 77 | 80 |
| 14:00:00 | 73 | 75 | 72 | 75 | 76 | 81 |
| 14:30:00 | 73 | 75 | 73 | 78 | 76 | 81 |
| 15:00:00 | 73 | 77 | 74 | 79 | 77 | 82 |
| 15:30:00 | 75 | 77 | 75 | 81 | 79 | 83 |
| 16:00:00 | 78 | 79 | 77 | 83 | 81 | 85 |
| 16:30:00 | 79 | 79 | 78 | 85 | 83 | 85 |
| 17:00:00 | 80 | 81 | 80 | 89 | 84 | 87 |
| 17:30:00 | 81 | 82 | 81 | 90 | 85 | 88 |
| 18:00:00 | 82 | 83 | 82 | 88 | 86 | 88 |
| 18:30:00 | 81 | 83 | 82 | 87 | 87 | 89 |
| 19:00:00 | 82 | 83 | 82 | 87 | 87 | 89 |
| 19:30:00 | 83 | 83 | 82 | 89 | 87 | 90 |
| 20:00:00 | 83 | 84 | 82 | 91 | 88 | 90 |
| 20:30:00 | 83 | 84 | 83 | 90 | 88 | 90 |
| 21:00:00 | 83 | 84 | 82 | 91 | 88 | 90 |
| 21:30:00 | 84 | 84 | 82 | 91 | 88 | 90 |
| 22:00:00 | 83 | 84 | 83 | 92 | 88 | 90 |
| 22:30:00 | 84 | 84 | 83 | 91 | 89 | 90 |
| 23:00:00 | 84 | 84 | 83 | 90 | 89 | 89 |
| 23:30:00 | 84 | 83 | 83 | 91 | 88 | 89 |

12.3 Keimversuche

Tab.10 Schema der Keimversuche

| Behandlung | Temperatur | °C |
|---------------------------------------|------------|-------|
| ohne Stratifikation | konstant | 30 |
| 6 Wochen Stratifikation bei 5°C | konstant | 7 |
| | | 10 |
| | | 15 |
| | | 20 |
| | | 25 |
| | | 30 |
| | | 35 |
| | wechselnd | 10-25 |

Tab. 11 Mittlere absolute Keimrate K_{Tabs} (%)

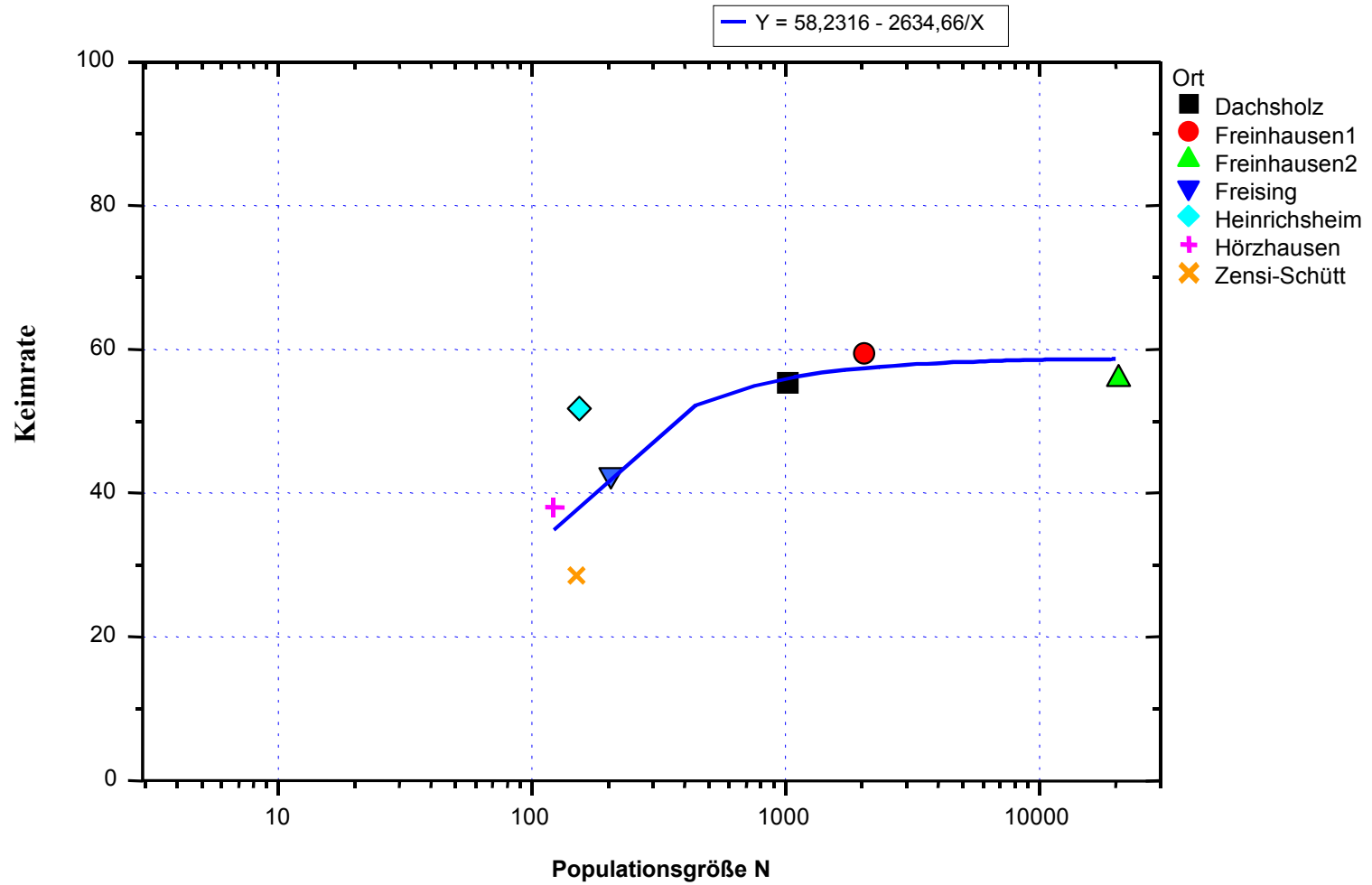
| TEMP. | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT | VERLAUF AB 04.03.98 BIS |
|--------------------------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|----------------------------|
| 5° | 65,00 | 72,60 | 64,00 | 48,20 | 61,80 | 36,40 | 33,20 | 29.09.98 |
| 10° | 74,60 | 75,20 | 70,20 | 62,00 | 66,20 | 56,80 | 36,80 | 03.08.98 |
| 15° | 69,40 | 72,80 | 73,80 | 51,40 | 70,40 | 52,60 | 36,20 | 23.06.98 |
| 20° | 74,40 | 77,80 | 72,00 | 58,40 | 65,20 | 51,40 | 41,00 | 25.05.98 |
| 25° | 34,3 | 40,4 | 38,9 | 28,4 | 35,3 | 34,3 | 16,8 | 23.03.98 |
| 30° | 28,40 | 28,50 | 29,50 | 19,83 | 23,50 | 19,40 | 17,80 | 23.03.98 |
| 35° | 34,00 | 42,00 | 38,00 | 19,40 | 32,40 | 20,80 | 15,60 | 10.04.98 |
| 20° / 10° | 82,80 | 79,60 | 79,20 | 67,25 | 75,40 | 47,60 | 39,00 | 25.05.98 |
| 30°C ohne Stratifikation | 38,60 | 49,20 | 41,40 | 29,80 | 39,40 | 22,60 | 20,40 | ab 21.1.98 bis 29.04.98 |
| Mittel | 55,72 | 59,79 | 56,33 | 42,74 | 52,18 | 37,99 | 28,53 | |

Tab. 12 Statistik zu absoluten Keimraten K_{Tabs} der Populationen

| | | | | | | |
|-------------------|---------------|---|---|---|---|-----|
| Mittelwert | Ort | | | | | |
| 28,533 | Zensi-Schütt | - | - | - | - | + |
| 37,944 | Hörzhausen | - | - | - | - | + * |
| 42,387 | Freising | - | - | - | + | * |
| 52,022 | Heinrichsheim | - | - | + | * | * * |
| 55,700 | Dachsholz | - | + | * | * | * |
| 56,333 | Freinhausen2 | + | | * | * | * |
| 59,789 | Freinhausen1 | | | * | * | * |

Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen
(Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen)

Abb. 8 Regression von absoluter Keimrate $K_{\text{Tab.}}$ und Populationsgröße / Daten Tab. 11 und Tab. 3



lineare Regression von Keimrate und $1/N$ $r^2=0,6214$; $n=7$

Abb. 9 Regression von mittlerer absoluter Keimrate und Samengewicht / Daten Tab. 11 und Tab. 3

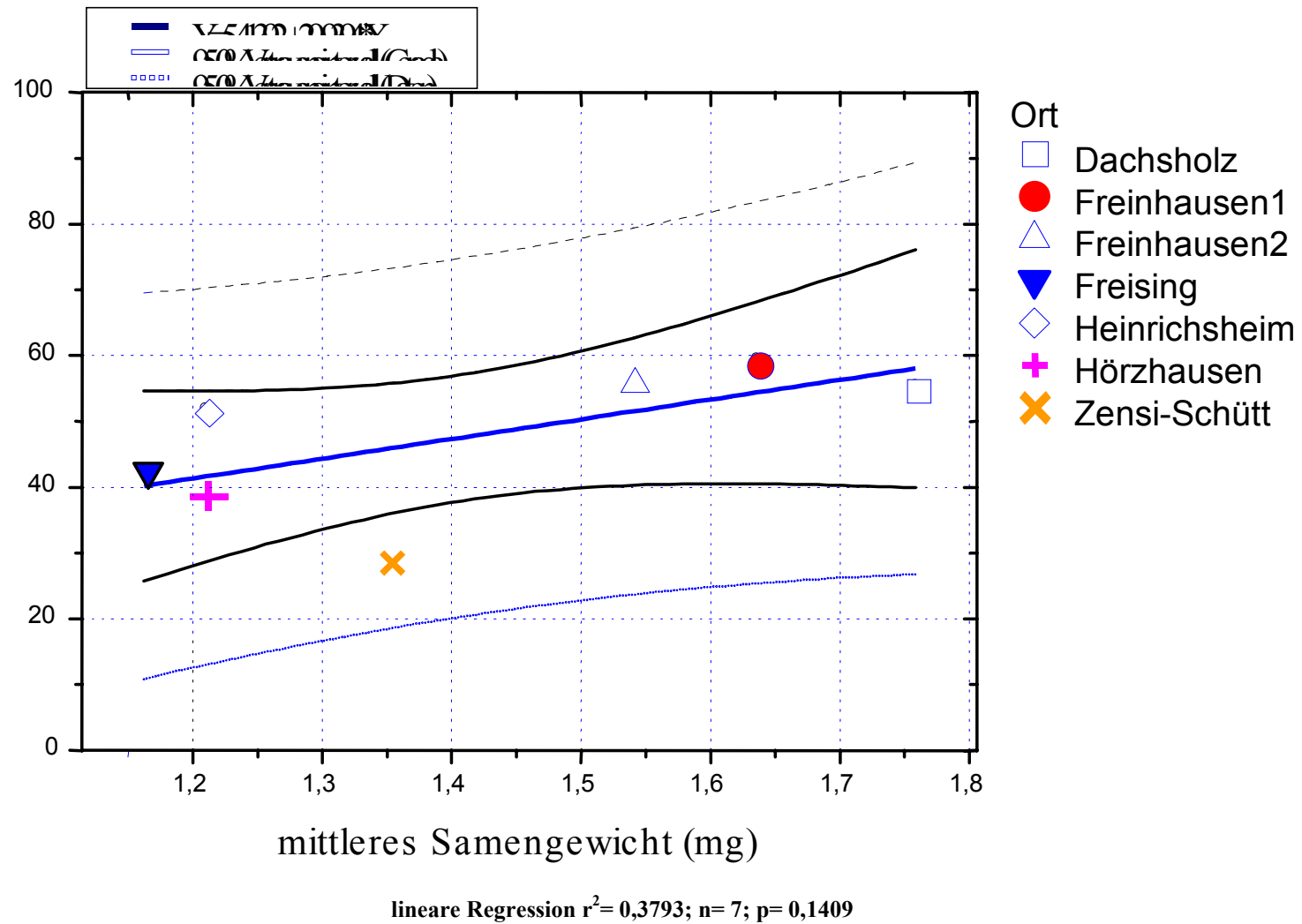


Abb. 10 Regression von Keimrate K_{Tab} und Kali- Gehalt des Bodens / Daten Tab. 17 und Tab. 11

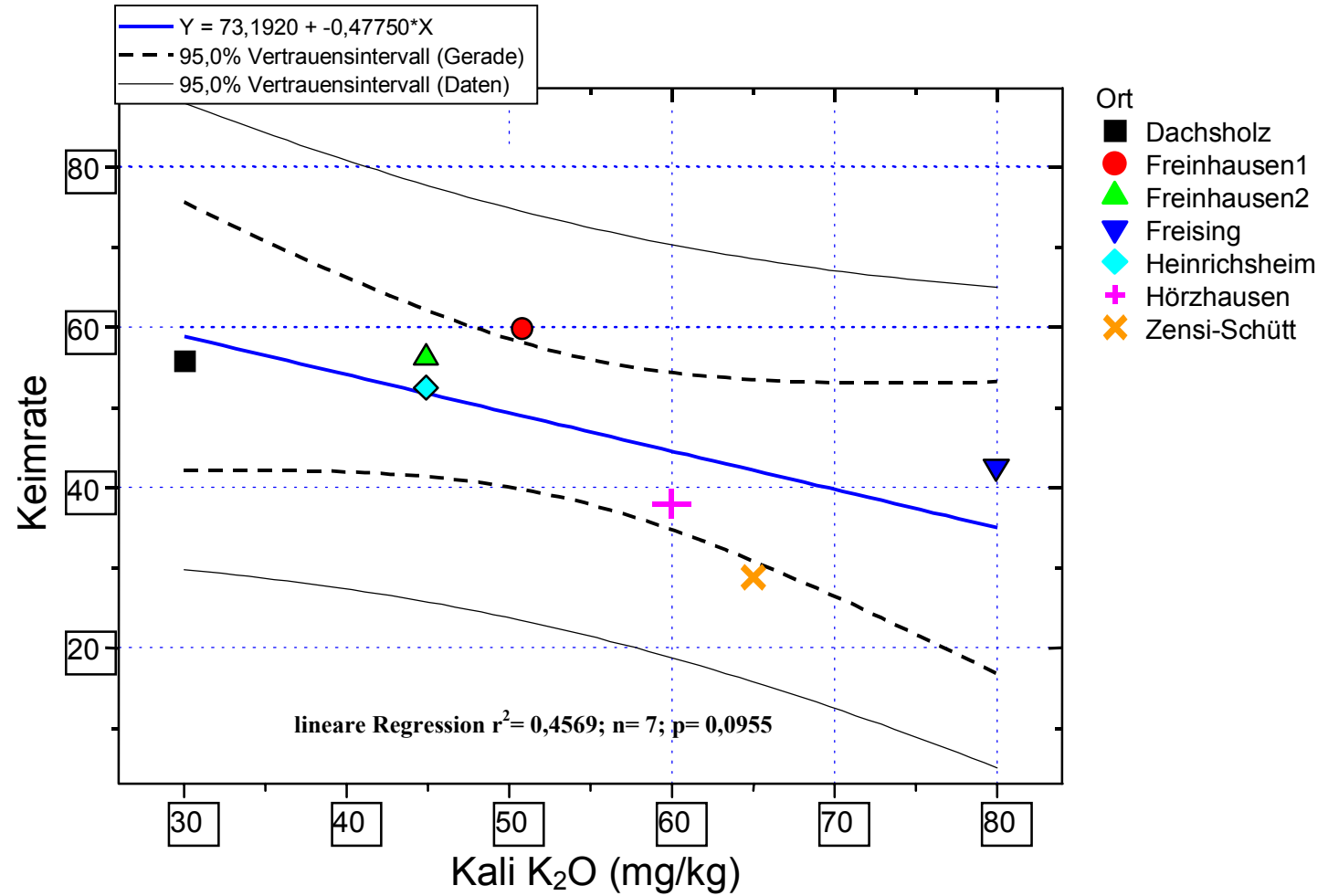


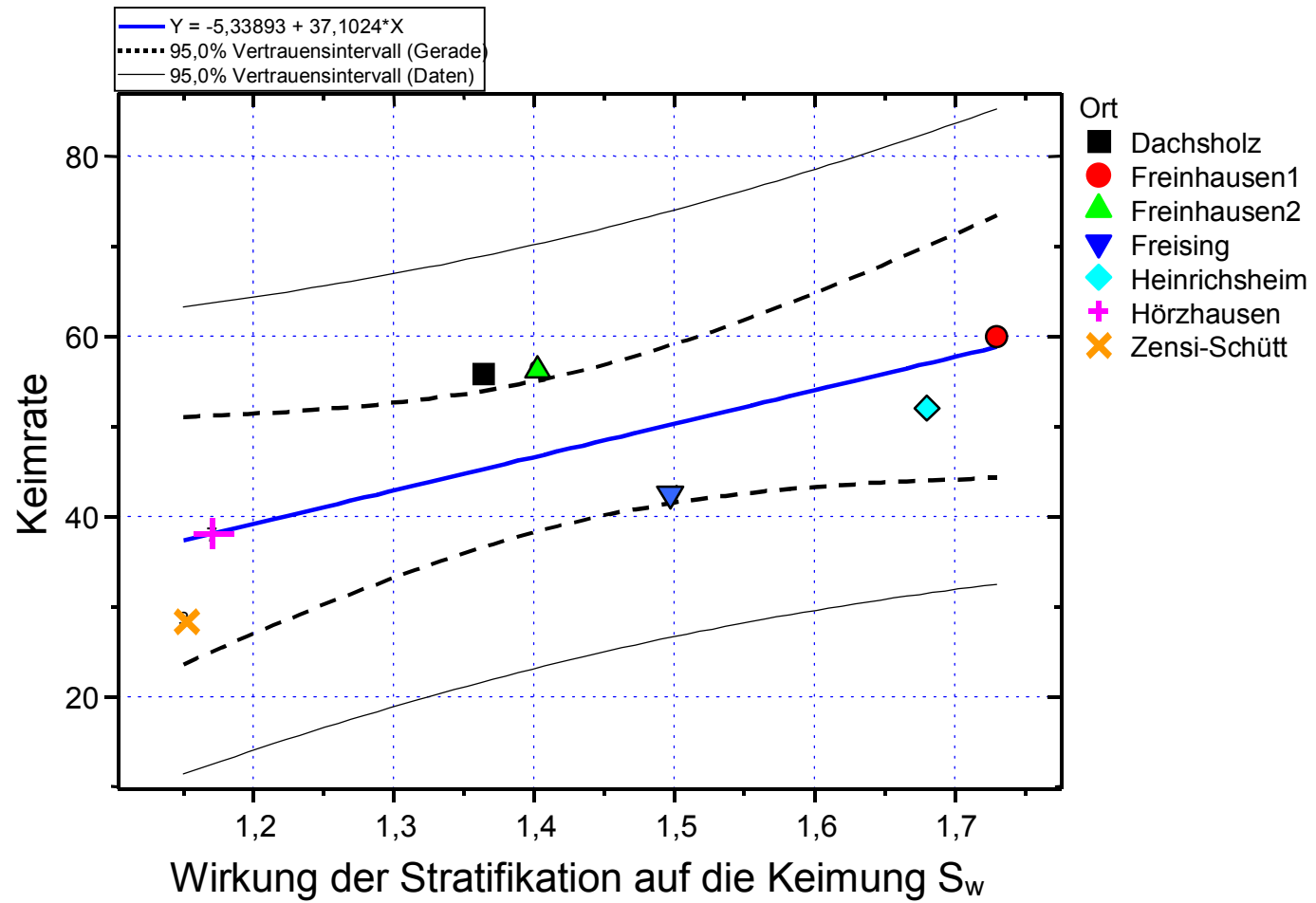
Abb. 11 Lineare Regression von Keimrate K_{abs} und Wirkung der Stratifikation S_w auf die Keimung bei 30°C / Daten Tab. 12 und Tab. 15.

Abb. 12 Relative Keimraten $K_{Trel.}$ / Daten Tab. 13
Relative Keimrate (%)

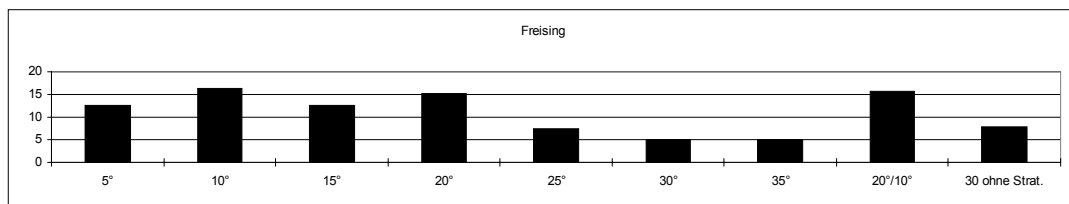
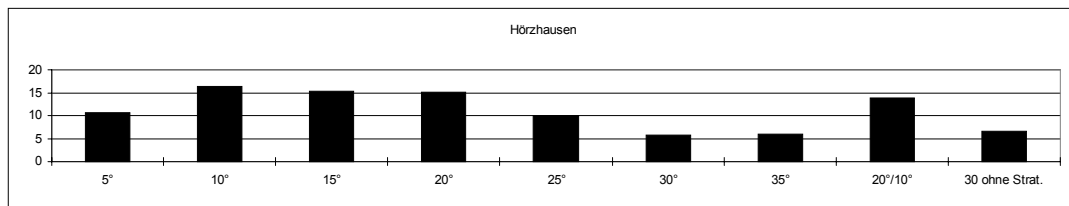
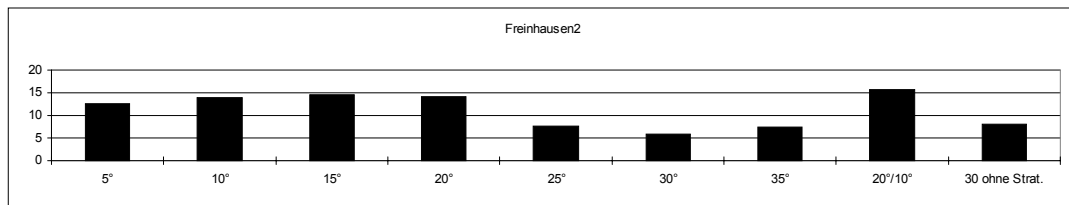
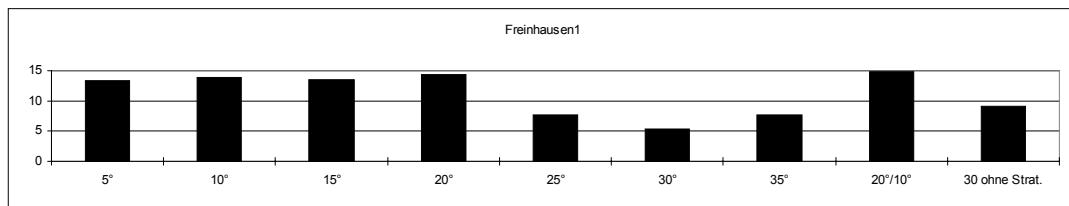
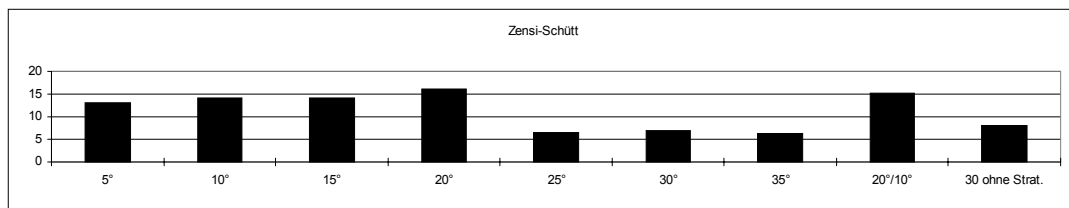
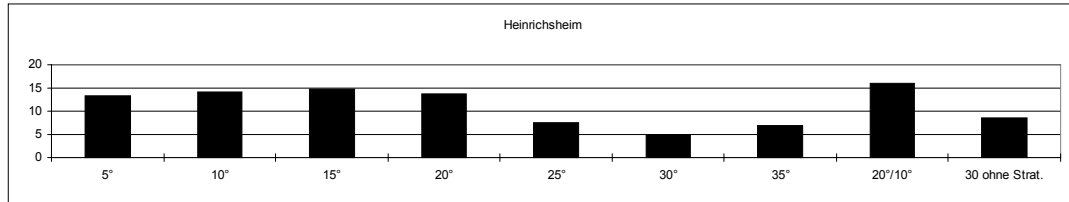
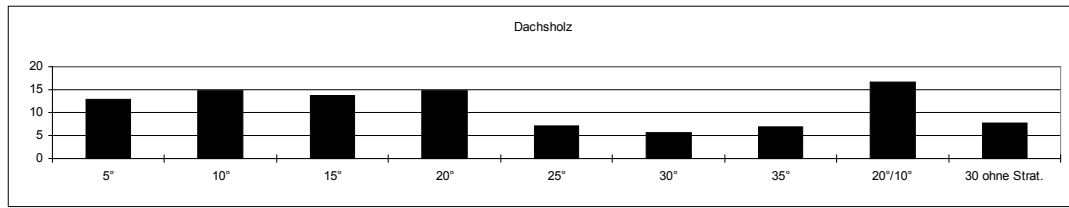


Abb. 13 Keimverlauf bei 5° C / Daten Tab. 151

Keimrate (%)

Keimverlauf bei 5°C

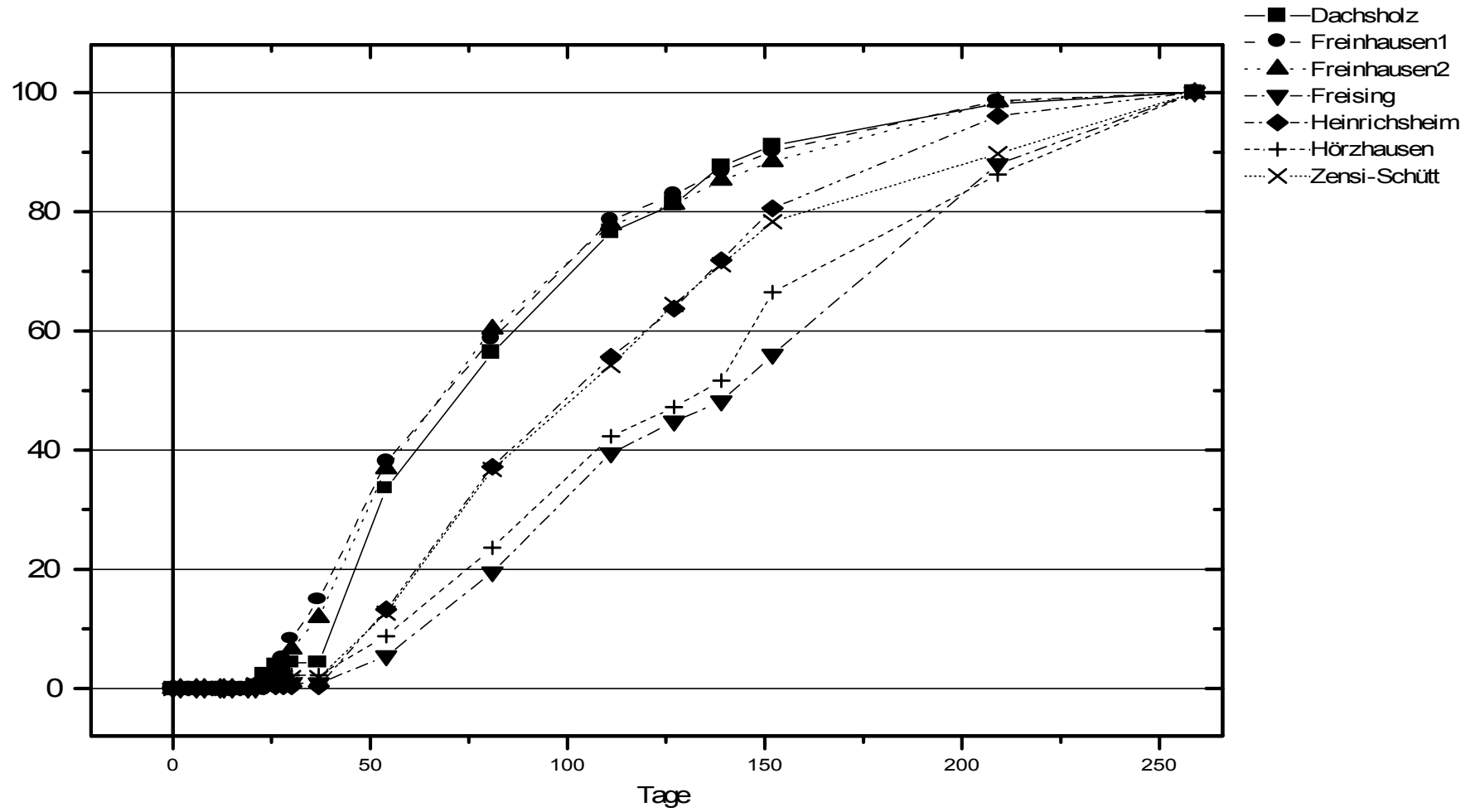


Abb. 15 Keimverlauf bei 15° C / Daten Tab. 153

Keimrate (%)

Keimverlauf bei 15°C

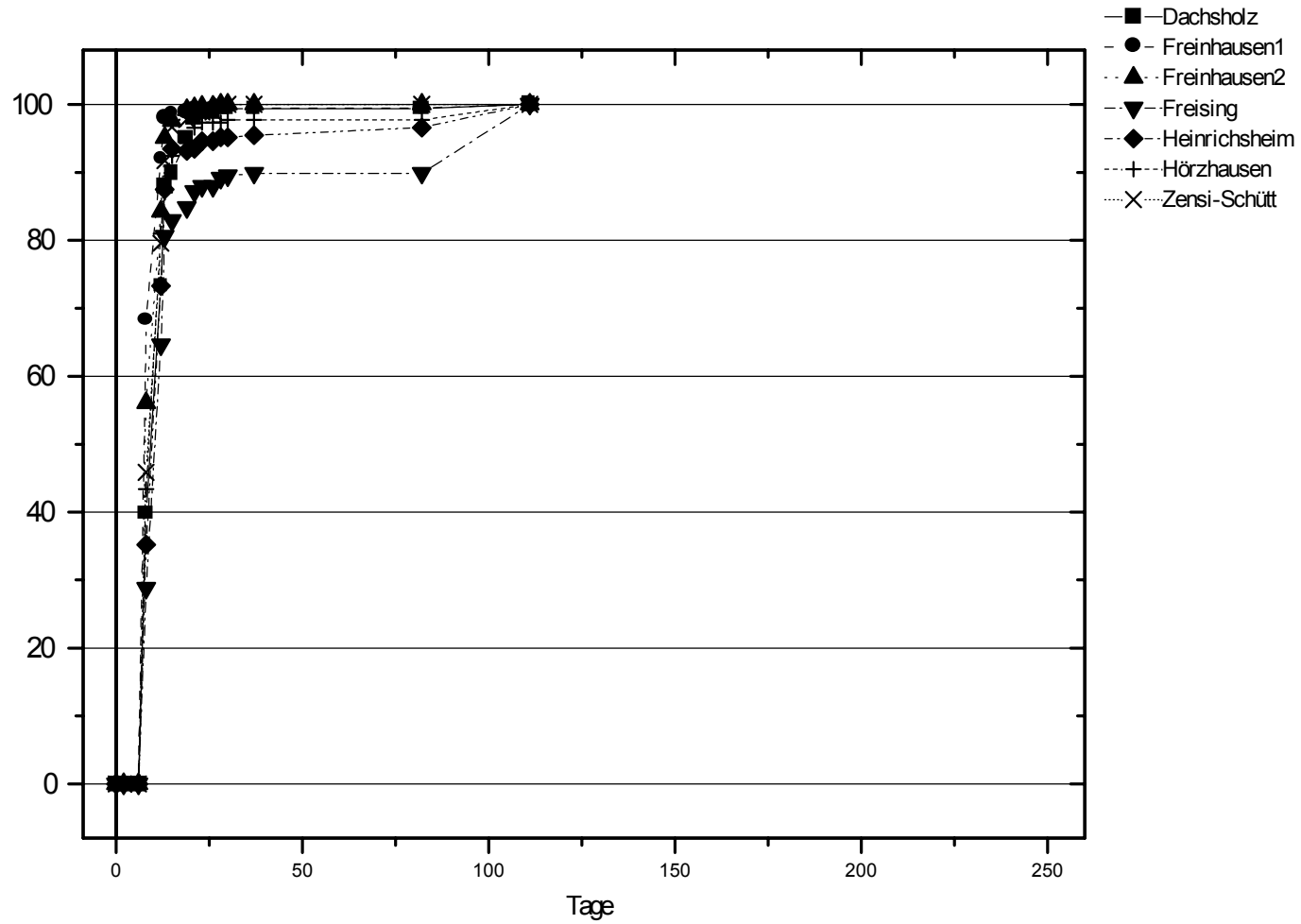


Abb. 16 Keimverlauf bei 20° C / Daten Tab. 154

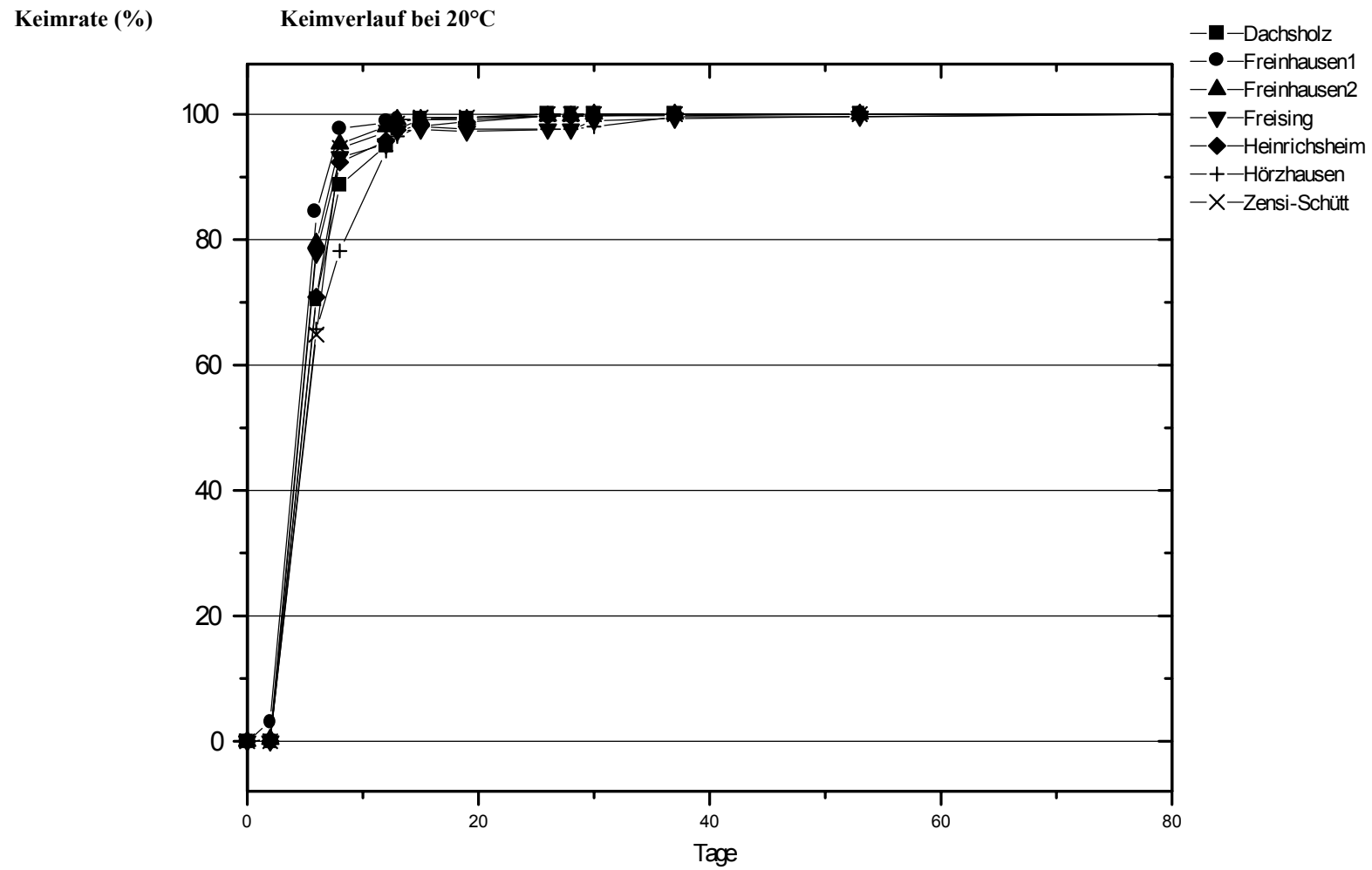


Abb. 17 Keimverlauf bei 25° C / Daten Tab. 155

Keimung (%)

Keimverlauf bei 25° C

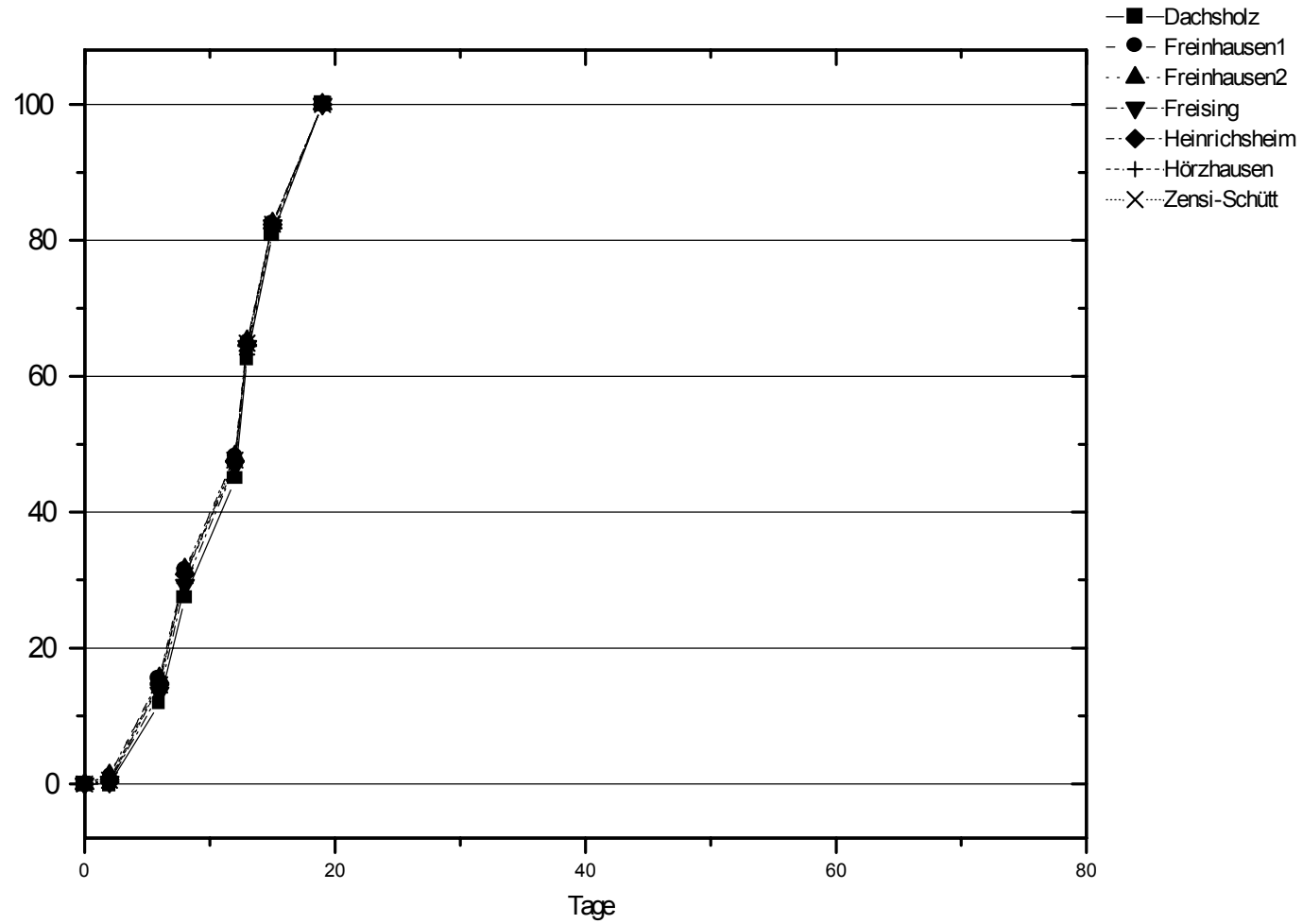


Abb. 18 Keimverlauf bei 30° C / Daten Tab. 156

Keimung (%)

Keimverlauf bei 30° C

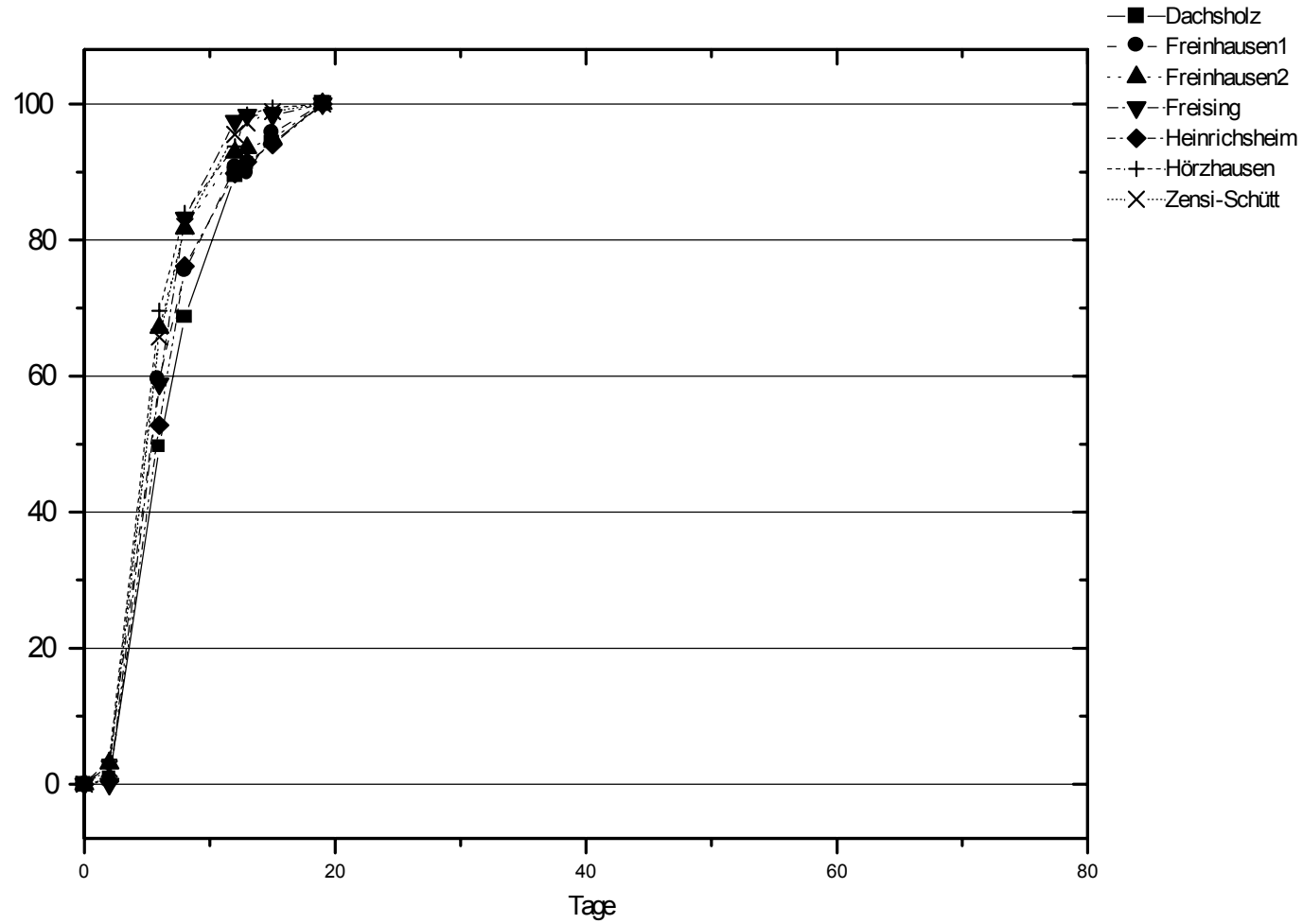


Abb. 19 Keimverlauf bei 35° C / Daten Tab. 157

Keimung (%)

Keimverlauf bei 35° C

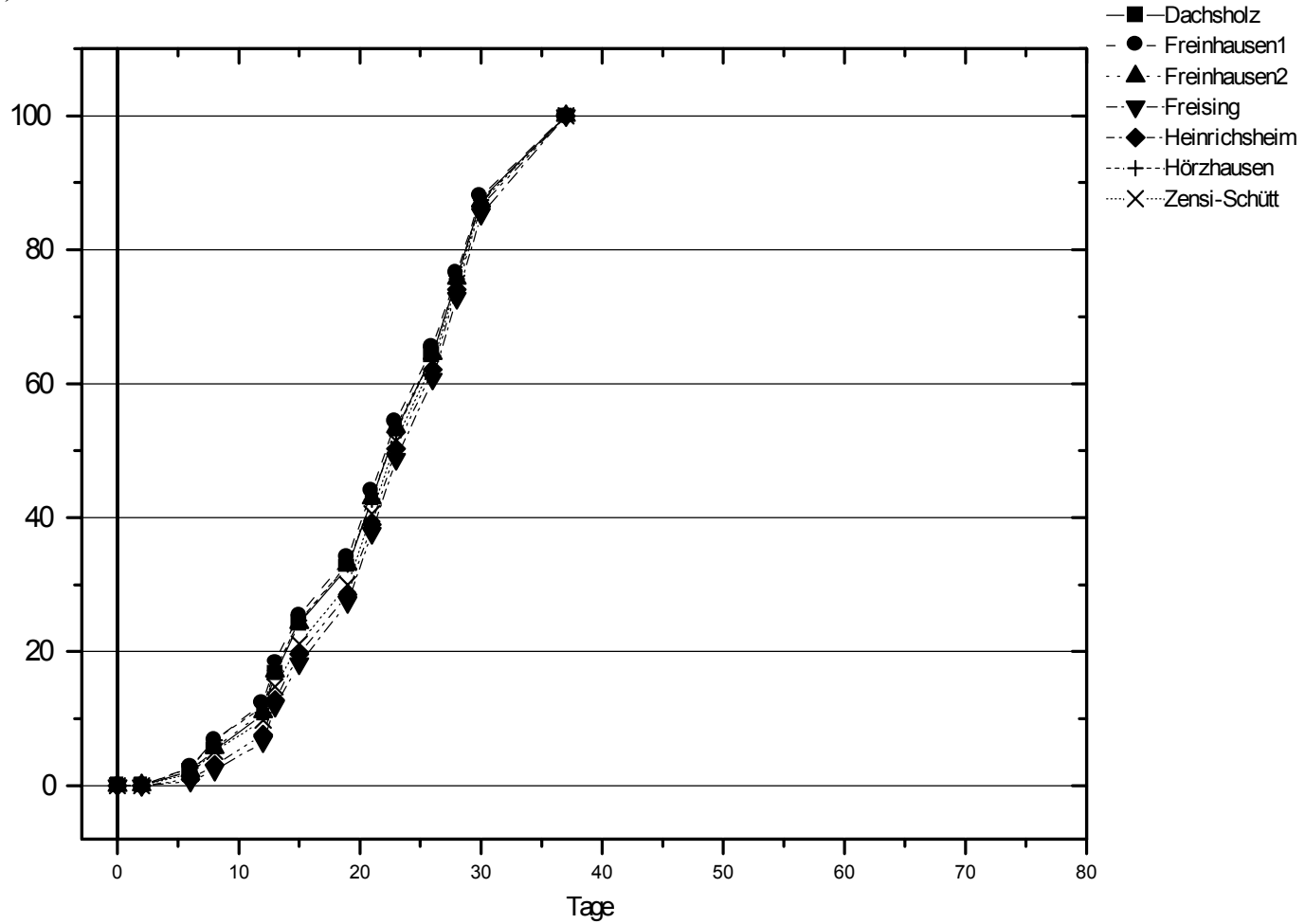


Abb. 20 Keimverlauf bei Wechseltemperatur / Daten Tab. 158

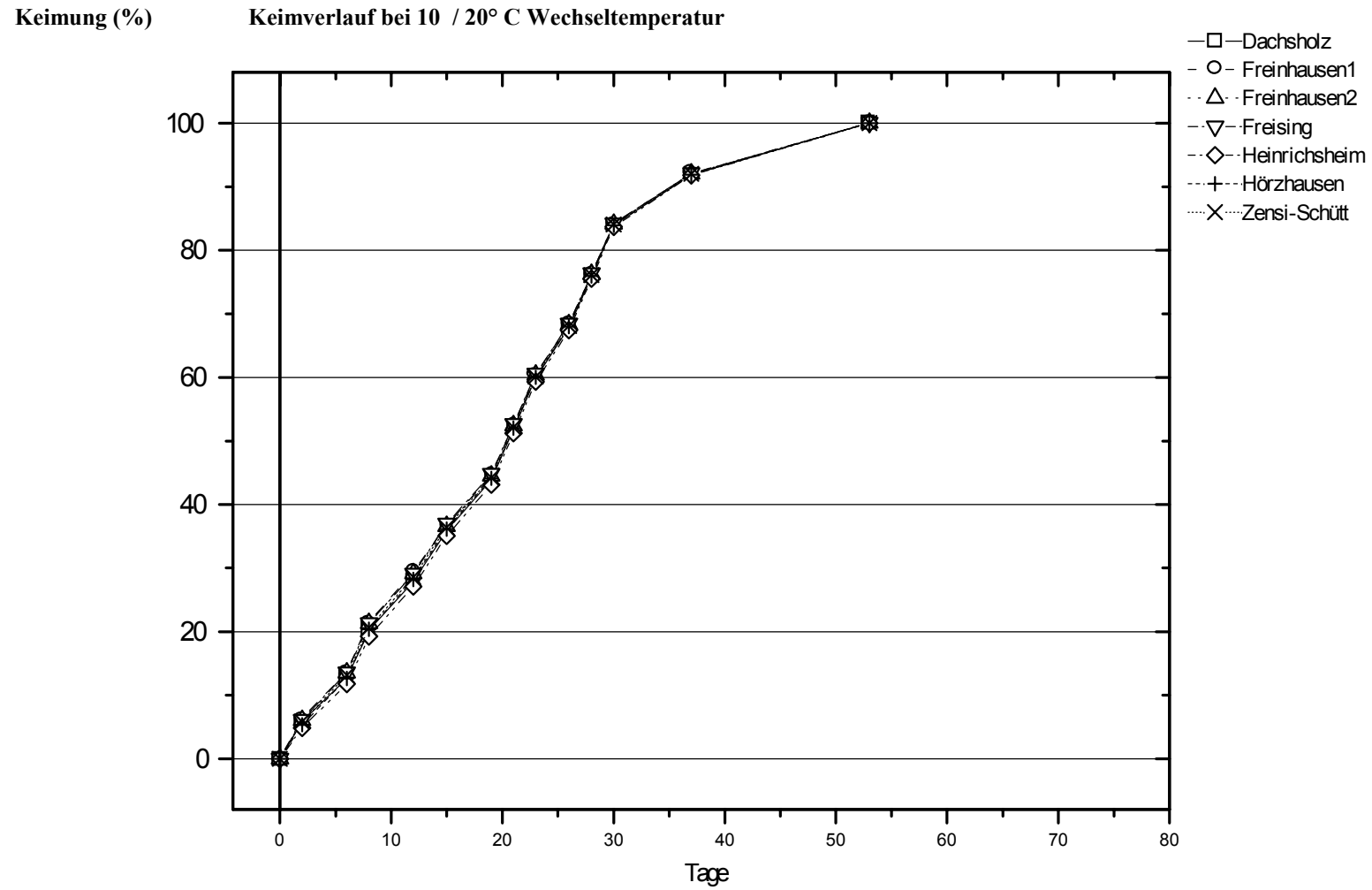
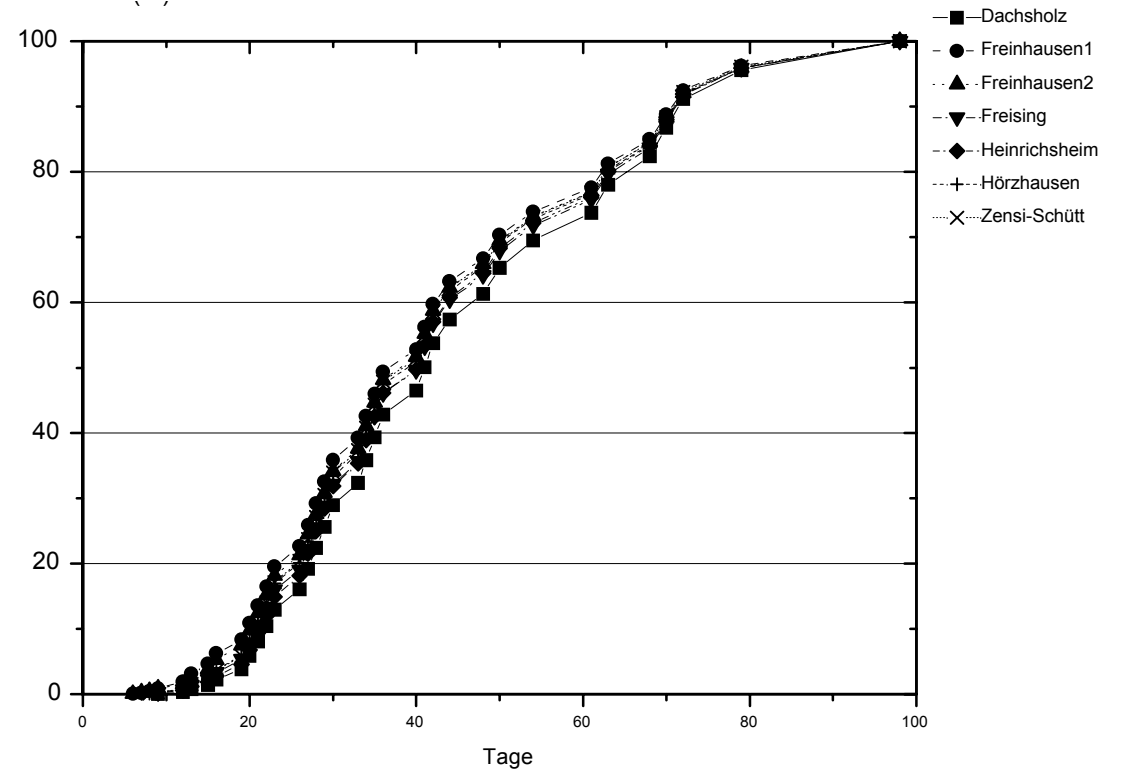
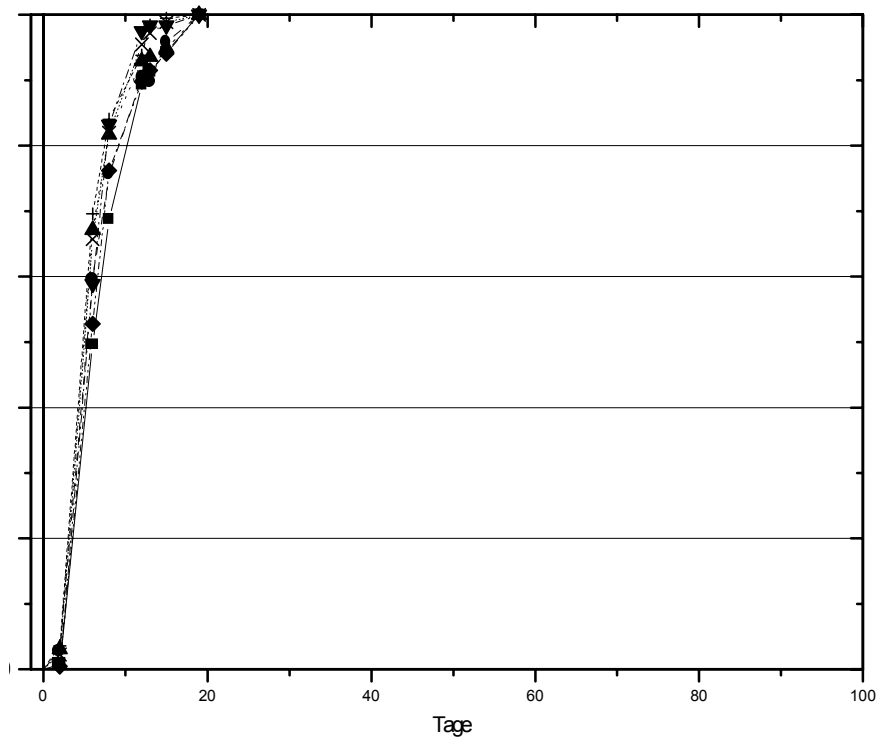


Abb. 21 Keimverlauf bei 30°C mit und ohne Stratifikation / Daten Tab. 156 und Tab. 159

Keimung (%) Keimverlauf bei 30° C mit Stratifikation

Keimung (%) Keimverlauf bei 30° C ohne Stratifikation



- Dachsholz
- Freinhausen1
- ▲ Freinhausen2
- ▼ Freising
- ◆ Heinrichsheim
- + Hörzhausen
- × Zensi-Schütt

Tab. 14 Keimlinge in 10 Petrischalen á 50 Samen mit und ohne Stratifikation bei 30°C



| | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|-------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| ohne Strat. | 386 | 492 | 414 | 298 | 394 | 226 | 204 |
| mit Strat. | 284 | 285 | 295 | 198 | 235 | 194 | 178 |

Tab. 15 Paarweiser G-Test zur Abhängigkeit der Keimung von der Stratifikation bei 30°C / Daten Tab. 14

| WIRKUNG DER STRATIFIKATION S_w (Quotient aus Keimlingen ohne Stratifikation / Keimlingen mit Stratifikation) | Ort | | | | | | |
|--|---------------|---|---|---|---|----|----|
| 1,73 | Freinhausen1 | - | - | - | - | - | - |
| 1,68 | Heinrichsheim | - | - | - | - | - | |
| 1,50 | Freising | - | - | - | - | | |
| 1,40 | Freinhausen2 | - | - | - | | | |
| 1,36 | Dachsholz | - | - | | | | * |
| 1,17 | Hörzhausen | - | | | | ** | ** |
| 1,15 | Zensi-Schütt | | | | * | ** | ** |

12.4 Phänotypische Untersuchungen

Tab.16 Aufstellung der phänotypischen Untersuchungen

| FREILAND 1997 – 1998 | GEWÄCHSHAUS 1998 - 1999 |
|--|---|
| <p><u>Wachstum</u> Mittlere maximale Blattlängen /Zeit</p> <p><u>Blattform</u></p> <p><u>Austreiben und Blüte</u> Anzahl der Sprosse / Rosette Messung der Sproßlängen Anzahl der Knospen Anzahl der Blüten / Pflanze und Zeit Blühverlauf innerhalb der Populationen</p> <p><u>Biomasseentwicklung</u> Biomasse aller Arten an den Standorten  Siehe S. 34</p> <p><u>Bodengehalte</u> Bodengehalte an N, P, K sowie pH- Wert</p> <p><u>Keimfähigkeit der Samen</u>  Siehe S. 36</p> <p><u>Mittleres Samengewicht</u></p> | <p><u>Wachstum</u> Mittlere maximale Blattlängen / Zeit Mittlere Blattlängen</p> <p><u>Blattform</u> <u>Behaarung</u></p> <p><u>Austreiben und Blüte</u> Anzahl der Sprosse / Rosette Messung der Sproßlängen Anzahl der Knospen Anzahl der Blüten / Pflanze und Zeit Blühverlauf innerhalb der Populationen</p> <p><u>Biomasseentwicklung</u> Biomasse von <i>Succisa pratensis</i></p> <p><u>Inhaltsstoffe</u> Gehalte der Blätter an N, P, K</p> <p><u>Bodengehalte</u> Bodengehalte an N, P, K sowie pH- Wert</p> <p><u>Befruchtung und Keimfähigkeit Der Samen</u> Keimfähigkeit der Samen nach: Selbstbestäubung, freier Fremdbestäubung, Bestäubung innerhalb der Population</p> <p><u>Mittleres Samengewicht</u></p> |

12.5 Untersuchungen im Freiland

Tab. 17 Wichtige Parameter zu den Standorten unter anderem als Grundlage für Abb. 24 / Daten Tab. 148

| | PARAMETER | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|---|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| VEGETATION | mittlere Höhe (cm) | 40 | 40 | 40 | 40 | 45 | 40 | 40 |
| | maximale Höhe (cm) | 165 | 160 | 155 | 180 | 60 | 60 | 130 |
| | Deckung (%) | 35 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 80 |
| | Biomasse (g/m ²) | 25 | 89 | 75 | 117 | 138 | 139 | 103 |
| BODEN | pH | 6,5 | 7,6 | 7,4 | 7,6 | 7,4 | 7,1 | 4,7 |
| | N _{ges.} % | 4,0 | 0,3 | 0,3 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |
| | P _{ges.} (P ₂ O ₅) in mg/kg | 25,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 35,0 | 40,0 | 25,0 |
| | Kali _{ges.} (K ₂ O) in mg/kg | 30,0 | 45,0 | 65,0 | 80,0 | 50,0 | 45,0 | 60,0 |
| | Org. Subst. % | 83,4 | 9,9 | 8,2 | 22,9 | 19,8 | 19,4 | 21,3 |

Abb. 22 Länge, Breite und Blattform der Rosettenblätter im Freiland / Daten Tab. 23 / Tab. 24 / Tab. 25/ Tab. 149

Länge, Breite und Blattform der Rosettenblätter im Freiland 1997

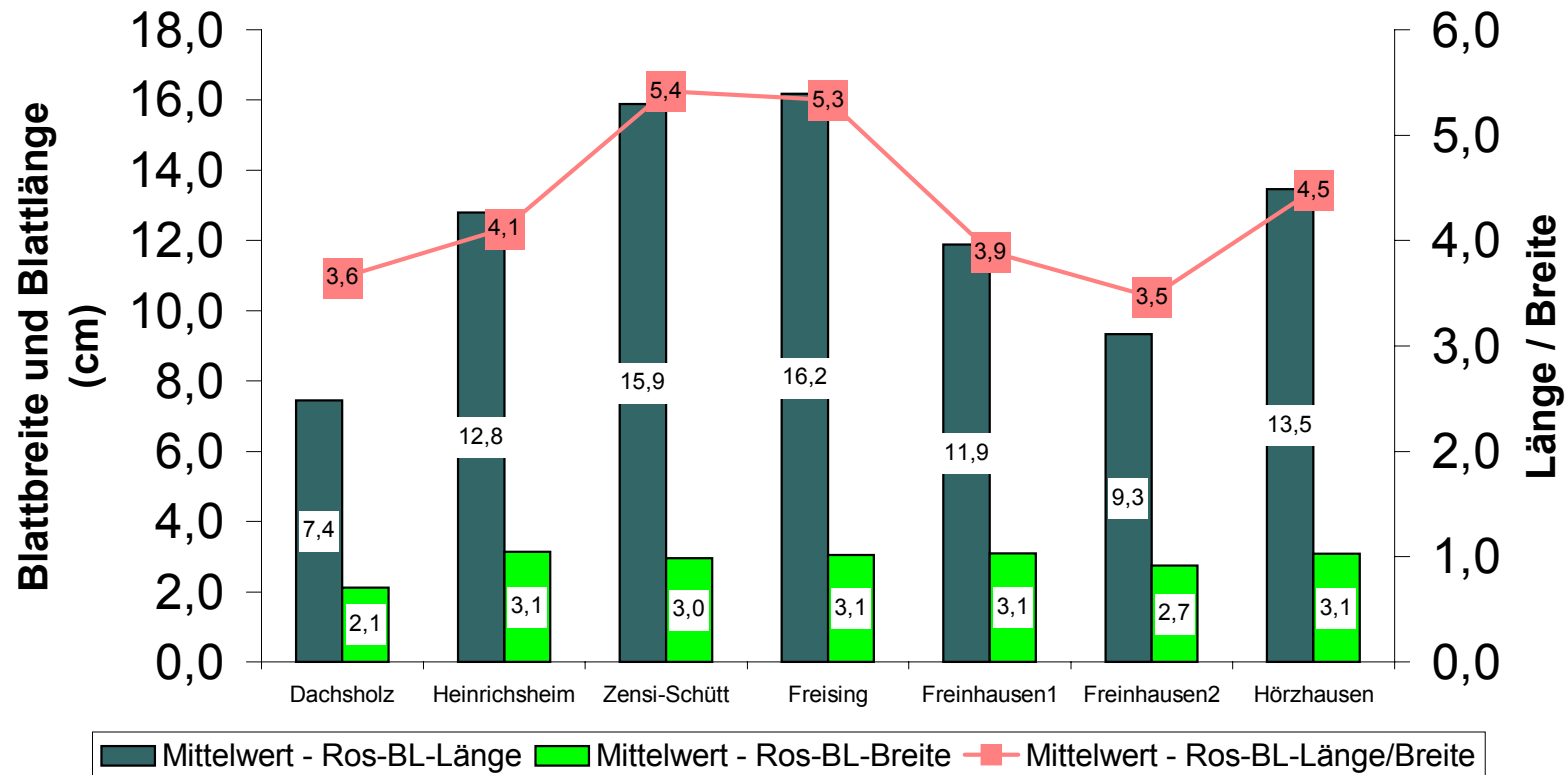


Abb. 23 Entwicklung der Sprosshöhen im Freiland

Entwicklung der Sprosshöhen im Freiland 1997

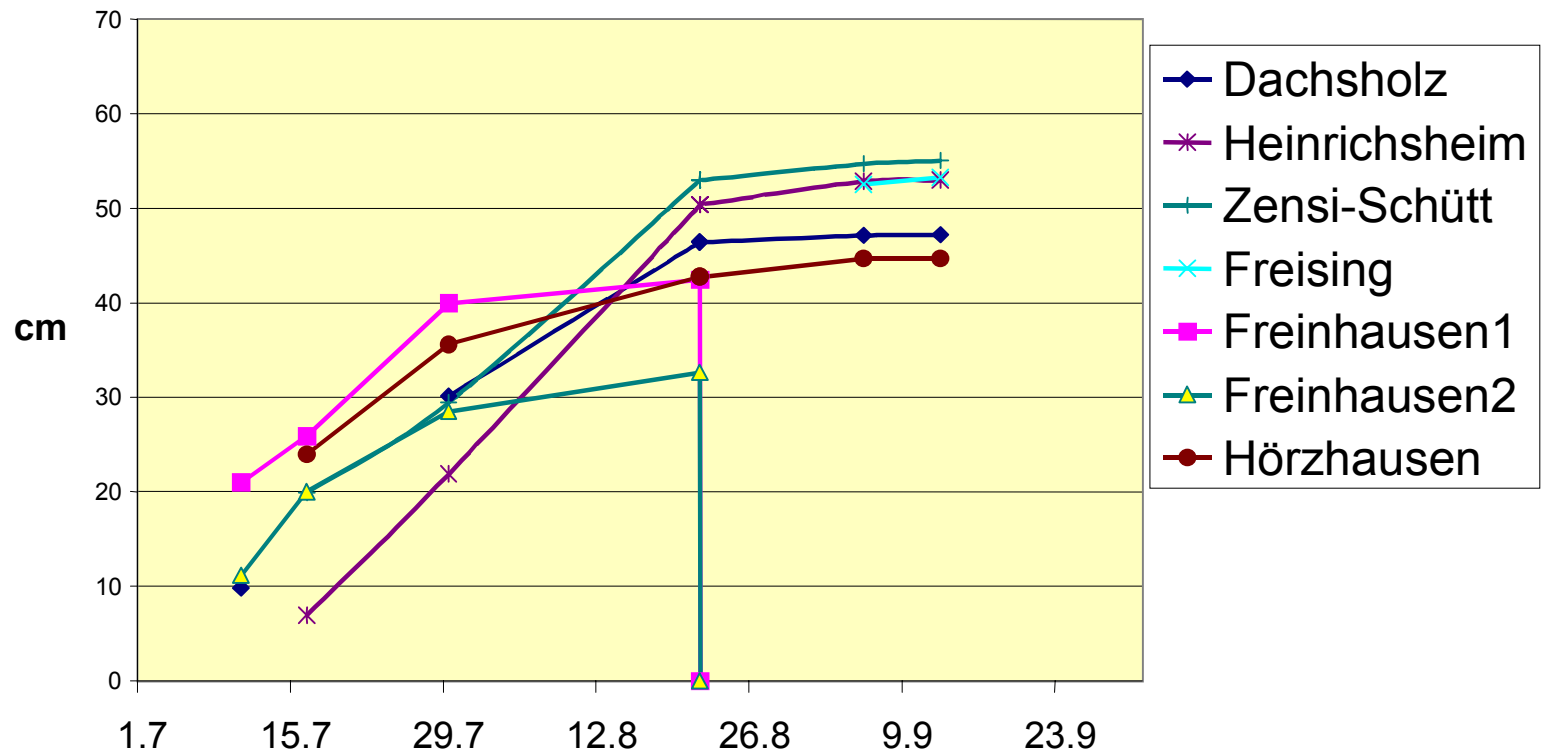
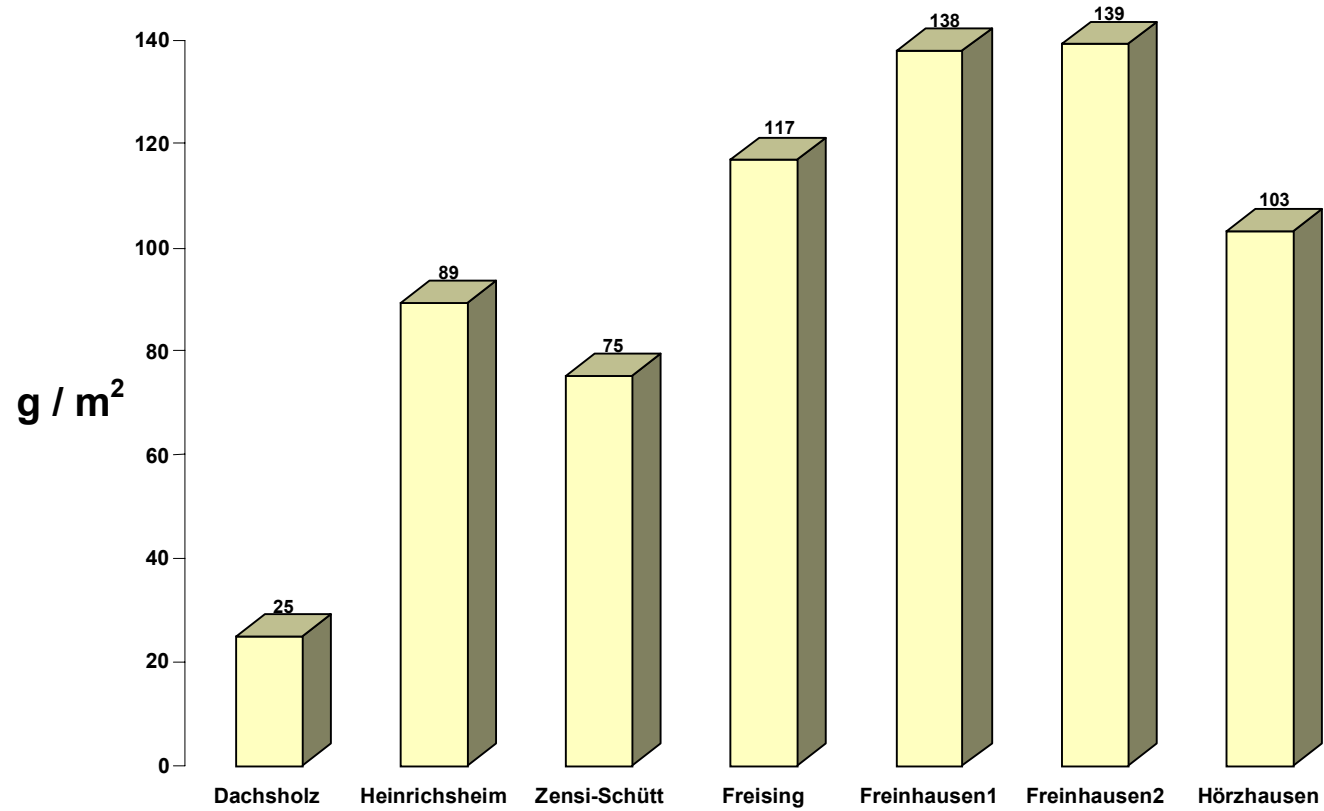


Abb. 24 Biomasse im Freiland 1998 / Daten Tab. 17 / Text 57 / Methode S. 34 / Biomasse im Gewächshaus Abb. 55; Abb. 56

Biomasse an den einzelnen Standorten (Trockenmasse oberirdisch)



Blüte im Freiland

Abb. 25 Blühverlauf im Freiland 1997 / Daten Tab. 18

Blühverlauf - Anteil blühender Pflanzen bei den Populationen im Freiland 1997

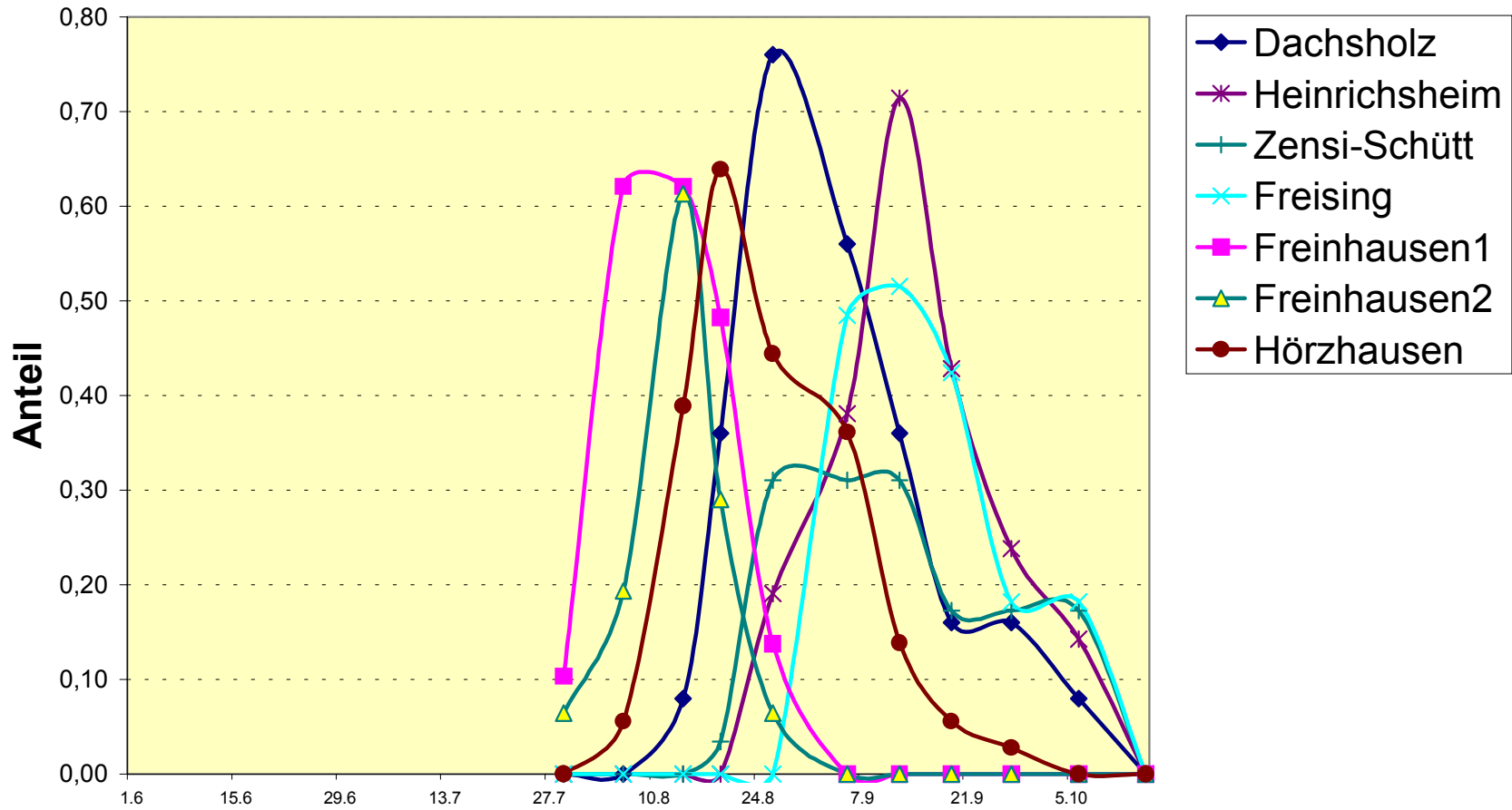


Abb. 26 Maximale Blühleistung (maximale Zahl blühender Blütenstände pro Pflanze) / Daten Tab. 19 / Text S. 62

Maximale Blühleistung - Mittlere Zahl blühender Blütenstände pro Pflanze im Freiland 1997

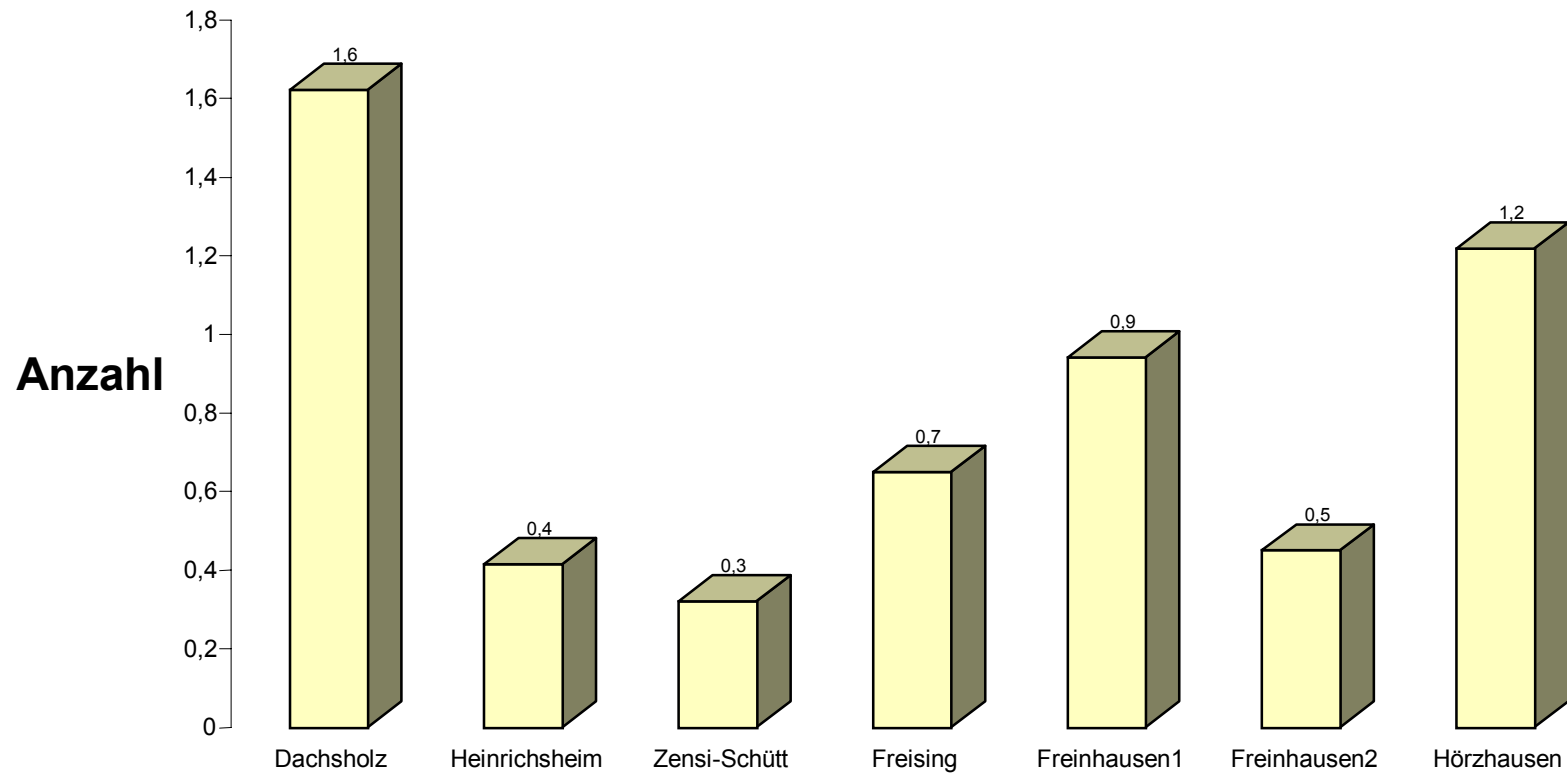
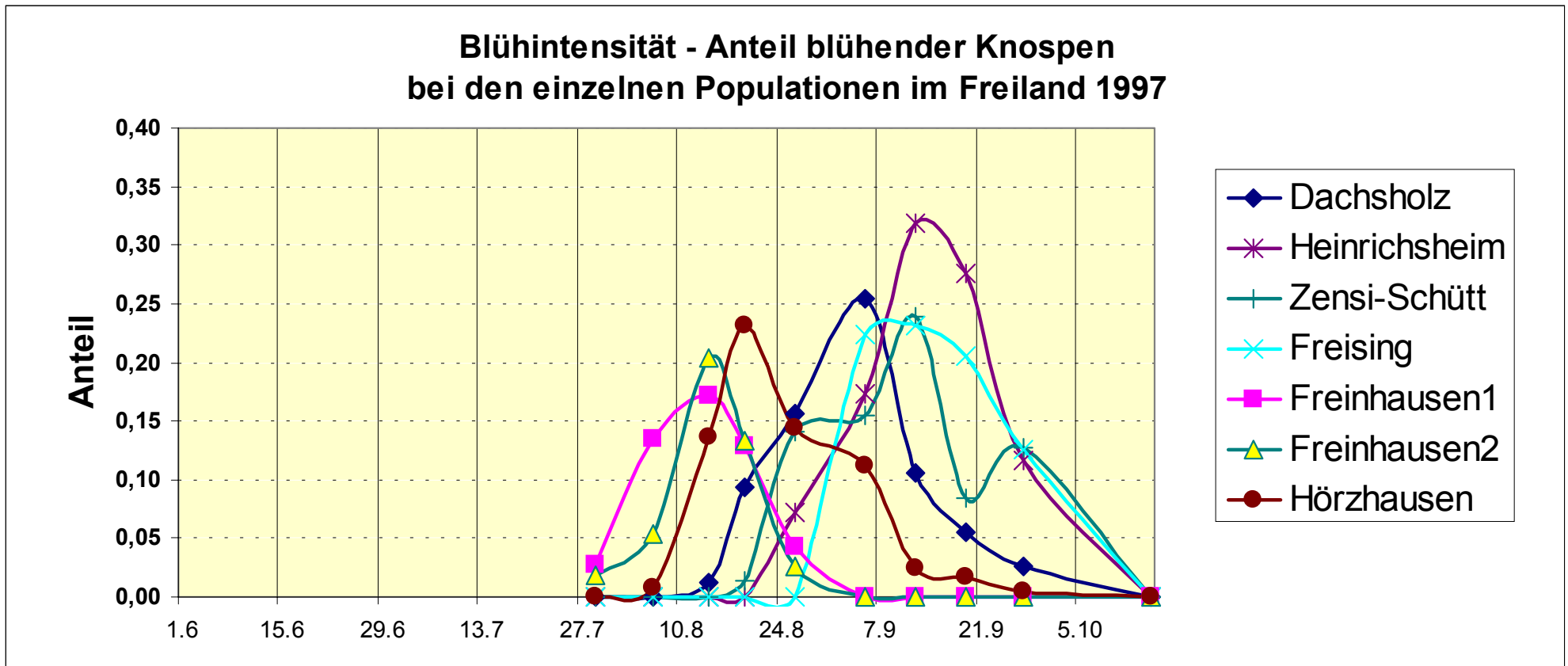


Abb. 27 Blühintensität (Anteil Blüten pro Anzahl Knospen) im Freiland 1997 / Daten Tab. 20 / Text S. 62



Tab. 18 Blühverlauf (Anteil blühender Pflanzen) im Freiland als Grundlage für Abb. 25

| ORT | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|----------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| 29.7.97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,06 | 0,00 |
| 6.8.97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 0,19 | 0,06 |
| 14.8.97 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 0,61 | 0,39 |
| 19.8.97 | 0,36 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,48 | 0,29 | 0,64 |
| 26.8.97 | 0,76 | 0,19 | 0,31 | 0,00 | 0,14 | 0,06 | 0,44 |
| 5.9.97 | 0,56 | 0,38 | 0,31 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |
| 12.9.97 | 0,36 | 0,71 | 0,31 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 19.9.97 | 0,16 | 0,43 | 0,17 | 0,42 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| 27.9.97 | 0,16 | 0,24 | 0,17 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 6.10.97 | 0,08 | 0,14 | 0,17 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15.10.97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tab. 19 Maximal erreichte Blühleistung (mittlere Zahl Blüten pro Pflanze) der Populationen an den Standorten als Grundlage für Abb. 26

| DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| 1,62 | 0,42 | 0,32 | 0,65 | 0,94 | 0,45 | 1,22 |

Statistiken zu den gemessenen Parametern im FreilandTab.21 **Anteil an austreibenden Pflanzen im Freiland**

| Austreibend | Dachsholz | Freinhausen1 | Freinhausen2 | Freising | Heinrichsheim | Hörzhausen | Zensi-Schütt |
|---------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| ja | 31 | 47 | 31 | 33 | 39 | 45 | 40 |
| nein | 7 | 10 | 20 | 7 | 14 | 1 | 13 |
| austreibend % | 82 | 82 | 61 | 83 | 74 | 98 | 75 |

Tab. 22 **Statistik zum Anteil austreibender Pflanzen im Freiland / Daten Tab.21****Paarweiser G-Test zum Vergleich der Häufigkeiten**

| % | ORT | | | | | | |
|----|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 61 | Freinhausen2 | - | - | - | - | - | - |
| 74 | Heinrichsheim | - | - | - | - | - | |
| 75 | Zensi-Schütt | - | - | - | - | | |
| 82 | Dachsholz | - | - | - | | | * |
| 82 | Freinhausen1 | - | - | | | | * |
| 83 | Freising | - | | | | | * |
| 98 | Hörzhausen | * | * | * | * | * | * |

Tab. 23 Statistik Länge der Rosettenblätter im Freiland / Daten Tab. 149

Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test

| MITTELWERT | ORT | | | | | | |
|------------|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 7,44737 | Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| 9,33864 | Freinhausen2 | - | - | - | - | + | |
| 11,8824 | Freinhausen1 | - | - | - | + | * | * |
| 12,8070 | Heinrichsheim | - | - | + | | * | * |
| 13,8932 | Hörzhausen | - | + | | | * | * |
| 15,8885 | Zensi-Schütt | + | | * | * | * | * |
| 16,5125 | Freising | | * | * | * | * | * |

Tab. 24 Statistik Breite der Rosettenblätter im Freiland / Daten Tab. 149

Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test

| MITTELWERT | ORT | | | | | | |
|------------|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 2,11316 | Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| 2,74545 | Freinhausen2 | - | - | - | - | + | * |
| 2,95366 | Zensi-Schütt | - | - | - | + | | * |
| 3,09412 | Freinhausen1 | - | - | + | | | * |
| 3,14651 | Heinrichsheim | - | + | | | | * |
| 3,20250 | Freising | + | | | | * | * |
| 3,21364 | Hörzhausen | | | | | * | * |

Tab. 25 Statistik Rosettenblätter Länge / Breite im Freiland / Daten Tab. 149

Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test

| MITTELWERT | ORT | | | | | | |
|------------|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 3,46318 | Freinhausen2 | - | - | - | - | - | + |
| 3,64763 | Dachsholz | - | - | - | - | + | |
| 3,89294 | Freinhausen1 | - | - | - | + | | |
| 4,11605 | Heinrichsheim | - | - | + | | | * |
| 4,48167 | Hörzhausen | - | + | | | * | * |
| 5,33447 | Freising | + | * | * | * | * | * |
| 5,41561 | Zensi-Schütt | | * | * | * | * | * |

Tab. 26 Statistik Höhe der Sprosse im Freiland / Daten Tab. 149

Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test

| MITTELWERT | ORT | | | | | | |
|------------|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 32,6097 | Freinhausen2 | - | - | - | - | - | + |
| 42,4727 | Freinhausen1 | - | - | - | - | + | |
| 44,6909 | Hörzhausen | - | - | - | + | | * |
| 47,1867 | Dachsholz | - | - | + | | | * |
| 53,0048 | Heinrichsheim | - | + | | | | * |
| 53,2606 | Freising | + | | | | * | * |
| 55,0621 | Zensi-Schütt | | | | | * | * |

Tab. 27 Statistik zum mittleren Samengewicht im Freiland / Daten Tab. 150

Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test

| MITTEL | ORT | | | | | | |
|--------|---------------|---|---|---|---|---|---|
| 1,16 | Freising | - | - | - | - | - | - |
| 1,21 | Heinrichsheim | - | - | - | - | - | |
| 1,21 | Hörzhausen | - | - | - | - | | |
| 1,35 | Zensi-Schütt | - | - | - | | | |
| 1,54 | Freinhausen2 | - | - | | | | * |
| 1,64 | Freinhausen1 | - | | | * | * | * |
| 1,76 | Dachsholz | | | | * | * | * |

Tab. 28 Korrelation von Standortparametern und gemessenen phänotypischen Merkmalen im Freiland / Regressionen Abb. 30 ff.

Zell-Einträge: Korrelationskoeffizient / Gültige Fälle / Einseitige Signifikanz [linear, Pearson]

| Merkmal | pH- Wert | N ges. % | Org. Subst. % | Phosphat / P ₂ O ₅ (mg/kg) | Kali / K ₂ O (mg/kg) | Biomasse (t/ha) | Populationsgröße als 1/N |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|---------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Samengewicht | 0,06462 7 | 0,63385 7 | 0,64849 7 | 0,53941 7 | -0,73603 7 | -0,24099 7 | -0,85339 7 |
| | 0,44525 | 0,06318 | 0,05756 | 0,10572 | 0,02964 | 0,30132 | 0,00729 |
| Blattlänge Freiland | 0,13223 7 | -0,66024 7 | -0,68453 7 | -0,43796 7 | 0,92922 7 | 0,27452 7 | 0,72957 7 |
| | 0,38873 | 0,05325 | 0,04489 | 0,16284 | 0,00123 | 0,27566 | 0,03137 |
| Blattbreite Freiland | 0,04142 7 | -0,83957 7 | -0,86668 7 | -0,1665 7 | 0,72099 7 | 0,66469 7 | 0,58494 7 |
| | 0,46486 | 0,00906 | 0,00579 | 0,36061 | 0,03374 | 0,05166 | 0,08386 |
| Blattform Freiland | 0,13166 7 | -0,39858 7 | -0,41768 7 | -0,51859 7 | 0,87685 7 | -0,03349 7 | 0,68185 7 |
| | 0,3892 | 0,18789 | 0,17555 | 0,11652 | 0,00477 | 0,47158 | 0,04577 |
| Höhe Freiland | 0,25303 7 | -0,12483 7 | -0,09406 7 | -0,894 7 | 0,42433 7 | -0,48432 7 | 0,65147 7 |
| | 0,29202 | 0,39485 | 0,4205 | 0,00331 | 0,17134 | 0,13536 | 0,05645 |
| Blühleistung | -0,61925 7 | 0,84041 7 | 0,82913 7 | 0,09439 7 | -0,43313 7 | -0,47792 7 | -0,22102 7 |
| | 0,06904 | 0,00894 | 0,01054 | 0,42023 | 0,16583 | 0,13901 | 0,31693 |
| Austreibende % | -0,67929 7 | 0,2098 7 | 0,18488 7 | -0,30049 7 | 0,27142 7 | -0,19715 7 | 0,49088 7 |
| | 0,04663 | 0,3258 | 0,34573 | 0,25628 | 0,27799 | 0,33588 | 0,13165 |

Abb. 28 Regression von mittlerem Samengewicht im Freiland und Kali- Gehalt des Bodens / Daten Tab. 27 und Tab. 17

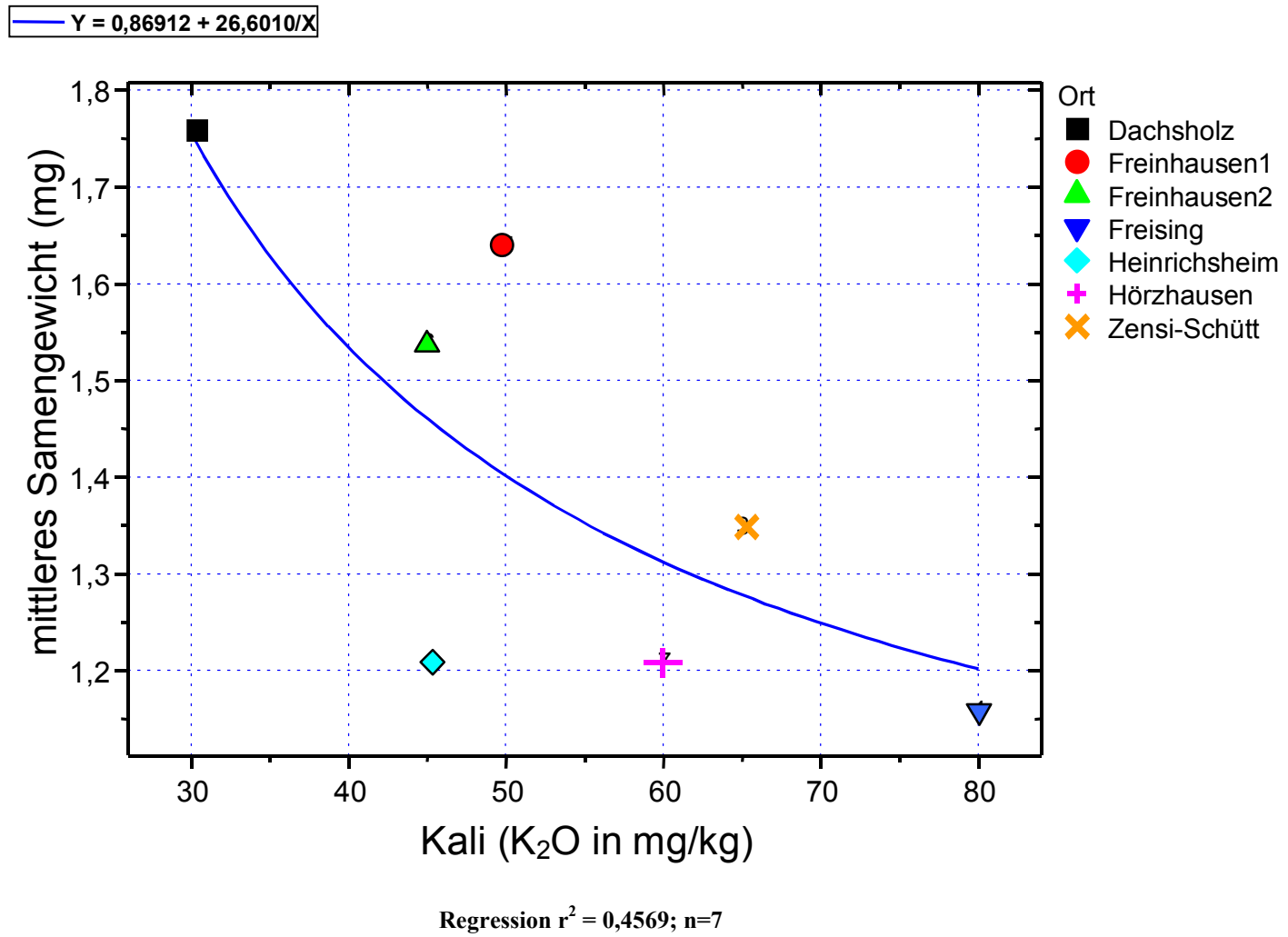
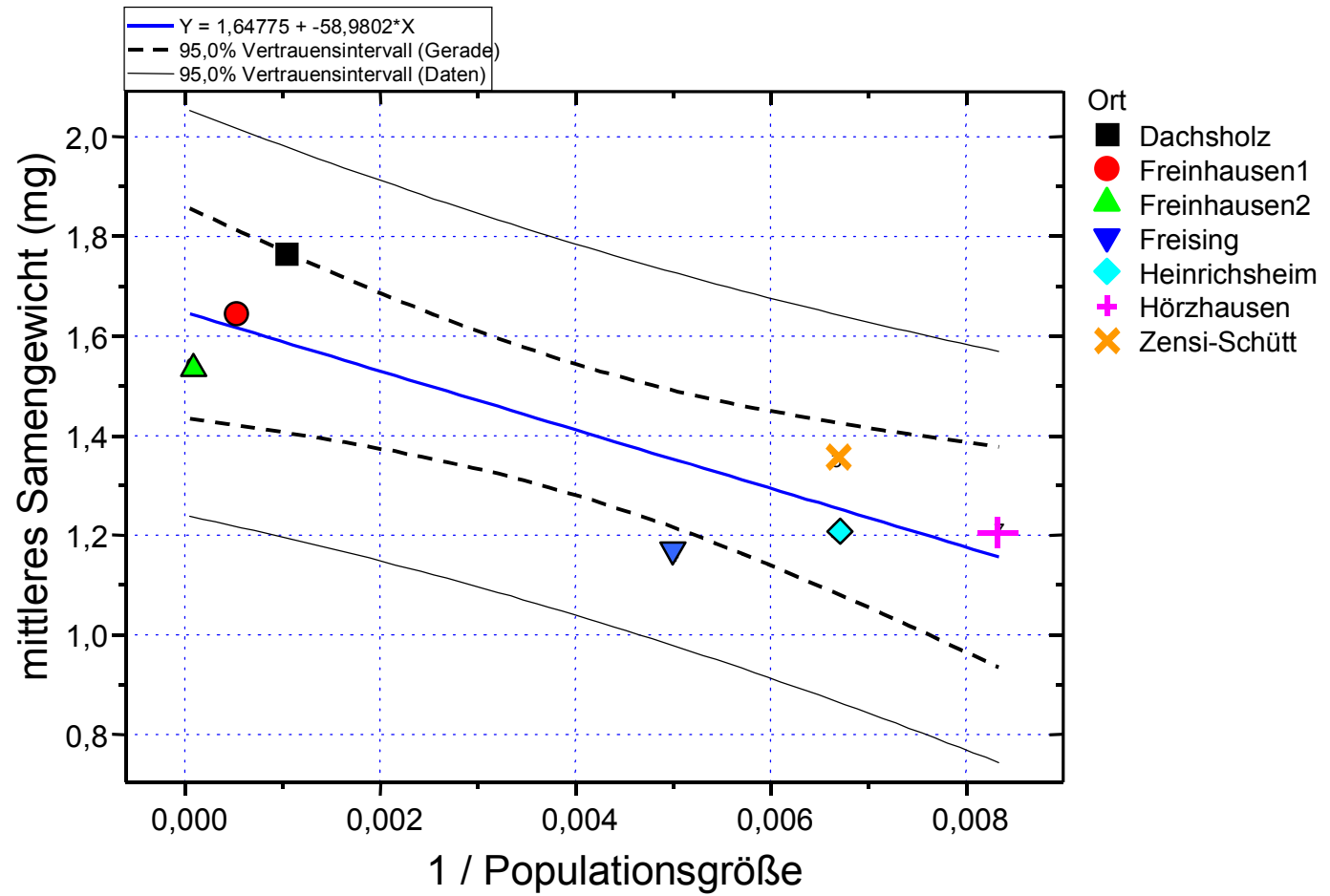
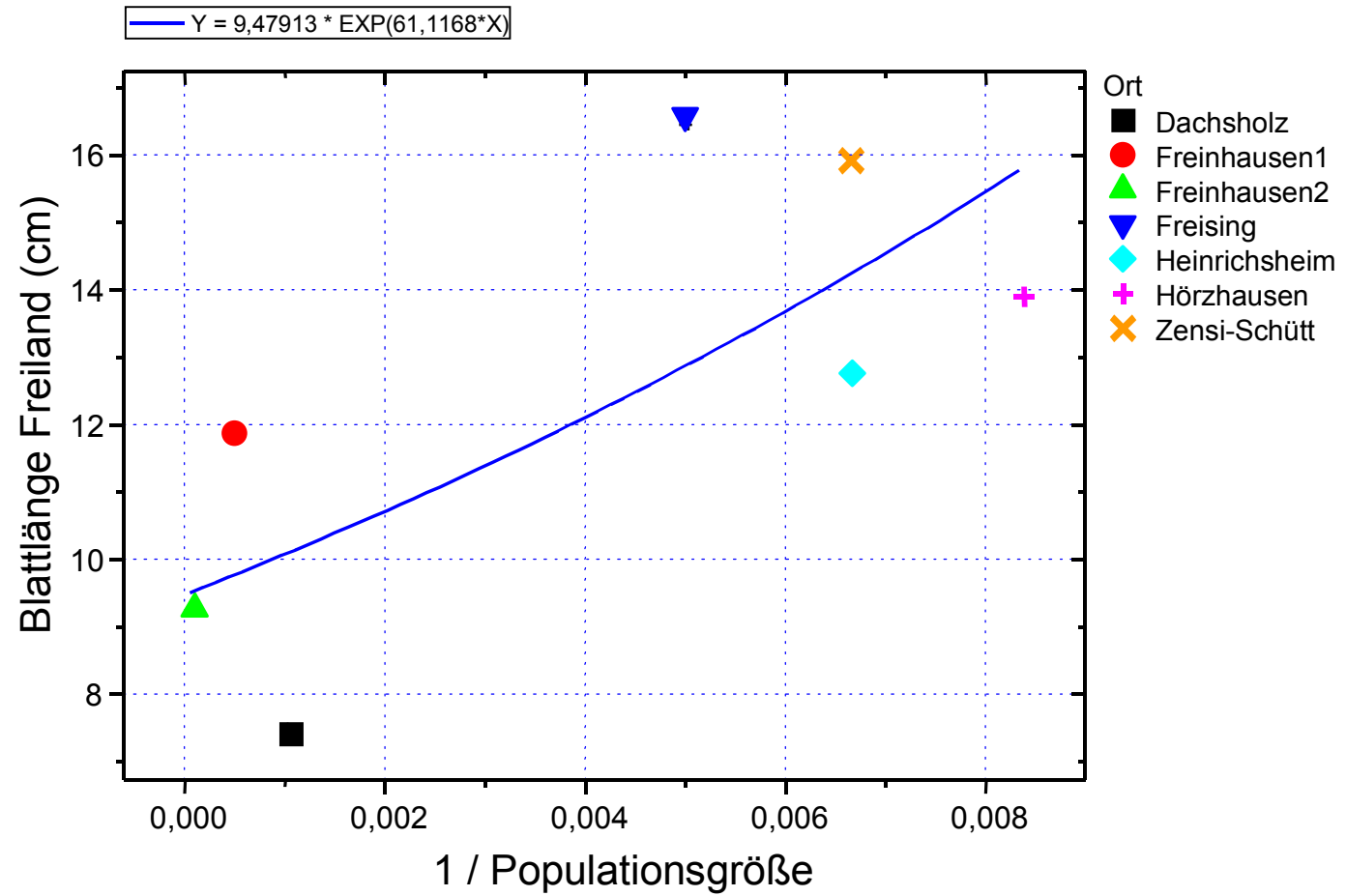


Abb. 29 Regression von mittlerem Samengewicht im Freiland und Populationsgröße N / Daten Tab. 27 und Tab. 3



lineare Regression von mittlerem Samengewicht und Populationsgröße linearisiert als 1/N: $r^2=0,7296$; $n=7$; $p=0,0144$

Abb. 30 Regression von Blattlänge im Freiland und Populationsgröße / Daten Tab. 17 und Tab. 23



$r^2=0,5334$; $n=7$

Abb. 31 Regression von Blattlänge im Freiland und Kali- Gehalt des Bodens / Daten Tab. 17 und Tab. 23

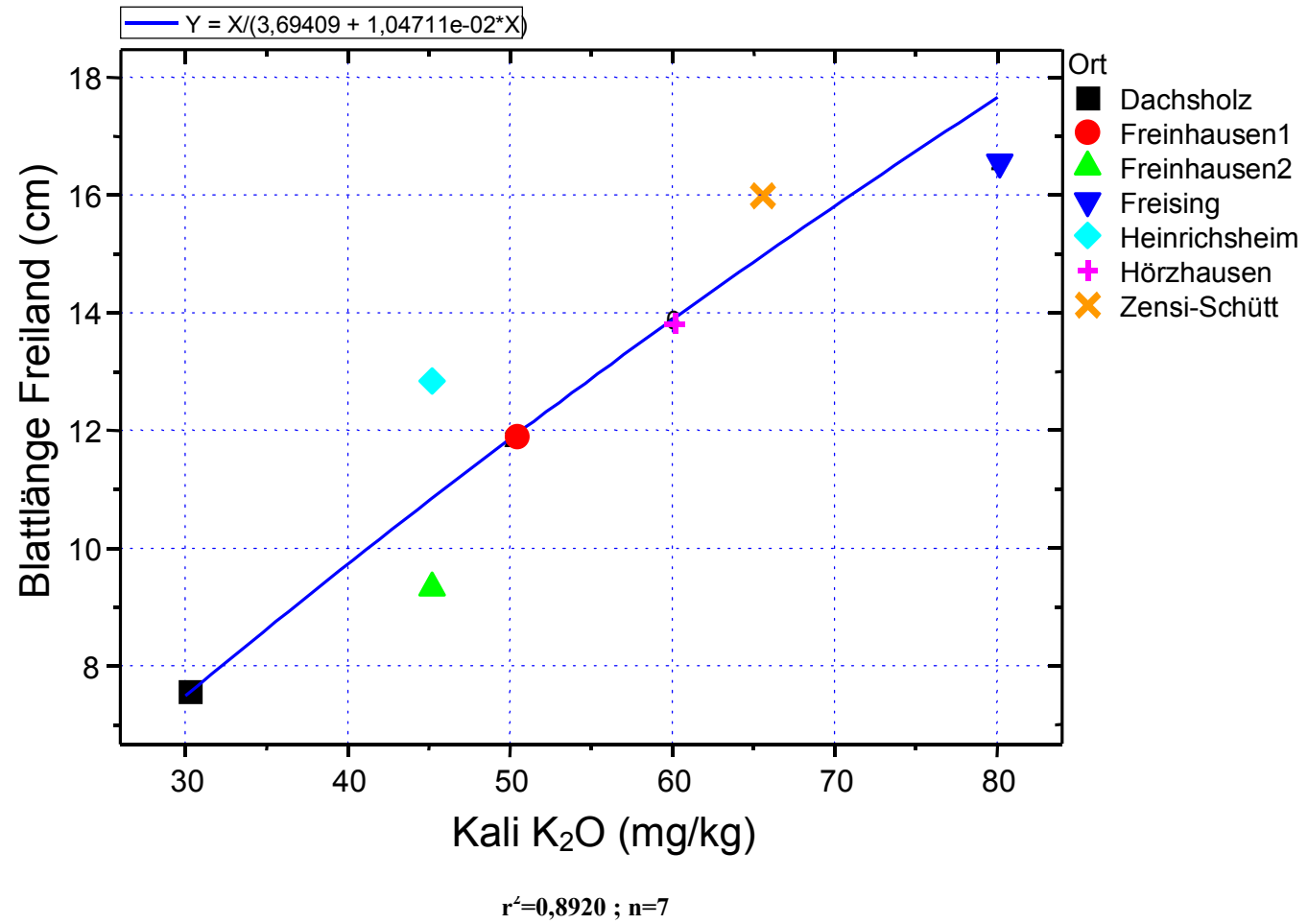


Abb. 32 Regression von Blattlänge im Freiland und Anteil organischer Substanz im Boden / Daten Tab. 17 und Tab. 23

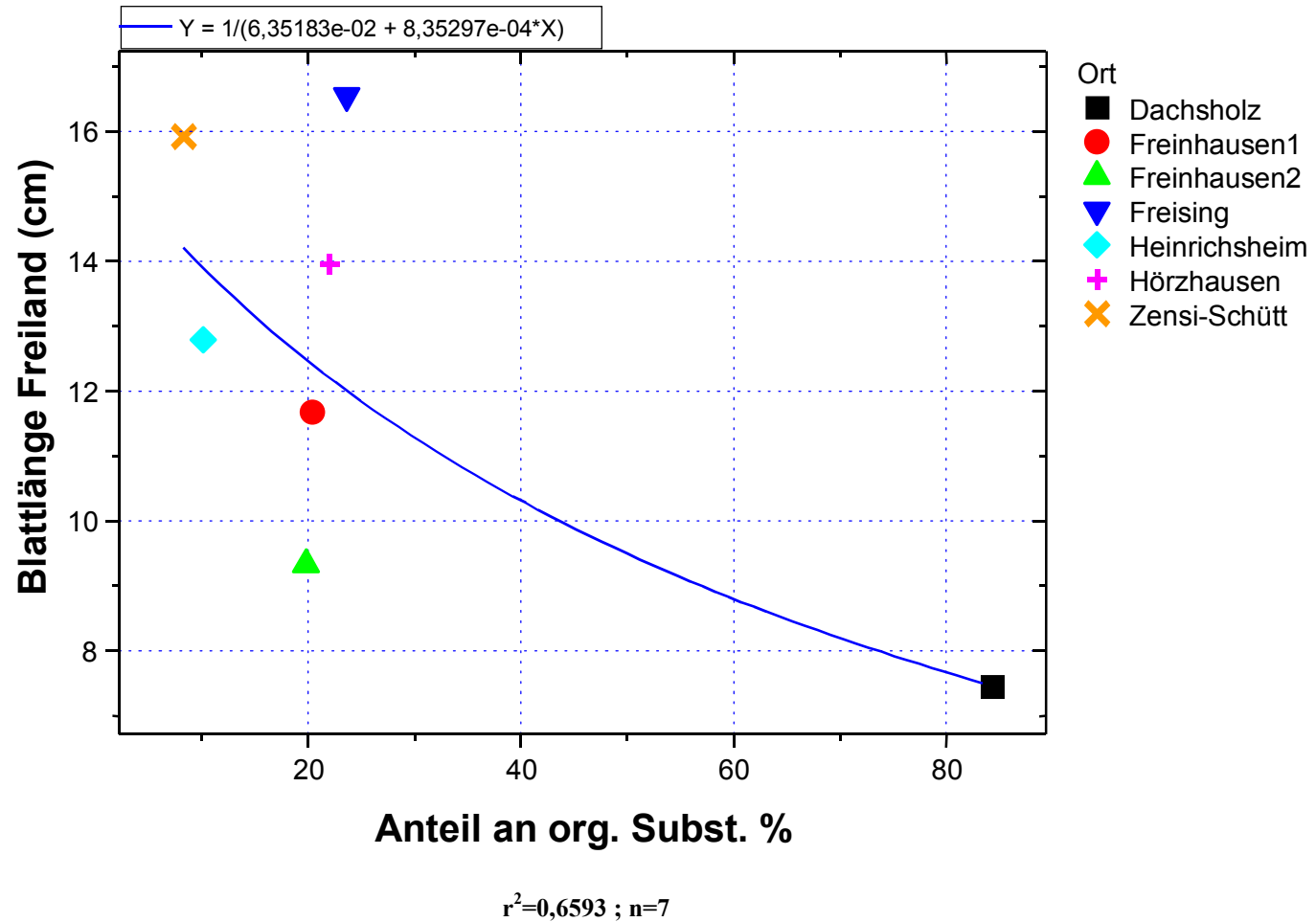
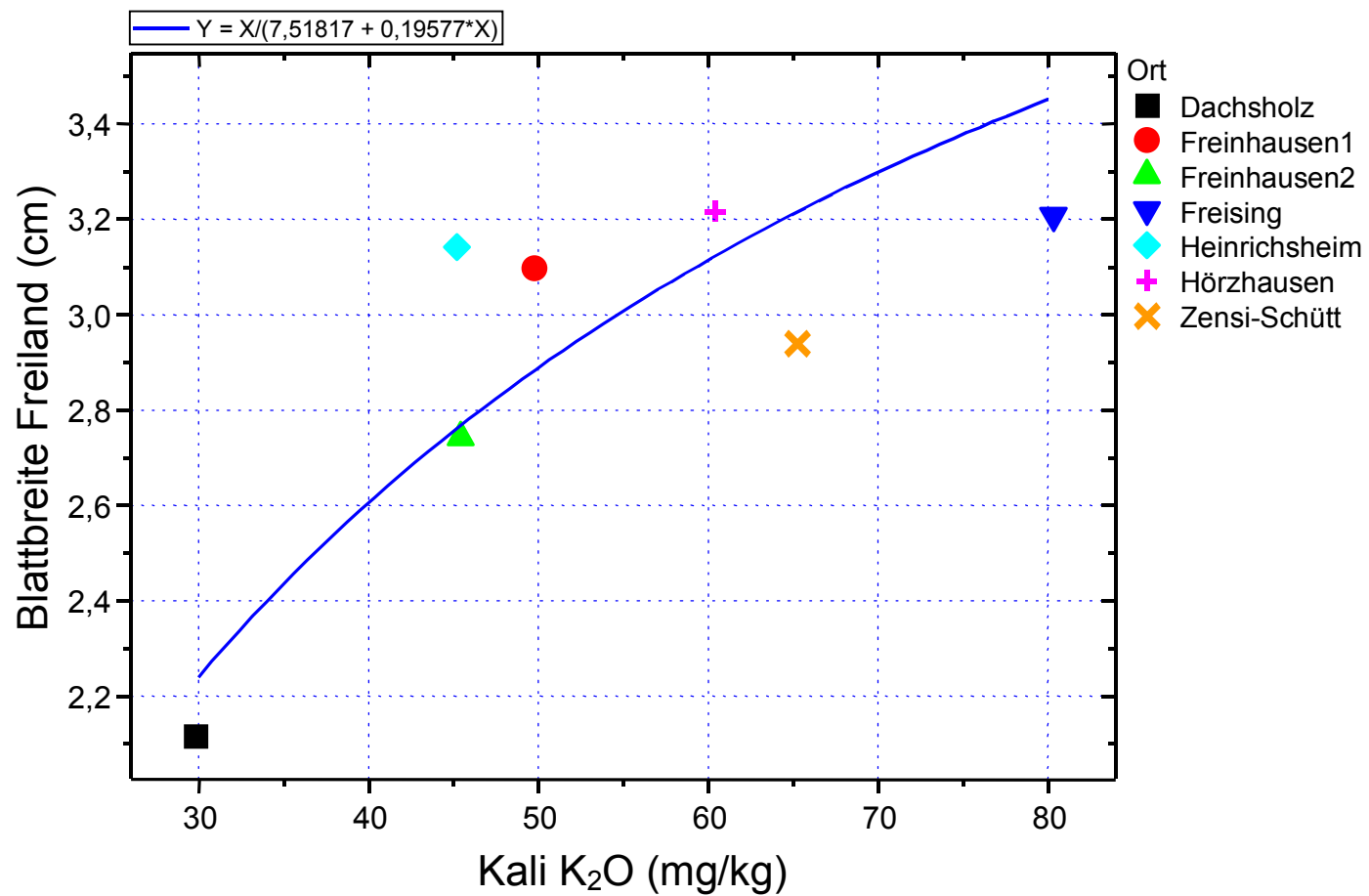


Abb. 33 Regression von Blattbreite im Freiland und Kali- Gehalt des Bodens / Daten Tab. 17 und Tab. 24



$r^2=0,7713$; $n=7$

Abb. 34 Regression von Blattbreite im Freiland und Stickstoff- Gehalten des Bodens / Daten Tab. 17 und Tab. 24

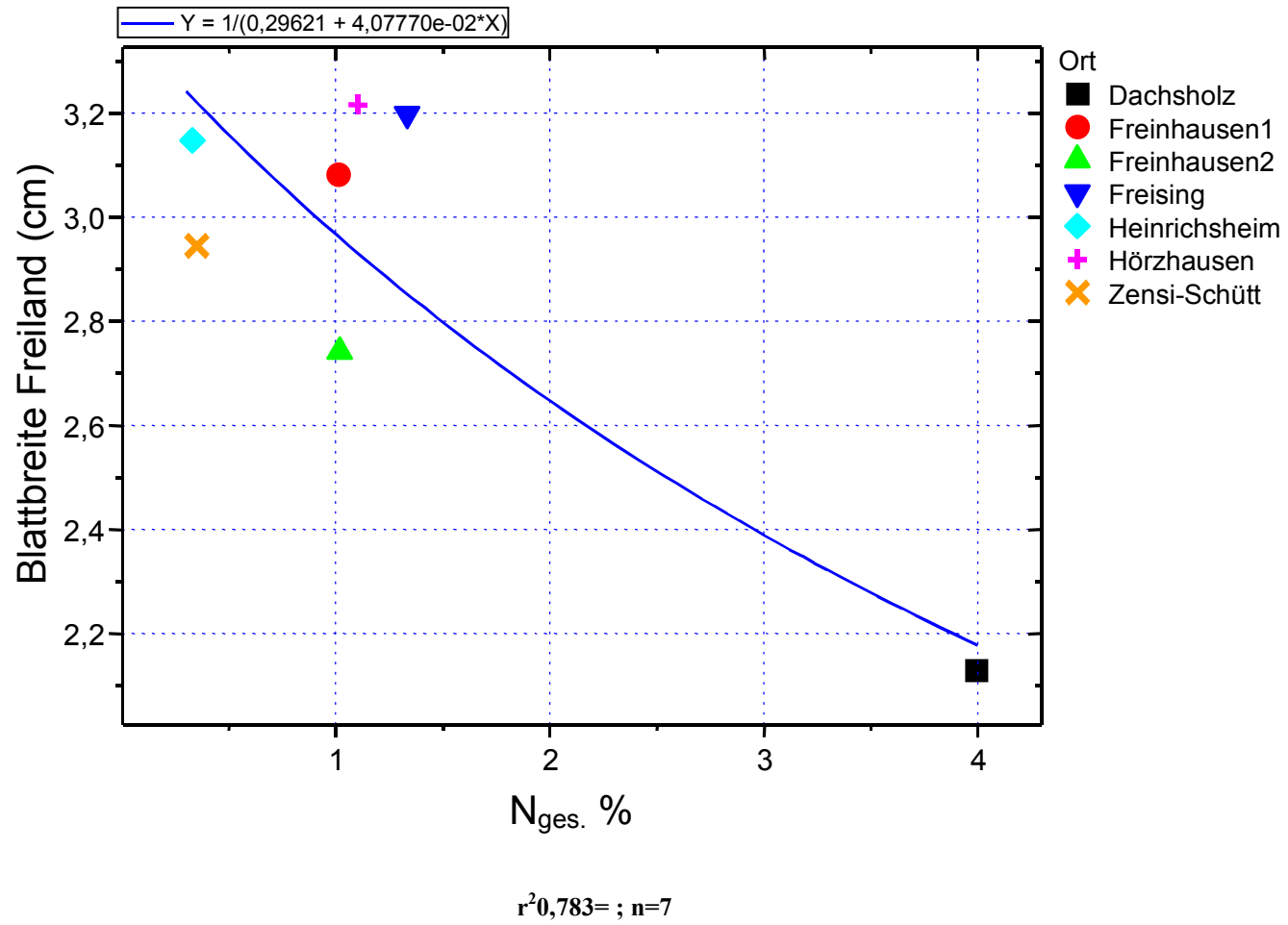


Abb. 35 Regression von Blattbreite im Freiland und Gehalt an organischer Substanz / Daten Tab. 17 und Tab. 24

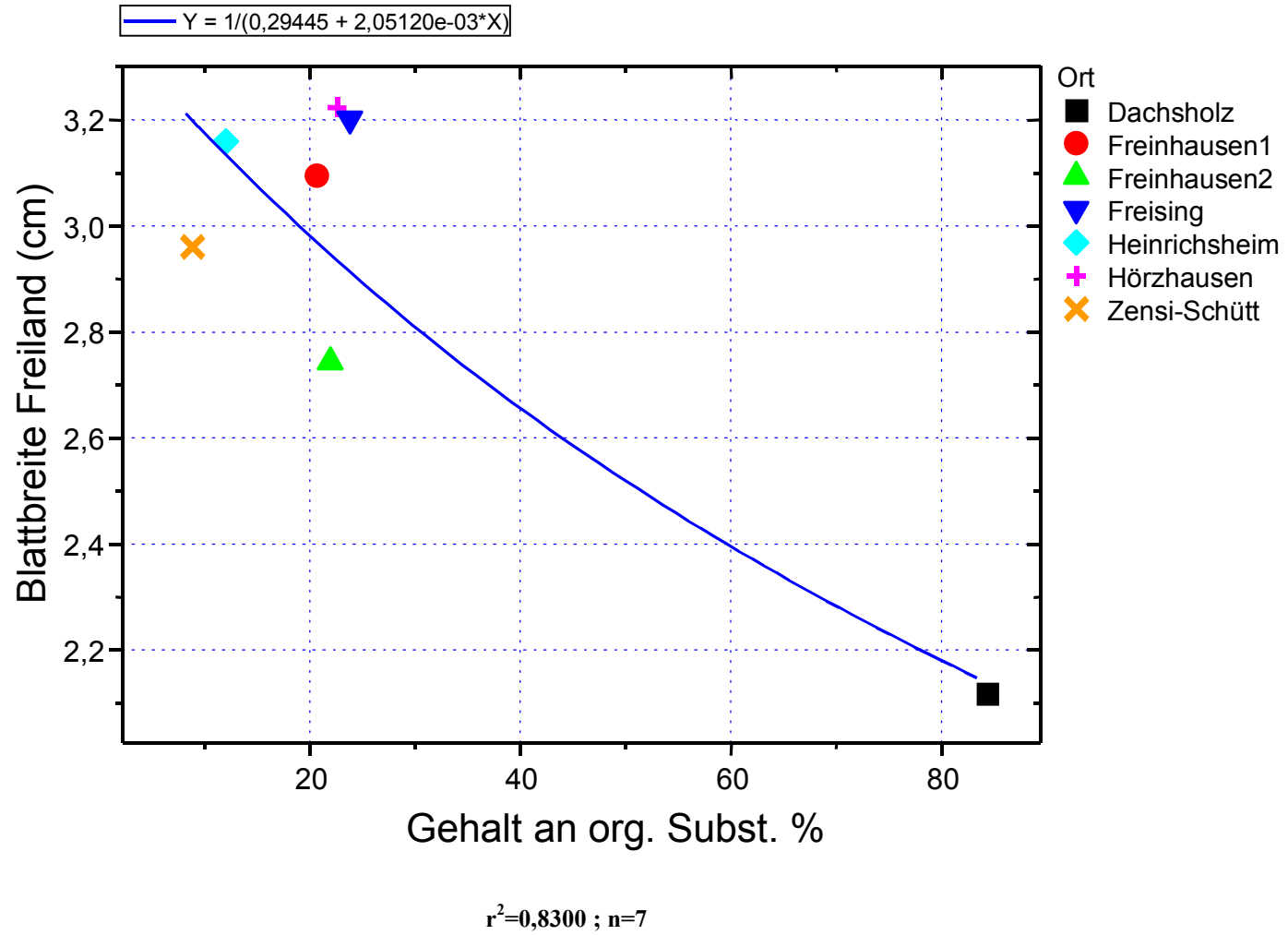


Abb. 36 Regression vom Anteil austreibender Pflanzen im Freiland und pH- Wert / Daten Tab. 17 und Tab. 22

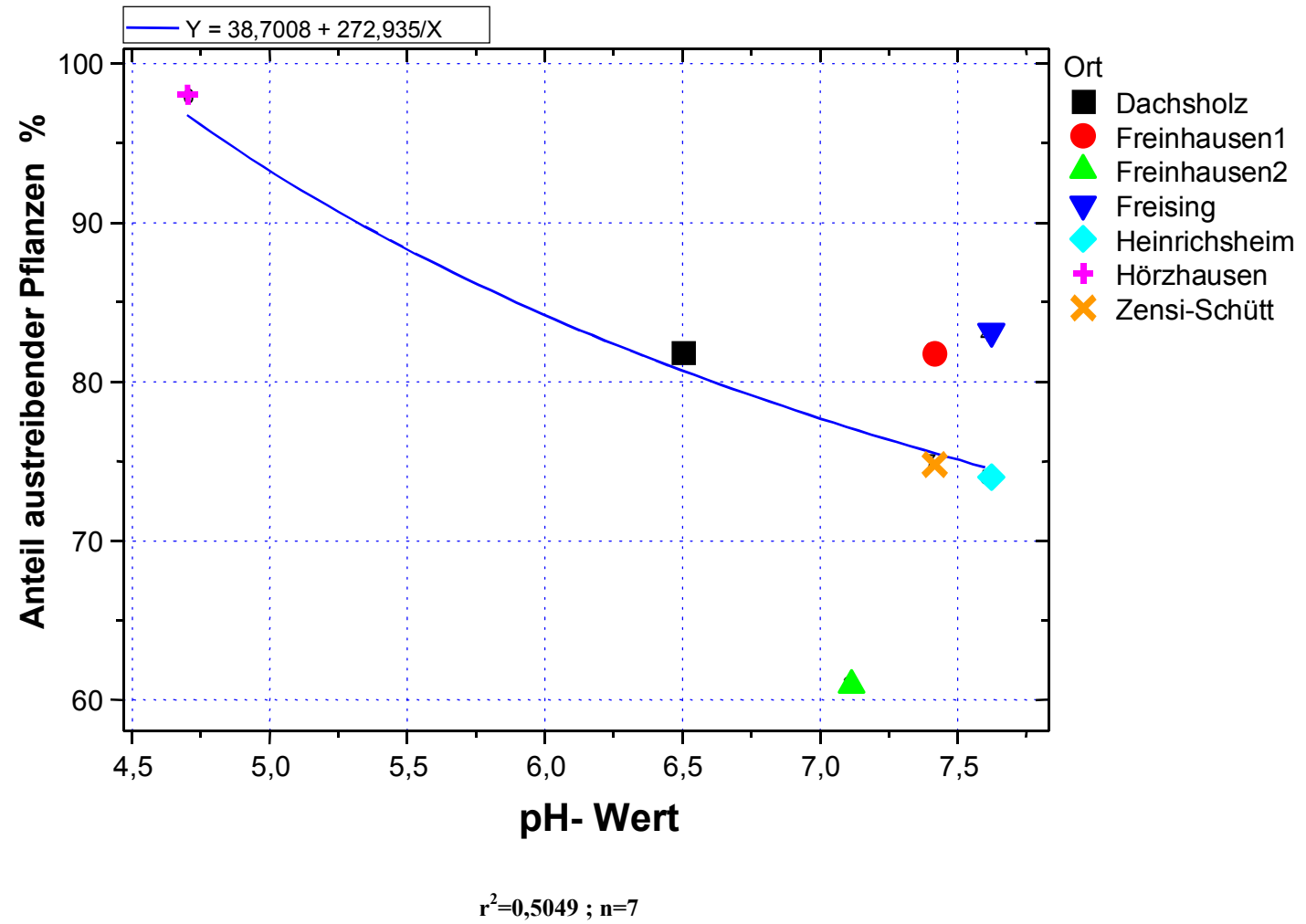


Abb. 37 Regression von Sprosshöhe im Freiland und Phosphatgehalt des Bodens / Daten Tab. 17 und Tab. 26

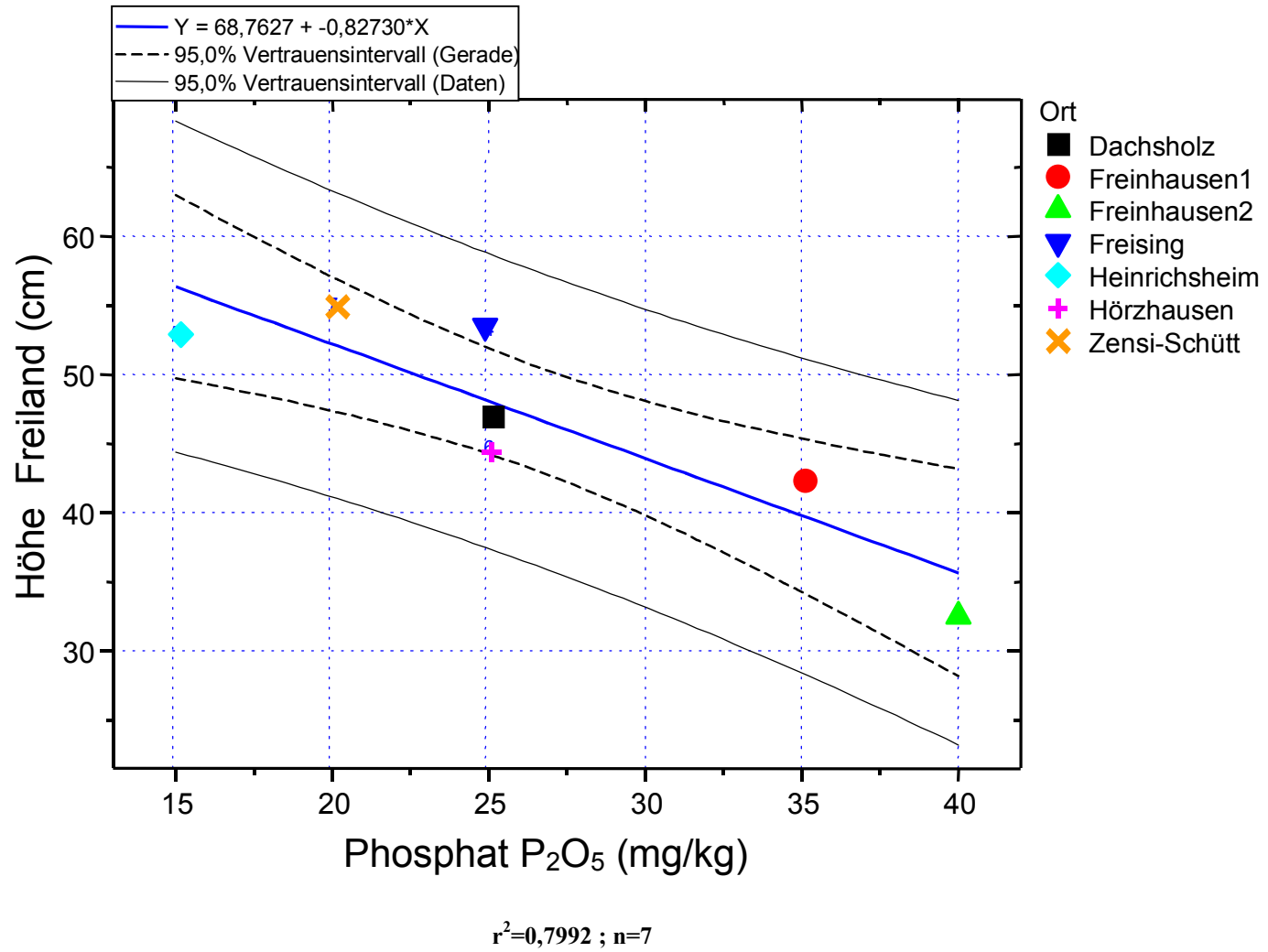
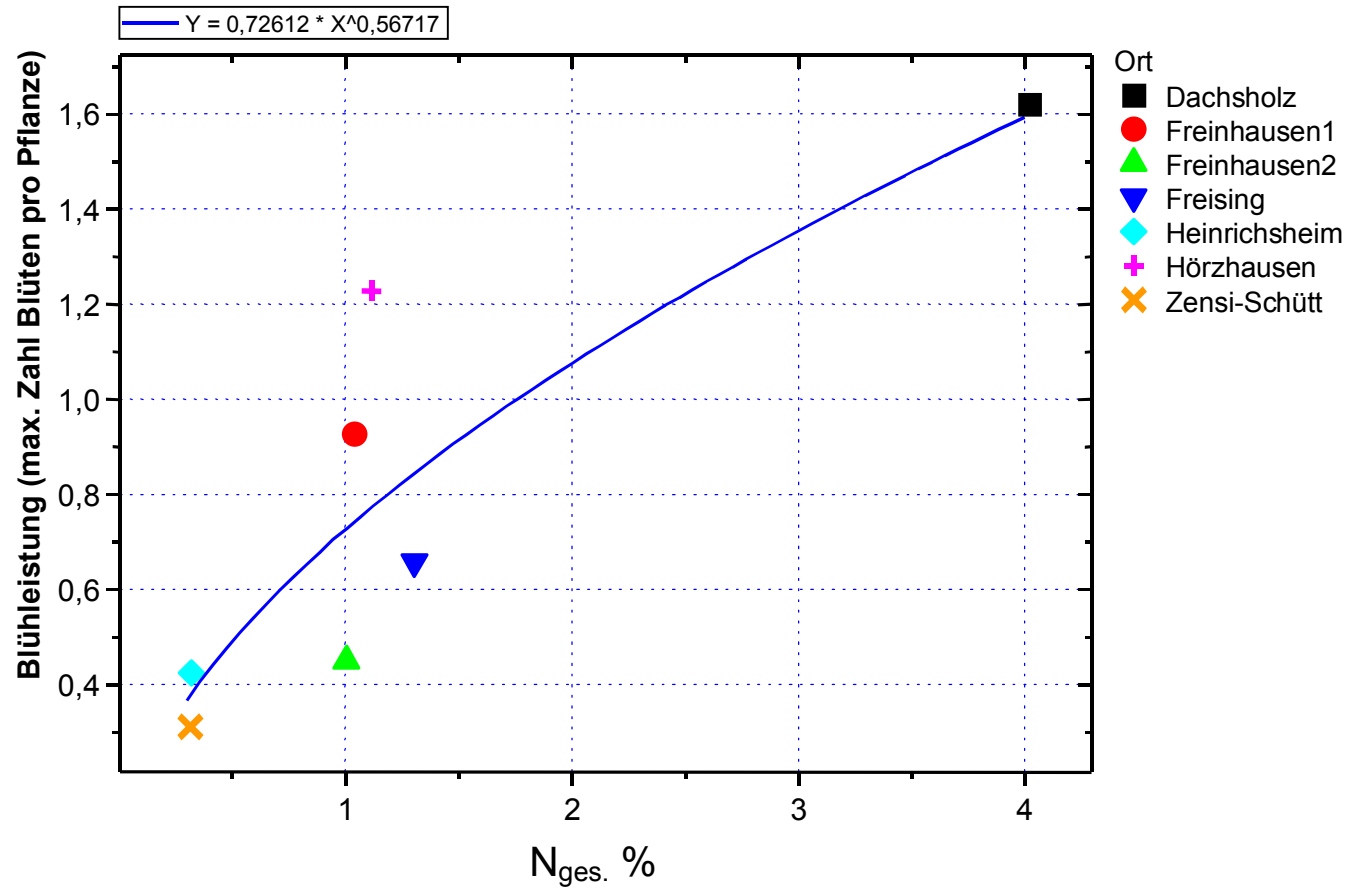
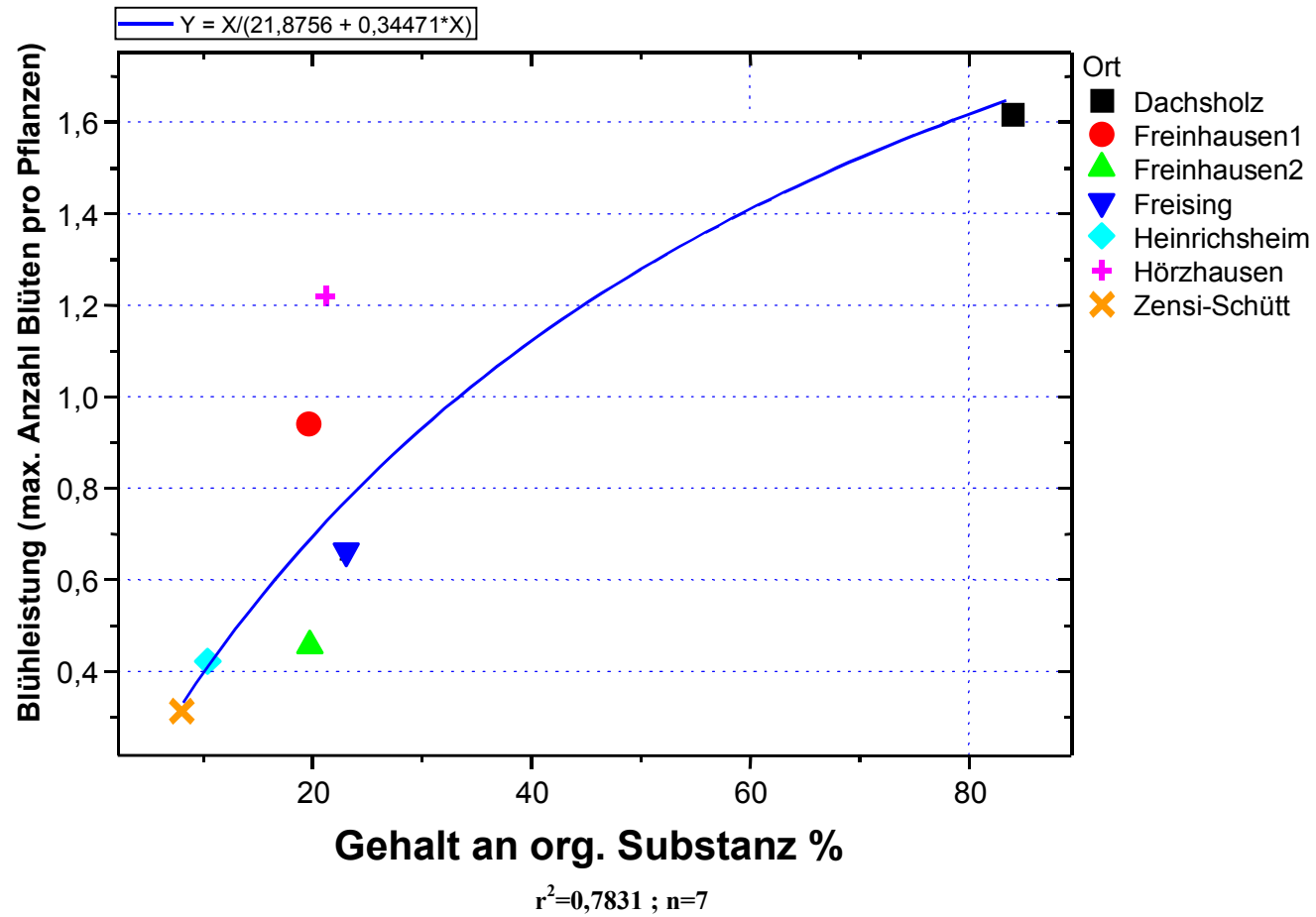


Abb. 38 Regression von maximaler Blühleistung (maximale Zahl Blüten pro Pflanze) im Freiland und Stickstoff- Gehalt des Bodens / Daten Tab. 17 und Tab. 19



$r^2=0,7163$; $n=7$

Abb. 39 Regression von maximaler Blühleistung (maximale Zahl Blüten pro Pflanze) im Freiland und Gehalt org. Substanz des Bodens / Daten Tab. 17 und Tab. 19



12.6 Untersuchungen im Gewächshaus

Tab.29 Daten zu den Gewächshausversuchen

| | |
|--------------------|---|
| Bewässerung | Teilentkalktes Wasser |
| Bewässerungssystem | Einzelbewässerung der Töpfe über Schläuche / "Tröpfchenbewässerung" |
| | Die Bewässerung wird optional über einen Tensiometerschalter oder per Zeitschaltuhr gesteuert |
| Dünger | <u>Flüssigdünger / Mairol Classic</u> 6% N, 4% P ₂ O ₅ , 5% K ₂ O daneben 0,02 % Bor, 0,002% Kobalt, 0,005% Kupfer, 0,13% Eisen (Chelat: EDTA), 0,02% Mangan, 0,01% Molybdän, 0,0002% Zink <u>Eisen Chelat- Dünger</u> |
| Behandlung | 1 Charge ohne Düngung (einmalig Eisen Chelat- Düngung) |
| | 1 Charge mit Volldüngung (während der Wachstumsphase zweimal monatlich 5 min.) |
| Substrat | TKS 1 als Ausgangssubstrat für die ungedüngte Variante |
| | TKS 2 als Ausgangssubstrat für die gedüngte Variante |

Abb. 40 Anordnung der Töpfe

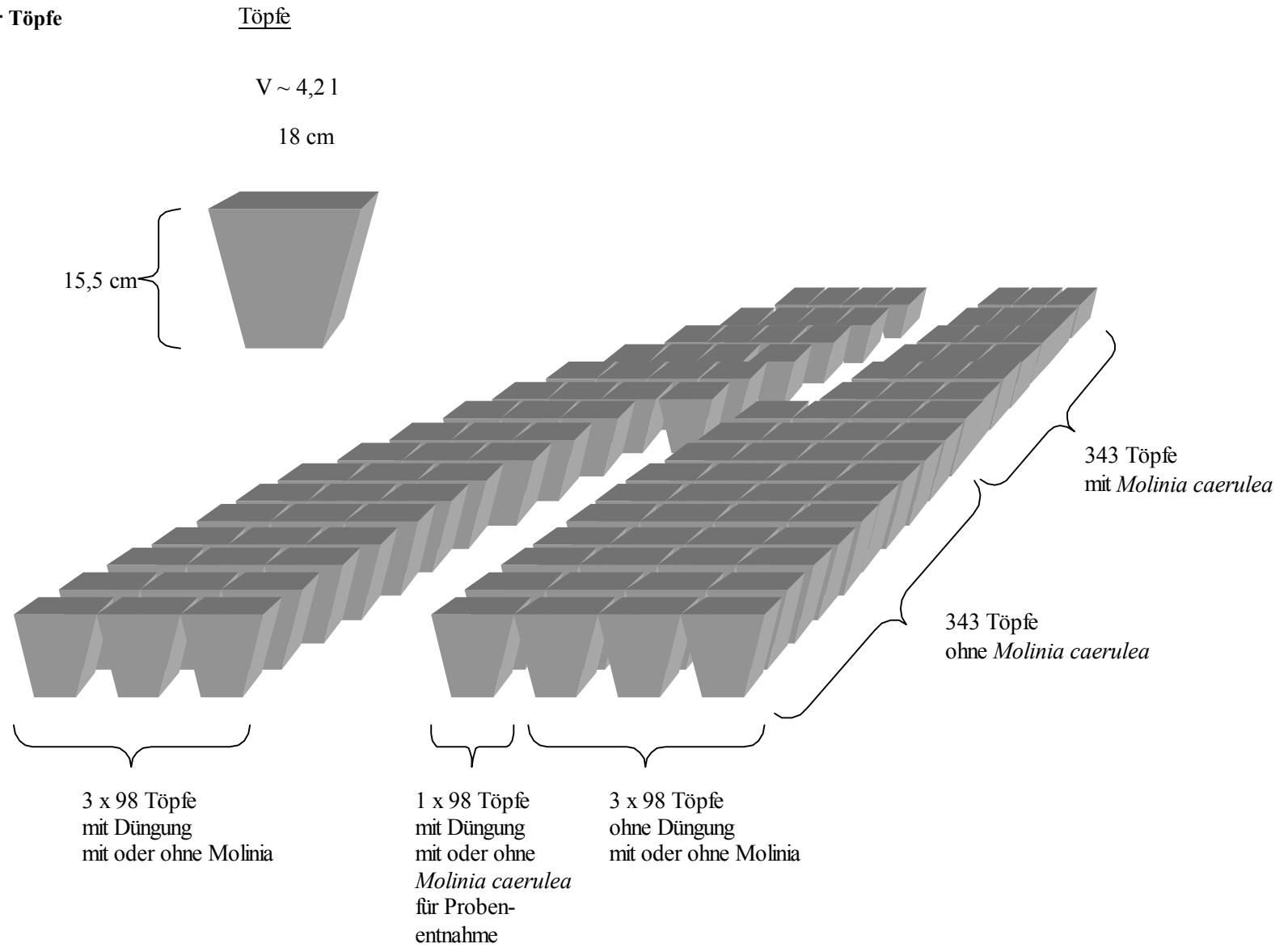


Abb. 41 Aufbau des Bewässerungssystems

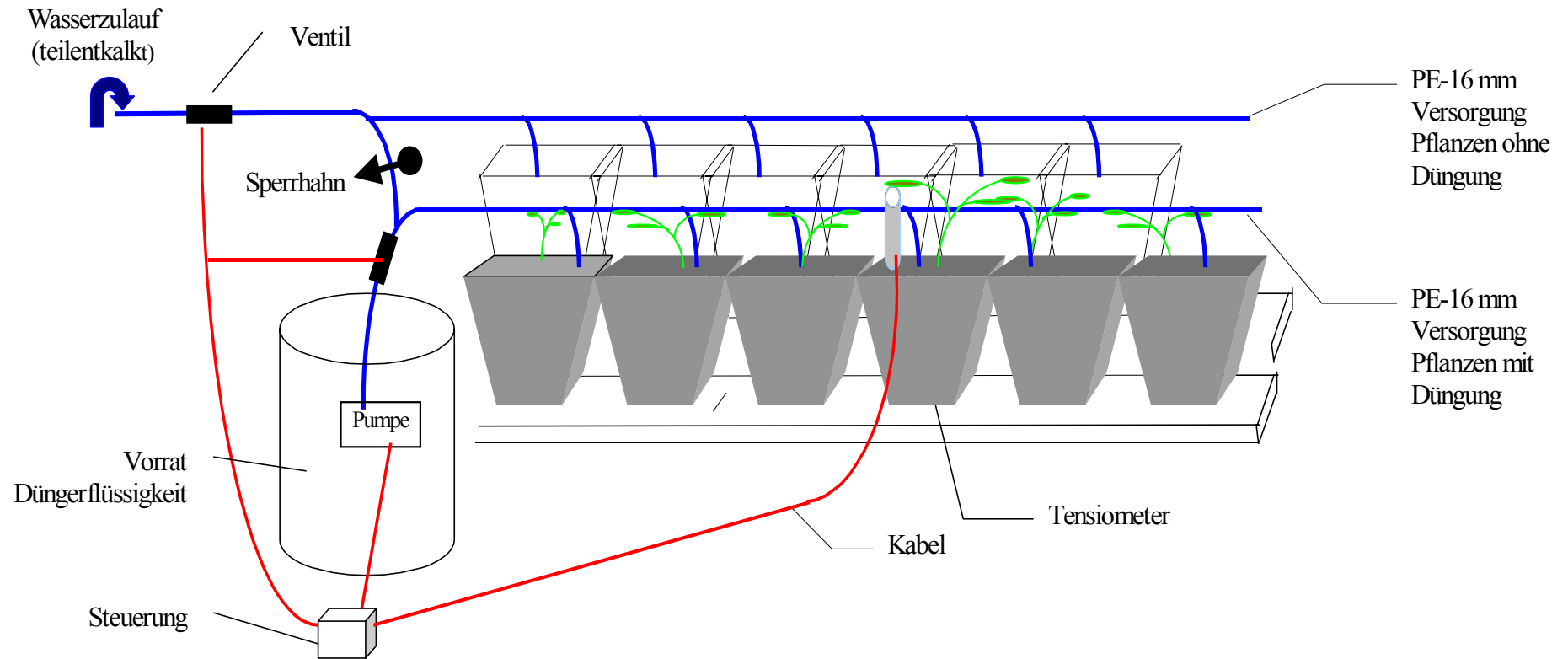
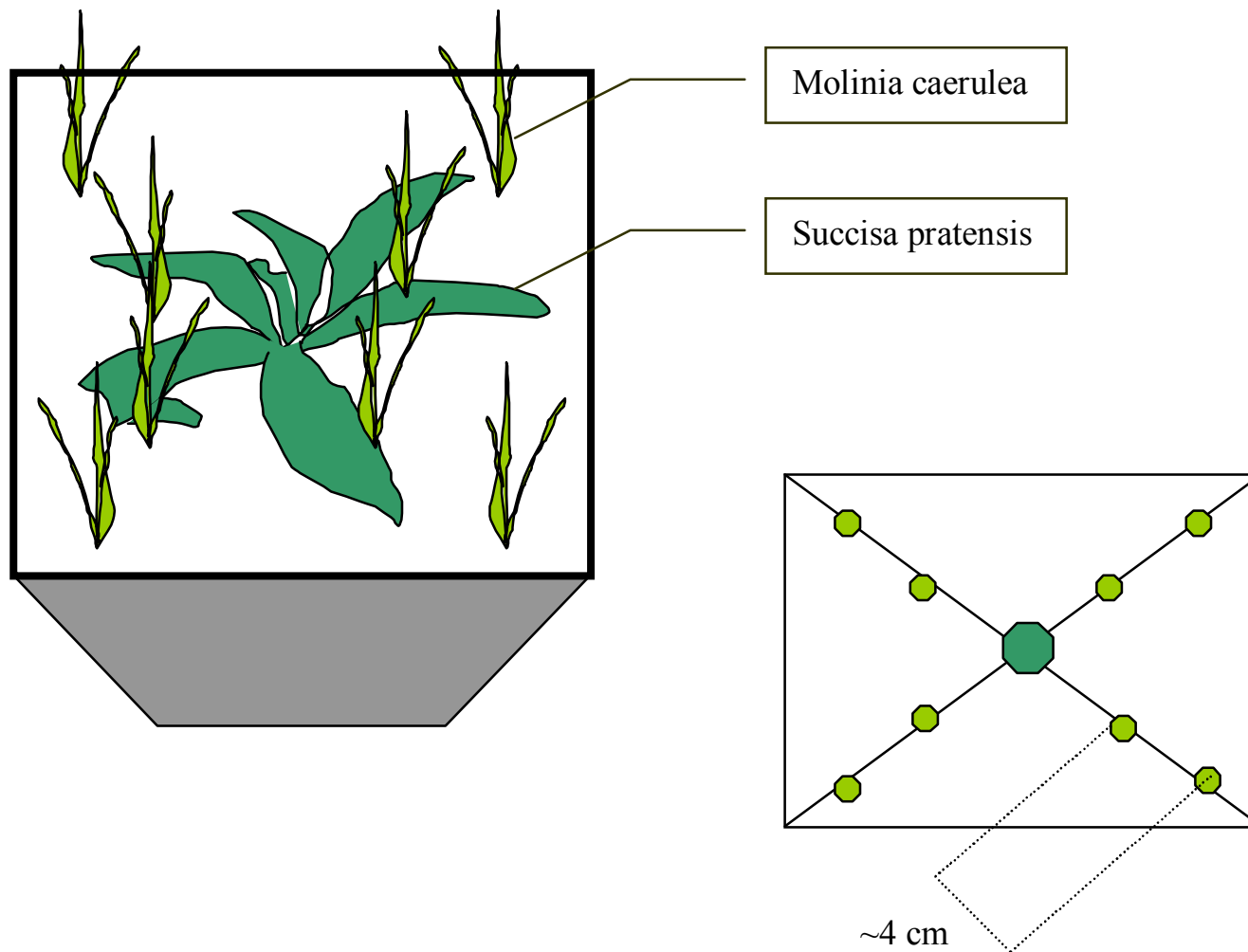


Abb. 42 Anordnung von *Succisa pratensis* und *Molinia caerulea*



Tab.30 Bezeichnung der Behandlungen und Zahl der untersuchten Pflanzen pro Population

| | | |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| | MIT DÜNGUNG | OHNE DÜNGUNG |
| OHNE MOLINIA | ommd 21 | omod 21 |
| MIT MOLINIA | mmmd 21 | mmod 21 |

Tab. 31 LEGENDE 1

| BEHANDLUNG | NR. / BEZEICHNUNG |
|------------|-------------------|
| ommd | 1 |
| mmmd | 2 |
| omod | 3 |
| mmod | 4 |

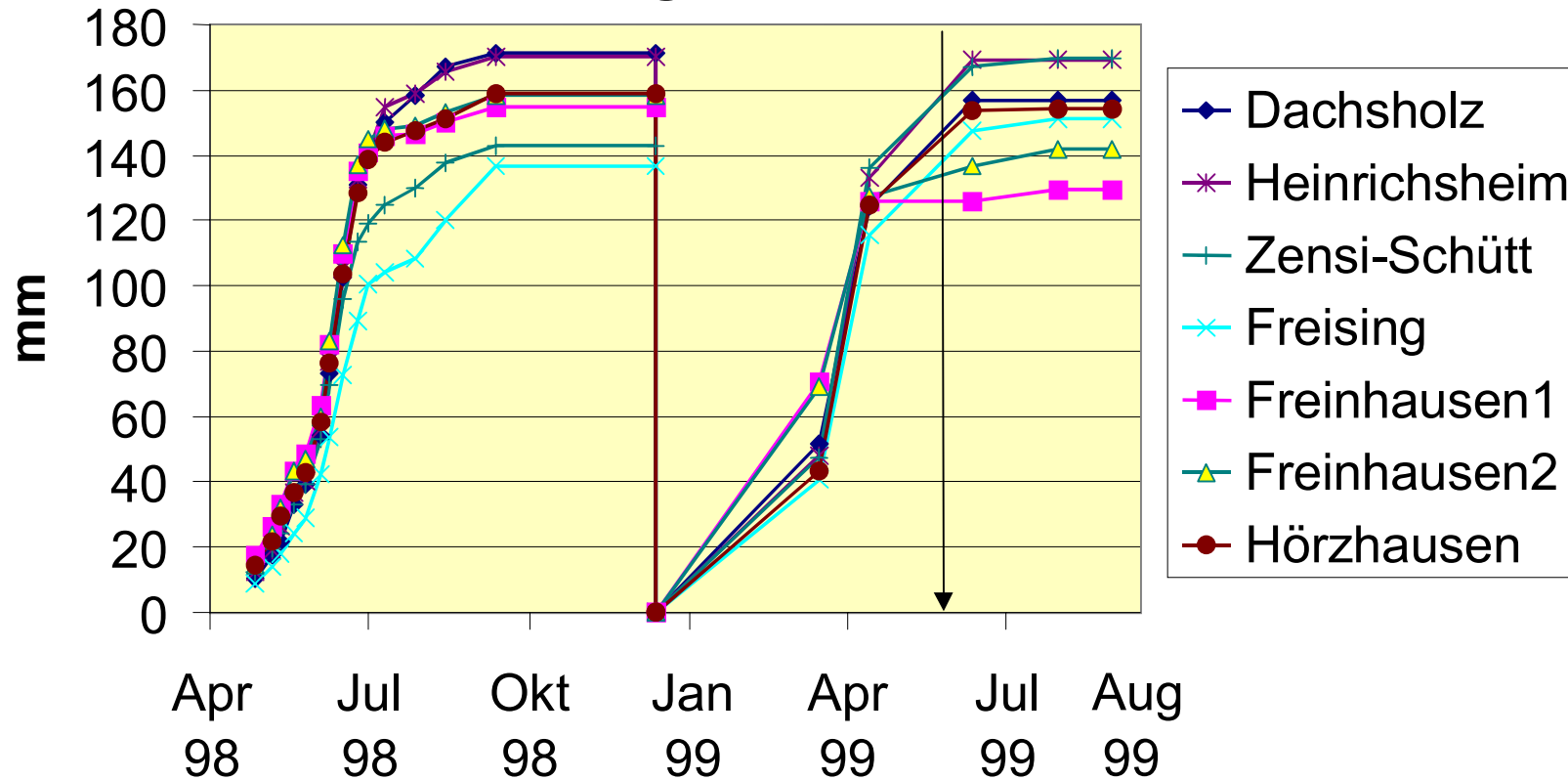
Die Farbe des Eintrags stimmt mit der des größeren der beiden Parameter (Zeile oder Spalte) überein

Tab. 32 LEGENDE 2

| POPULATION | NR. / BEZEICHNUNG |
|---------------|-------------------|
| Dachsholz | 1 |
| Heinrichsheim | 2 |
| Zensi-Schütt | 3 |
| Freising | 4 |
| Freinhausen1 | 5 |
| Freinhausen2 | 6 |
| Hörzhausen | 7 |

Die Farbe des Eintrags stimmt mit der des größeren der beiden Parameter (Zeile oder Spalte) überein

Entwicklung der Blattlänge bei der Behandlung omod 1998 / 1999



Pfeil weist auf den Beginn den Sprosswachstums 01.06.99 s. Abb. 50 / Blüte s. Abb. 70

Abb. 44 Mittlere Blattlängen im Gewächshaus 1998 / Daten Tab. 34

Mittlere Blattlänge bei den einzelnen Populationen und Behandlungen 1998

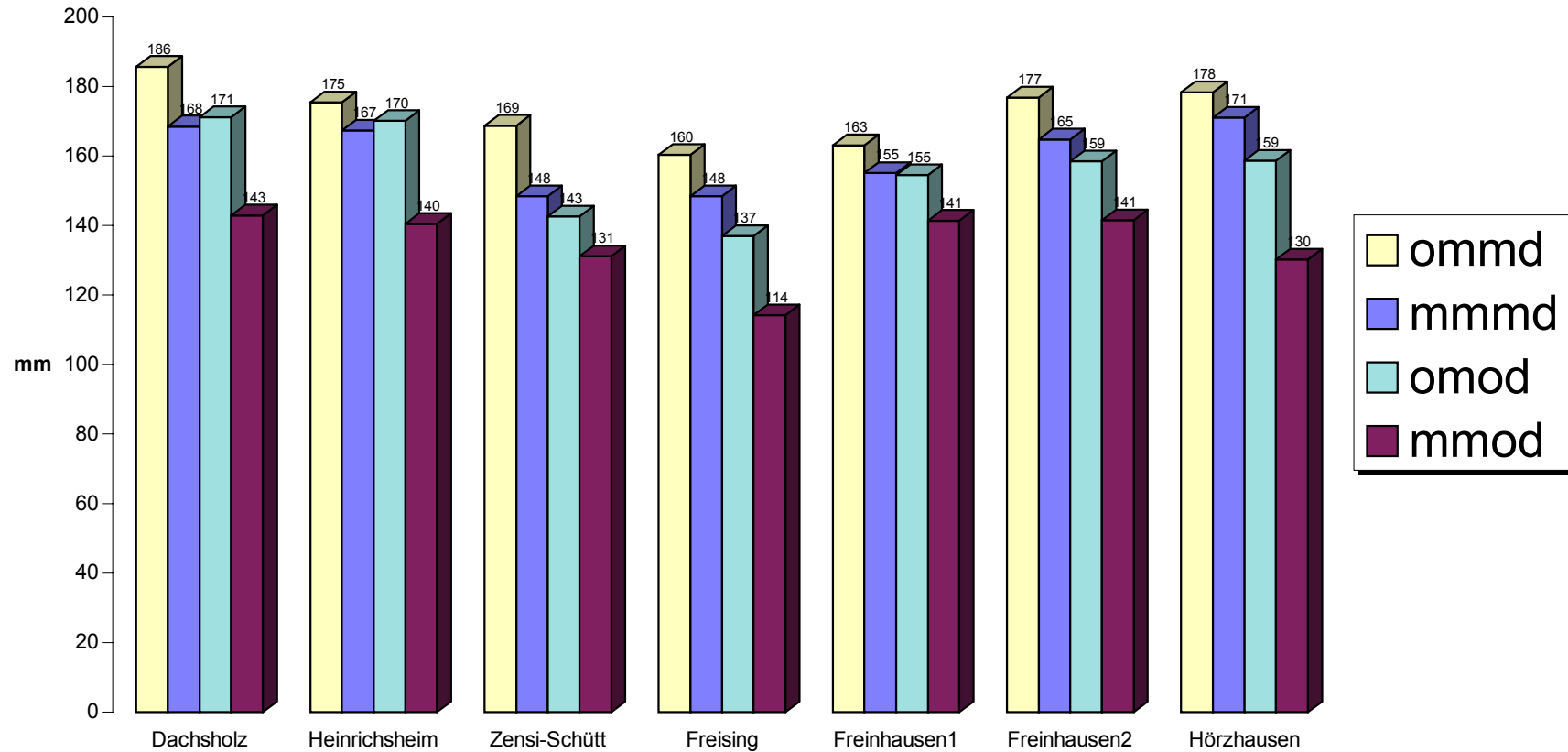


Abb. 45 Mittlere Blattlängen im Gewächshaus 1999 / Daten Tab. 35

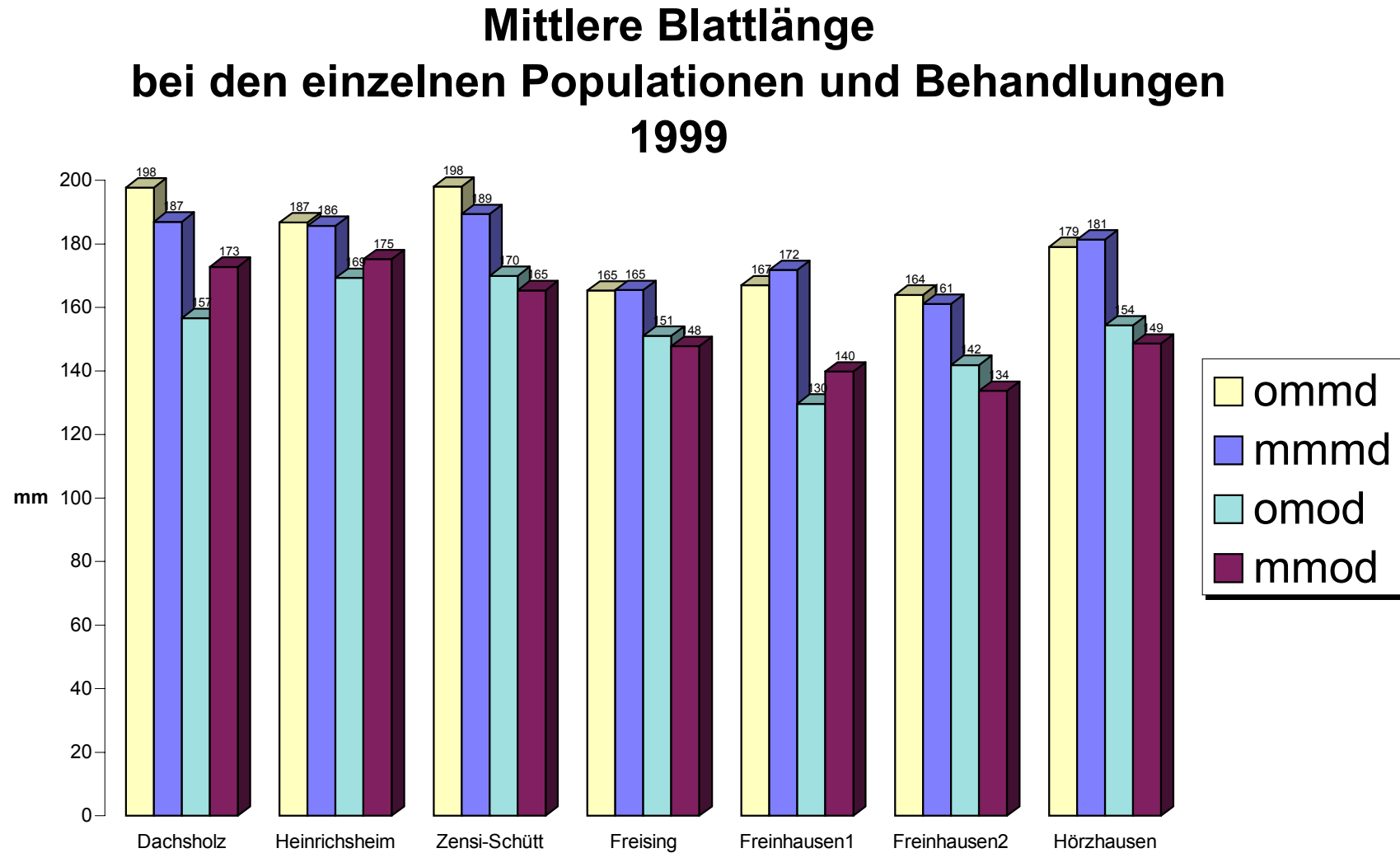


Abb. 46 Mittlere Blattbreite im Gewächshaus 1998 / Daten Tab. 36

Mittlere Blattbreite bei den einzelnen Populationen und Behandlungen 8.8.1998

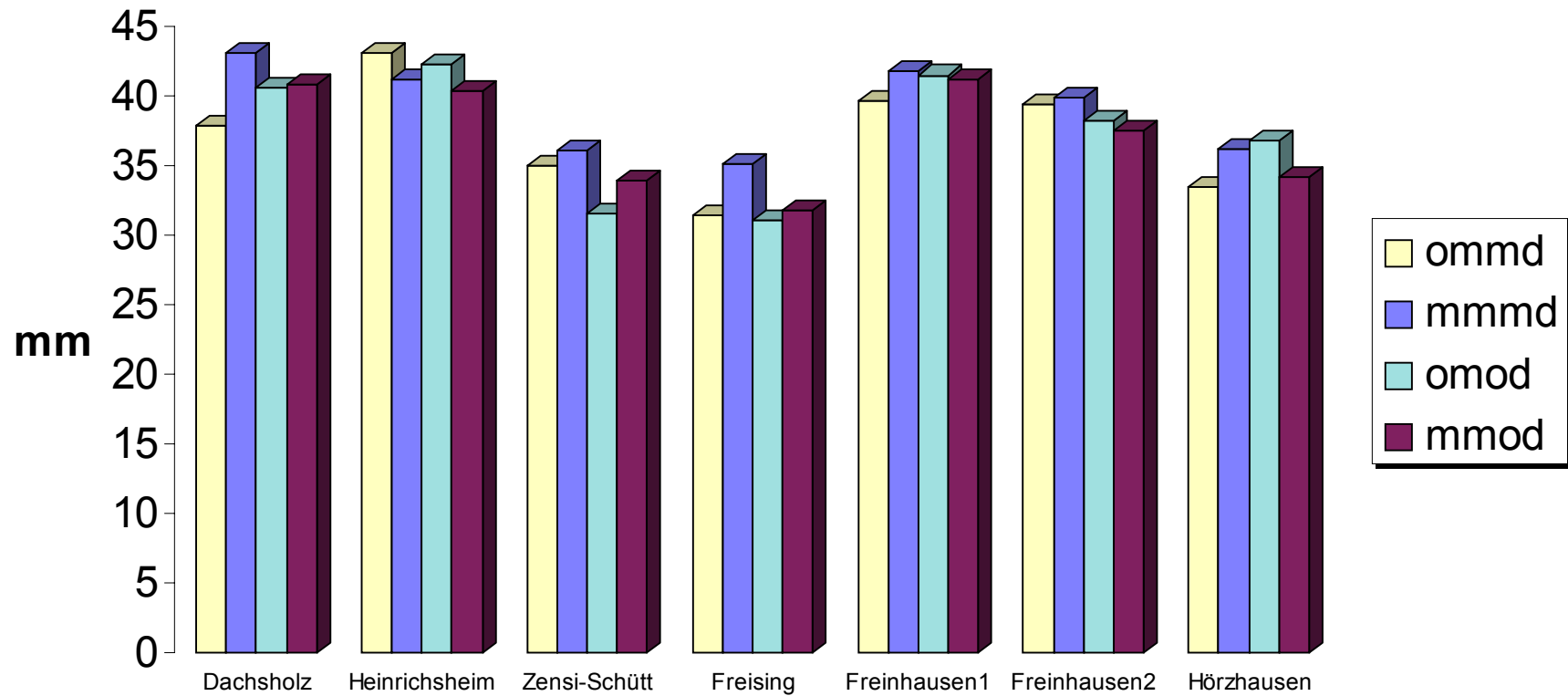
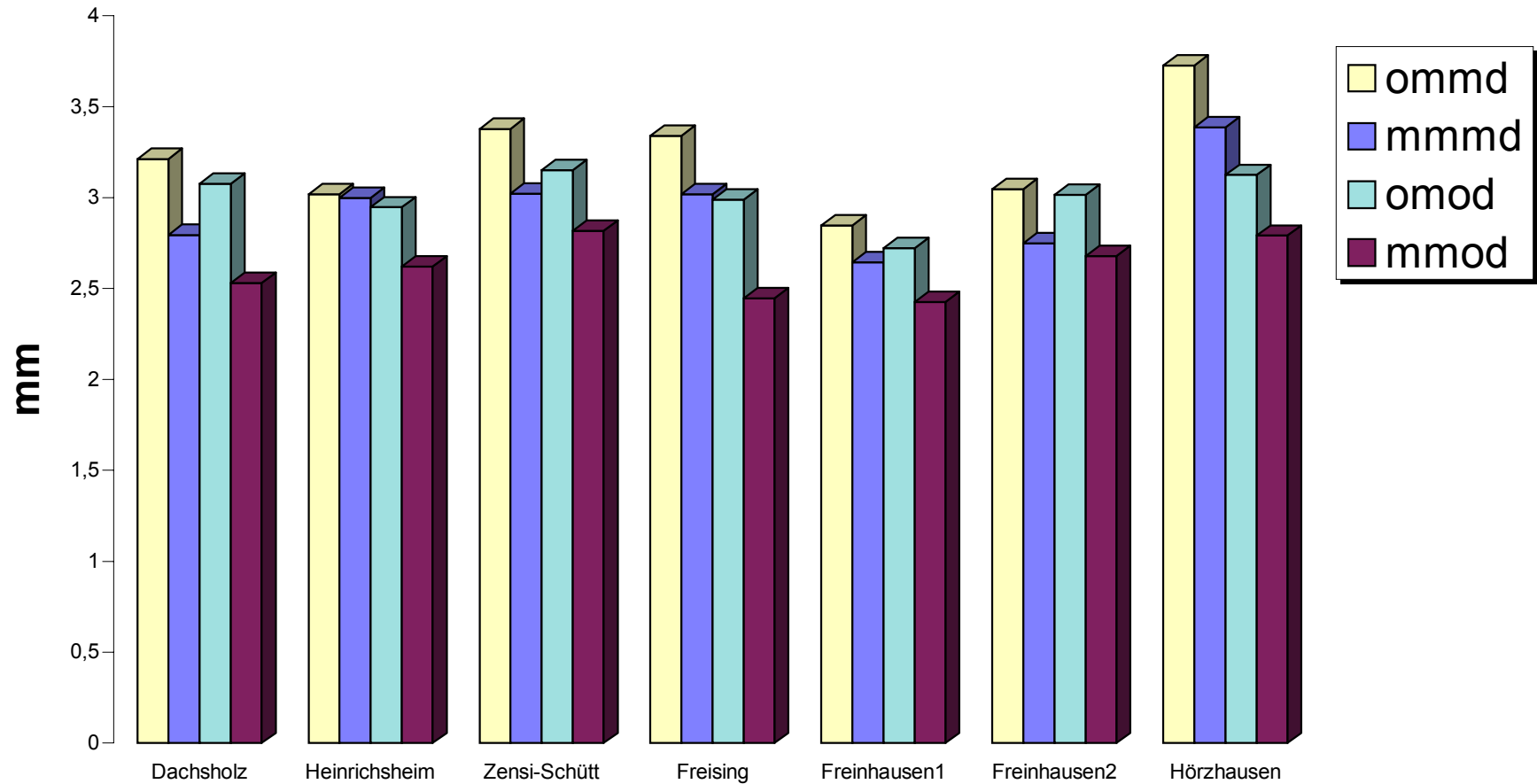


Abb. 47 Blattform im Gewächshaus / Daten Tab. 37

Blattform (Länge/Breite) bei den einzelnen Populationen und Behandlungen



Tab. 33 Entwicklung der Blattlängen (mm) im Gewächshaus als Grundlage für Abb. 43

| DATUM | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|----------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| 27.4.98 | 10,2 | 12,4 | 12,4 | 8,8 | 17,4 | 14,7 | 14,5 |
| 6.5.98 | 17,6 | 19,0 | 19,5 | 14,0 | 26,0 | 23,7 | 21,9 |
| 11.5.98 | 21,5 | 26,4 | 24,2 | 17,9 | 32,8 | 32,2 | 29,5 |
| 19.5.98 | 33,0 | 36,6 | 33,1 | 24,0 | 43,2 | 43,3 | 36,6 |
| 25.5.98 | 39,3 | 40,3 | 39,2 | 29,0 | 48,7 | 46,8 | 42,9 |
| 3.6.98 | 54,2 | 56,1 | 53,1 | 42,5 | 63,7 | 60,0 | 58,1 |
| 8.6.98 | 73,1 | 76,9 | 69,6 | 53,5 | 82,1 | 83,0 | 76,3 |
| 16.6.98 | 102,4 | 105,1 | 96,0 | 72,8 | 110,0 | 112,3 | 103,7 |
| 24.6.98 | 130,8 | 132,4 | 113,4 | 89,4 | 135,0 | 137,2 | 128,6 |
| 30.6.98 | 140,1 | 140,8 | 119,0 | 100,3 | 141,0 | 145,0 | 138,7 |
| 10.7.98 | 150,1 | 154,7 | 124,7 | 104,3 | 146,1 | 148,0 | 144,1 |
| 27.7.98 | 158,6 | 159,0 | 130,0 | 108,3 | 146,4 | 148,8 | 147,4 |
| 13.8.98 | 167,1 | 165,7 | 137,8 | 120,3 | 150,3 | 153,4 | 151,3 |
| 11.9.98 | 171,1 | 170,1 | 142,7 | 136,9 | 154,6 | 158,5 | 158,7 |
| 12.12.98 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 12.12.98 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15.3.99 | 51,8 | 47,9 | 47,4 | 40,5 | 70,7 | 69,1 | 43,5 |
| 13.4.99 | 124,5 | 133,0 | 135,9 | 115,6 | 125,7 | 127,3 | 124,6 |
| 11.6.99 | 156,7 | 169,0 | 167,1 | 147,6 | 123,8 | 136,7 | 153,8 |
| 30.7.99 | 156,7 | 169,2 | 169,9 | 151,0 | 129,7 | 141,9 | 154,3 |

Tab. 34 Mittlere Blattlängen (mm) 1998 als Grundlage für Abb. 44 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 186 | 175 | 169 | 160 | 163 | 177 | 178 |
| mmmd | 168 | 167 | 148 | 148 | 155 | 165 | 171 |
| omod | 171 | 170 | 143 | 137 | 155 | 159 | 159 |
| mmod | 143 | 140 | 131 | 114 | 141 | 141 | 130 |

Tab. 35 Mittlere Blattlängen (mm) 1999 als Grundlage für Abb. 45 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 198 | 187 | 198 | 165 | 167 | 164 | 179 |
| mmmd | 187 | 186 | 189 | 165 | 172 | 161 | 181 |
| omod | 157 | 169 | 170 | 151 | 130 | 142 | 154 |
| mmod | 173 | 175 | 165 | 148 | 140 | 134 | 149 |

Tab. 36 Mittlere Blattbreiten (mm) 1998 als Grundlage für Abb. 46 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 37,9 | 43,1 | 35,0 | 31,4 | 39,6 | 39,5 | 33,4 |
| mmmd | 43,1 | 41,2 | 36,0 | 35,2 | 41,8 | 40,0 | 36,2 |
| omod | 40,7 | 42,3 | 31,6 | 31,0 | 41,5 | 38,2 | 36,9 |
| mmod | 40,9 | 40,4 | 33,9 | 31,8 | 41,2 | 37,5 | 34,2 |

Tab. 37 Blattform (Länge/ Breite) als Grundlage für Abb. 47 / Daten Tab. 138

| ORT | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 3,21 | 3,02 | 3,38 | 3,34 | 2,85 | 3,05 | 3,73 |
| mmmd | 2,79 | 3,00 | 3,02 | 3,02 | 2,64 | 2,75 | 3,39 |
| omod | 3,08 | 2,95 | 3,15 | 2,99 | 2,72 | 3,02 | 3,12 |
| mmod | 2,53 | 2,62 | 2,82 | 2,45 | 2,43 | 2,68 | 2,79 |

Tab. 38 Statistik Blattlänge / Behandlungen 1998 / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 1,2,7 |
| mmmd | + | | 3,4,7 |
| ommd | | 3 | 1,2,3,4,6,7 |

Tab. 39 Statistik Blattlänge / Behandlungen 1999 / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | 1,5,7 | 3,5,7 |
| ommd | | 1,3,5,7 | 1,3,5,7 |

Tab. 40 Statistik Blattlänge / Populationen 1998 / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 3 | 3 |
| Freising | - | - | + | | 1,2,3,4 | 3 |
| Freinhausen1 | - | + | | | | |
| Freinhausen2 | + | | 3 | | | |
| Hörzhausen | | | 2,3 | | | |

Tab. 41 Statistik Blattlänge / Populationen 1999 / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | |
| Freising | - | - | + | 1 | 4 | 1,4 |
| Freinhausen1 | - | + | 3 | 1,3,4 | 3,4 | 1,3,4 |
| Freinhausen2 | + | | | 1,2,3,4 | 3,4 | 1,2,4 |
| Hörzhausen | | 3 | | | 4 | 4 |

Tab. 42 Statistik Blattbreite / Behandlungen 1998 / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen).

Es gibt keine signifikanten Unterschiede

Tab. 43 Statistik Blattbreite / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 1,3,4 | 3 |
| Freising | - | - | + | | 1,3,4 | 3 |
| Freinhausen1 | - | + | 1,3,4 | 3 | | 2 |
| Freinhausen2 | + | | 1,3,4 | | | |
| Hörzhausen | | | | | 1,4 | |

Tab. 44 Statistik Blattform (Länge /Breite) / Behandlungen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 1,4 |
| mmmd | + | | 4,7 |
| ommd | | 7 | 1,4,7 |

Tab. 45 Statistik Blattform (Länge /Breite) / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | |
| Freising | - | - | + | | | |
| Freinhausen1 | - | + | | | | |
| Freinhausen2 | + | | | | | |
| Hörzhausen | 1,4 | 1,2,4 | | | 1,4 | |

Tab.46 Kategorien zur Abschätzung der Blattbehaarung

| KATEGORIE | BEHAARUNG |
|-----------|---|
| 0 | Keine Behaarung die Blätter fühlen sich völlig glatt an |
| 1 | Geringe oder unregelmäßige Behaarung zumindest einige Blätter fühlen sich rau an oder es gibt sowohl glatte als auch behaarte Blätter an einer Pflanze |
| 2 | Starke Behaarung die Blätter fühlen sich weich behaart an |

Abb. 48 Grad der Behaarung der Rosettenblätter / Daten Tab. 47

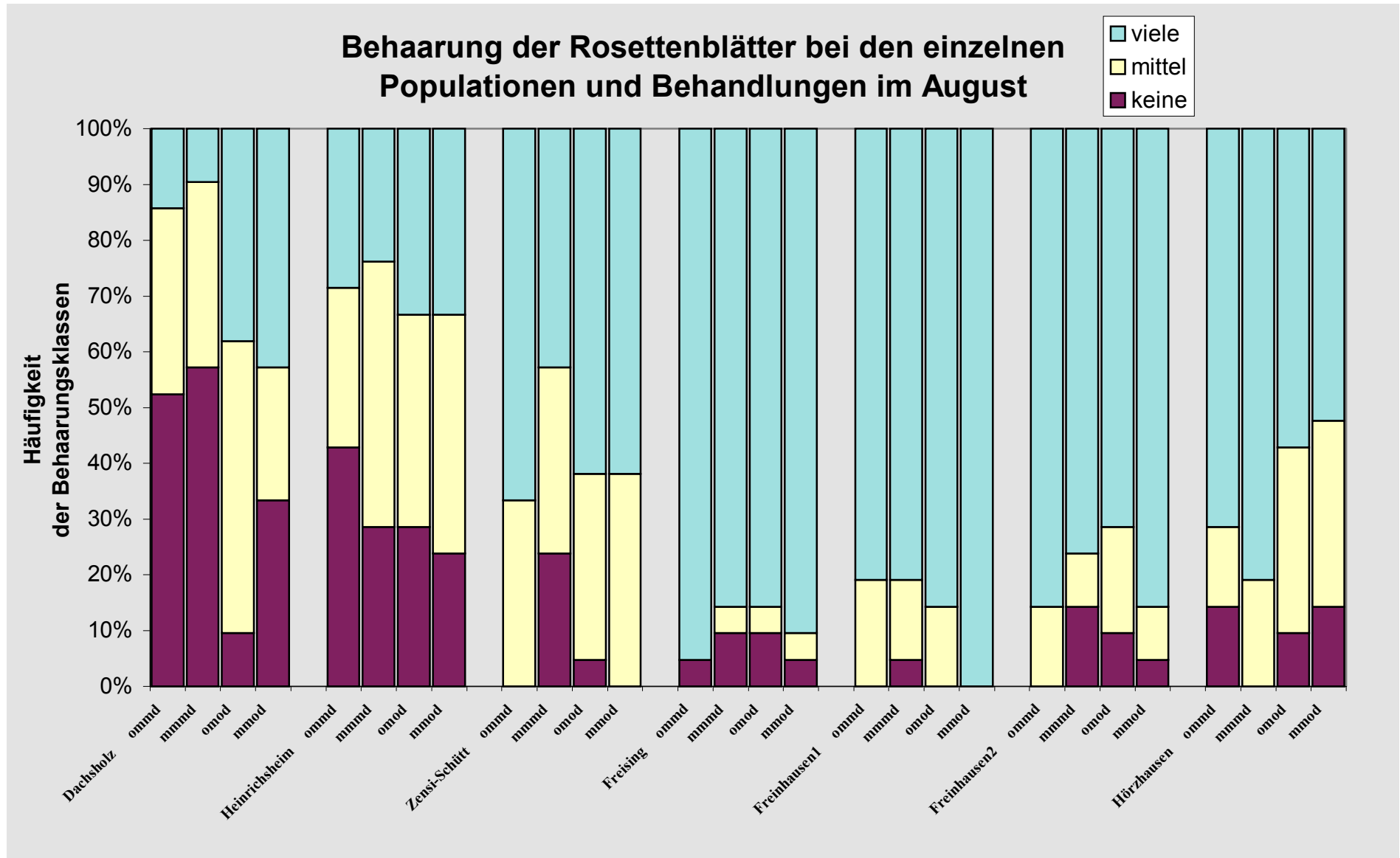
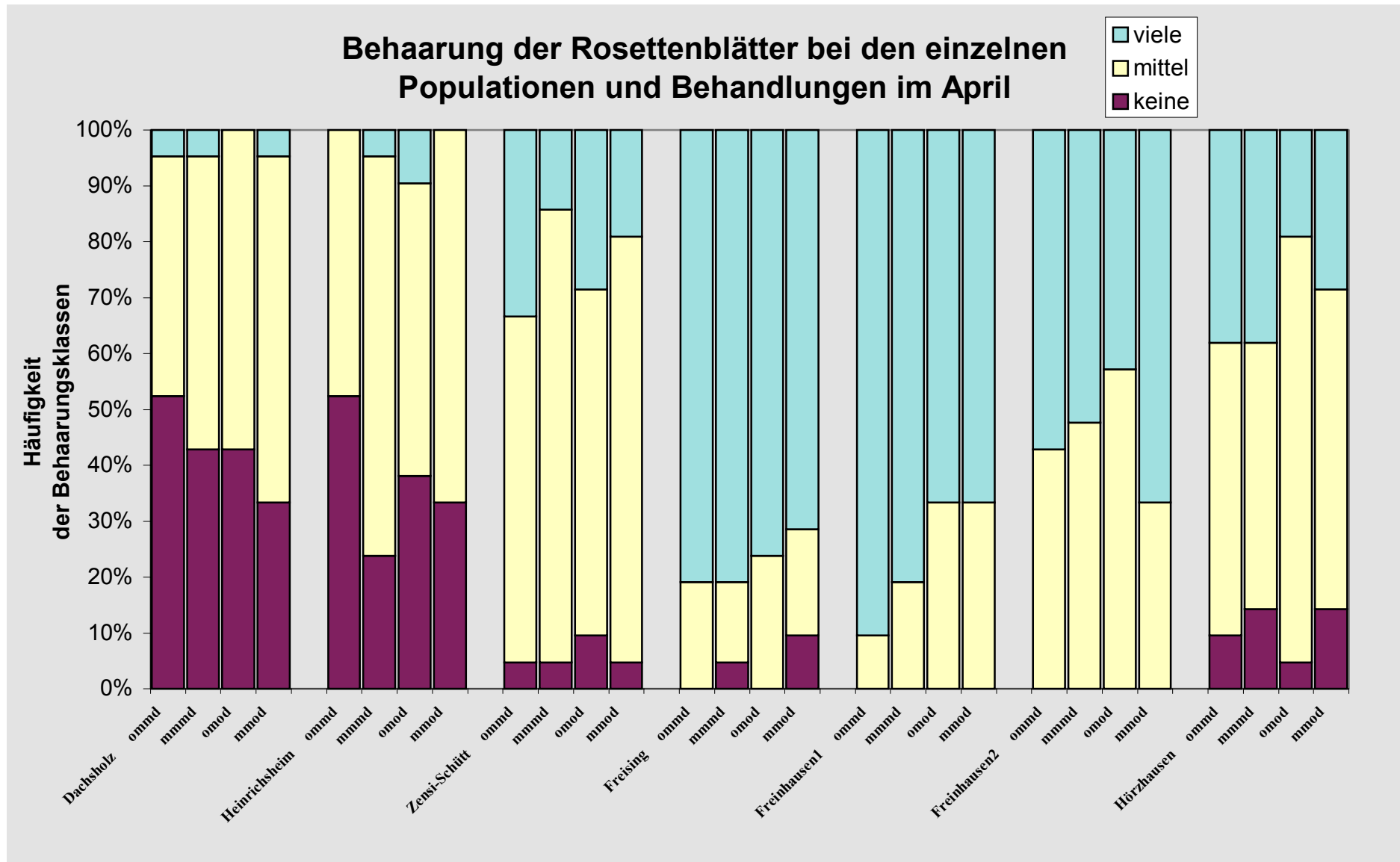


Abb. 49 Grad der Behaarung der Rosettenblätter / Daten Tab. 48



Tab. 47 Häufigkeiten der Behaarungsklassen (keine, mittel, viele) im August bei den einzelnen Populationen und Behandlungen als Grundlage für Abb. 48 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | HAARE | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|--------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| mmmd | keine | 12 | 6 | 5 | 2 | 1 | 3 | 0 |
| | mittel | 7 | 10 | 7 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| | viele | 2 | 5 | 9 | 18 | 17 | 16 | 17 |
| mmod | keine | 7 | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 |
| | mittel | 5 | 9 | 8 | 1 | 0 | 2 | 7 |
| | viele | 9 | 7 | 13 | 19 | 21 | 18 | 11 |
| ommd | keine | 11 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | mittel | 7 | 6 | 7 | 0 | 4 | 3 | 3 |
| | viele | 3 | 6 | 14 | 20 | 17 | 18 | 15 |
| omod | keine | 2 | 6 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| | mittel | 11 | 8 | 7 | 1 | 3 | 4 | 7 |
| | viele | 8 | 7 | 13 | 18 | 18 | 15 | 12 |

Tab. 48 Häufigkeiten der Behaarungsklassen (keine, mittel, viele) im April bei den einzelnen Populationen und Behandlungen als Grundlage für Abb. 49 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | HAARE | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|--------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| mmmd | keine | 21 | 1 | 4 | 4 | 20 | 9 | 7 |
| | mittel | 0 | 5 | 8 | 9 | 1 | 12 | 14 |
| | viele | 0 | 15 | 9 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| mmod | keine | 16 | 0 | 2 | 2 | 19 | 7 | 7 |
| | mittel | 5 | 13 | 13 | 14 | 2 | 13 | 13 |
| | viele | 0 | 8 | 6 | 5 | 0 | 1 | 1 |
| ommd | keine | 19 | 0 | 3 | 2 | 17 | 8 | 9 |
| | mittel | 2 | 12 | 11 | 15 | 3 | 11 | 11 |
| | viele | 0 | 9 | 7 | 4 | 1 | 2 | 1 |
| omod | keine | 20 | 1 | 3 | 2 | 17 | 10 | 13 |
| | mittel | 1 | 13 | 10 | 10 | 4 | 9 | 8 |
| | viele | 0 | 7 | 8 | 9 | 0 | 2 | 0 |

Tab. 49 Statistik Blattbehaarung / Behandlungen August / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | | 1 |
| ommd | | 1 | |

Tab. 50 Statistik Blattbehaarung / Populationen August / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 1 | 1,2 |
| Freising | - | - | + | 1,2,4 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| Freinhausen1 | - | + | | 2,4 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| Freinhausen2 | + | | | 2 | 1,2,3,4 | 1,2,4 |
| Hörzhausen | | 4 | 1,3,4 | 2 | 1,2 | 1,2 |

Tab. 51 Statistik Blattbearung / Behandlungen April / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen).

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | | 5 |
| ommd | | | |

Tab. 52 Statistik Blattbearung / Populationen April / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 1,2,4 | 1,2,3,4 |
| Freising | - | - | + | 3 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| Freinhausen1 | - | + | | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| Freinhausen2 | + | 2 | 1 | 1,3 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| Hörzhausen | 1,3,4 | 1,2,3,4 | 3 | | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |

12.6.1 Sprosshöhe

Abb. 50 Entwicklung der Sprosshöhe / Daten Tab. 53

Entwicklung der Sprosshöhe bei der Behandlung ommd

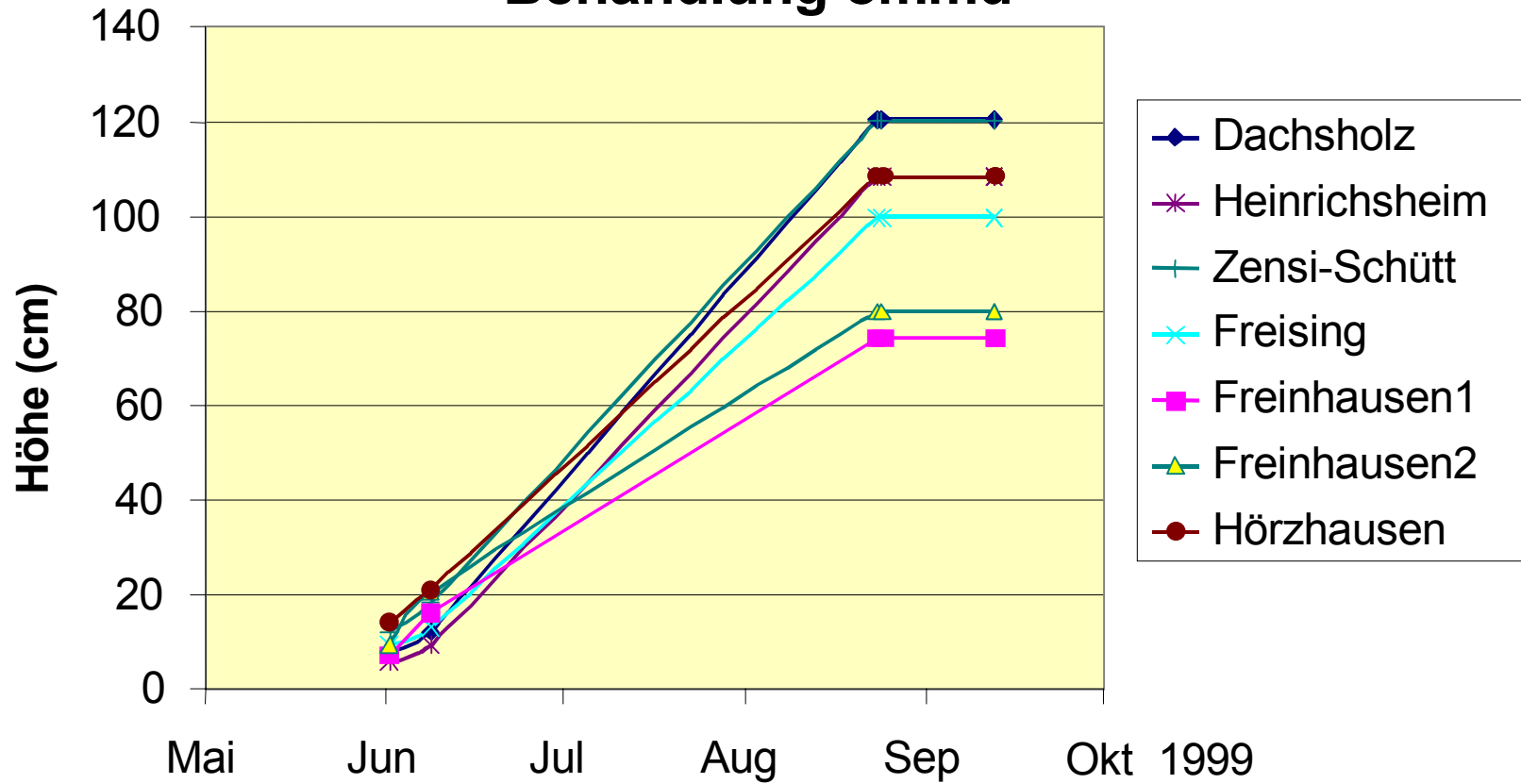
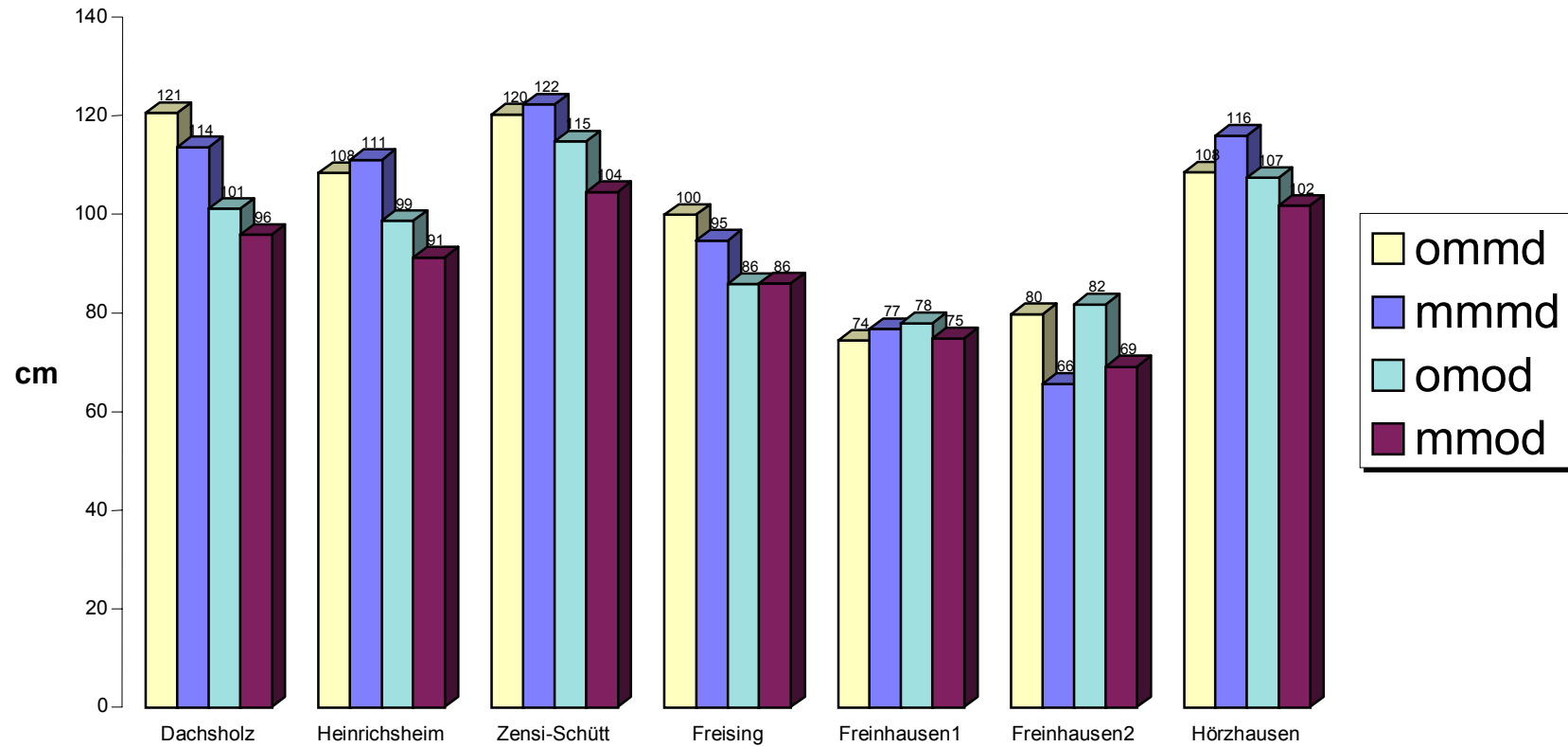


Abb. 51 Mittlere Sprosshöhe / Daten Tab. 54

Mittlere Sprosshöhe bei den einzelnen Populationen und Behandlungen



12.6.2 Sprosszahl und Knospen

Abb. 52 Anzahl Knospen pro Pflanze / Daten Tab. 55

Anzahl Knospen pro Pflanze bei den einzelnen Populationen und Behandlungen

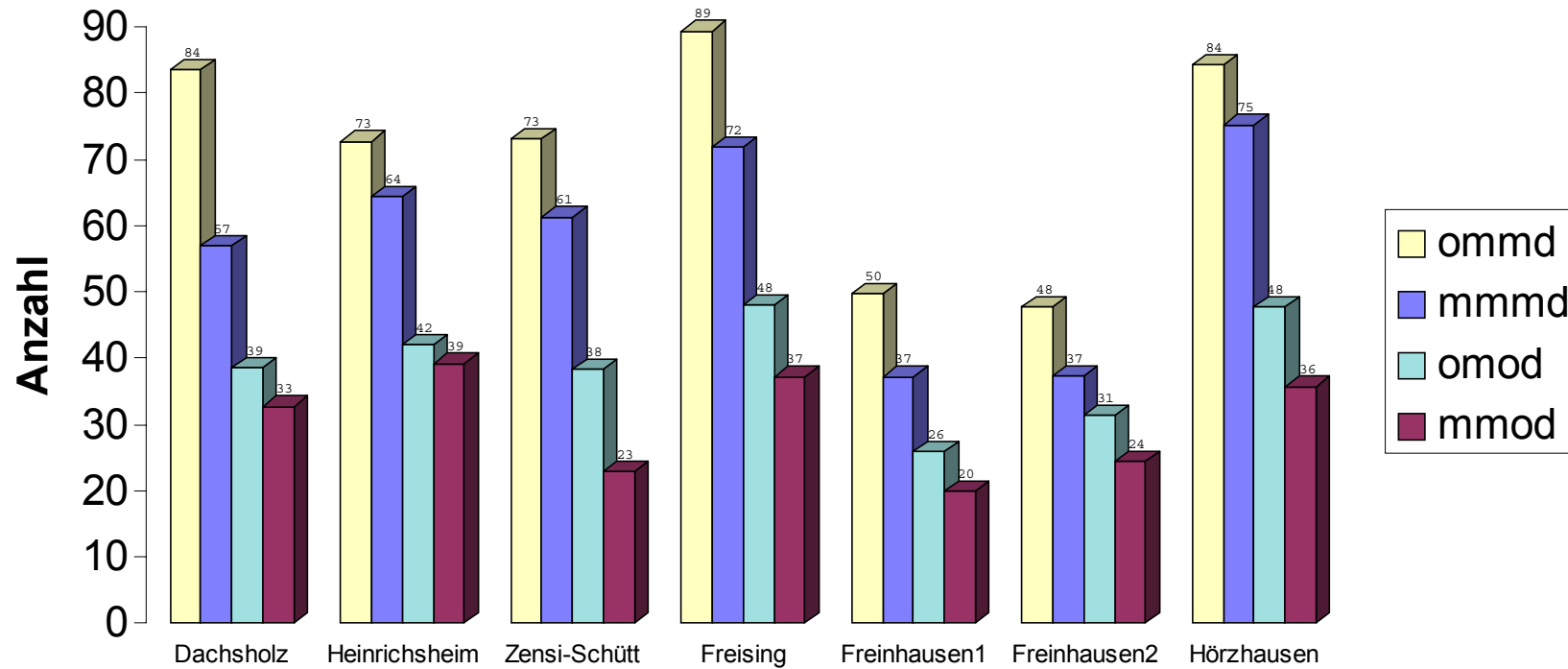


Abb. 53 Anzahl Sprosse und Knospen pro Pflanze / Daten Tab. 56

Anzahl Stengel und Knospen pro Pflanze

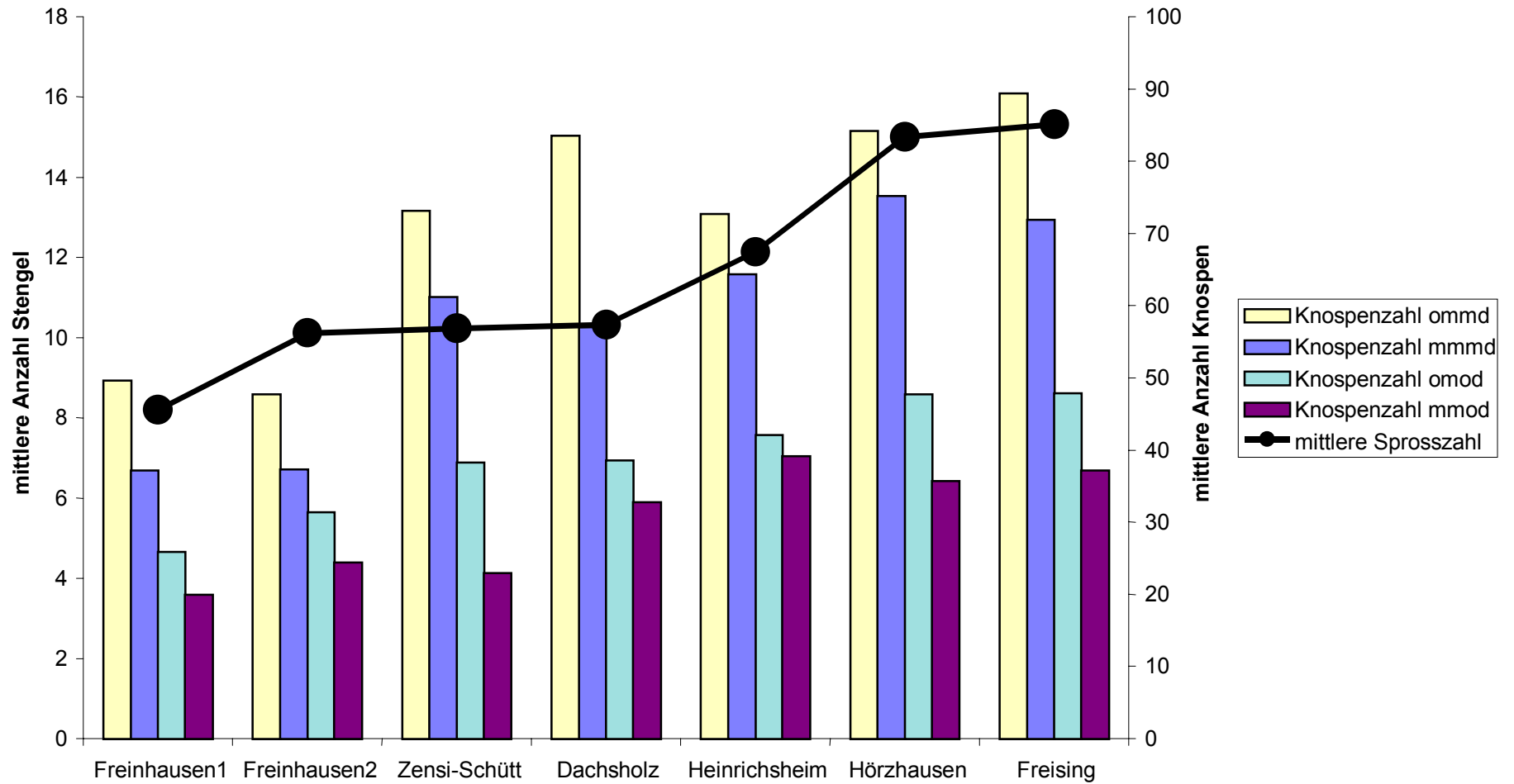
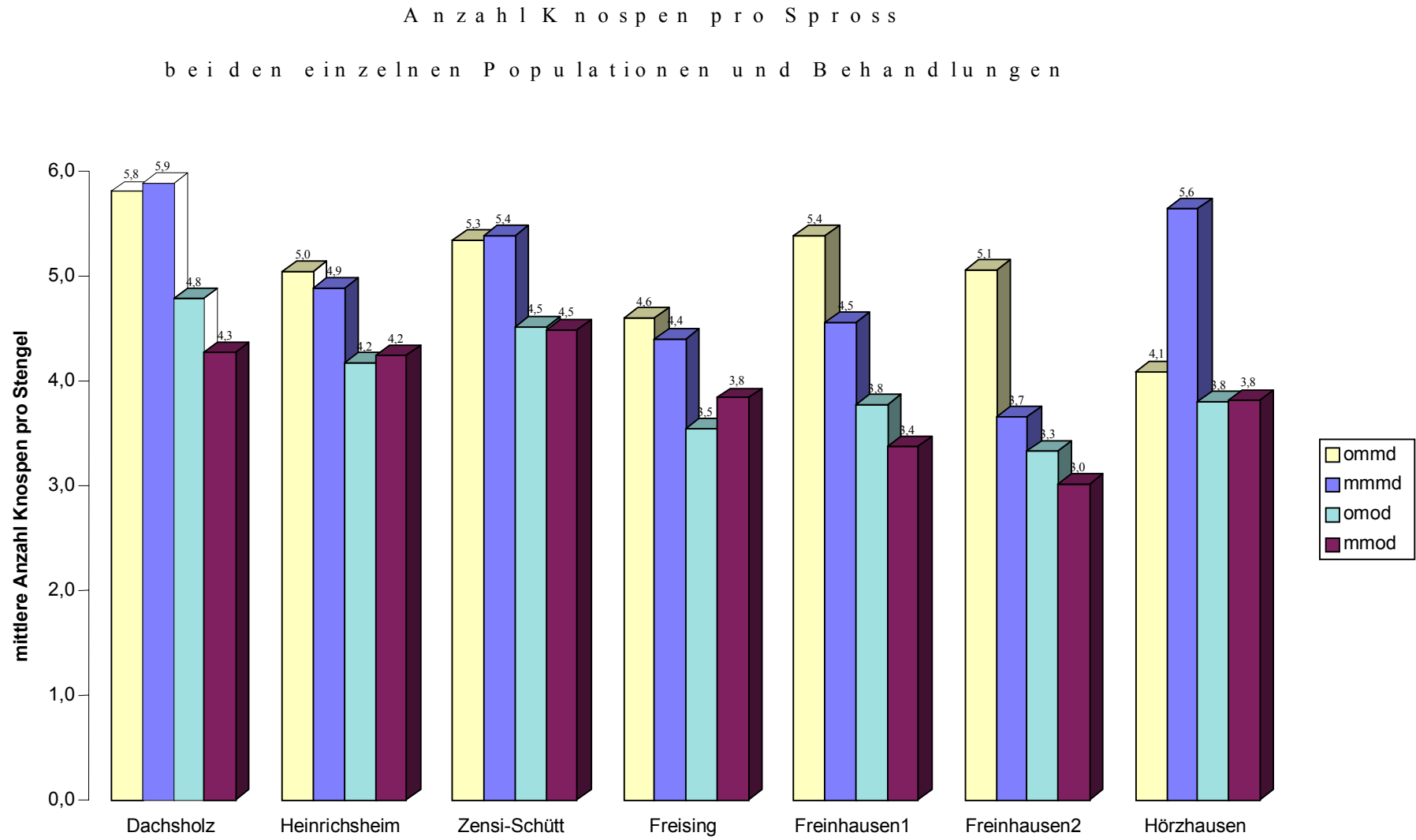


Abb. 54 Anzahl Knospen pro Spross / Daten Tab. 57



Biomasse bei den Populationen und Behandlungen (Trockenmasse oberirdisch) Sept. 1998

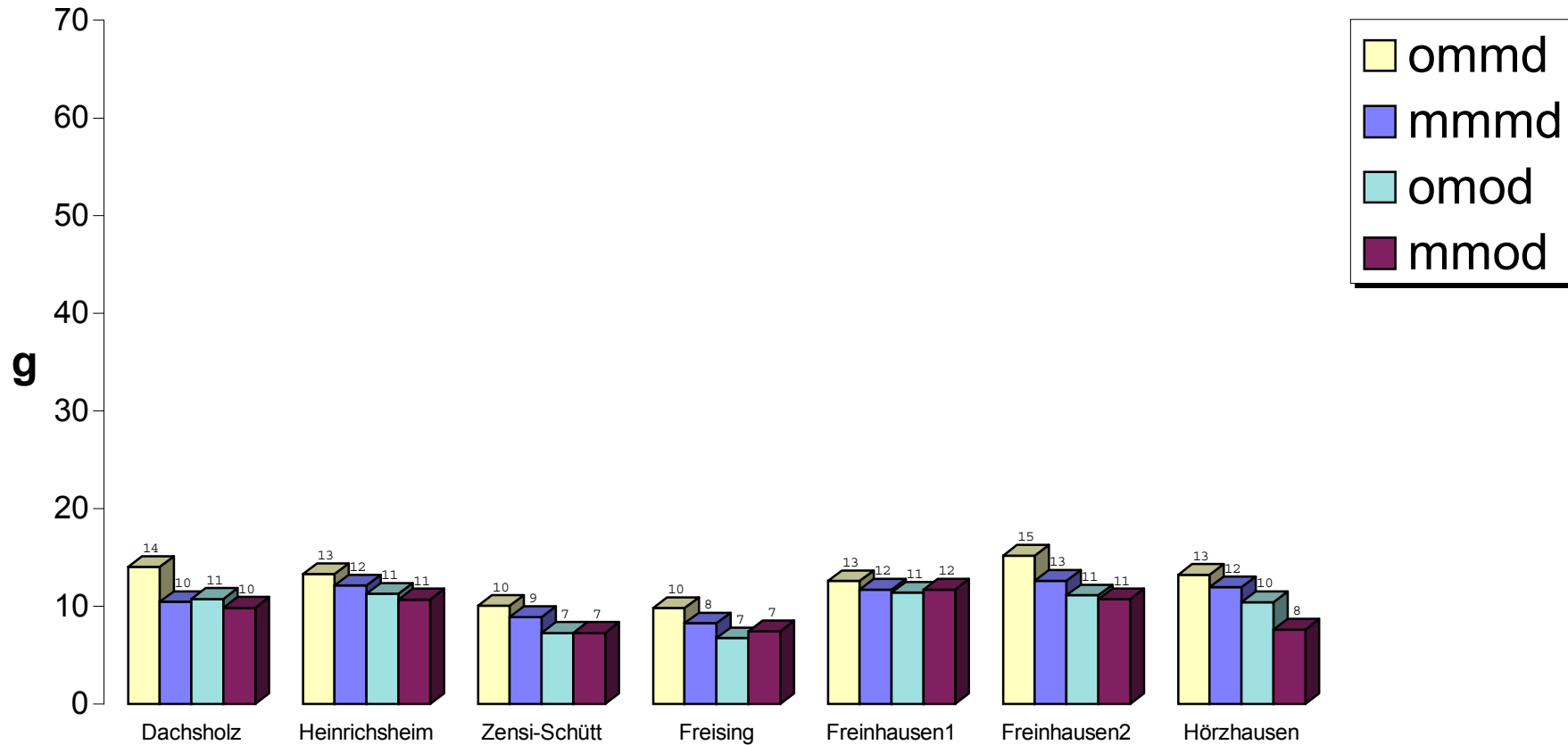


Abb. 56 Biomasse im Gewächshaus 1999 / Daten Tab. 59 / Biomasse 1998 Abb. 55 / Biomasse im Freiland Abb. 24.

Biomasse bei den einzelnen Populationen und Behandlungen (Trockenmasse oberirdisch) Sept. 1999

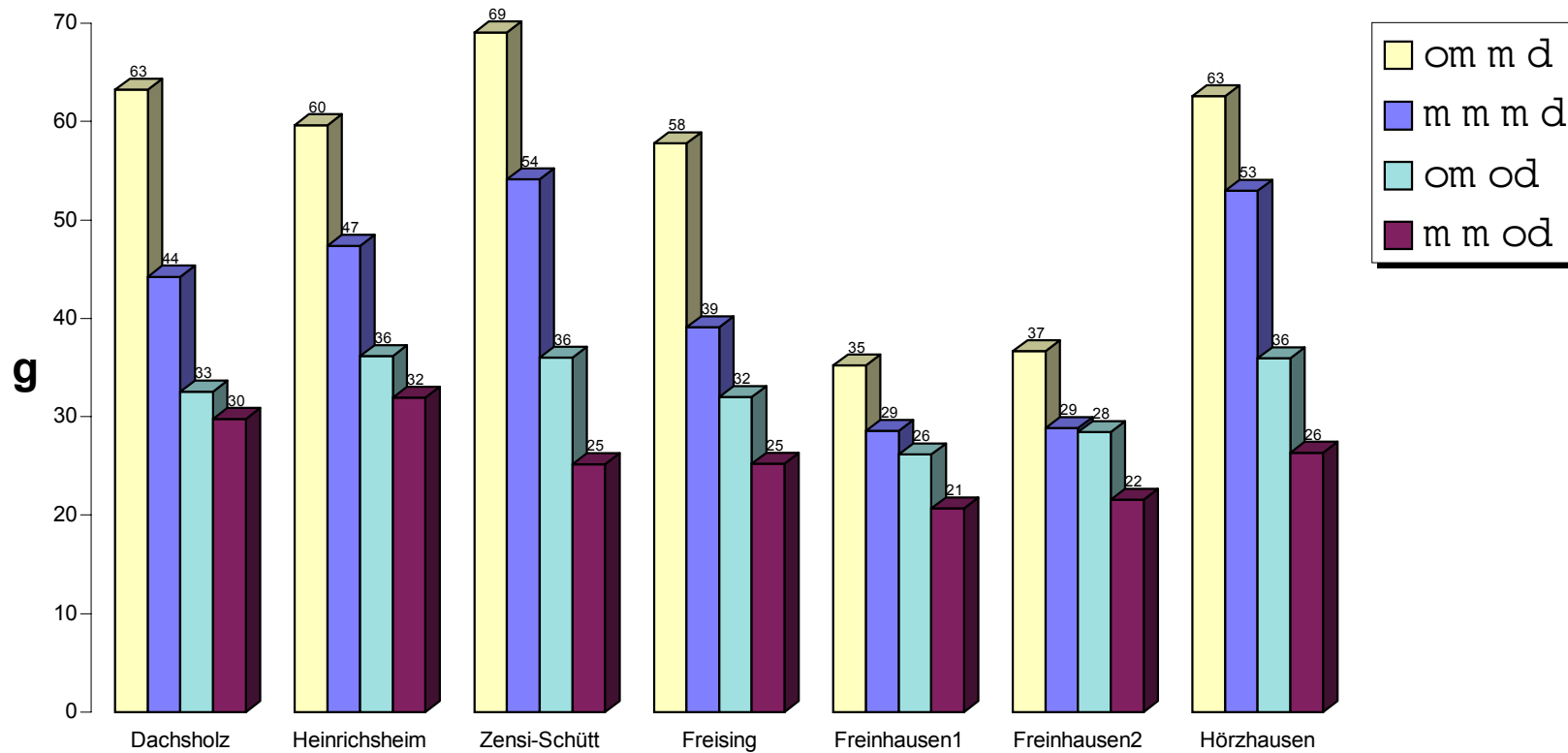


Abb. 57 Wassergehalt der Rosettenblätter / Daten Tab. 60

Wassergehalt der Rosettenblätter bei den einzelnen Populationen und Behandlungen

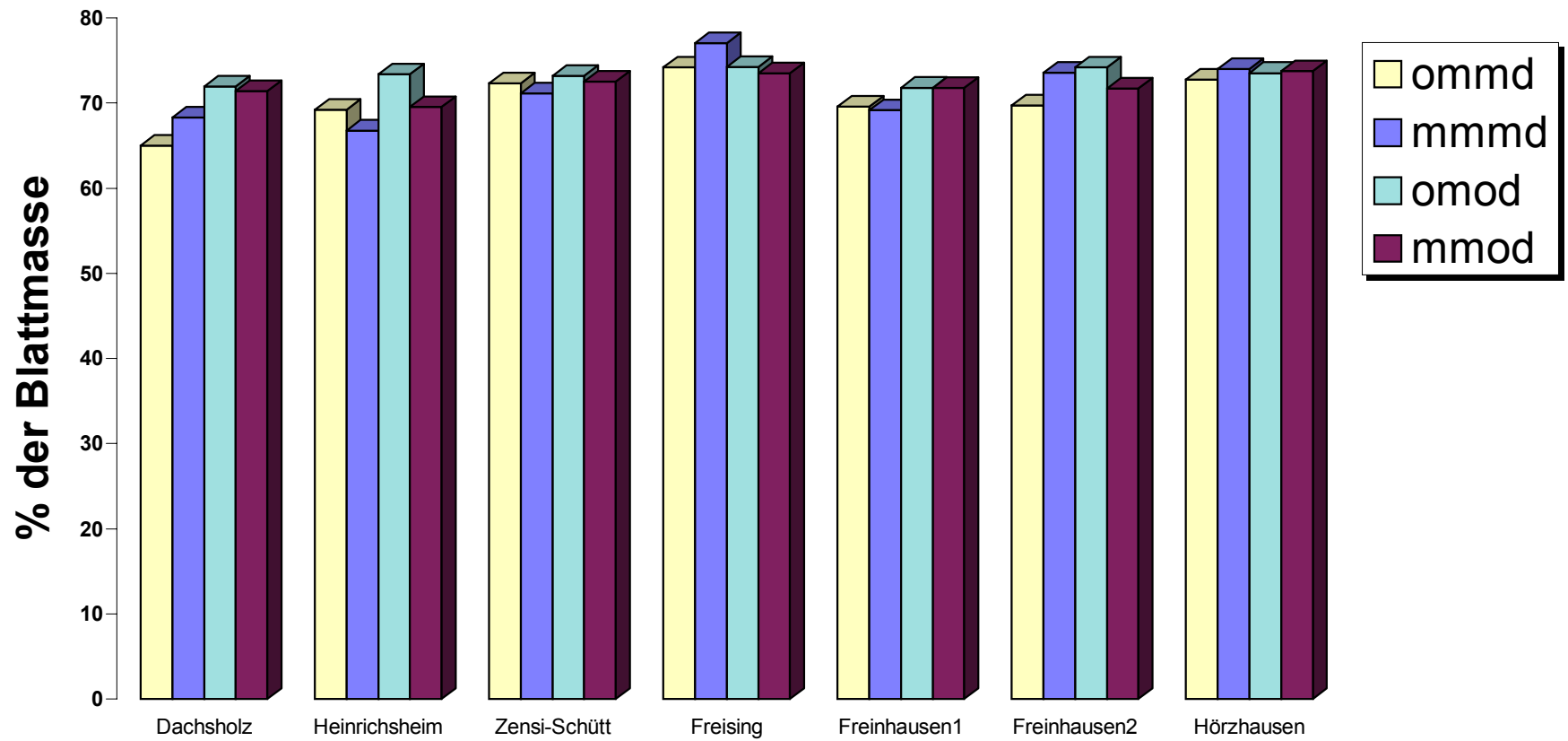


Abb. 58 Inhaltsstoffe der Blätter / Daten Tab. 61 / Methode S. 42

Inhaltsstoffe der getrockneten Blätter bei der Behandlung omod

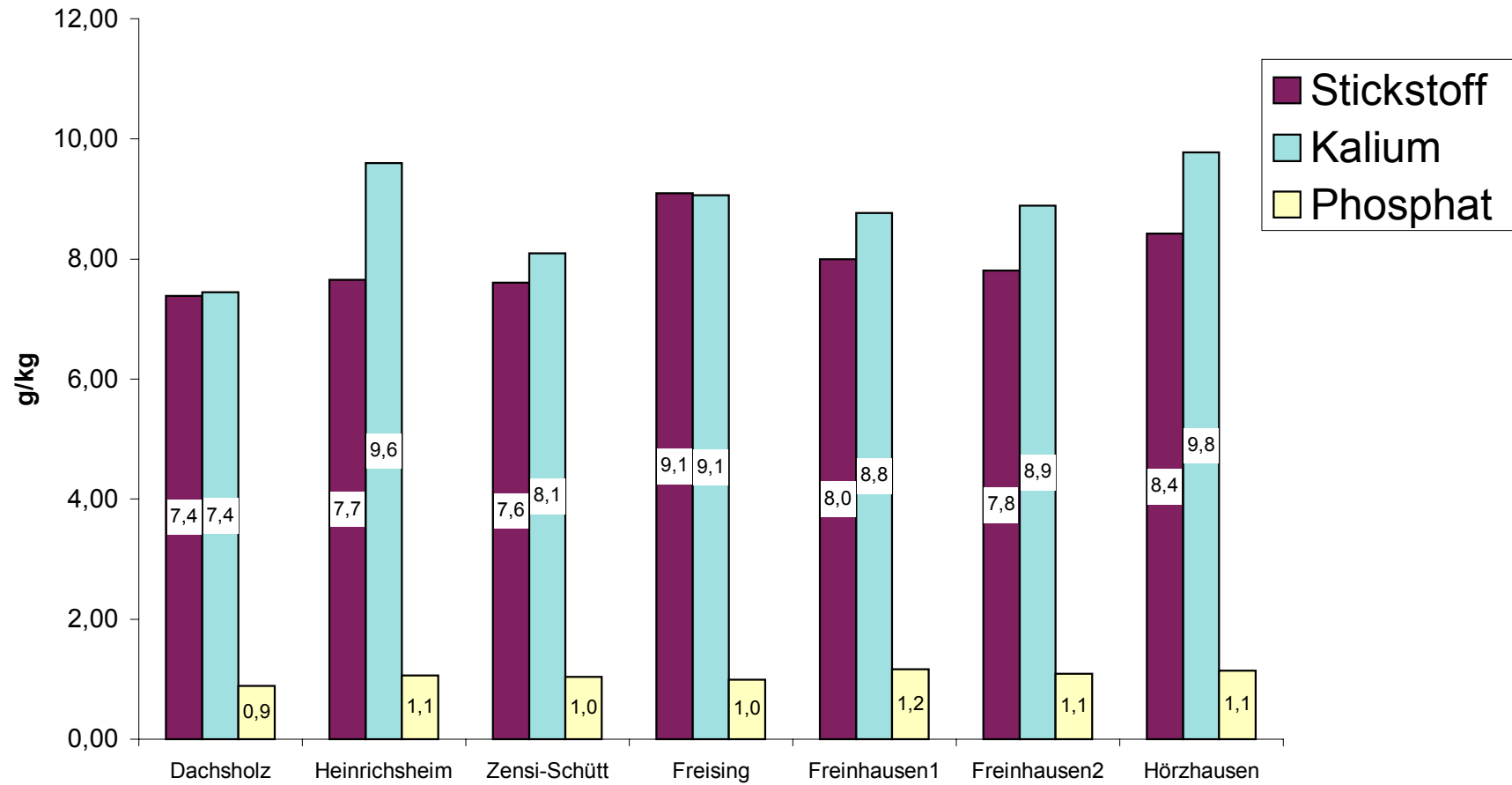


Abb. 59 Häufigkeit von Samengewichten / Daten Tab. 144

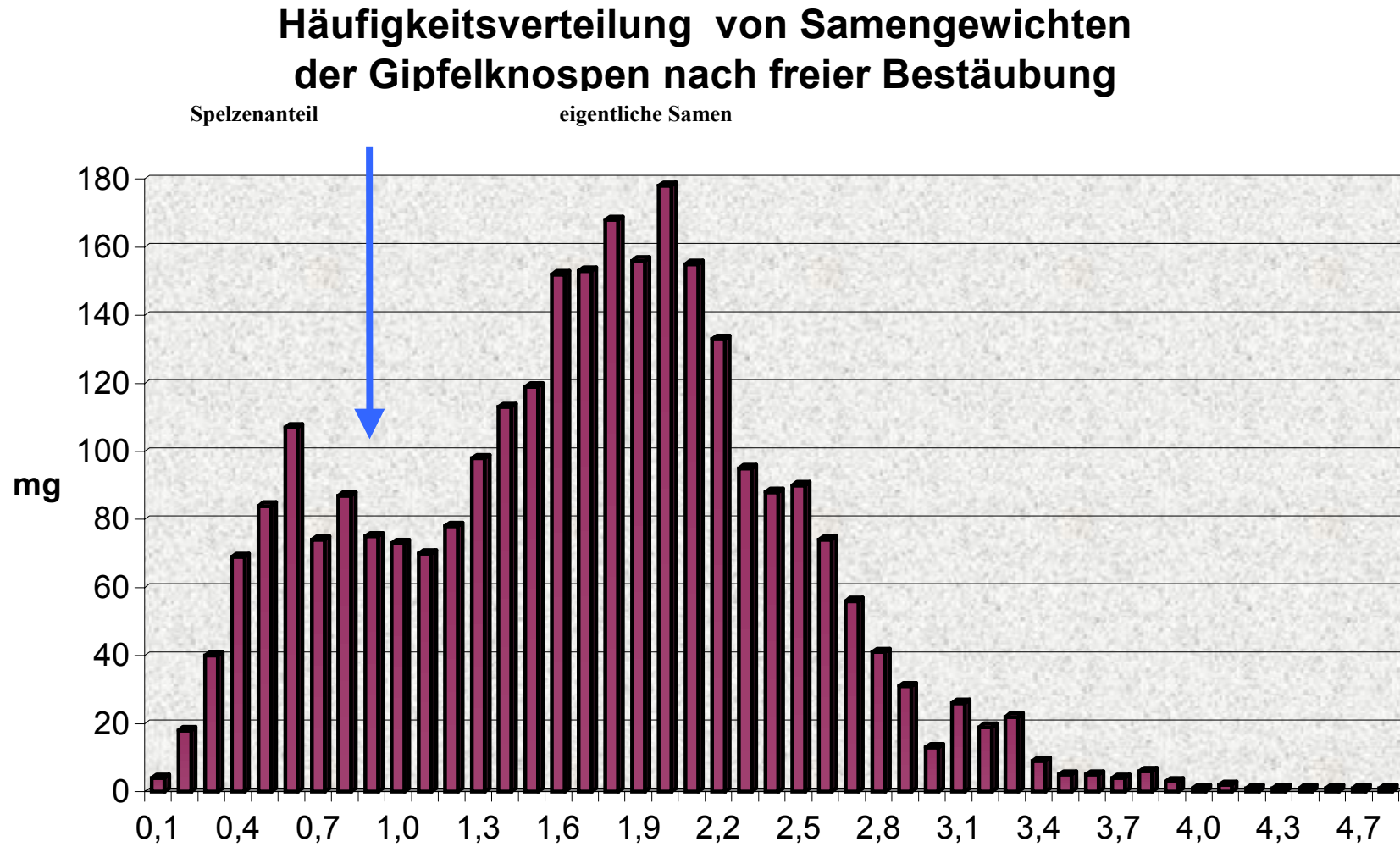


Abb. 60 Mittleres Samengewicht nach freier Bestäubung / Daten Tab. 64

Mittleres Samengewicht nach freier Bestäubung bei den Populationen und Behandlungen

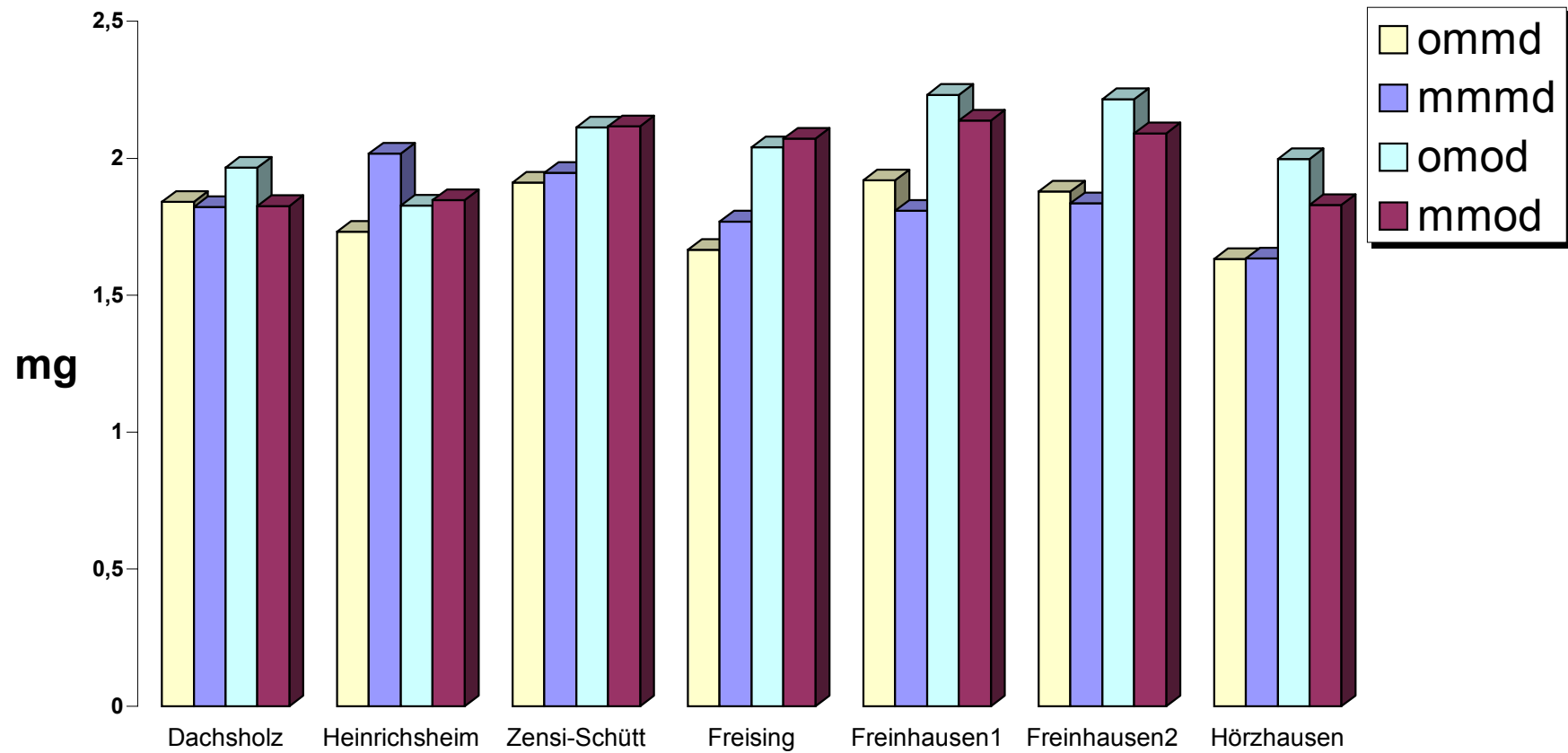


Abb. 61 Anteil von Spelzen nach freier Bestäubung / Daten Tab. 66 / Statistik Tab. 86 u. Tab. 87

Anteil von Samen unter < 5 mg (Spelzen) bei den einzelnen Populationen und Behandlungen

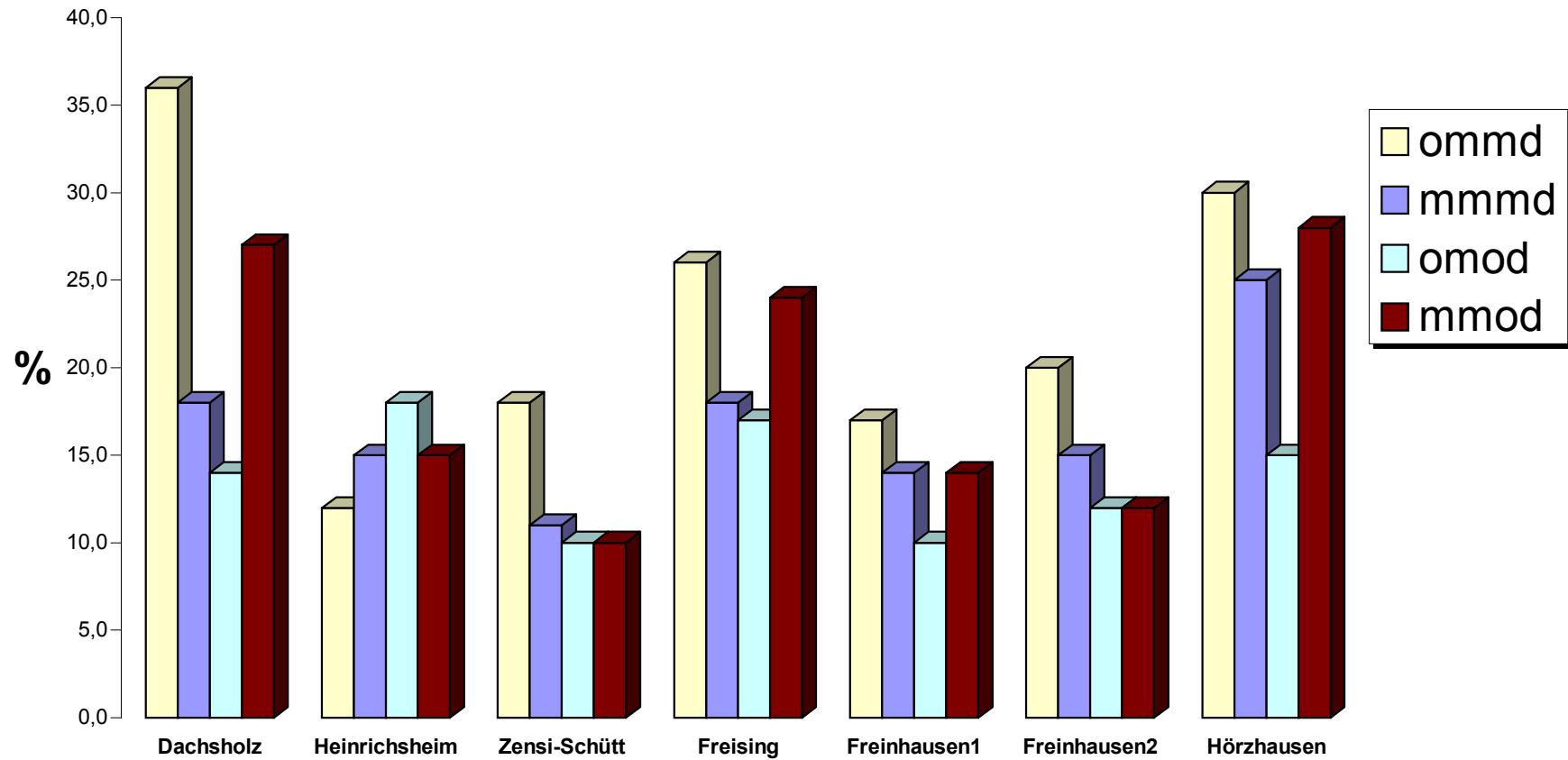


Abb. 62 Samengewicht von Samen der Seitenknospen, Gipfelknospen und mit Tüten abgedeckten Seitenknospen / Daten Tab. 65

Mittleres Samengewicht von Knospen mit Tüten abgedeckt oder frei bei der Behandlung omod

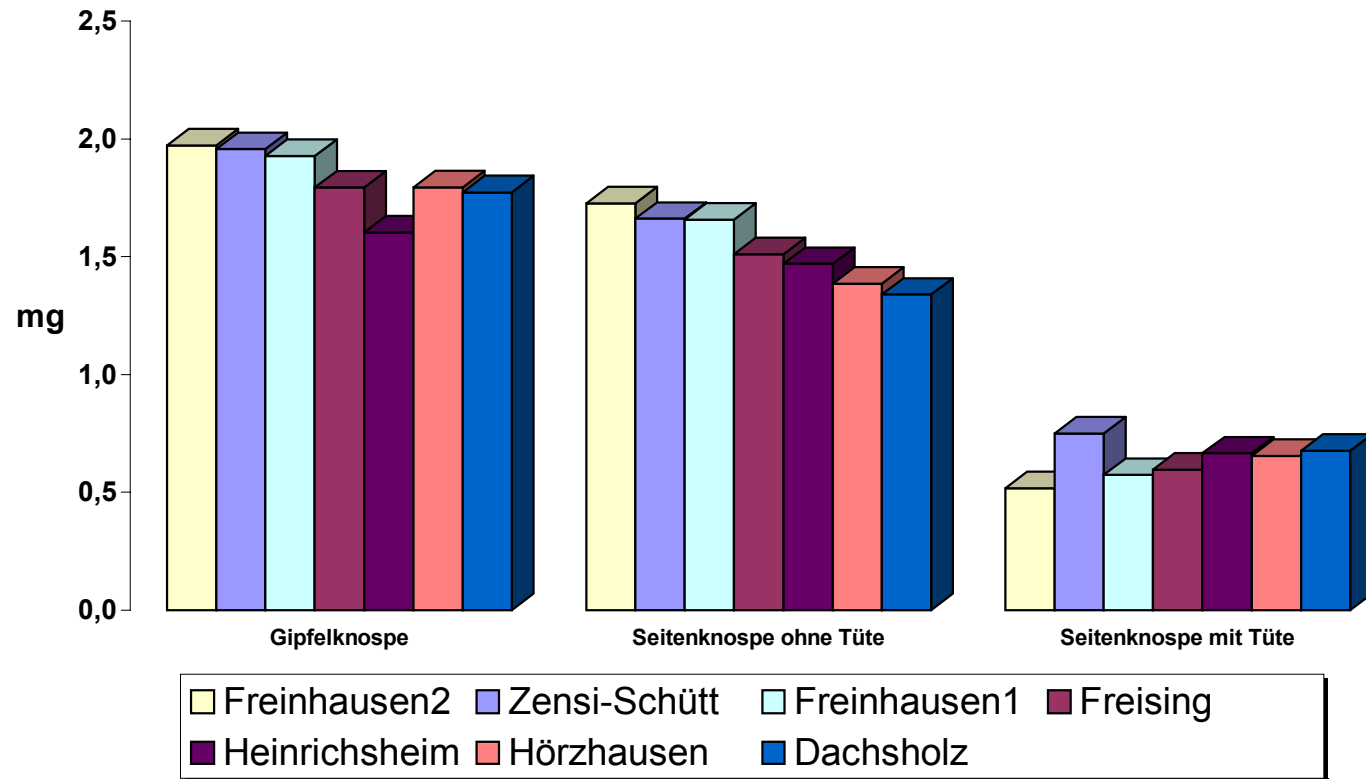


Abb. 63 Regression der Samengewichte von Seitenknospen mit und ohne Tüte (ohne die Population Zensi-Schütt) / Daten Tab. 65

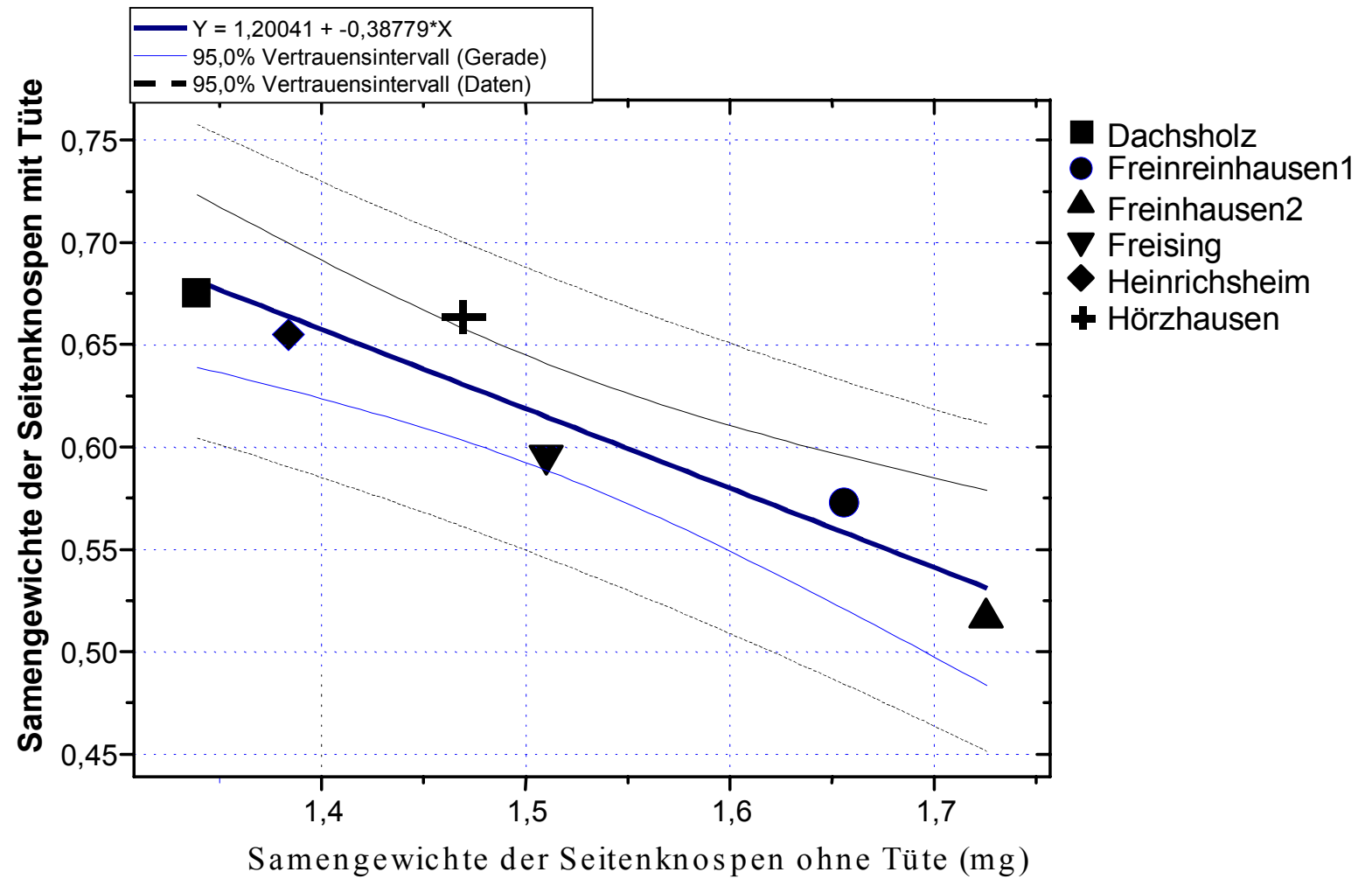
lineare Regression: $r^2=0,891$; $n=6$; $p=0,046$

Abb. 64 Lineare Regression von Samengewichten (mg) nach reiner Selbstbestäubung (Tüte) und effektiver Allelzahl N_e ohne die Population Freinhausen1 / Daten Tab. 65 und Tab. 132

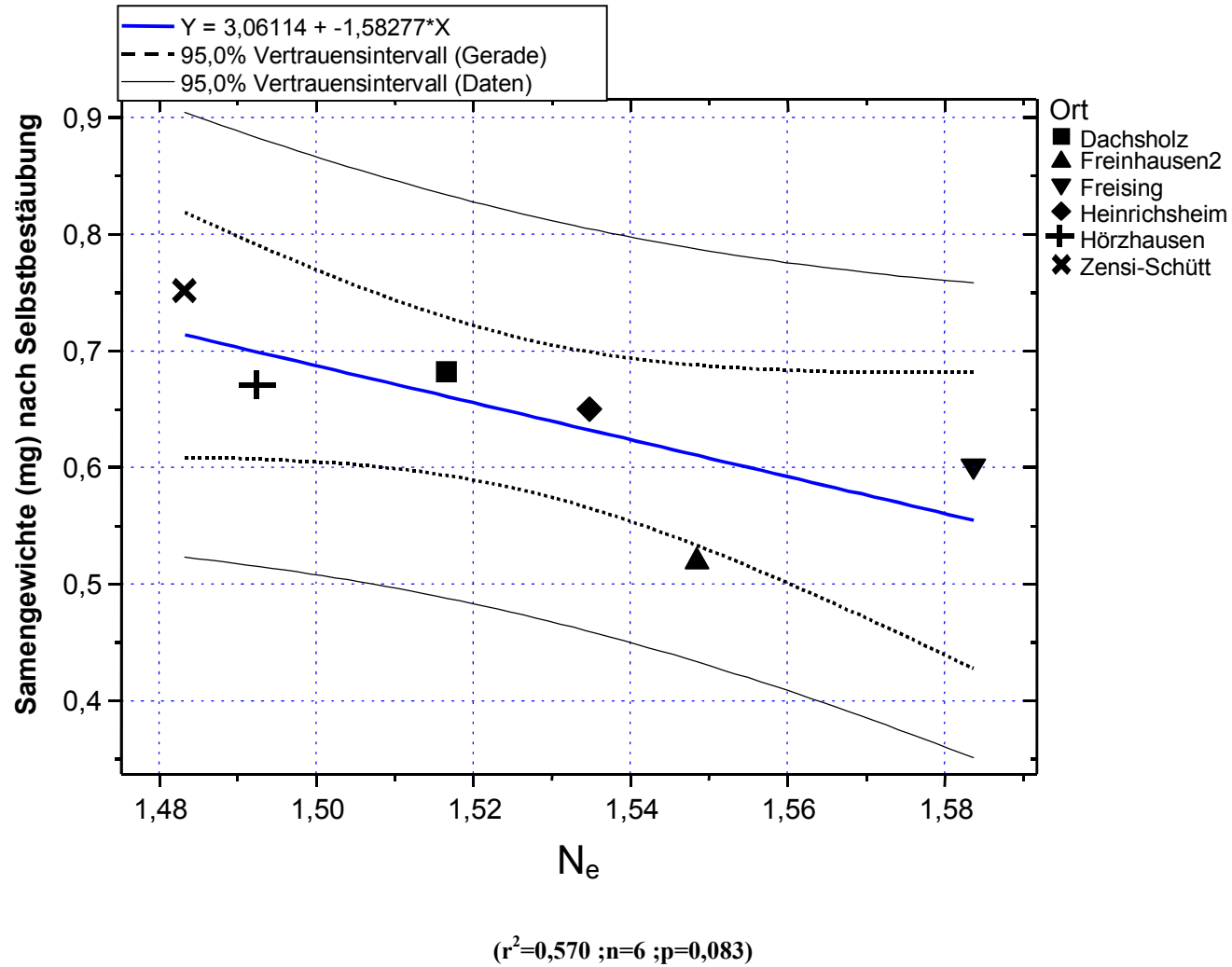


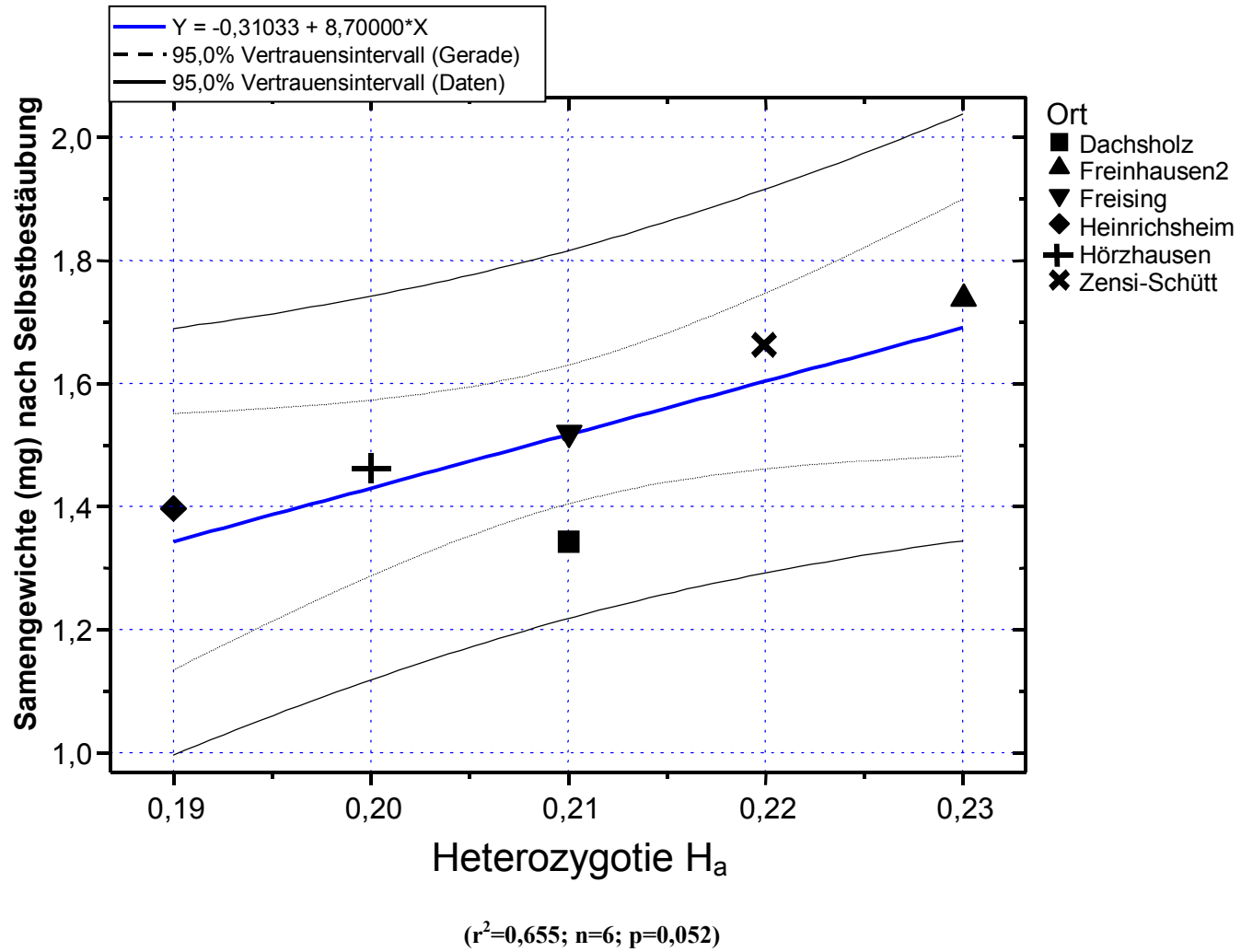
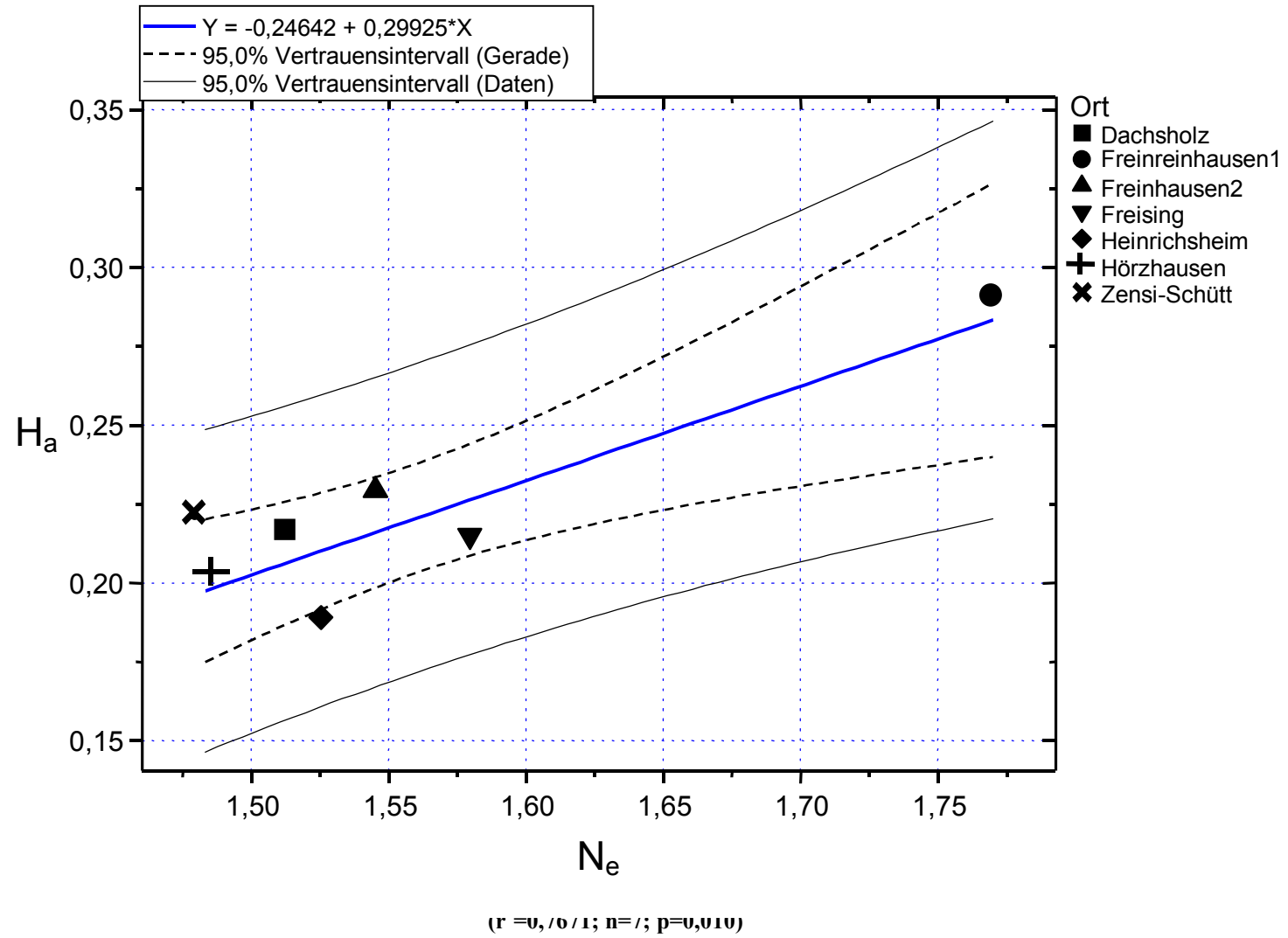
Abb. 65 Lineare Regression von Heterozygotie H_a und Samengewichten reiner Selbstbestäubung (Tüte) / Daten Tab. 65 und Tab. 126

Abb. 66 Lineare Regression von effektiver Allelzahl (N_e) und Heterozygotie (H_a) / Daten Tab. 132 und Tab. 126



Tab. 53 Entwicklung der Sprosshöhe (cm) im Gewächshaus bei der Behandlung omod als Grundlage für Abb. 50

| DATUM | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|---------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| 1.4.99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.6.99 | 8 | 6 | 12 | 10 | 7 | 10 | 14 |
| 8.6.99 | 12 | 9 | 19 | 13 | 16 | 21 | 21 |
| 23.8.99 | 121 | 108 | 120 | 100 | 74 | 80 | 108 |
| 24.8.99 | 121 | 108 | 120 | 100 | 74 | 80 | 108 |
| 12.9.99 | 121 | 108 | 120 | 100 | 74 | 80 | 108 |
| 12.9.99 | 121 | 108 | 120 | 100 | 74 | 80 | 108 |

Tab. 54 Maximale mittlere Sprosshöhe (cm) als Grundlage für Abb. 51 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 121 | 108 | 120 | 100 | 74 | 80 | 108 |
| mmmd | 114 | 111 | 122 | 95 | 77 | 66 | 116 |
| omod | 101 | 99 | 115 | 86 | 78 | 82 | 107 |
| mmod | 96 | 91 | 104 | 86 | 75 | 69 | 102 |

Tab. 55 Mittlere Anzahl Knospen pro Pflanze als Grundlage für Abb. 52 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 84 | 73 | 73 | 89 | 50 | 48 | 84 |
| mmmd | 57 | 64 | 61 | 72 | 37 | 37 | 75 |
| omod | 39 | 42 | 38 | 48 | 26 | 31 | 48 |
| mmod | 33 | 39 | 23 | 37 | 20 | 24 | 36 |

Tab. 56 Anzahl Knospen und Anzahl Sprosse als Grundlage für Abb. 53 / Daten Tab. 138

| MERKMAL | BEHANDLUNG | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | ZENSI-SCHÜTT | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | FREISING |
|-------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|---------------|------------|----------|
| Anzahl Knospen | ommd | 50 | 48 | 73 | 84 | 73 | 84 | 89 |
| | mmmd | 37 | 37 | 61 | 57 | 64 | 75 | 72 |
| | omod | 26 | 31 | 38 | 39 | 42 | 48 | 48 |
| | mmod | 20 | 24 | 23 | 33 | 39 | 36 | 37 |
| Mittlere Anzahl Sprosse | alle | 8 | 10 | 10 | 10 | 12 | 15 | 15 |

Tab. 57 Mittlere Anzahl Knospen pro Spross als Grundlage von Abb. 54 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 5,8 | 5,0 | 5,3 | 4,6 | 5,4 | 5,1 | 4,1 |
| mmmd | 5,9 | 4,9 | 5,4 | 4,4 | 4,5 | 3,7 | 5,6 |
| omod | 4,8 | 4,2 | 4,5 | 3,5 | 3,8 | 3,3 | 3,8 |
| mmod | 4,3 | 4,2 | 4,5 | 3,8 | 3,4 | 3,0 | 3,8 |

Tab. 58 Biomasse (g / Trockengewicht pro Pflanze) im Gewächshaus 1998 als Grundlage von Abb. 55 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 14 | 13 | 10 | 10 | 13 | 15 | 13 |
| mmmd | 10 | 12 | 9 | 8 | 12 | 13 | 12 |
| omod | 11 | 11 | 7 | 7 | 11 | 11 | 10 |
| mmod | 10 | 11 | 7 | 7 | 12 | 11 | 8 |

Tab. 59 Biomasse (g / Trockengewicht pro Pflanze) im Gewächshaus 1999 als Grundlage von Abb. 56 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 63 | 60 | 69 | 58 | 35 | 37 | 63 |
| mmmd | 44 | 47 | 54 | 39 | 29 | 29 | 53 |
| omod | 33 | 36 | 36 | 32 | 26 | 28 | 36 |
| mmod | 30 | 32 | 25 | 25 | 21 | 22 | 26 |

Tab. 60 Wassergehalt (% der Blattmasse) der Rosettenblätter als Grundlage für Abb. 57 / Daten Tab. 143

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 64,98 | 69,22 | 72,29 | 74,19 | 69,56 | 69,73 | 72,74 |
| mmmd | 68,28 | 66,76 | 71,16 | 77,04 | 69,15 | 73,55 | 74,00 |
| omod | 71,95 | 73,35 | 73,17 | 74,25 | 71,78 | 74,19 | 73,52 |
| mmod | 71,40 | 69,53 | 72,50 | 73,47 | 71,78 | 71,67 | 73,73 |

Tab. 61 Inhaltsstoffe der Blätter (mg pro kg Blattrockenmasse) bei der Behandlung omod als Grundlage für Abb. 58 / Daten Tab. 142

| ORT | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| Stickstoff mg/kg | 7,39 | 7,65 | 7,61 | 9,10 | 8,00 | 7,81 | 8,42 |
| Phosphat mg/kg | 0,89 | 1,07 | 1,04 | 1,00 | 1,16 | 1,09 | 1,14 |
| Kalium mg/kg | 7,44 | 9,59 | 8,09 | 9,06 | 8,77 | 8,89 | 9,78 |

Tab. 62 Parameter der Topferde 15.8.1999 bei den Behandlungen / Daten Tab. 146 / Mittelwerte Populationen bei Behandlung omod s. Tab. 63

| BEHANDLUNG | pH | N _{ges.} % | P _{ges.} / P ₂ O ₅ (mg/kg) | K _{ges.} K ₂ O (mg/kg) | Org-Subst % |
|-------------------|------------|---------------------|---|--|-------------|
| mmmd | 6,0 | 1,02 | 224 | 153 | 83,9 |
| ommd | 5,9 | 1,00 | 209 | 126 | 83,6 |
| mmod | 6,3 | 1,04 | 77 | 53 | 85,9 |
| omod | 5,9 | 1,06 | 71 | 64 | 84,6 |
| Mittelwert | 6,0 | 1,04 | 114 | 84 | 84,6 |

Tab. 63 Mittelwerte Populationen bei Behandlung omod / Daten Tab. 146 / Parameter bei den Behandlungen s. Tab. 62

Bodenwerte im Freiland

| DATEN | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT | MITTEL |
|---|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|-------------|
| pH | 5,9 | 5,8 | 5,9 | 5,8 | 5,9 | 5,9 | 6,0 | 5,9 |
| N _{ges.} % | 1,05 | 1,06 | 1,09 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,07 | 1,06 |
| P _{ges.} / P ₂ O ₅ (mg/kg) | 75 | 78 | 68 | 60 | 70 | 73 | 78 | 70 |
| K _{ges.} K ₂ O (mg/kg) | 68 | 60 | 63 | 58 | 63 | 75 | 65 | 60 |
| Org-Subst % | 84,9 | 85,5 | 85,5 | 83,7 | 84,9 | 83,1 | 84,9 | 84,6 |

Tab. 64 Mittleres Samengewicht (mg) / Gipfelknospen im Gewächshaus 1999 als Grundlage für Abb. 60 / Daten Tab. 144

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 1,84 | 1,73 | 1,91 | 1,67 | 1,92 | 1,88 | 1,63 |
| mmmd | 1,82 | 2,02 | 1,95 | 1,77 | 1,81 | 1,84 | 1,63 |
| omod | 1,97 | 1,83 | 2,11 | 2,04 | 2,23 | 2,22 | 2,00 |
| mmod | 1,82 | 1,85 | 2,12 | 2,07 | 2,14 | 2,09 | 1,83 |

Tab. 65 Mittlere Samengewichte (mg) bei den Populationen von Gipfel- und Seitenknospen als Grundlage für Abb. 62 und Abb. 63 / Daten Tab. 144 und Tab. 145

| FALL | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------------------------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| Gipfelknospen | 1,77 | 1,60 | 1,96 | 1,79 | 1,93 | 1,97 | 1,79 |
| Seitenknospen ohne Tüte | 1,34 | 1,47 | 1,66 | 1,51 | 1,66 | 1,73 | 1,39 |
| Seitenknospen mit Tüte | 0,68 | 0,67 | 0,75 | 0,60 | 0,57 | 0,52 | 0,65 |
| Verhältnis mit Tüte / ohne Tüte | 0,50 | 0,45 | 0,45 | 0,39 | 0,35 | 0,30 | 0,47 |

Tab. 66 Anteil (%) von Spelzen (Samen unter 0,9 mg) an Seitenknospen, nach freier Bestäubung zwischen den Populationen als Grundlage für Abb. 61 / Daten Tab. 145

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| mmmd | 18 | 14 | 15 | 18 | 15 | 25 | 11 |
| mmod | 27 | 14 | 12 | 24 | 15 | 28 | 10 |
| ommd | 36 | 17 | 20 | 26 | 12 | 30 | 18 |
| omod | 14 | 10 | 12 | 17 | 18 | 15 | 10 |

Tab. 67 Statistik Sprosshöhe / Behandlungen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen).

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 6 |
| mmmd | + | | 1,2,3,7 |
| ommd | | 1 | 1,2,3 |

Tab. 68 Statistik Sprosshöhe / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 3 | |
| Freising | - | - | + | 1,2,3 | | 1,2 |
| Freinhausen1 | - | + | 1 | 1,2,3,4 | 1,2,3 | 1,2,3,4 |
| Freinhausen2 | + | | 1,2 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| Hörzhausen | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 | 2,3 | | | |

Tab. 69 Statistik Anzahl Sprosse pro Pflanze / Behandlungen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 4 |
| mmmd | + | 3 | 3,4 |
| ommd | 1,7 | 1,2,3,4,7 | 1,2,3,4,5,7 |

Tab. 70 Statistik Anzahl Sprosse pro Pflanze / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 4 | |
| Freising | - | - | + | 1,3,4 | | 2 |
| Freinhausen1 | - | + | 1,3,2 | | 2,4 | |
| Freinhausen2 | + | | 1,3 | | | |
| Hörzhausen | 1 | 1,2,3,4 | | 1,4 | 1 | 1,3 |

Tab. 71 Statistik Anzahl Knospen / Behandlungen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|---------------|---------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | 1,2,3,4,7 | 1,2,3,4,5,6,7 |
| ommd | 1 | 1,2,3,4,5,6,7 | 1,2,3,4,5,6,7 |

Tab. 72 Statistik Anzahl Knospen / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 4 | |
| Freising | - | - | + | 4 | | |
| Freinhausen1 | - | + | 1,2,3 | 1,2 | 1,2,3 | 1 |
| Freinhausen2 | + | | 1,2,3,4 | 1,2 | 1,2,4 | 1 |
| Hörzhausen | 1,2,3 | 1,2,3,4 | | | | |

Tab. 73 Statistik Anzahl Knospen pro Spross / Behandlungen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen).

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | 7 | 1,5,7 |
| ommd | 6 | 5,6 | 1,4,5,6 |

Tab. 74 Statistik Anzahl Knospen pro Spross / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | |
| Freising | - | - | + | 3 | | 3 |
| Freinhausen1 | - | + | | | | |
| Freinhausen2 | + | | | 2,3,4 | 2,4 | 2,3,4 |
| Hörzhausen | 2 | | | 1 | | 1 |

Tab. 75 Statistik Biomasse 1998 / Behandlungen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|---------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 1,2,7 |
| mmmd | + | | 1,2,3,4,6,7 |
| ommd | 1,6 | 1,3,4,6,7 | 1,2,3,4,5,6,7 |

Tab. 76 Statistik Biomasse 1998 / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 1,2,3 | 1,3 |
| Freising | - | - | + | | 1,2,3,4 | 1,3,4 |
| Freinhausen1 | - | + | 2,3,4 | 3,4 | | |
| Freinhausen2 | + | | 1,2, 3,4 | 1,2,3,4 | | |
| Hörzhausen | 4 | 4 | 1,2,3 | 1,2,3 | | |

Tab. 77 Statistik Biomasse 1999 / Behandlungen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen).

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|---------------|---------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 3,7 |
| mmmd | + | 1,2,3,7 | 1,2,3,4,7 |
| ommd | 1,2,3,4 | 1,2,3,4,5,6,7 | 1,2,3,4,5,6,7 |

Tab. 78 Statistik Biomasse 1999 / Populationen / Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | |
| Freising | - | - | + | 2 | | |
| Freinhausen1 | - | + | 1,3 | 1,2,3 | 1,2,3,4 | 1,2,4 |
| Freinhausen2 | + | | 1 | 1,2 | 1,2,4 | 1,2,4 |
| Hörzhausen | 1,2 | 1,2 | 2 | | | |

Tab. 79 Statistik Inhaltsstoffe der Topferde / Behandlungen /Daten Tab. 146

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen).

LEGENDE

| PARAMETER | NR. |
|-------------------------|-----|
| PH | 1 |
| N | 2 |
| P | 3 |
| K | 4 |
| Gehalt an org. Substanz | 5 |

Die Farbe des Eintrags stimmt mit der des größeren der beiden Parameter (Zeile oder Spalte) überein

| | | | |
|------|-------------|-------------|--------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 1 |
| mmmd | + | 3,4 | 3,4 |
| ommd | | 3,4 | 1,3,4 |

Tab. 80 Statistik Inhaltsstoffe der Topferde bei den Populationen /Daten Tab. 146

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei der Behandlung omod. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

Es gibt keine signifikanten Unterschiede

Tab. 81 Statistik Wassergehalt der Rosettenblätter / Behandlungen / Daten Tab. 143

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | mmmd | omod | mmod |
|------|------|------|------|
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | 2 | |
| ommd | | 1 | |

Tab. 82 Statistik Wassergehalt der Rosettenblätter / Populationen / Daten Tab. 143

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

Es gibt keine signifikanten Unterschiede

Tab. 83 Statistik $N_{ges.}$, P, K- Gehalten der Rosettenblätter / Populationen / Daten Tab. 142

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei der Behandlung omod. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen).

Es gibt keine signifikanten Unterschiede

Tab. 84 Statistik mittleres Samengewicht / Behandlungen /Daten Tab. 144

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | 4,5,6,7 | 4,5,6 |
| ommd | 2 | 4,5,6,7 | 4 |

Tab. 85 Statistik mittleres Samengewicht / Populationen /Daten Tab. 144

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | 3 | 4 |
| Freising | - | - | + | | | |
| Freinhausen1 | - | + | 1 | | 3 | 1,4 |
| Freinhausen2 | + | | | | 3 | 4 |
| Hörzhausen | 1,2,4 | 1,4 | | 1,2,4 | 2 | |

Tab. 86 Statistik Häufigkeit von Spelzen (Samengewichte unter 0,9 mg) / Behandlungen /Daten Tab. 144

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Paarweiser G-Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | 1,7 |
| mmmd | + | | |
| ommd | 1 | 1,7 | |

Tab. 87 Statistik Häufigkeit von "Spelzen" (Samengewichte unter 0,9 mg) / Populationen /Daten Tab. 144

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei den einzelnen Behandlungen. (Paarweiser G-Test gruppiert nach Populationen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | 1,4 |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | 1,4 |
| Freising | - | - | + | | 1 | |
| Freinhausen1 | - | + | | | | 1,4 |
| Freinhausen2 | + | | | | | 1,4 |
| Hörzhausen | 1 | 2 | | 1,2 | 1 | |

Tab. 88 Statistik mittlere Samengewichte der Seitenknospen/ Populationen /Daten Tab. 145

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen bei der Behandlung omod. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Populationen)

LEGENDE

| FALL | BEZEICHNUNG |
|------------------------|-------------|
| Seitenknospe ohne Tüte | 1 |
| Seitenknospen mit Tüte | 2 |

Die Farbe des Eintrags stimmt mit der des größeren der beiden Parameter (Zeile oder Spalte) überein

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | |
| Freising | - | - | + | 2 | | |
| Freinhausen1 | - | + | | 2 | | |
| Freinhausen2 | + | | | 2 | 2 | 1,2 |
| Hörzhausen | 1 | | | | | |

12.6.3 Blüte

Abb. 67 Mittlere Blühdauer einzelner Pflanzen / Daten Tab. 89

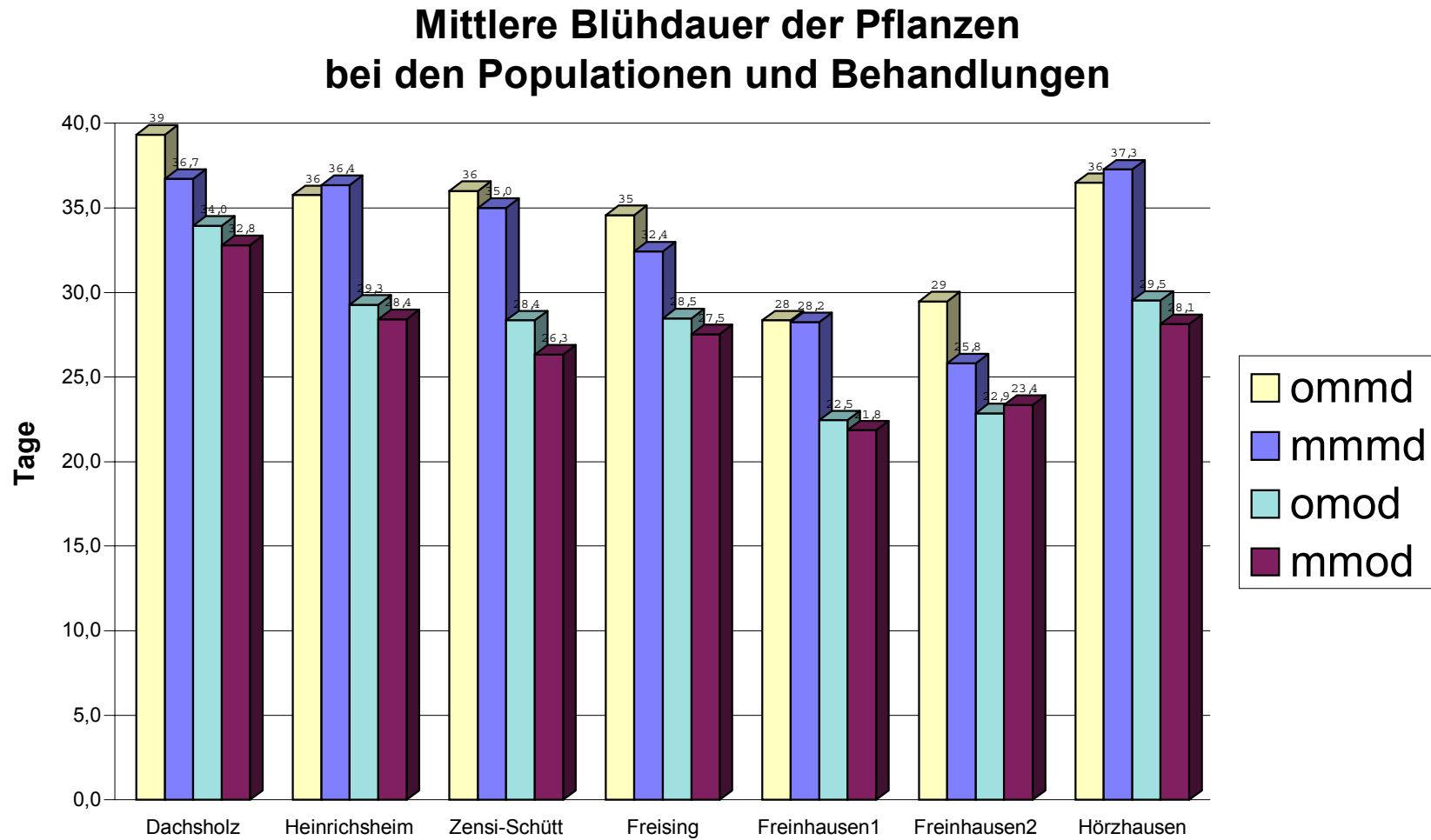


Abb. 68 Mittlere Blühdauer einzelner Blütenstände / Daten Tab. 90

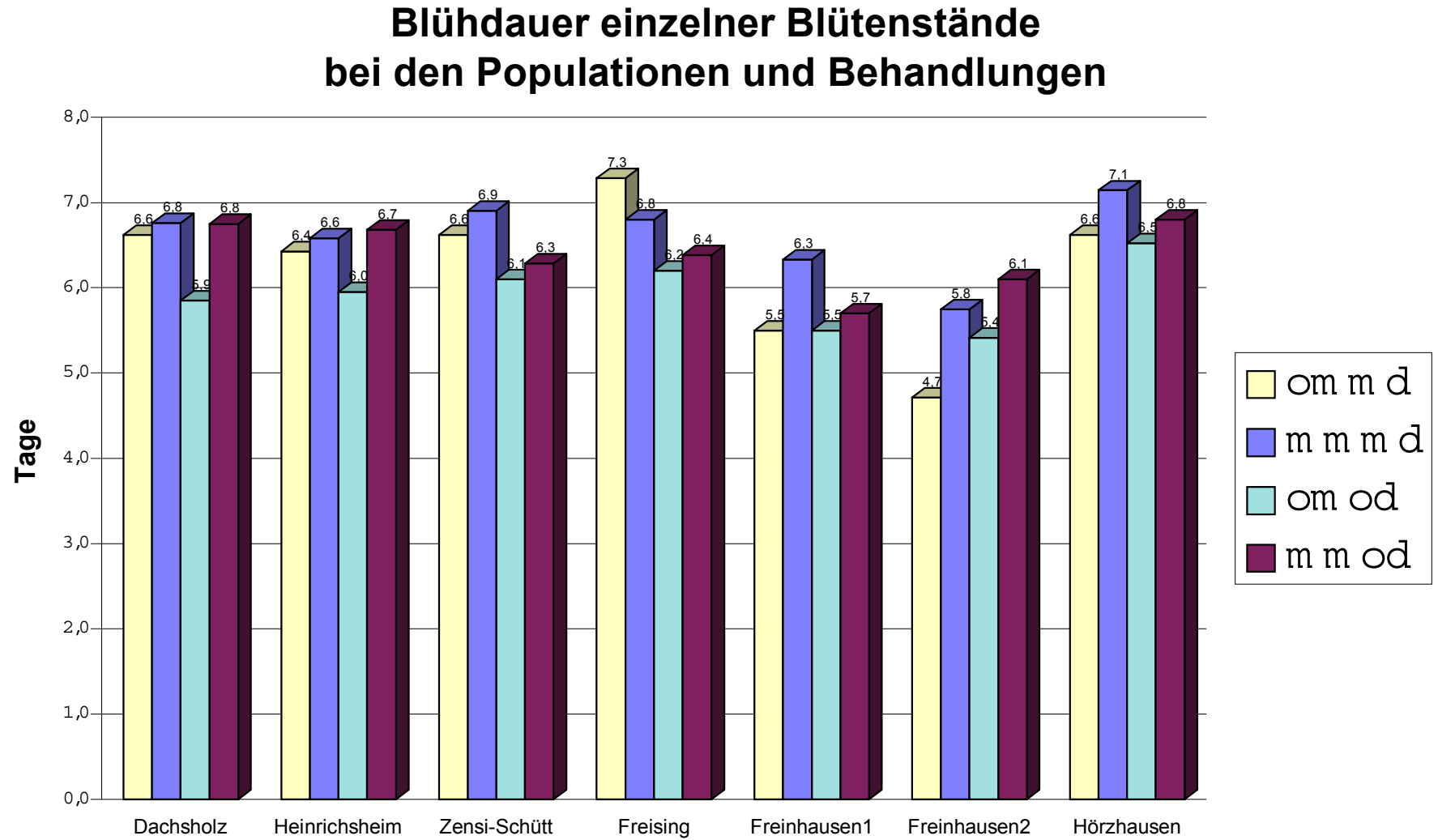


Abb. 69 Blühverlauf bei den Behandlungen / Daten Tab. 92

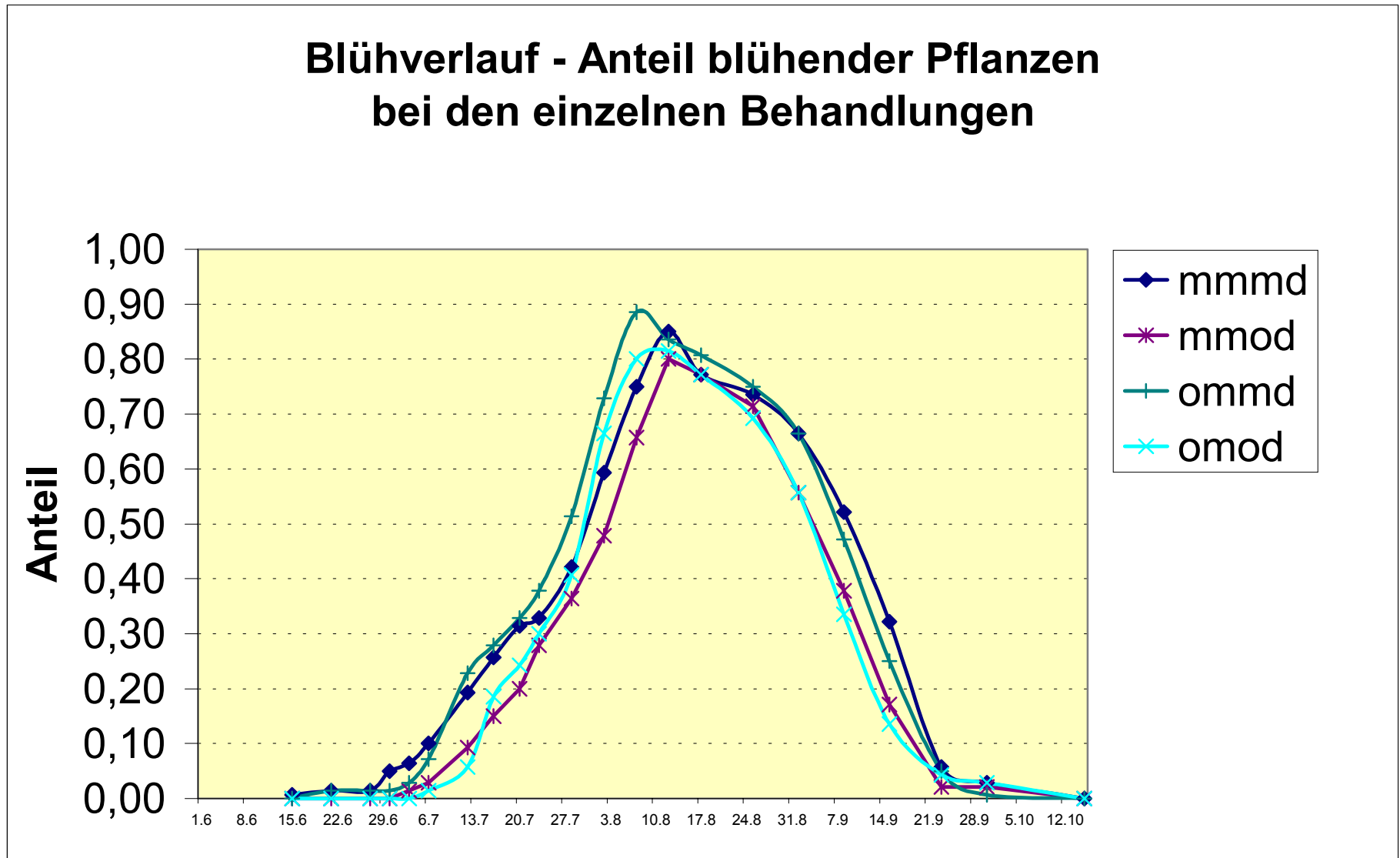


Abb. 70 Blühverlauf bei den Populationen auf Tab. 91

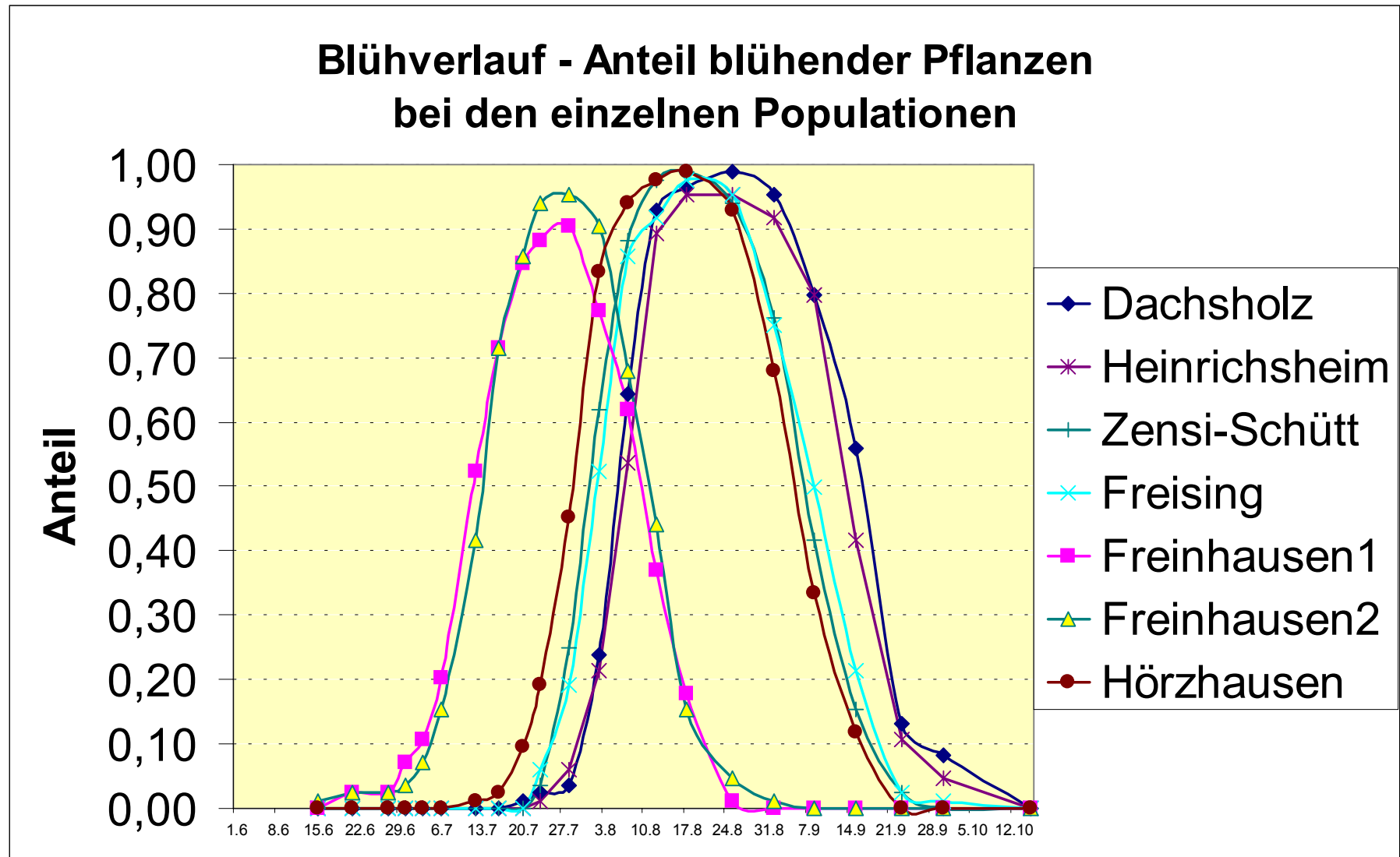


Abb. 71 Verlauf der Blühleistung bei den Behandlungen Tab. 140

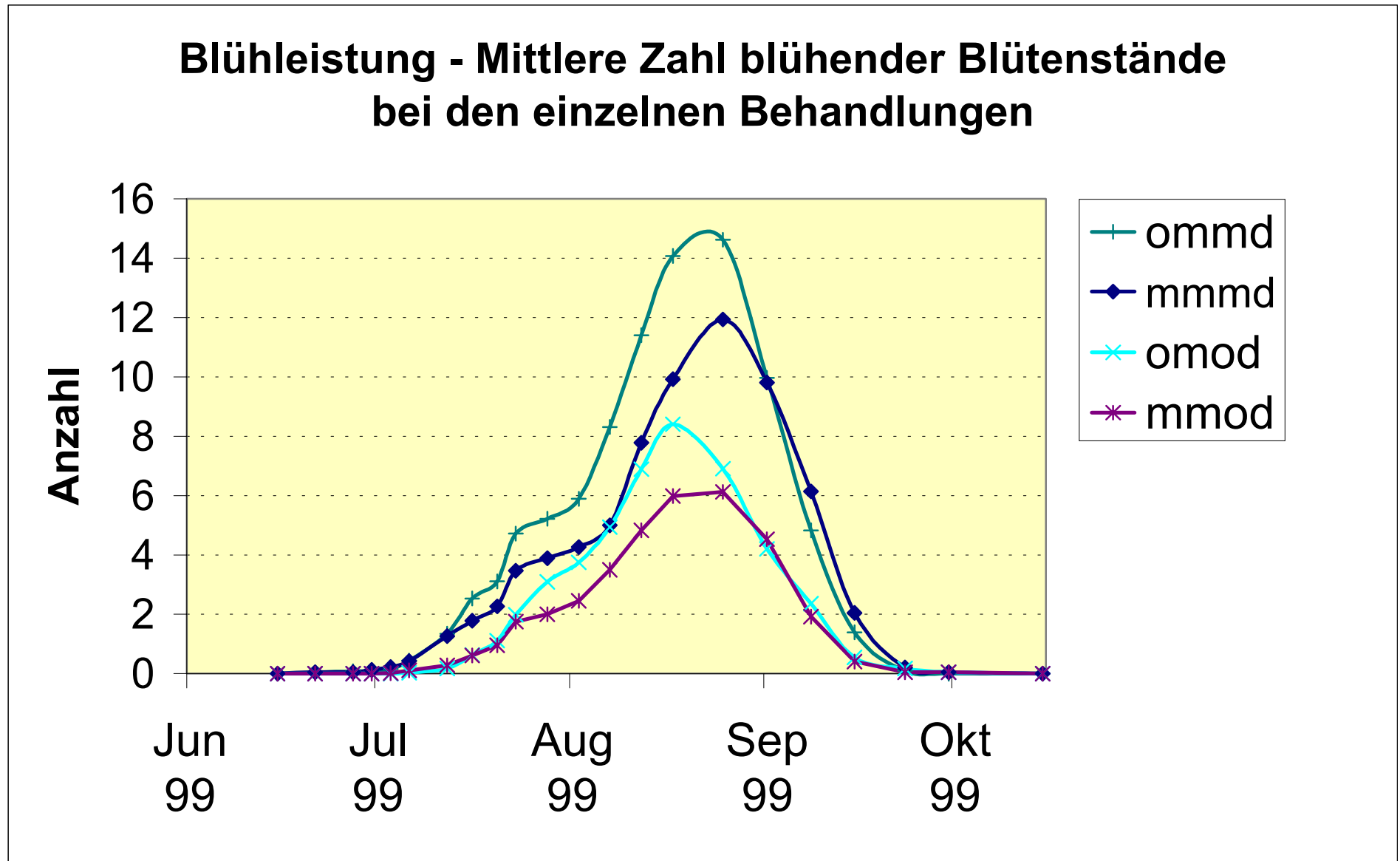


Abb. 72 Blühleistung im Gewächshaus Tab. 93

Maximale Blühleistung - Mittlere Zahl blühender Blütenstände pro Pflanze bei den einzelnen Populationen und Behandlungen

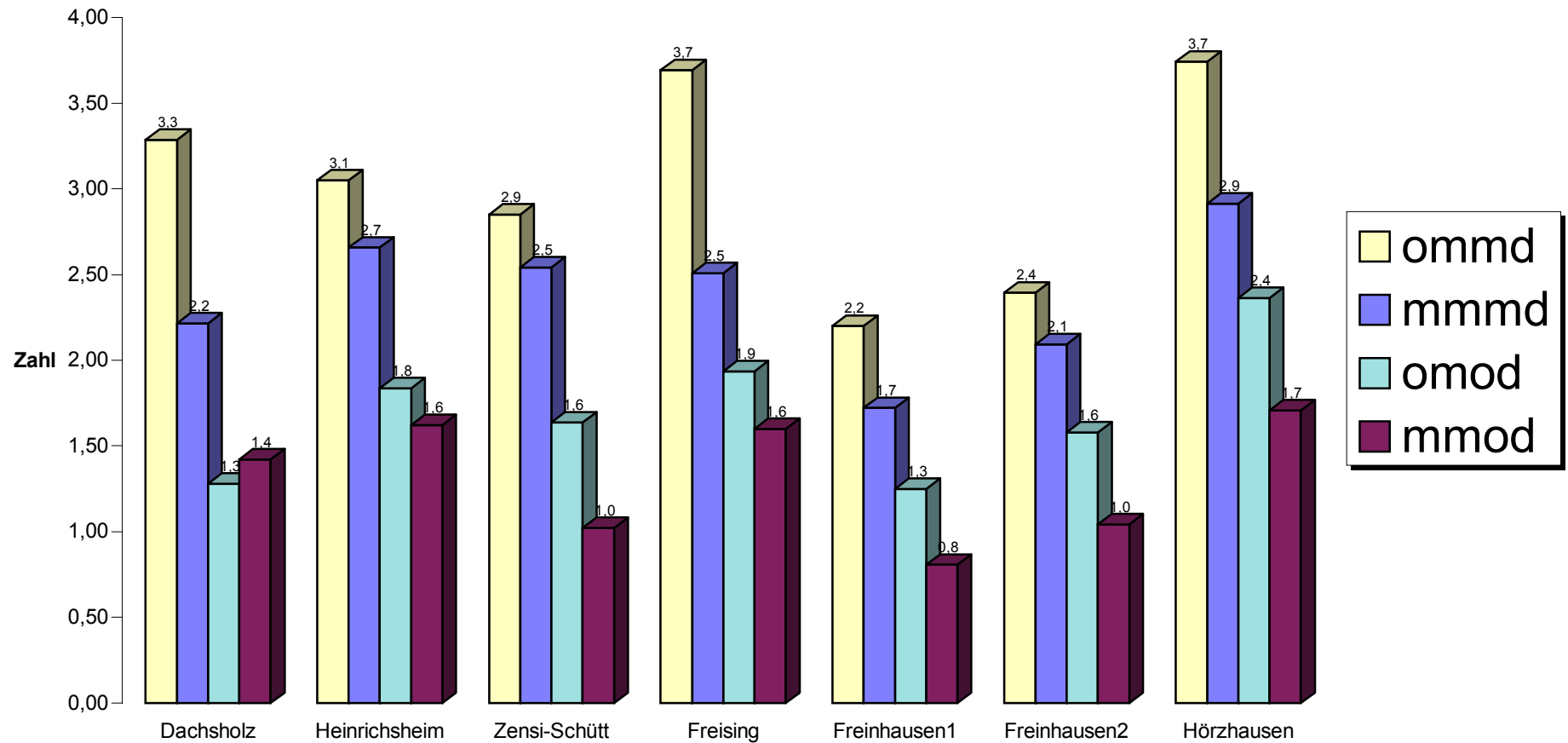


Abb. 73 Verlauf der Blühintensität bei den Behandlungen Tab. 139

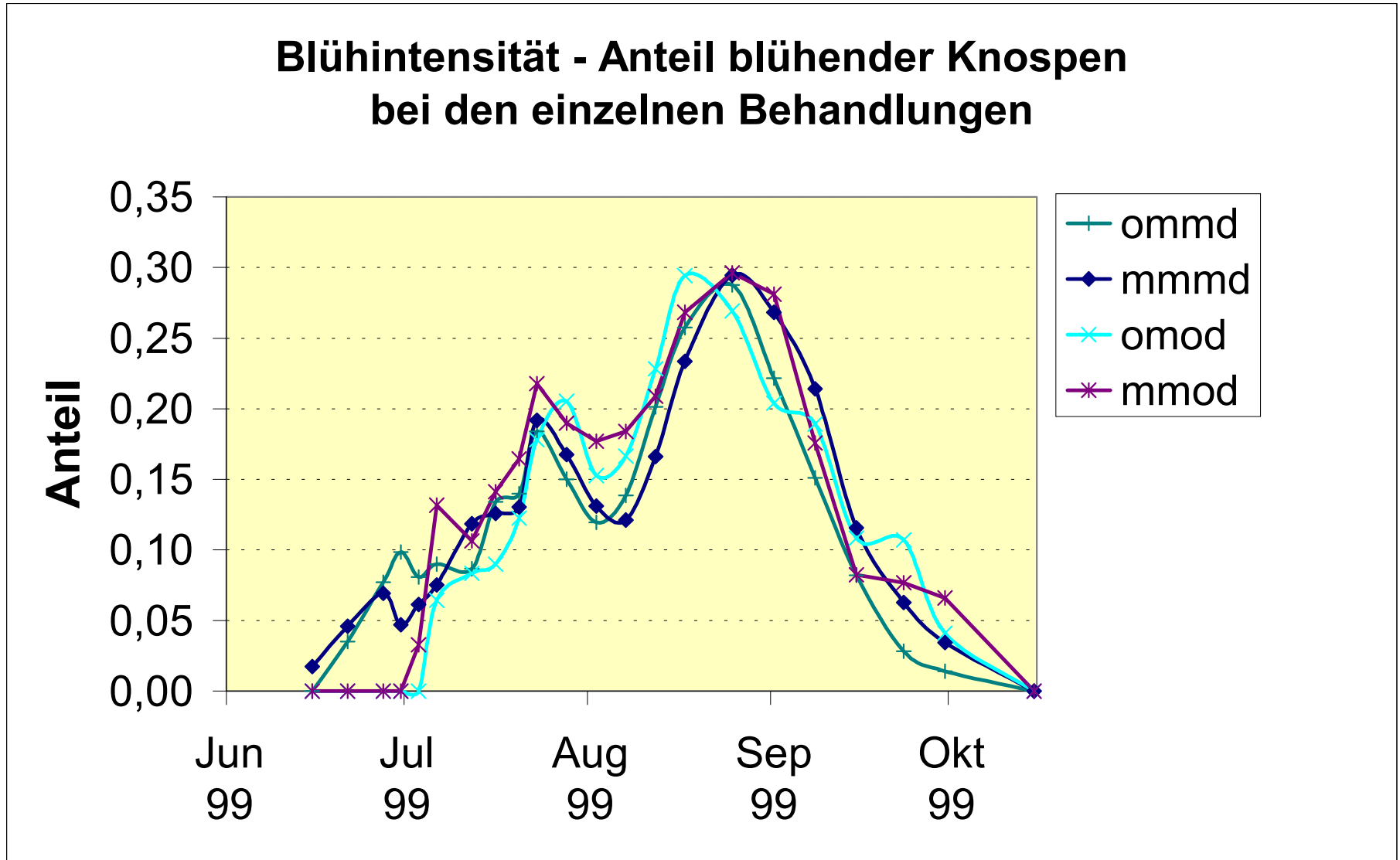


Abb. 74 Maximal erreichte Blühintensität (Blüten pro Anzahl Knospen) / Daten Tab. 94

Blühintensität - Anteil blühender Knospen bei den einzelnen Populationen und Behandlungen

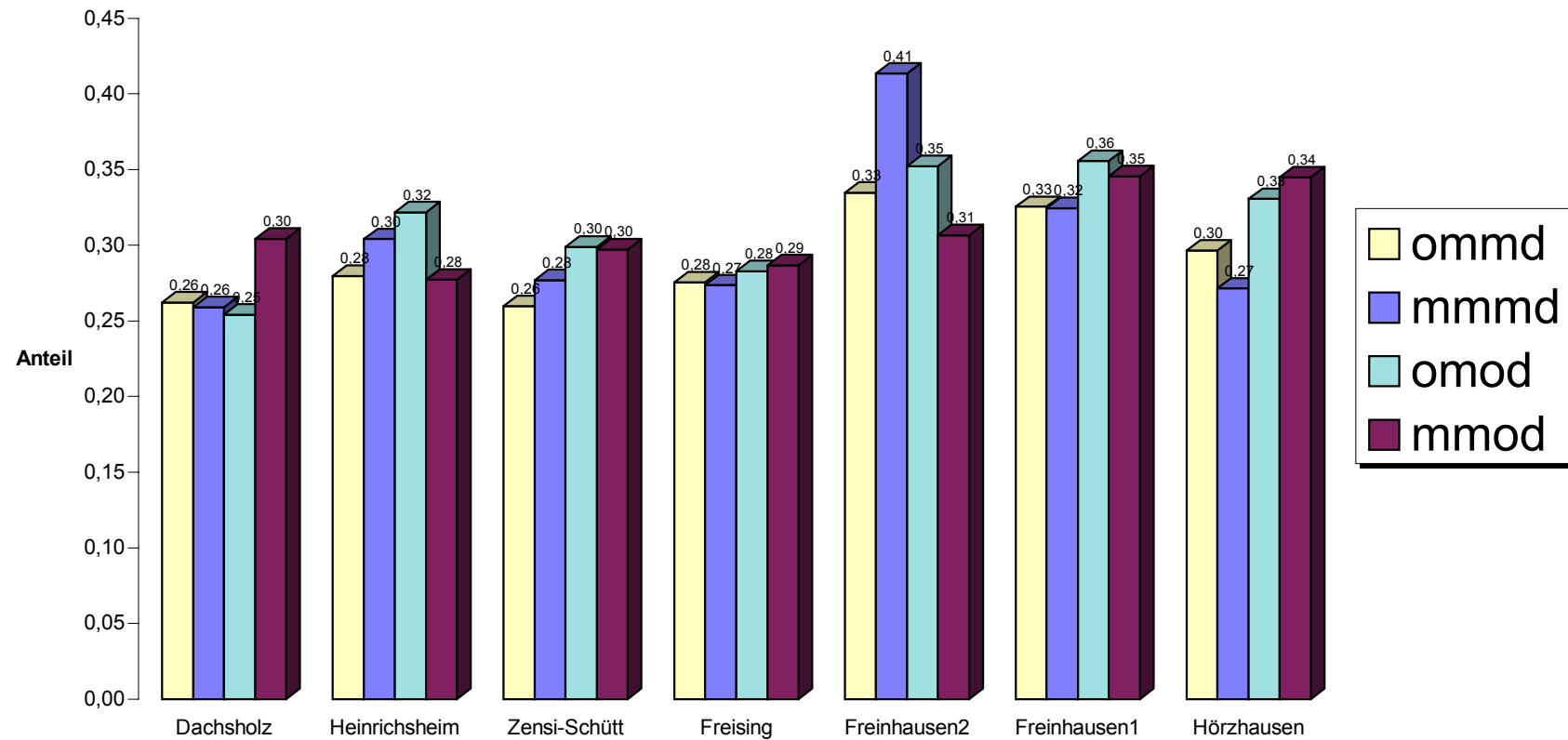


Abb. 75 Verlauf der Blühintensität und des Klimas im Gewächshaus / Daten Tab. 141 und Tab. 147

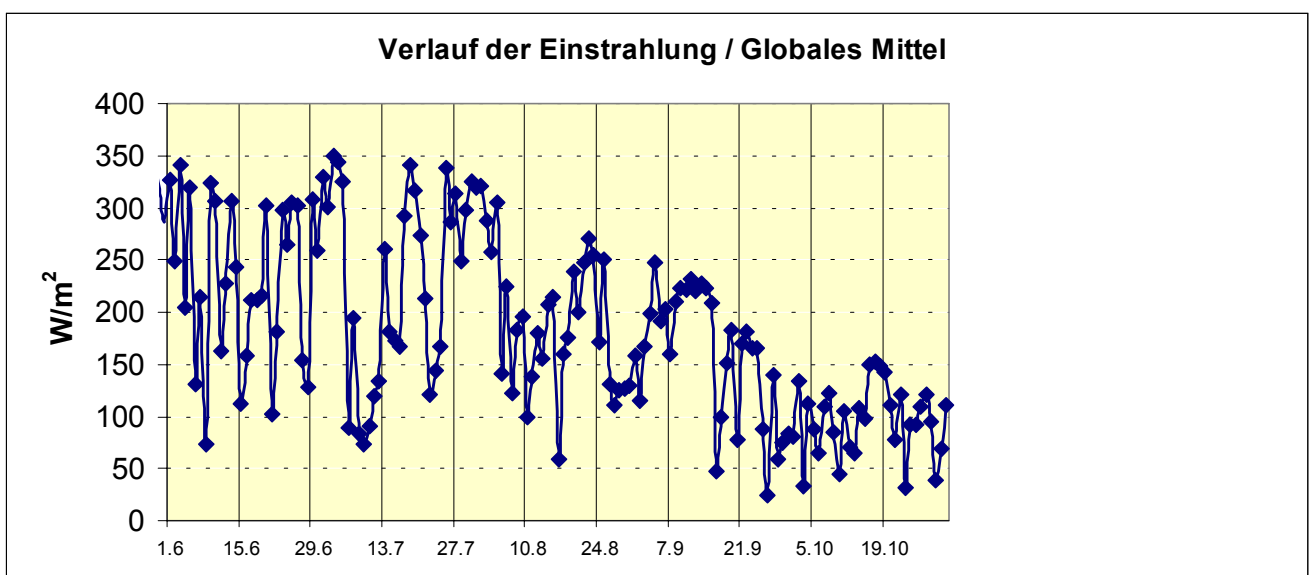
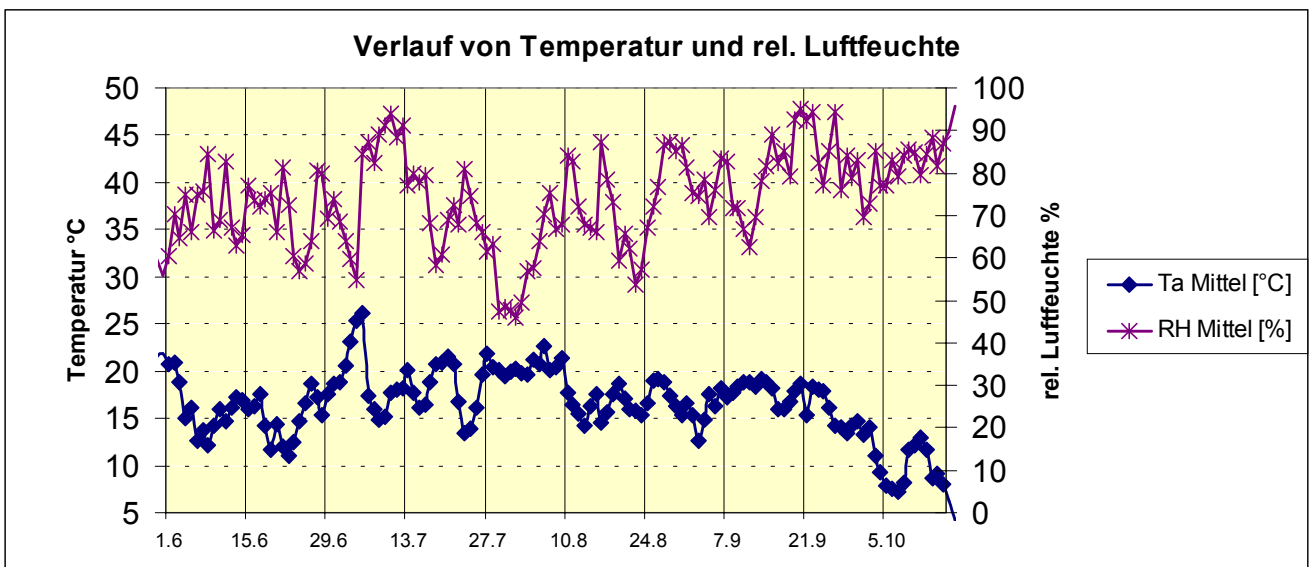
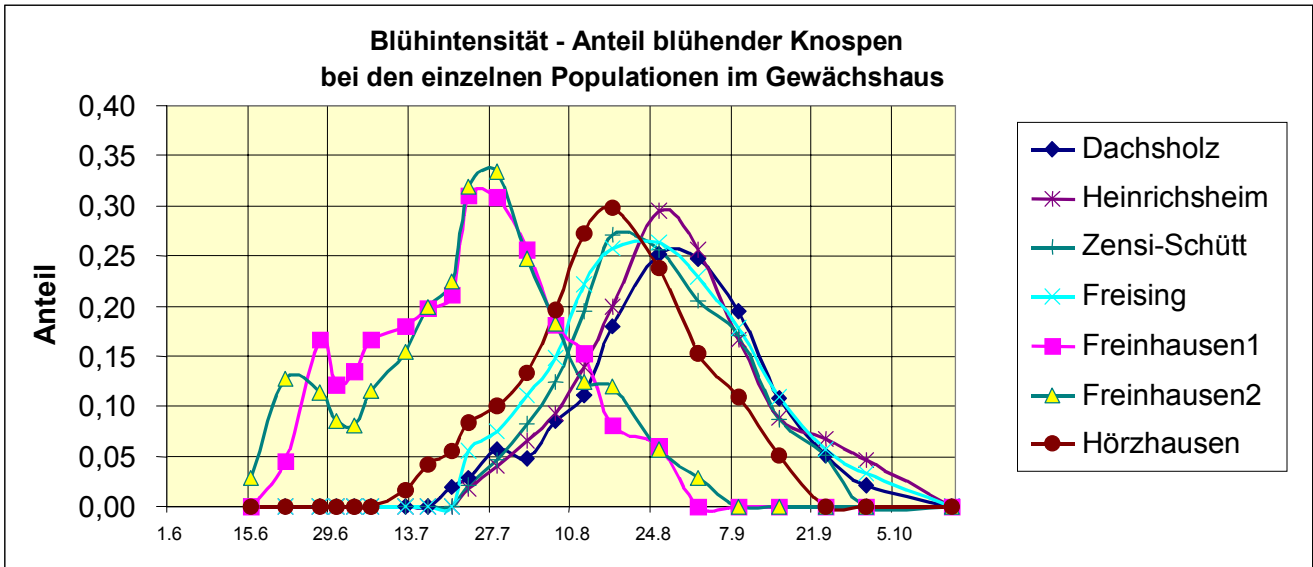
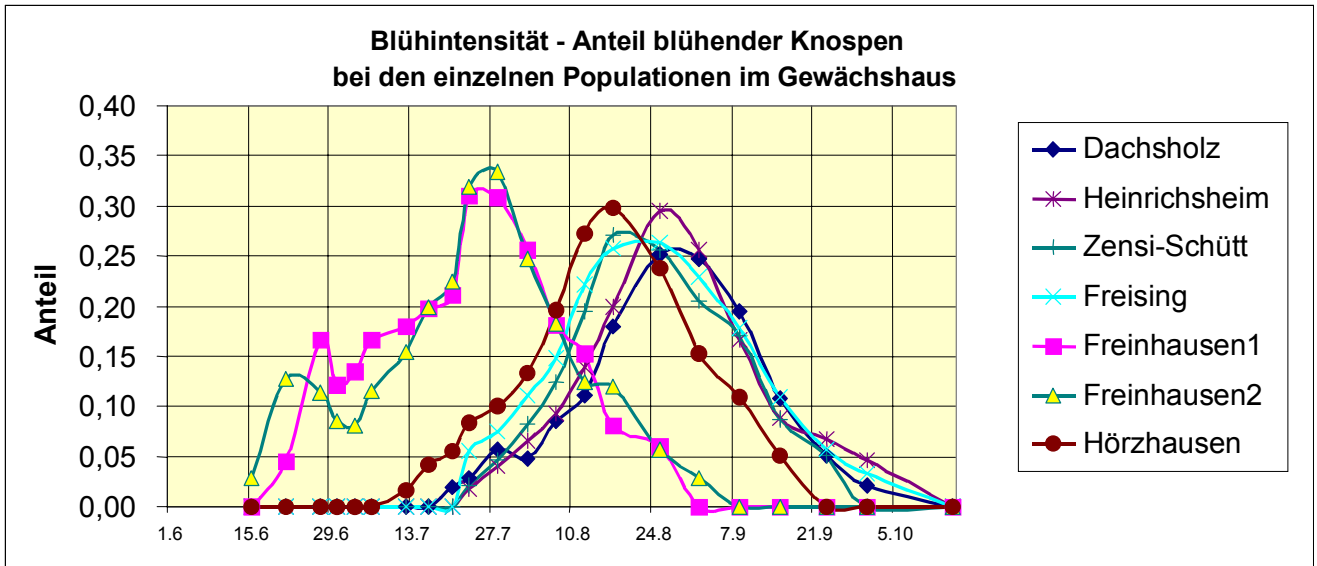
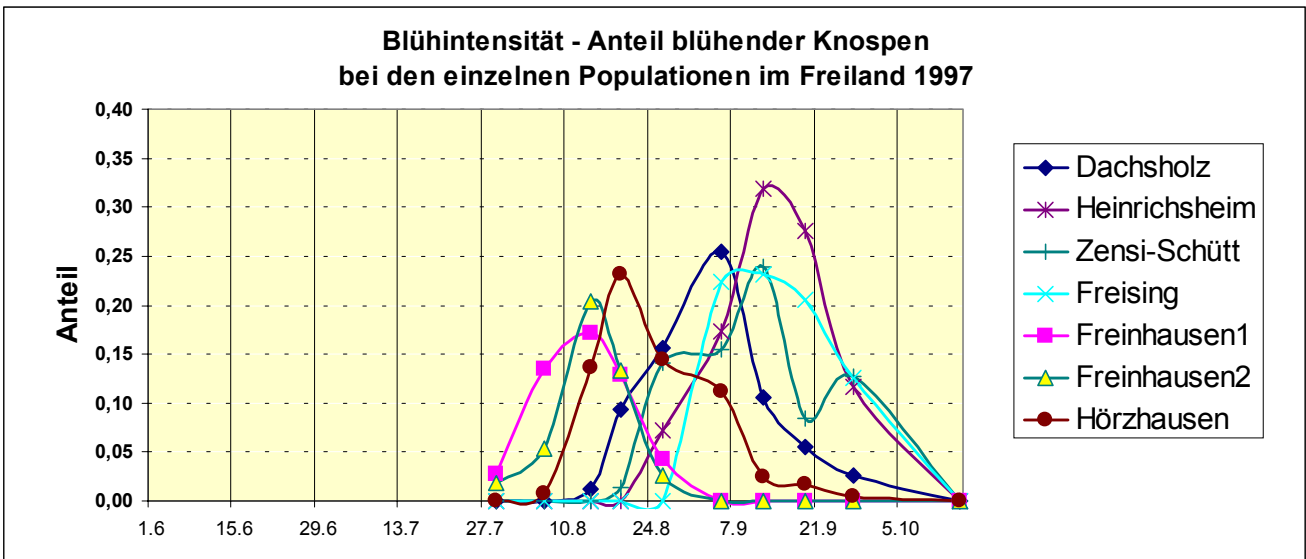


Abb. 76 Verlauf der Blühintensität im Freiland und Gewächshaus / Daten Tab. 20 und Tab. 141



Tab. 89 Mittlere Blühdauer (Tage) einzelner Pflanzen als Grundlage für Abb. 67 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| mmmd | 36,7 | 36,4 | 35,0 | 32,4 | 28,2 | 25,8 | 37,3 |
| mmod | 32,8 | 28,4 | 26,3 | 27,5 | 21,8 | 23,4 | 28,1 |
| ommd | 39,3 | 35,8 | 36,0 | 34,6 | 28,4 | 29,5 | 36,5 |
| omod | 34,0 | 29,3 | 28,4 | 28,5 | 22,5 | 22,9 | 29,5 |

Tab. 90 Mittlere Blühdauer (Tage) einzelner Blütenstände als Grundlage für Abb. 68 / Daten Tab. 138

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 6,6 | 6,4 | 6,6 | 7,3 | 5,5 | 4,7 | 6,6 |
| mmmd | 6,8 | 6,6 | 6,9 | 6,8 | 6,3 | 5,8 | 7,1 |
| omod | 5,9 | 6,0 | 6,1 | 6,2 | 5,5 | 5,4 | 6,5 |
| mmod | 6,8 | 6,7 | 6,3 | 6,4 | 5,7 | 6,1 | 6,8 |

Tab. 92 Blühverlauf (Anteil blühender Individuen) bei den Behandlungen als Grundlage für Abb. 69

| DATEN | MMMD | MMOD | OMMD | OMOD |
|-------|------|------|------|------|
| 15.6 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.6 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 27.6 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 30.6 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 3.7 | 0,06 | 0,01 | 0,03 | 0,00 |
| 6.7 | 0,10 | 0,03 | 0,07 | 0,01 |
| 12.7 | 0,19 | 0,09 | 0,23 | 0,06 |
| 16.7 | 0,26 | 0,15 | 0,28 | 0,19 |
| 20.7 | 0,31 | 0,20 | 0,33 | 0,24 |
| 23.7 | 0,33 | 0,28 | 0,38 | 0,30 |
| 28.7 | 0,42 | 0,36 | 0,51 | 0,41 |
| 2.8 | 0,59 | 0,48 | 0,73 | 0,66 |
| 7.8 | 0,75 | 0,66 | 0,89 | 0,80 |
| 12.8 | 0,85 | 0,80 | 0,84 | 0,81 |
| 17.8 | 0,77 | 0,77 | 0,81 | 0,77 |
| 25.8 | 0,74 | 0,71 | 0,75 | 0,69 |
| 1.9 | 0,66 | 0,56 | 0,66 | 0,56 |
| 8.9 | 0,52 | 0,38 | 0,47 | 0,34 |
| 15.9 | 0,32 | 0,17 | 0,25 | 0,14 |
| 23.9 | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,04 |
| 30.9 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,03 |
| 15.10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tab. 93 Maximal erreichte Blühleistung (mittlere Zahl Blüten pro Pflanze) als Grundlage für Abb. 72 / Daten Tab. 140

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 3,29 | 3,05 | 2,85 | 3,69 | 2,20 | 2,39 | 3,74 |
| mmmd | 2,21 | 2,66 | 2,54 | 2,51 | 1,72 | 2,09 | 2,91 |
| omod | 1,28 | 1,84 | 1,64 | 1,94 | 1,25 | 1,58 | 2,36 |
| mmod | 1,42 | 1,62 | 1,02 | 1,60 | 0,81 | 1,04 | 1,71 |

Tab. 94 Maximal erreichte Blühintensität (Blüten pro Anzahl Knospen) als Grundlage für Abb. 74 / Daten Tab. 141

| BEHANDLUNG | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN2 | FREINHAUSEN1 | HÖRZHAUSEN |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| ommd | 0,26 | 0,28 | 0,26 | 0,28 | 0,33 | 0,33 | 0,30 |
| mmmd | 0,26 | 0,30 | 0,28 | 0,27 | 0,41 | 0,32 | 0,27 |
| omod | 0,25 | 0,32 | 0,30 | 0,28 | 0,35 | 0,36 | 0,33 |
| mmod | 0,30 | 0,28 | 0,30 | 0,29 | 0,31 | 0,35 | 0,34 |

Tab. 95 Statistik Blühdauer der Pflanzen / Behandlungen /Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|---------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | 3,5,7 | 2,3,5,7 |
| ommd | | 2,3,4,5,6,7 | 1,2,3,4,5,6,7 |

Tab. 96 Statistik Blühdauer der Pflanzen / Populationen /Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | 4 |
| Freising | - | - | + | | | |
| Freinhausen1 | - | + | | 1,2 | 1,2,3,4 | 1,2,3,4 |
| Freinhausen2 | + | | 1,2 | 1,2 | 1,2,3 | 1,2,3,4 |
| Hörzhausen | 1,2,3 | 1,2,3 | | | | |

Tab. 97 Statistik Blühdauer einzelner Blütenstände / Behandlungen /Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 32

| | | | |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | mmmd | omod | mmod |
| mmod | - | - | + |
| omod | - | + | |
| mmmd | + | | |
| ommd | | 4 | 4 |

Tab. 98 Statistik Blühdauer einzelner Blütenstände / Populationen /Daten Tab. 138

Test auf Signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen bei den einzelnen Populationen. (Multipler Vergleich unter Anwendung des Tukey - Test gruppiert nach Behandlungen)

LEGENDE Tab. 31

| Ort | Freinhausen2 | Freinhausen1 | Freising | Zensi-Schütt | Heinrichsheim | Dachsholz |
|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|
| Dachsholz | - | - | - | - | - | + |
| Heinrichsheim | - | - | - | - | + | |
| Zensi-Schütt | - | - | - | + | | |
| Freising | - | - | + | | | |
| Freinhausen1 | - | + | 1 | | | |
| Freinhausen2 | + | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Hörzhausen | 1 | | | | | |

12.6.4 Auspflanzexperiment

Abb. 77 Häufigkeit überlebender Pflanzen im Auspflanzungsexperiment / Daten Tab. 99

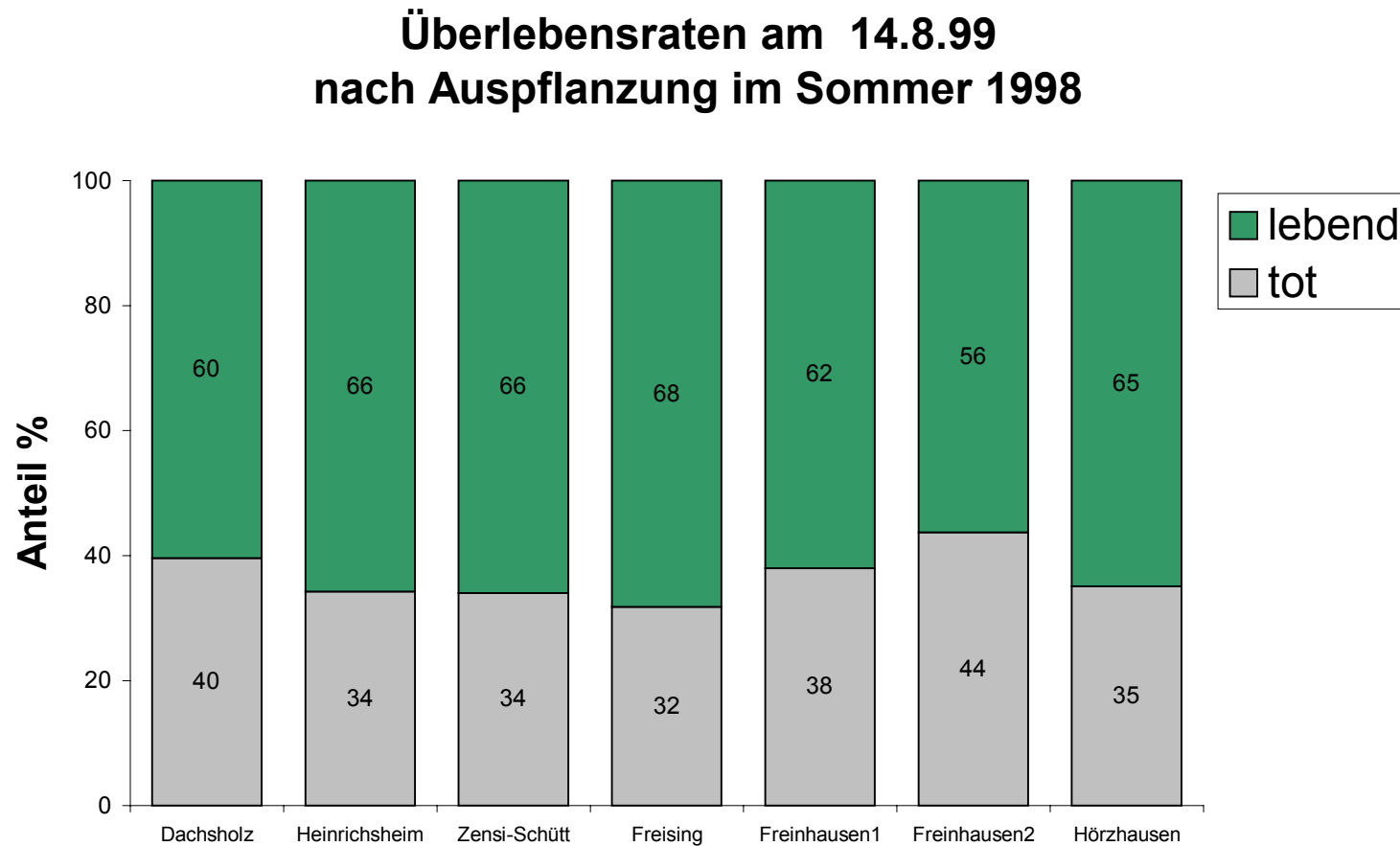
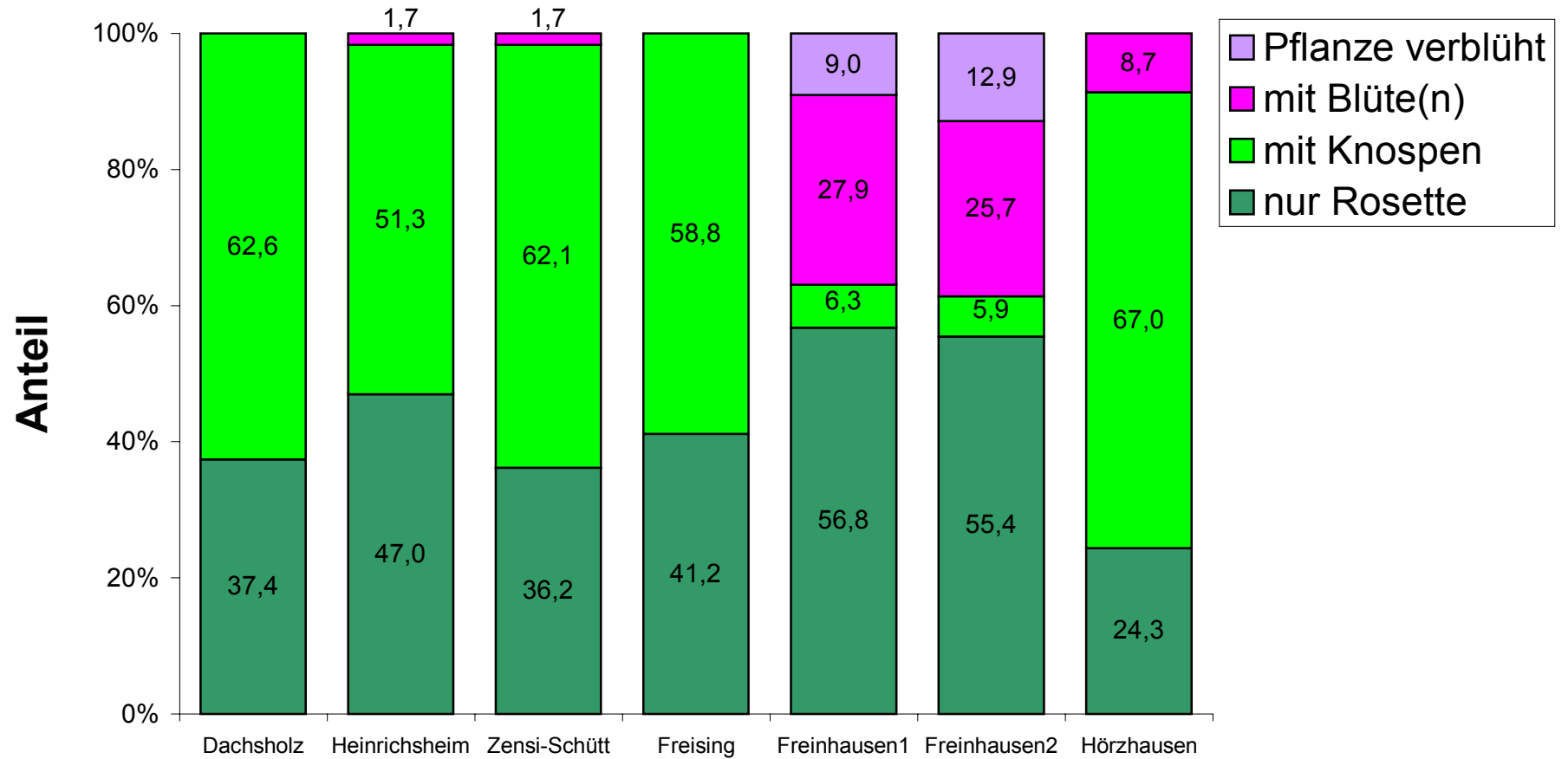


Abb. 78 Häufigkeit vegetativer und generativer Stadien am 14.8.99 im Auspflanzungsexperiment / Daten Tab. 100

Vegetative und generative Stadien im Auspflanzexperiment am 14.8.99



Tab. 99 Häufigkeit (%) überlebender Pflanzen im Auspflanzungsexperiment als Grundlage für Abb. 77

| PFLANZEN | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|---------------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| lebend | 60 | 66 | 66 | 68 | 62 | 56 | 65 |
| tot | 40 | 34 | 34 | 32 | 38 | 44 | 35 |
| Anteil Überlebender | 0,60 | 0,66 | 0,66 | 0,68 | 0,62 | 0,56 | 0,65 |

Tab. 100 Häufigkeit (%) vegetativer und generativer Stadien als Grundlage für Abb. 78

| PFLANZEN | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|-------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| nur Rosette | 37,4 | 47,0 | 36,2 | 41,2 | 56,8 | 55,4 | 24,3 |
| mit Knospen | 62,6 | 51,3 | 62,1 | 58,8 | 6,3 | 5,9 | 67,0 |
| blühend | 0 | 1,7 | 1,7 | 0 | 27,9 | 25,7 | 8,7 |
| verblüht | 0 | 0 | 0 | 0 | 9,0 | 12,9 | 0 |

Tab. 101 Statistik zur Häufigkeit von Blüten, Knospen und Rosetten am 14.8.99 bei den Populationen im Auspflanzexperiment / Daten Tab. 100.

Paarweiser G-Test auf Unterschiede der Häufigkeiten von Pflanzen mit Rosetten, Pflanzen mit Knospen und Pflanzen mit Blüten (zusammengefaßt mit den bereits verblühten Pflanzen).

| | ORT | | | | | |
|--|---------------|---|---|---|---|---|
| ↓ mehr blühende oder verblühte Pflanzen | Dachsholz | - | - | - | - | - |
| | Heinrichsheim | - | - | - | - | - |
| | Zensi-Schütt | - | - | - | - | - |
| | Freising | - | - | - | - | - |
| | Hörzhausen | - | - | * | * | * |
| | Freinhausen1 | - | * | * | * | * |
| | Freinhausen2 | - | * | * | * | * |

Tab. 102 Statistik zur Häufigkeit generativer Pflanzen bei den Populationen im Auspflanzexperiment / Daten Tab. 100.

Paarweiser G-Test auf Unterschiede der Häufigkeiten von generativen und vegetativen Pflanzen.

| HÄUFIGKEIT GENERATIVER PFLANZEN % | ORT | | | | | |
|---|---------------|---|---|---|---|---|
| 0,43 | Freinhausen1 | - | - | - | - | - |
| 0,45 | Freinhausen2 | - | - | - | - | - |
| 0,53 | Heinrichsheim | - | - | - | - | - |
| 0,59 | Freising | - | - | - | * | * |
| 0,63 | Dachsholz | - | - | - | * | * |
| 0,64 | Zensi-Schütt | - | - | - | * | * |
| 0,76 | Hörzhausen | * | * | * | * | * |

Tab. 103 Statistik Häufigkeit überlebender Pflanzen bei den Populationen im Auspflanzexperiment.

Paarweiser G-Test auf Unterschiede der Häufigkeiten von Überlebenden Pflanzen nach einem Jahr / Daten Tab. 99.

| HÄUFIGKEIT ÜBERLEBENDEN PFLANZEN % | ORT | | | | | |
|--|---------------|---|---|---|---|---|
| 56,2 | Freinhausen2 | - | - | - | - | - |
| 60,4 | Dachsholz | - | - | - | - | - |
| 62,0 | Freinhausen1 | - | - | - | - | - |
| 64,9 | Hörzhausen | - | - | - | - | - |
| 65,8 | Heinrichsheim | - | - | - | - | - |
| 66,0 | Zensi-Schütt | - | - | - | - | - |
| 68,2 | Freising | - | - | - | - | * |

Abb. 79 Verteilung der Variabilität auf die gemessenen Merkmale / Daten Tab. 105

Variabilität bei den Merkmalen

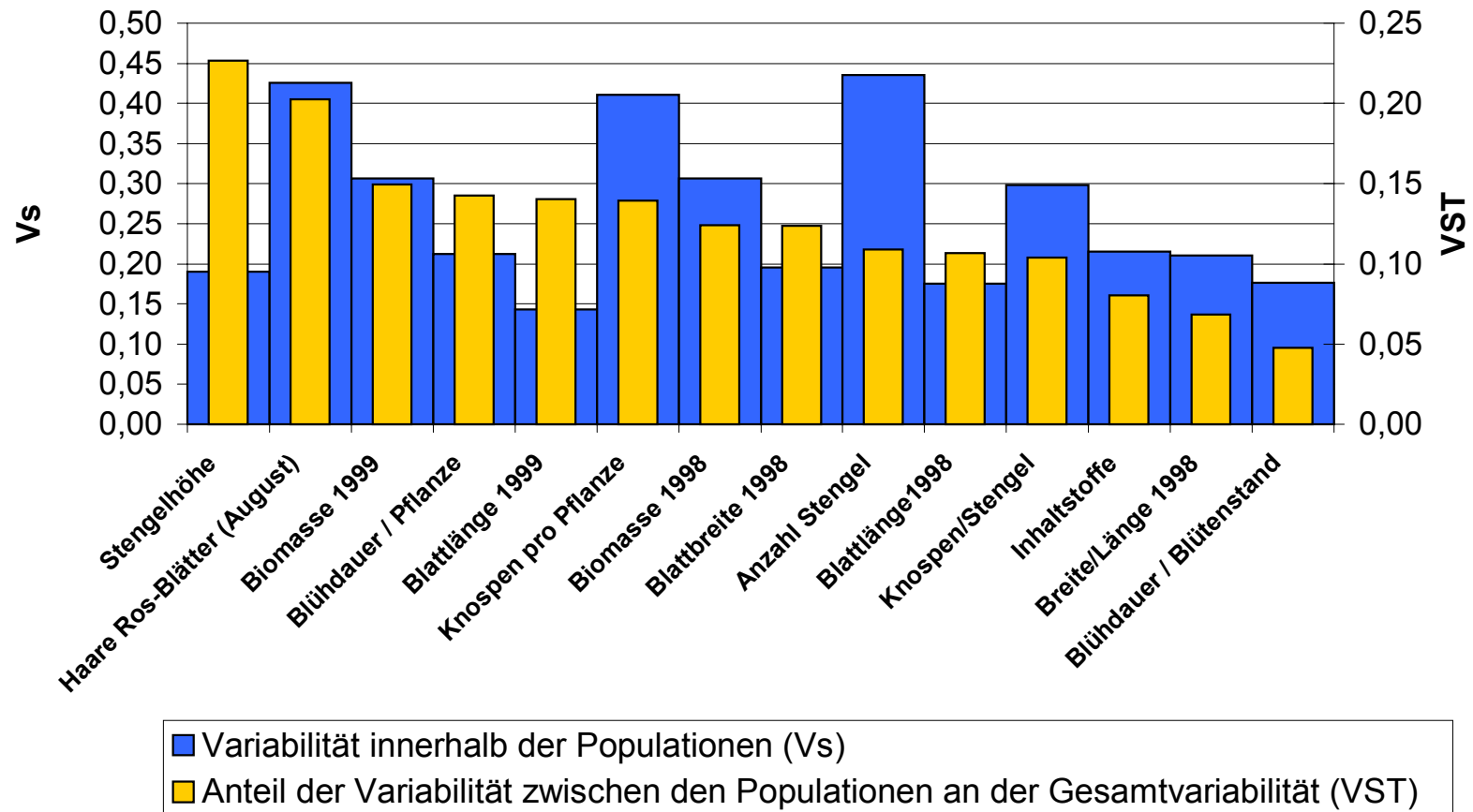
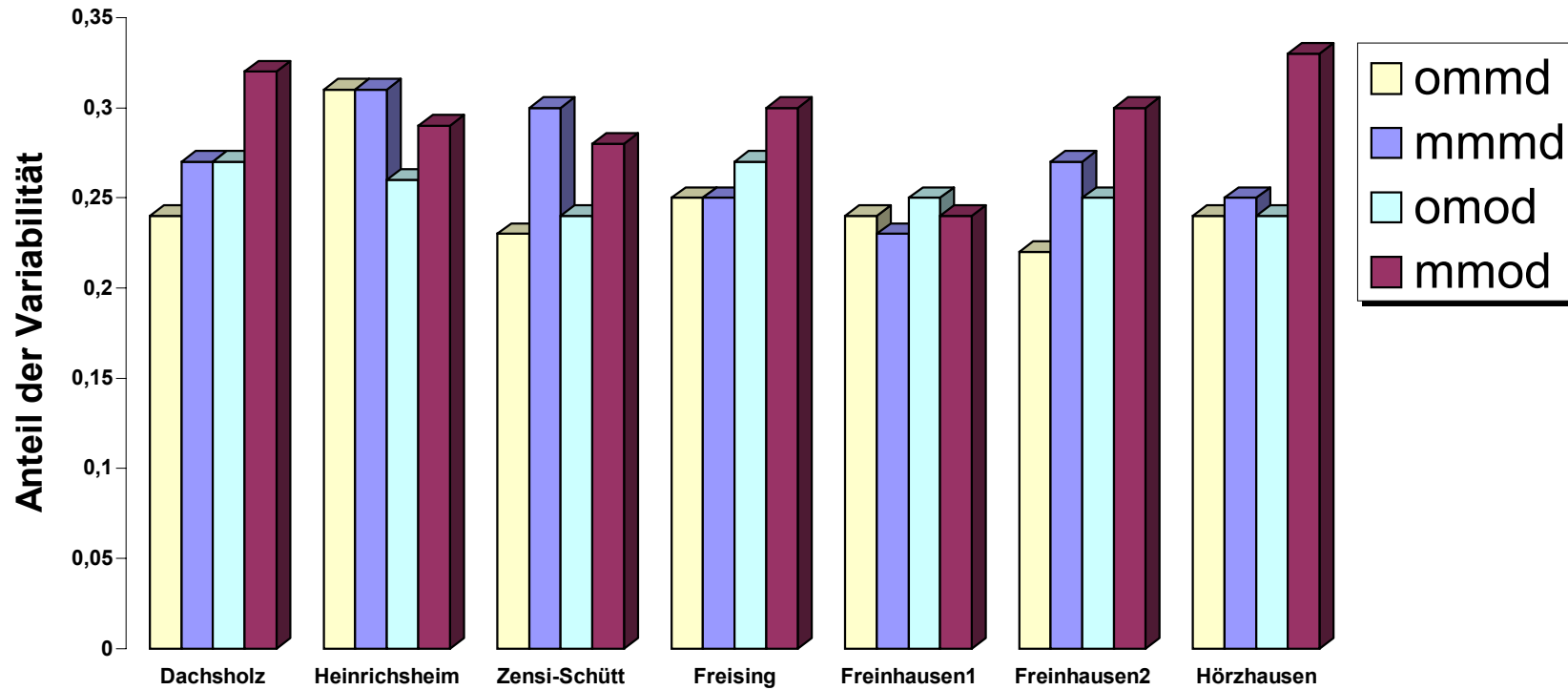


Abb. 80 Variabilität der Merkmale im Gewächshaus bei den Populationen und Behandlungen / Daten Tab. 104

Variabilität der Merkmale innerhalb der Populationen und Behandlungen



Tab. 104 Mittelwerte der Variabilitätskoeffizienten (V %) für die im Gewächshaus gemessenen Merkmale / Daten Tab. 105

| Behandlung | Ort | | | | | | | Variabilität | | | |
|-----------------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | Dachsholz | Heinrichsheim | Zensi-Schütt | Freising | Freinhausen1 | Freinhausen2 | Hörzhausen | gesamt | innerhalb | zwischen | V _{ST} |
| ommd | 0,244 | 0,309 | 0,233 | 0,248 | 0,238 | 0,218 | 0,242 | 0,291 | 0,248 | 0,043 | 0,137 |
| mmmmd | 0,265 | 0,314 | 0,301 | 0,248 | 0,233 | 0,268 | 0,252 | 0,316 | 0,269 | 0,048 | 0,137 |
| omod | 0,269 | 0,263 | 0,236 | 0,275 | 0,249 | 0,246 | 0,242 | 0,289 | 0,254 | 0,035 | 0,122 |
| mmod | 0,324 | 0,290 | 0,284 | 0,296 | 0,237 | 0,296 | 0,326 | 0,332 | 0,293 | 0,038 | 0,113 |
| Mittel V_E | 0,276 | 0,294 | 0,263 | 0,267 | 0,239 | 0,257 | 0,265 | 0,305 | 0,264 | 0,040 | 0,126 |

Die Mittelwerte wurden ohne die Werte für die Variabilität der Merkmale Behaarung (1999) und Samengewichte berechnet. Die Variabilität der Blattbehaarung ist problematisch, da bei der Messung festgestellt wurde, daß das Merkmal sich an den jungen Blättern noch nicht voll entwickelt hatte und schwerer zu erkennen war als im August 1998. Die Werte der Variabilität unterschieden sich auch erheblich von den übrigen Merkmalen (Tab. 105). Die Samengewichte stellen ein Merkmal dar, das nicht eindeutig einer Generation zugeordnet werden kann.

Tab. 105 Variabilitätskoeffizienten (V %) der im Gewächshaus gemessenen Merkmale / Zusammenfassung Tab. 104

| MERKMAL | BEHANDLUNG | DACHS- HOLZ | FREIN- HAUSEN1 | FREIN- HAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS- HEIM | HÖRZ- HAUSEN | ZENSI- SCHÜTT | GESAMT | ZWISCHEN | INNERHALB | V _{ST} |
|----------------------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| Blattbreite 1998 | mmmd | 0,20 | 0,23 | 0,21 | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 0,27 | 0,217 | 0,016 | 0,201 | 0,073 |
| | mmod | 0,18 | 0,20 | 0,25 | 0,19 | 0,20 | 0,19 | 0,21 | 0,225 | 0,022 | 0,203 | 0,098 |
| | ommd | 0,17 | 0,23 | 0,18 | 0,20 | 0,26 | 0,16 | 0,17 | 0,230 | 0,034 | 0,196 | 0,148 |
| | omod | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,24 | 0,21 | 0,10 | 0,18 | 0,220 | 0,039 | 0,181 | 0,175 |
| | Mittel | 0,18 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | 0,16 | 0,21 | 0,223 | 0,028 | 0,195 | 0,124 |
| Blattlänge 1998 | mmmd | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | 0,186 | 0,014 | 0,172 | 0,075 |
| | mmod | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,19 | 0,19 | 0,22 | 0,18 | 0,198 | 0,023 | 0,175 | 0,115 |
| | ommd | 0,18 | 0,21 | 0,19 | 0,14 | 0,17 | 0,23 | 0,20 | 0,204 | 0,014 | 0,190 | 0,069 |
| | omod | 0,22 | 0,15 | 0,13 | 0,21 | 0,13 | 0,18 | 0,13 | 0,198 | 0,033 | 0,165 | 0,167 |
| | Mittel | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,21 | 0,18 | 0,196 | 0,021 | 0,175 | 0,107 |
| Breite/Länge 1998 | mmmd | 0,19 | 0,22 | 0,32 | 0,14 | 0,19 | 0,18 | 0,29 | 0,243 | 0,024 | 0,218 | 0,100 |
| | mmod | 0,23 | 0,17 | 0,29 | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,18 | 0,239 | 0,011 | 0,228 | 0,045 |
| | ommd | 0,19 | 0,17 | 0,20 | 0,17 | 0,23 | 0,22 | 0,17 | 0,213 | 0,019 | 0,194 | 0,091 |
| | omod | 0,17 | 0,24 | 0,17 | 0,23 | 0,21 | 0,23 | 0,15 | 0,208 | 0,007 | 0,200 | 0,036 |
| | Mittel | 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,20 | 0,22 | 0,21 | 0,20 | 0,226 | 0,015 | 0,210 | 0,069 |
| Blattlänge 1999 | mmmd | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 0,14 | 0,161 | 0,012 | 0,149 | 0,072 |
| | mmod | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,20 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,171 | 0,034 | 0,137 | 0,200 |
| | ommd | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,17 | 0,11 | 0,12 | 0,167 | 0,021 | 0,146 | 0,125 |
| | omod | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,12 | 0,14 | 0,167 | 0,027 | 0,140 | 0,162 |
| | Mittel | 0,13 | 0,15 | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,12 | 0,14 | 0,167 | 0,023 | 0,143 | 0,141 |
| Blühdauer / Pflanze | mmmd | 0,17 | 0,15 | 0,15 | 0,19 | 0,21 | 0,16 | 0,20 | 0,216 | 0,042 | 0,173 | 0,197 |
| | mmod | 0,28 | 0,21 | 0,30 | 0,28 | 0,31 | 0,23 | 0,20 | 0,285 | 0,027 | 0,258 | 0,095 |
| | ommd | 0,15 | 0,19 | 0,17 | 0,28 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,230 | 0,030 | 0,200 | 0,131 |
| | omod | 0,19 | 0,31 | 0,18 | 0,25 | 0,21 | 0,17 | 0,22 | 0,261 | 0,042 | 0,219 | 0,160 |
| | Mittel | 0,20 | 0,21 | 0,20 | 0,25 | 0,23 | 0,19 | 0,20 | 0,248 | 0,035 | 0,212 | 0,143 |
| Blühdauer / Blütenstand | mmmd | 0,18 | 0,17 | 0,13 | 0,12 | 0,21 | 0,19 | 0,14 | 0,173 | 0,010 | 0,163 | 0,060 |
| | mmod | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,23 | 0,13 | 0,14 | 0,13 | 0,158 | 0,005 | 0,152 | 0,034 |
| | ommd | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,19 | 0,28 | 0,18 | 0,13 | 0,194 | 0,010 | 0,183 | 0,053 |
| | omod | 0,24 | 0,16 | 0,26 | 0,15 | 0,28 | 0,13 | 0,21 | 0,216 | 0,009 | 0,207 | 0,043 |
| | Mittel | 0,18 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,23 | 0,16 | 0,16 | 0,185 | 0,009 | 0,176 | 0,048 |

| MERKMAL | BEHANDLUNG | DACHS- HOLZ | FREIN- HAUSEN1 | FREIN- HAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS- HEIM | HÖRZ- HAUSEN | ZENSI- SCHÜTT | GESAMT | ZWISCHEN | INNERHALB | V _{ST} |
|------------------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| Anzahl Sprosse | mmmd | 0,42 | 0,36 | 0,43 | 0,44 | 0,52 | 0,42 | 0,45 | 0,497 | 0,063 | 0,434 | 0,127 |
| | mmod | 0,53 | 0,47 | 0,54 | 0,62 | 0,38 | 0,45 | 0,36 | 0,514 | 0,036 | 0,478 | 0,071 |
| | ommd | 0,33 | 0,40 | 0,33 | 0,51 | 0,55 | 0,27 | 0,24 | 0,431 | 0,054 | 0,377 | 0,126 |
| | omod | 0,52 | 0,43 | 0,38 | 0,53 | 0,46 | 0,49 | 0,36 | 0,513 | 0,060 | 0,453 | 0,116 |
| | Mittel | 0,45 | 0,41 | 0,42 | 0,53 | 0,48 | 0,41 | 0,35 | 0,489 | 0,053 | 0,436 | 0,109 |
| Knospen/ Spross | mmmd | 0,30 | 0,27 | 0,35 | 0,25 | 0,30 | 0,42 | 0,28 | 0,359 | 0,048 | 0,310 | 0,134 |
| | mmod | 0,28 | 0,27 | 0,31 | 0,39 | 0,26 | 0,53 | 0,27 | 0,363 | 0,033 | 0,330 | 0,090 |
| | ommd | 0,29 | 0,22 | 0,22 | 0,34 | 0,40 | 0,29 | 0,24 | 0,309 | 0,024 | 0,285 | 0,079 |
| | omod | 0,29 | 0,28 | 0,18 | 0,33 | 0,18 | 0,32 | 0,30 | 0,301 | 0,033 | 0,268 | 0,109 |
| | Mittel | 0,29 | 0,26 | 0,26 | 0,33 | 0,29 | 0,39 | 0,27 | 0,333 | 0,035 | 0,298 | 0,104 |
| Sprosshöhe | mmmd | 0,17 | 0,16 | 0,19 | 0,29 | 0,27 | 0,14 | 0,18 | 0,275 | 0,077 | 0,198 | 0,279 |
| | mmod | 0,22 | 0,22 | 0,15 | 0,21 | 0,25 | 0,16 | 0,22 | 0,245 | 0,041 | 0,204 | 0,169 |
| | ommd | 0,16 | 0,13 | 0,13 | 0,29 | 0,23 | 0,16 | 0,22 | 0,246 | 0,056 | 0,189 | 0,229 |
| | omod | 0,14 | 0,09 | 0,16 | 0,22 | 0,22 | 0,13 | 0,22 | 0,217 | 0,048 | 0,169 | 0,223 |
| | Mittel | 0,17 | 0,15 | 0,16 | 0,25 | 0,24 | 0,15 | 0,21 | 0,246 | 0,056 | 0,190 | 0,227 |
| Biomasse 1999 | mmmd | 0,27 | 0,29 | 0,25 | 0,42 | 0,49 | 0,27 | 0,32 | 0,387 | 0,057 | 0,330 | 0,147 |
| | mmod | 0,40 | 0,37 | 0,43 | 0,32 | 0,28 | 0,44 | 0,49 | 0,437 | 0,047 | 0,389 | 0,109 |
| | ommd | 0,24 | 0,29 | 0,21 | 0,32 | 0,28 | 0,23 | 0,28 | 0,339 | 0,076 | 0,263 | 0,223 |
| | omod | 0,23 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,22 | 0,23 | 0,19 | 0,279 | 0,035 | 0,244 | 0,127 |
| | Mittel | 0,28 | 0,30 | 0,29 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | 0,32 | 0,360 | 0,054 | 0,307 | 0,150 |
| Biomasse 1998 | mmmd | 0,26 | 0,21 | 0,35 | 0,23 | 0,32 | 0,27 | 0,33 | 0,325 | 0,042 | 0,283 | 0,129 |
| | mmod | 0,28 | 0,31 | 0,40 | 0,24 | 0,32 | 0,50 | 0,39 | 0,387 | 0,040 | 0,348 | 0,102 |
| | ommd | 0,22 | 0,24 | 0,33 | 0,21 | 0,18 | 0,34 | 0,32 | 0,299 | 0,036 | 0,264 | 0,119 |
| | omod | 0,34 | 0,28 | 0,36 | 0,40 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,388 | 0,057 | 0,331 | 0,146 |
| | Mittel | 0,27 | 0,26 | 0,36 | 0,27 | 0,29 | 0,36 | 0,34 | 0,350 | 0,043 | 0,306 | 0,124 |
| Knospen pro Pflanze | mmmd | 0,45 | 0,35 | 0,42 | 0,44 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,493 | 0,078 | 0,415 | 0,158 |
| | mmod | 0,77 | 0,42 | 0,53 | 0,54 | 0,44 | 0,44 | 0,45 | 0,597 | 0,085 | 0,512 | 0,142 |
| | ommd | 0,33 | 0,40 | 0,31 | 0,32 | 0,40 | 0,30 | 0,29 | 0,388 | 0,053 | 0,335 | 0,138 |
| | omod | 0,41 | 0,43 | 0,32 | 0,49 | 0,39 | 0,38 | 0,25 | 0,431 | 0,050 | 0,381 | 0,115 |
| | Mittel | 0,49 | 0,40 | 0,39 | 0,45 | 0,41 | 0,38 | 0,36 | 0,477 | 0,066 | 0,411 | 0,139 |
| Haare 98 | mmmd | 0,55 | 0,32 | 0,39 | 0,25 | 0,63 | 0,31 | 0,65 | 0,581 | 0,137 | 0,444 | 0,235 |
| | mmod | 0,65 | 0,00 | 0,25 | 0,18 | 0,65 | 0,59 | 0,47 | 0,495 | 0,096 | 0,399 | 0,193 |
| | ommd | 0,59 | 0,31 | 0,24 | 0,09 | 0,65 | 0,45 | 0,44 | 0,531 | 0,134 | 0,398 | 0,251 |
| | omod | 0,57 | 0,24 | 0,44 | 0,25 | 0,66 | 0,55 | 0,50 | 0,529 | 0,067 | 0,462 | 0,126 |

| MERKMAL | BEHANDLUNG | DACHS- HOLZ | FREIN- HAUSEN1 | FREIN- HAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS- HEIM | HÖRZ- HAUSEN | ZENSI- SCHÜTT | GESAMT | ZWISCHEN | INNERHALB | V _{ST} |
|--------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| | Mittel | 0,59 | 0,22 | 0,33 | 0,19 | 0,65 | 0,48 | 0,52 | 0,534 | 0,108 | 0,426 | 0,203 |
| Haare 99 | mmd | 0,00 | 0,43 | 0,63 | 0,63 | 0,09 | 0,49 | 0,44 | 0,640 | 0,389 | 0,251 | 0,392 |
| | mmod | 0,36 | 0,47 | 0,53 | 0,49 | 0,17 | 0,50 | 0,50 | 0,603 | 0,433 | 0,170 | 0,282 |
| | ommd | 0,17 | 0,49 | 0,59 | 0,44 | 0,32 | 0,57 | 0,54 | 0,622 | 0,448 | 0,174 | 0,280 |
| | omod | 0,09 | 0,50 | 0,61 | 0,58 | 0,31 | 0,58 | 0,47 | 0,627 | 0,449 | 0,178 | 0,284 |
| | Mittel | 0,16 | 0,47 | 0,59 | 0,54 | 0,22 | 0,54 | 0,49 | 0,623 | 0,430 | 0,193 | 0,310 |
| Inhaltstoffe | N - omod | 0,26 | 0,19 | 0,28 | 0,22 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,237 | 0,011 | 0,226 | 0,047 |
| | P - omod | 0,17 | 0,32 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,12 | 0,19 | 0,235 | 0,027 | 0,208 | 0,116 |
| | K - omod | 0,25 | 0,27 | 0,25 | 0,20 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,230 | 0,018 | 0,212 | 0,078 |
| | Mittel | 0,23 | 0,26 | 0,26 | 0,21 | 0,19 | 0,17 | 0,20 | 0,234 | 0,019 | 0,215 | 0,080 |

12.7 Isozymanalyse

Tab.106: Enzymaktivitäten und Auswertbarkeit bei verschiedenen Puffersystemen:

| PUFFER | PH | ENZYMSYSTEM | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----|-------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | | 6PGDH | AAP | AAT | ACO | ADH | EST | GDH | IDH | LAP | MDH | MNR | PGI | PGM | SKDH |
| Poulik | 8,7 | | 0 | +++0 | +0 | | ++0 | | | 0 | | | | | |
| Ashton | 8,1 | | | +++ | ++ | | +++ | | +0 | ++ | | 0 | ++ | | |
| TRIS CITRO | 7,8 | +++ | | | | | | | + | | 0 | 0 | 0 | +++ | +0 |
| TRIS CITRO | 7,5 | | | | | +0 | | +0 | ++ | | 0 | | | ++ | |
| Histidin | 6,0 | | | | | | | | | | 0 | | | | ++ |

Legende: kräftig +++ mittel ++ schwach + nicht auswertbar 0

Bei der Anfärbung von PGM ist zu beachten, daß nur Salz mit 1% α -d-Glucose diphosphat verwendet wird.

PGM kam zwar stärker bei TRIS CITRO 7,8 , bei TRIS CITRO 7,5 waren aber die Banden teilweise besser zu erkennen.

Tab.107: Verwendete Enzym- und Pufferkombinationen sowie Laufzeiten

| PUFFER | PH | SCHICHT | | | SPANNUNG (MA) | LAUFZEIT (H) |
|------------|-----|---------|----------|--------|---------------|--------------|
| | | obere | mittlere | untere | | |
| Ashton | 8,1 | | PGI | ACO | 60 | 5,5 |
| Ashton | 8,1 | AAT | EST | LAP | 60 | 5,0 |
| TRIS CITRO | 7,8 | | 6PGDH | PGM | 160 | 5,5 |
| TRIS CITRO | 7,5 | | (PGM) | IDH | 160 | 5,5 |
| Histidin | 6,2 | | | SKDH | 220 | 7,0 |

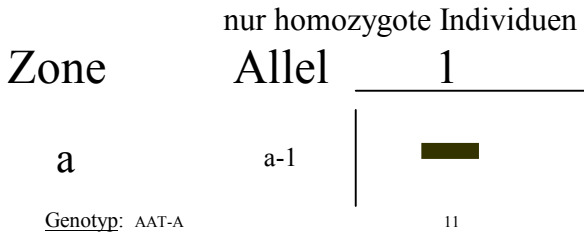
PGM kam zwar stärker bei TRIS CITRO 7,8 , bei TRIS CITRO 7,5 waren aber die Banden teilweise besser zu erkennen. Darum wurde die Anfärbung von PGM doppelt durchgeführt.

Tab.108: **Enzysysteme und Gene**

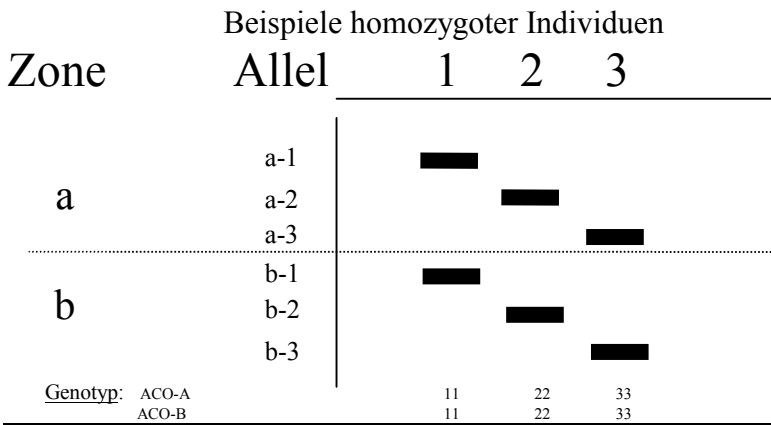
| ENZYMSYSTEM | STRUKTUR | GENORTE |
|---------------------------------|----------|------------------|
| Aconitase | monomer | ACO-A, ACO-B |
| Aspartat-Amino-transferase | dimer | AAT-A |
| Esterase | monomer | EST-A |
| Isocitrat dehydrogenase | dimer | IDH-A |
| Leucin-aminopeptidase | monomer | LAP-A, LAP-B |
| 6-Phosphogluconat dehydrogenase | dimer | 6PGDH-A, 6PGDH-B |
| Phosphoglucomutase | monomer | PGM-A |
| Phosphoglucose isomerase | dimer | PGI-A, PGI-B |
| Shikimat dehydrogenase | monomer | SKDH-A |

Abb. 81 Bei den einzelnen Enzymsystemen gefundene Zonen, Allele und Bandenmuster

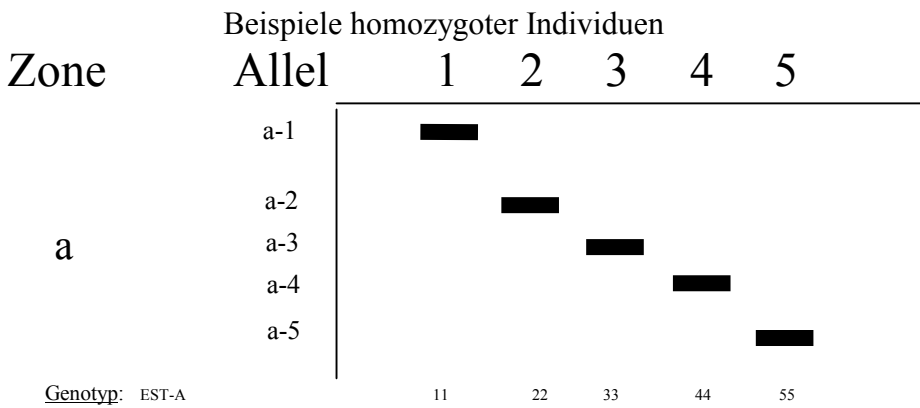
AAT



ACO

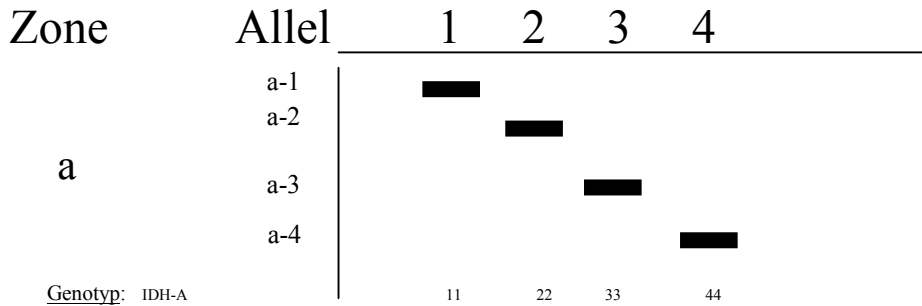


EST



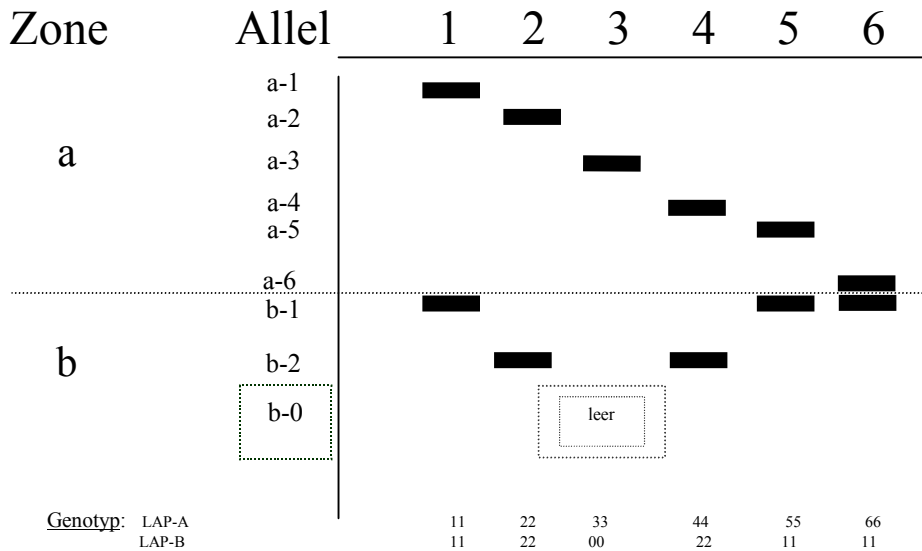
IDH

Beispiele homozygoter Individuen



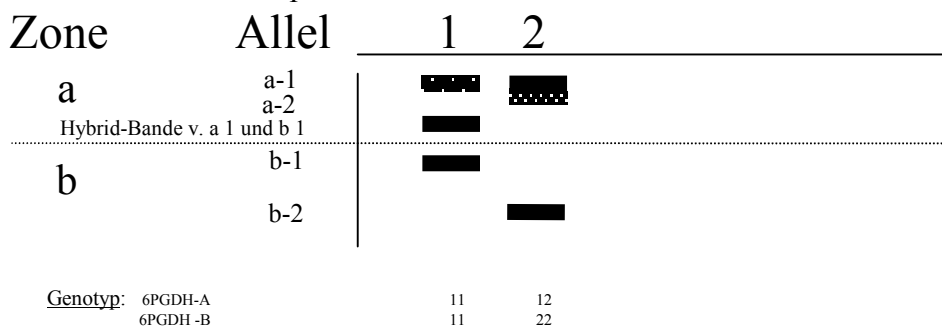
LAP

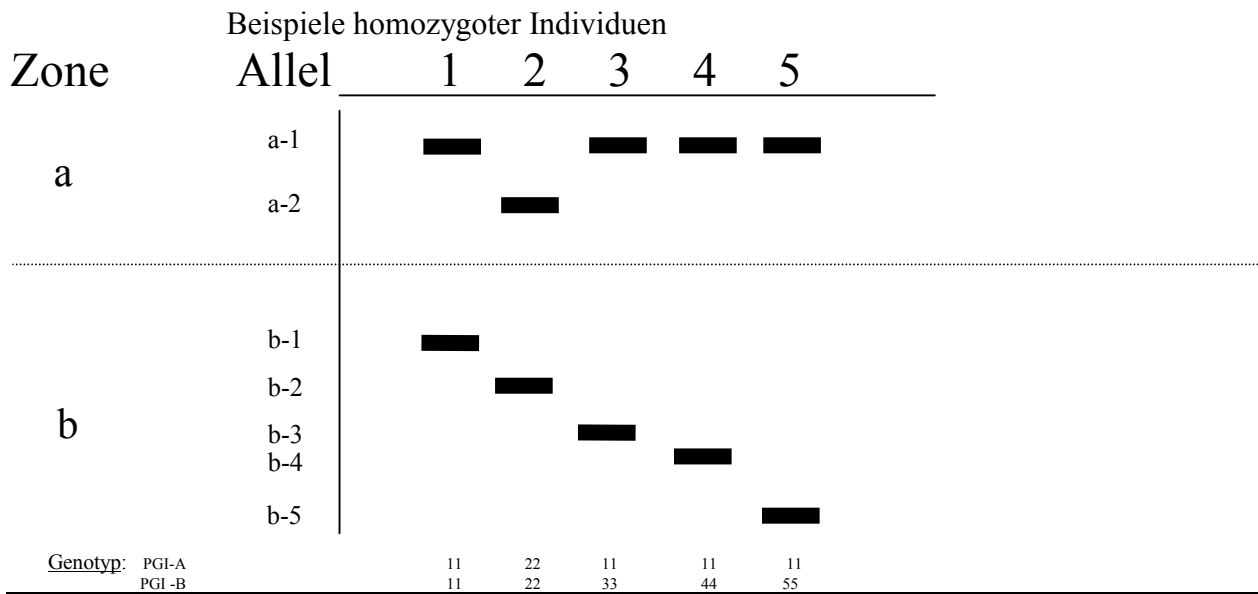
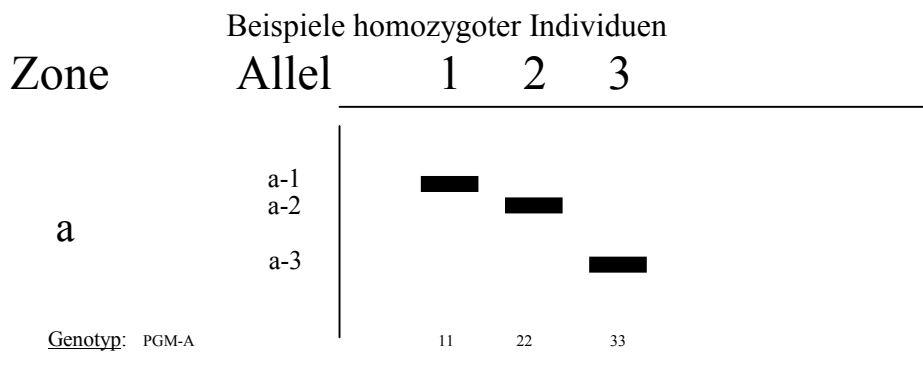
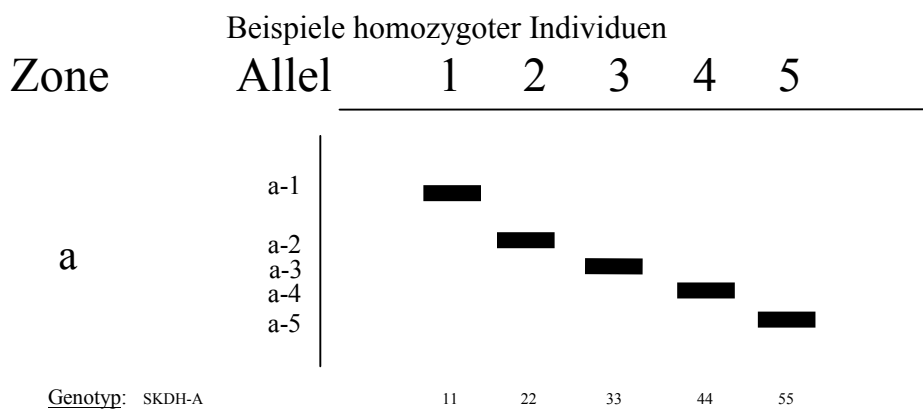
Beispiele homozygoter Individuen



6PGDH

Beispiele Individuen



PGIPGMSKDH

Tab. 109 Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen aufgrund der Häufigkeit von Allelen / Daten Tab. 113

Paarweiser G- Test der Häufigkeiten der Allele aufgrund von Tab. 160. Genorte mit signifikanten Unterschieden links unten, Anzahl Genorte mit signifikanten Unterschieden rechts oben.

| | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|---------------|---|--|---|--|---|--------------------------------------|------------|
| DACHSHOLZ | - | 5 | 7 | 5 | 8 | 8 | 8 |
| HEINRICHSHEIM | ACO-B; EST; LAP-A; PGM; SKDH | - | 7 | 5 | 7 | 9 | 7 |
| ZENSI-SCHÜTT | ACO-B; IDH; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A; PGM; SKDH | ACO-A; EST; IDH; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A; SKDH | - | 7 | 8 | 6 | 7 |
| FREISING | ACO-B; IDH; LAP-A; PGM; SKDH | ACO-B; IDH; 6PGDH-A; PGI-B; SKDH | ACO-A; ACO-B; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A; PGM; SKDH | - | 7 | 8 | 5 |
| FREINHAUSEN1 | ACO-B; EST; IDH; LAP-A; 6PGDH-B; PGI-A; PGM; SKDH | ACO-B; EST; IDH; LAP-A; 6PGDH-B; PGI-A; SKDH | ACO-B; EST; IDH; 6PGDH-A; 6PGDH-B; PGI-A; PGI-B; SKDH | ACO-B; EST; IDH; LAP-B; 6PGDH-B; PGI-A; SKDH | - | 8 | 7 |
| FREINHAUSEN2 | ACO-B; EST; IDH; LAP-A; PGI-A; PGI-B; PGM; SKDH | ACO-B; EST; IDH; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A; PGI-B; PGM; SKDH | EST; IDH; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A | ACO-B; EST; IDH; LAP-A; PGI-A; PGI-B; PGM | ACO-B; EST; LAP-A; LAP-B; 6PGDH-B; PGI-A; PGI-B | - | 7 |
| HÖRZHAUSEN | ACO-A; ACO-B; EST; IDH; LAP-A; PGI-A; PGM; SKDH | EST; IDH; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A; PGM; SKDH | ACO-A; IDH; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A; PGM; SKDH | ACO-B; IDH; LAP-A; PGM; SKDH | ACO-A; ACO-B; EST; LAP-A; 6PGDH-B; PGM | ACO-A; IDH; LAP-A; PGI-A; PGI-B; PGM | - |

Tab. 110 Signifikante Unterschiede zwischen den Populationen aufgrund der Häufigkeit von Genotypen / Daten Tab. 114

Paarweiser G- Test der Häufigkeiten der Genotypen aufgrund von Tab. 160, Genorte mit signifikanten Unterschieden links unten, Anzahl Genorte mit signifikanten Unterschieden rechts oben.

| | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|---------------|--|---|--|--|-----------------|--------------|------------|
| Dachsholz | - | 4 | 6 | 2 | 6 | 7 | 4 |
| Heinrichsheim | EST; LAP-A; PGM; SKDH | - | 5 | 4 | 5 | 6 | 3 |
| Zensi-Schütt | ACO-B; LAP-A; 6PGDH-A; PGI-A; PGM; SKDH | EST-A; IDH-A; LAP-A; PGI-A; SKDH-A | - | 3 | 5 | 5 | 3 |
| Freising | PGM; SKDH | ACO-B; IDH-A; PGM-A; SKDH-A | ACO-B; 6PGDH-A; PGI-A | - | 5 | 6 | 4 |
| Freinhausen1 | ACO-B; EST; IDH-A; PGI-A; PGM-A; SKDH-A | EST-A; IDH-A; LAP-A; PGI-A; SKDH-A | ACO-B; EST-A; IDH-A; 6PGDH-A; PGI-A; | ACO-B; EST-A; IDH-A; PGI-A; PGM-A | - | 1 | 3 |
| Freinhausen2 | ACO-B; EST-A; IDH-A; LAP-A; PGI-A; PGI-B; SKDH-A | EST-A; IDH-A; PGI-A; PGI-B; PGM-A; SKDH-A | EST-A; IDH-A; 6PGDH-A; PGI-A; PGI-B | ACO-B; EST-A; IDH-A; PGI-A; PGI-B; PGM-A | ACO-B | - | 1 |
| Hörzhausen | IDH-A; LAP-A; PGM-A; SKDH-A | IDH-A; LAP-A; PGM-A | ACO-A; 6PGDH-A; PGI-A | ACO-B; IDH; PGM; SKDH | ACO-B; EST; PGM | PGI-A | - |

Tab. 111 **Regeln für das Poolen (Zusammenfassen von Daten wegen zu geringer Erwartungswerte)**

| ANZAHL VON ALLELKLASSEN MIT AKTIVEN ALLELEN * | MAXIMALE ANZAHL VON GENOTYPENKLASSEN < 5 | MAXIMALE ANZAHL VON GENOTYPENKLASSEN MIT ERWARTUNGSWERTEN > 1 |
|--|---|---|
| 4 | 5 | 2 |
| 3 | 3 | 1 |
| 2 | 1 | 1** |

* für die angegebene Anzahl von Allelklassen sollten beide Bedingungen
(Anzahl von Genotypenklassen mit Erwartungswerten < 1 und Anzahl mit Erwartungswerten < 5 erfüllt sein.

** in diesem Falle sollte der Erwartungswert > 5 sein.

Tab. 112 Statistik zu Abweichungen von der Hardy-Weinberg-Verteilung / Daten Tab. 160

G-Test auf Abweichungen der Genotypenhäufigkeiten von der Hardy-Weinberg-Verteilung

| LOCUS | DACHSHOLZ | HEINRICHS-HEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN | SUMME |
|---------|-----------|----------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|-------|
| ACO-A | | | * | | | | | 1 |
| ACO-B | * | | | * | | | | 2 |
| EST-A | | | | | | | | 0 |
| IDH-A | | | | * | | | | 1 |
| LAP-A | | | | | | | | 0 |
| LAP-B | | | | | | | * | 1 |
| 6PGDH-A | | | | | | | | 0 |
| 6PGDH-B | | | | | * | | | 1 |
| PGI-A | * | * | | * | * | | * | 5 |
| PGI-B | | | | | | | | 0 |
| PGM-A | | * | | | * | | * | 3 |
| SKDH-A | | * | * | | | | * | 3 |
| Summe | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 4 | 17 |

Tab. 113: Allelfrequenzen für 13 Genorte und sieben Populationen (%) / Daten Tab. 160

| Genort | Allel | Dachsholz | Freinhausen1 | Freinhausen2 | Freising | Heinrichsheim | Hörzhausen | Zensi-Schütt |
|---------|-------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| ACO-A | 1 | 0,894 | 0,878 | 0,909 | 0,958 | 0,948 | 0,987 | 0,833 |
| | 2 | 0,106 | 0,089 | 0,091 | 0,042 | 0,052 | 0,013 | 0,167 |
| | 3 | | 0,033 | | | | | |
| ACO-B | 1 | 0,091 | | | 0,050 | 0,047 | | |
| | 2 | 0,136 | 0,100 | 0,012 | 0,417 | 0,047 | 0,044 | |
| | 3 | 0,773 | 0,744 | 0,988 | 0,533 | 0,907 | 0,956 | 1,000 |
| | 4 | | 0,089 | | | | | |
| AAT-A | 1 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| EST-A | 1 | | 0,067 | | 0,063 | | 0,014 | |
| | 2 | 0,847 | 0,289 | 0,442 | 0,672 | 0,615 | 0,625 | 0,721 |
| | 3 | 0,051 | 0,044 | 0,070 | 0,078 | 0,219 | 0,028 | 0,088 |
| | 4 | 0,102 | 0,500 | 0,488 | 0,172 | 0,125 | 0,333 | 0,191 |
| | 5 | | 0,100 | | 0,016 | 0,042 | | |
| IDH-A | 1 | | | 0,022 | 0,125 | | 0,075 | 0,132 |
| | 2 | 0,880 | 0,543 | 0,500 | 0,847 | 0,949 | 0,638 | 0,763 |
| | 3 | 0,120 | 0,436 | 0,467 | 0,028 | 0,051 | 0,275 | 0,105 |
| | 4 | | 0,021 | 0,011 | | | 0,013 | |
| LAP-A | 1 | | 0,012 | 0,227 | | | | |
| | 2 | 0,179 | 0,190 | 0,212 | 0,153 | 0,144 | 0,118 | 0,139 |
| | 3 | 0,012 | 0,071 | | 0,125 | 0,033 | | 0,056 |
| | 4 | 0,298 | 0,357 | 0,409 | 0,458 | 0,600 | 0,276 | 0,417 |
| | 5 | 0,143 | 0,310 | 0,121 | 0,181 | 0,111 | 0,500 | 0,389 |
| | 6 | 0,369 | 0,060 | 0,030 | 0,083 | 0,111 | 0,105 | |
| LAP-B | 1 | | | | | 0,011 | 0,013 | |
| | 2 | 0,095 | 0,179 | 0,061 | 0,056 | 0,100 | 0,158 | 0,083 |
| | 0 | 0,905 | 0,821 | 0,939 | 0,944 | 0,889 | 0,829 | 0,917 |
| 6PGDH-A | 1 | 0,980 | 0,968 | 1,000 | 1,000 | 0,929 | 1,000 | 0,829 |
| | 2 | 0,020 | 0,032 | | | 0,071 | | 0,171 |
| 6PGDH-B | 1 | 1,000 | 0,787 | 0,979 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| | 2 | | 0,213 | 0,021 | | | | |
| PGM-A | 1 | | 0,033 | | | | 0,167 | |
| | 2 | 0,950 | 0,696 | 0,859 | 0,653 | 0,690 | 0,778 | 0,800 |
| | 3 | 0,050 | 0,272 | 0,141 | 0,347 | 0,310 | 0,056 | 0,200 |
| PGI-A | 1 | 0,286 | 0,598 | 0,755 | 0,365 | 0,292 | 0,447 | 0,039 |
| | 2 | 0,714 | 0,402 | 0,245 | 0,635 | 0,708 | 0,553 | 0,961 |
| PGI-B | 1 | 0,064 | 0,040 | 0,043 | 0,083 | 0,083 | 0,039 | 0,135 |
| | 2 | 0,872 | 0,920 | 0,837 | 0,806 | 0,896 | 0,908 | 0,797 |
| | 3 | | | 0,120 | | | | 0,014 |
| | 4 | 0,064 | 0,040 | | 0,069 | 0,021 | 0,053 | 0,054 |
| | 5 | | | | 0,042 | | | |
| SKDH-A | 1 | 0,020 | | | | | | |
| | 2 | 0,530 | 0,200 | 0,163 | 0,041 | 0,564 | 0,329 | 0,224 |
| | 3 | 0,390 | | | | 0,064 | | 0,105 |
| | 4 | 0,060 | 0,800 | 0,815 | 0,932 | 0,373 | 0,671 | 0,671 |
| | 5 | | | 0,022 | 0,027 | | | |

Tab. 114 Genotypenfrequenzen für 13 Genorte und sieben Populationen (%) / Daten Tab. 160

| LOCUS | TYP | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS-HEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|-------|------|-----------|--------------|--------------|----------|----------------|------------|--------------|
| AAT | 11 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ACO-A | 11 | 0,83 | 0,80 | 0,86 | 0,94 | 0,92 | 0,97 | 0,81 |
| | 12 | 0,13 | 0,09 | 0,09 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,06 |
| | 13 | | 0,07 | | | | | |
| | 22 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | | 0,14 |
| ACO-B | 11 | | | | | 0,02 | | |
| | 12 | 0,07 | | | 0,07 | | | |
| | 13 | 0,11 | 0,13 | | 0,03 | 0,05 | | |
| | 22 | 0,09 | 0,02 | | 0,37 | | 0,03 | |
| | 23 | 0,02 | 0,16 | 0,02 | 0,03 | 0,09 | 0,03 | |
| | 33 | 0,70 | 0,53 | 0,98 | 0,50 | 0,84 | 0,94 | 1,00 |
| | 34 | | 0,13 | | | | | |
| | 44 | | 0,02 | | | | | |
| EST | 11 | | 0,02 | | 0,03 | | | |
| | 14 | | 0,09 | | 0,03 | | 0,03 | |
| | 15 | | | | 0,03 | | | |
| | 22 | 0,76 | 0,16 | 0,19 | 0,50 | 0,40 | 0,42 | 0,56 |
| | 23 | | | | 0,03 | 0,17 | | 0,06 |
| | 24 | 0,18 | 0,18 | 0,51 | 0,31 | 0,19 | 0,42 | 0,26 |
| | 25 | | 0,09 | | | 0,08 | | |
| | 33 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,10 | 0,03 | |
| | 34 | 0,02 | 0,04 | 0,09 | | 0,06 | | 0,12 |
| | 44 | | 0,31 | 0,19 | | | 0,11 | |
| | 45 | | 0,07 | | | | | |
| 55 | | 0,02 | | | | | | |
| IDH | 11 | | | | 0,11 | | 0,05 | 0,03 |
| | 12 | | | | 0,03 | | 0,03 | 0,16 |
| | 13 | | | 0,04 | | | 0,03 | 0,05 |
| | 22 | 0,80 | 0,36 | 0,24 | 0,81 | 0,90 | 0,45 | 0,61 |
| | 23 | 0,16 | 0,32 | 0,52 | 0,06 | 0,10 | 0,33 | 0,16 |
| | 24 | | 0,04 | | | | 0,03 | |
| | 33 | 0,04 | 0,28 | 0,17 | | | 0,10 | |
| | 34 | | | 0,02 | | | | |
| LAP-A | 11 | | | 0,15 | | | | |
| | 12 | | | 0,06 | | | | |
| | 14 | | | 0,09 | | | | |
| | 15 | | 0,02 | | | | | |
| | 22 | 0,07 | 0,12 | 0,12 | 0,06 | | 0,05 | 0,06 |
| | 23 | | 0,02 | | 0,03 | | | |
| | 24 | 0,07 | 0,02 | 0,09 | 0,14 | 0,22 | 0,03 | 0,06 |
| | 25 | 0,05 | 0,10 | 0,03 | | 0,04 | 0,08 | 0,11 |
| | 26 | 0,10 | | | 0,03 | 0,02 | 0,03 | |
| | 33 | | | | 0,03 | | | 0,03 |
| | 34 | | 0,07 | | 0,08 | 0,04 | | 0,03 |
| | 35 | 0,02 | 0,05 | | 0,06 | 0,02 | | 0,03 |
| | 36 | | | | 0,03 | | | |
| | 44 | 0,05 | 0,10 | 0,21 | 0,17 | 0,38 | 0,11 | 0,14 |
| | 45 | 0,14 | 0,33 | 0,15 | 0,28 | 0,11 | 0,21 | 0,47 |
| | 46 | 0,29 | 0,10 | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,11 | |
| | 55 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | | 0,02 | 0,34 | 0,08 |
| 56 | 0,02 | 0,02 | | 0,03 | | 0,03 | | |
| 66 | 0,17 | | | | 0,07 | 0,03 | | |

| LOCUS | TYP | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS-HEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|---------|-----|-----------|--------------|--------------|----------|----------------|------------|--------------|
| LAP-B | 10 | | | | | 0,02 | 0,03 | |
| | 22 | | 0,05 | 0,03 | | | 0,11 | 0,03 |
| | 20 | 0,19 | 0,26 | 0,06 | 0,11 | 0,20 | 0,11 | 0,11 |
| | 00 | 0,81 | 0,69 | 0,91 | 0,89 | 0,78 | 0,76 | 0,86 |
| 6PGDH-A | 11 | 0,96 | 0,94 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 1,00 | 0,71 |
| | 12 | 0,04 | 0,06 | | | 0,06 | | 0,24 |
| | 22 | | | | | 0,04 | | 0,05 |
| 6PGDH-B | 11 | 1,00 | 0,57 | 0,96 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 12 | | 0,43 | 0,04 | | | | |
| PGI-A | 11 | 0,14 | 0,44 | 0,62 | 0,24 | 0,17 | 0,32 | 0,03 |
| | 12 | 0,29 | 0,31 | 0,28 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,03 |
| | 22 | 0,57 | 0,25 | 0,11 | 0,51 | 0,58 | 0,42 | 0,95 |
| PGI-B | 12 | 0,13 | 0,04 | 0,07 | 0,11 | 0,17 | 0,08 | 0,19 |
| | 13 | | | 0,02 | | | | 0,03 |
| | 14 | | 0,04 | | 0,03 | | | 0,05 |
| | 15 | | | | 0,03 | | | |
| | 22 | 0,74 | 0,88 | 0,72 | 0,67 | 0,79 | 0,82 | 0,68 |
| | 23 | | | 0,17 | | | | |
| | 24 | 0,13 | 0,04 | | 0,11 | 0,04 | 0,11 | 0,05 |
| | 25 | | | | 0,06 | | | |
| | 33 | | | 0,02 | | | | |
| PGM | 11 | | 0,02 | | | | 0,14 | |
| | 12 | | 0,02 | | | | 0,06 | |
| | 22 | 0,90 | 0,61 | 0,75 | 0,42 | 0,60 | 0,69 | 0,66 |
| | 23 | 0,10 | 0,15 | 0,22 | 0,47 | 0,19 | 0,11 | 0,29 |
| | 33 | | 0,20 | 0,03 | 0,11 | 0,21 | | 0,06 |
| SKDH | 12 | 0,04 | | | | | | |
| | 22 | 0,28 | 0,07 | 0,02 | | 0,40 | 0,18 | 0,08 |
| | 23 | 0,36 | | | | 0,02 | | 0,05 |
| | 24 | 0,10 | 0,27 | 0,28 | 0,08 | 0,30 | 0,29 | 0,24 |
| | 33 | 0,20 | | | | 0,04 | | 0,08 |
| | 34 | 0,02 | | | | 0,02 | | |
| | 44 | | 0,67 | 0,67 | 0,86 | 0,21 | 0,53 | 0,55 |
| | 45 | | | | 0,05 | | | |
| 55 | | | 0,02 | | | | | |

Tab. 115 Allelische Diversität H_I , H_s und H_e (entspricht der erwarteten Heterozygotie nach Hardy-Weinberg Proportion) der Allele / Daten Tab. 113

| GENORT | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN | MITTEL (H_s) |
|------------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|------------------|
| AAT | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| ACO-A | 0,190 | 0,099 | 0,278 | 0,080 | 0,220 | 0,165 | 0,025 | 0,151 |
| ACO-B | 0,376 | 0,173 | 0,000 | 0,539 | 0,423 | 0,023 | 0,084 | 0,231 |
| EST | 0,270 | 0,557 | 0,436 | 0,509 | 0,650 | 0,561 | 0,497 | 0,497 |
| IDH | 0,211 | 0,097 | 0,389 | 0,266 | 0,515 | 0,531 | 0,512 | 0,360 |
| LAP-A | 0,723 | 0,593 | 0,653 | 0,711 | 0,732 | 0,720 | 0,649 | 0,683 |
| LAP-B | 0,172 | 0,200 | 0,153 | 0,105 | 0,293 | 0,114 | 0,288 | 0,189 |
| 6PGDH-A | 0,039 | 0,133 | 0,284 | 0,000 | 0,062 | 0,000 | 0,000 | 0,074 |
| 6PGDH-B | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,335 | 0,042 | 0,000 | 0,054 |
| PGI-A | 0,408 | 0,413 | 0,076 | 0,463 | 0,481 | 0,370 | 0,494 | 0,387 |
| PGI-B | 0,231 | 0,190 | 0,343 | 0,338 | 0,150 | 0,283 | 0,171 | 0,244 |
| PGM | 0,095 | 0,427 | 0,320 | 0,453 | 0,441 | 0,242 | 0,364 | 0,335 |
| SKDH | 0,563 | 0,539 | 0,489 | 0,128 | 0,320 | 0,308 | 0,441 | 0,398 |
| Mittel (H_e) | 0,252 | 0,263 | 0,263 | 0,276 | 0,356 | 0,258 | 0,271 | 0,277 |

Tab. 116 Statistik zu Unterschieden bei der allelischen Diversität H_e zwischen den Populationen / Daten Tab. 115

Tukey- Test der H_I - Werte der Populationen bei den einzelnen Genorten

Es gibt keine signifikanten Unterschiede

Tab. 117 Genotypische Variation G_1 , G_s und G_e der Genotypen / Daten Tab. 114

| GENORT | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN | MITTEL (G_s) |
|------------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|------------------|
| AAT | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| ACO-A | 0,293 | 0,155 | 0,050 | 0,106 | 0,346 | 0,244 | 0,329 | 0,218 |
| ACO-B | 0,477 | 0,288 | 0,112 | 0,609 | 0,655 | 0,045 | 0,000 | 0,312 |
| EST | 0,394 | 0,759 | 0,639 | 0,645 | 0,824 | 0,660 | 0,600 | 0,646 |
| IDH | 0,333 | 0,183 | 0,678 | 0,335 | 0,689 | 0,638 | 0,580 | 0,491 |
| LAP-A | 0,845 | 0,781 | 0,805 | 0,852 | 0,836 | 0,869 | 0,730 | 0,817 |
| LAP-B | 0,308 | 0,355 | 0,395 | 0,198 | 0,452 | 0,169 | 0,245 | 0,303 |
| 6PGDH-A | 0,077 | 0,188 | 0,000 | 0,000 | 0,120 | 0,000 | 0,436 | 0,117 |
| 6PGDH-B | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,489 | 0,081 | 0,000 | 0,081 |
| PGI-A | 0,571 | 0,569 | 0,654 | 0,618 | 0,648 | 0,531 | 0,101 | 0,528 |
| PGI-B | 0,413 | 0,344 | 0,317 | 0,526 | 0,221 | 0,450 | 0,501 | 0,396 |
| PGM | 0,180 | 0,563 | 0,483 | 0,591 | 0,567 | 0,389 | 0,483 | 0,465 |
| SKDH | 0,740 | 0,700 | 0,605 | 0,243 | 0,480 | 0,465 | 0,623 | 0,551 |
| Mittel (G_E) | 0,356 | 0,376 | 0,364 | 0,363 | 0,487 | 0,349 | 0,356 | 0,379 |

Tab. 118 Statistik zu Unterschieden bei der genotypischen Variation G_e zwischen den Populationen / Daten Tab. 117

Tukey- Test der G_1 - Werte der Populationen bei den einzelnen Genorten

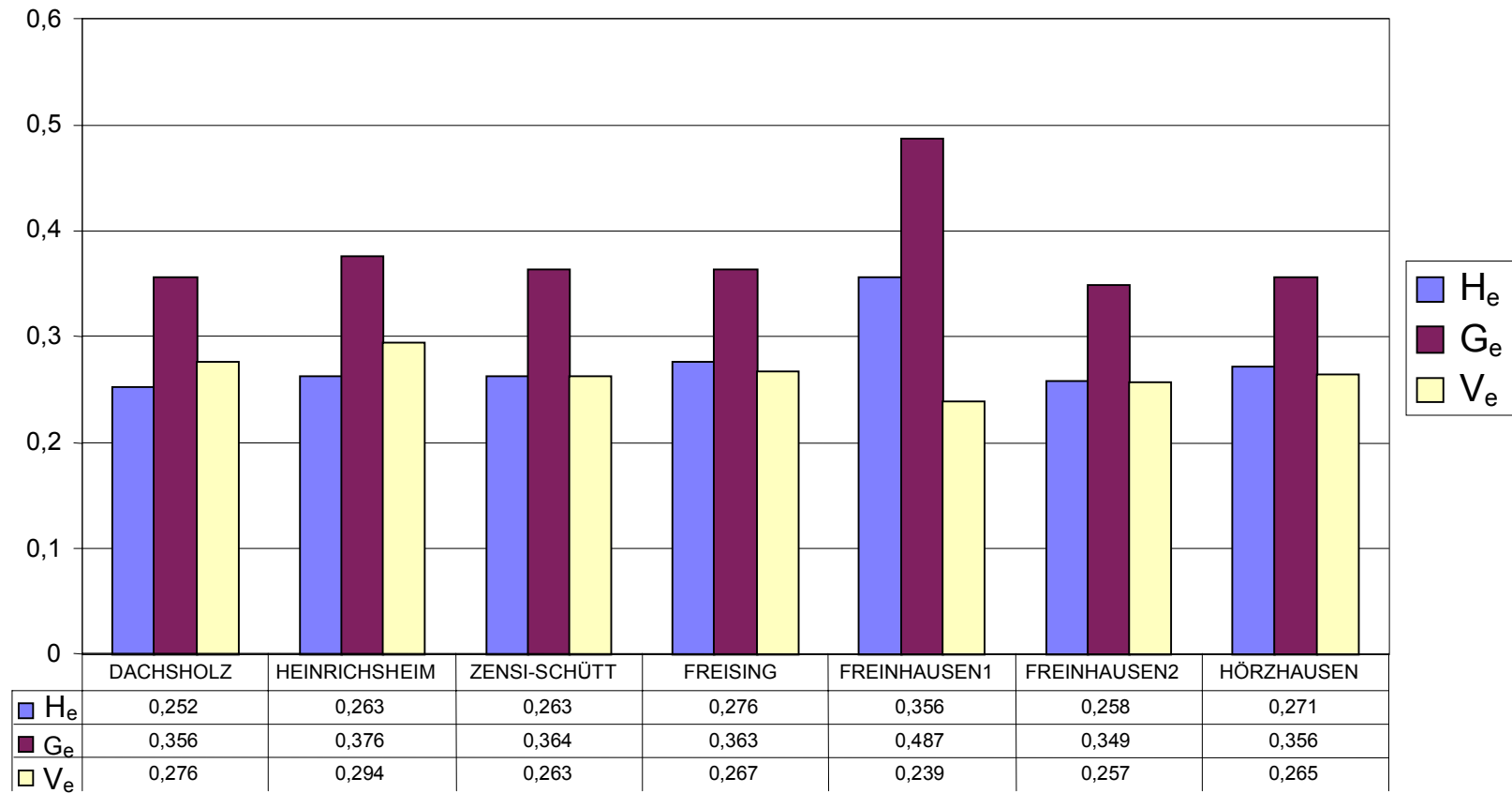
Es gibt keine signifikanten Unterschiede

Tab. 119 Überblick über die Variation gesamt, innerhalb und zwischen den Populationen / Daten Tab. 113, Tab. 114 und Tab. 105

| VARIATION | ISOENZYME | | PHÄNOTYPISCHE MERKMALE |
|--|------------------|------------------|---------------------------|
| | ALLELE | GENOTYPEN | |
| gesamt | $H_t = 0,315$ | $G_t = 0,429$ | $V_t = 0,305$ |
| innerhalb | $H_s = 0,277$ | $G_s = 0,379$ | $V_s = 0,264$ |
| zwischen | $D_{ST} = 0,038$ | $D_{ST} = 0,050$ | $D_{ST} = 0,040$ |
| Anteil der Variation zwischen den Populationen an der Gesamtvariation | $G_{ST} = 0,120$ | $G_{ST} = 0,116$ | $G_{ST} = 0,126$ |

Abb. 82 Übersicht über die phänotypische (V_e) und genetische Variation (Allele H_e , Genotypen G_e) innerhalb der Populationen / Daten Tab. 115, Tab. 117 und Tab. 104 xxx

Phänotypische und genetische Variation



Genetische Distanzen / Daten Tab. 113, bzw. Tab. 114Tab. 120 **Genetische Distanzen D** nach Allelfrequenzen (Nei 1973) links unten und geographische Distanzen (km) rechts oben

| | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|---------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| Dachsholz | - | 19,0 | 19,0 | 49,0 | 4,3 | 16,5 | 13,8 |
| Freinhausen1 | 0,12 | - | 0,1 | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freinhausen2 | 0,12 | 0,02 | - | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freising | 0,09 | 0,06 | 0,08 | - | 49,0 | 38,8 | 39,8 |
| Heinrichsheim | 0,03 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | - | 20,5 | 12,0 |
| Hörzhausen | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | - | 20,3 |
| Zensi-Schütt | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | - |

Tab.121 **Genetische Distanzen D₀** nach Allelfrequenzen (Zitat) links unten und geographische Distanzen (km) rechts oben

| | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|---------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| Dachsholz | - | 19,0 | 19,0 | 49,0 | 4,3 | 16,5 | 13,8 |
| Freinhausen1 | 0,23 | - | 0,1 | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freinhausen2 | 0,23 | 0,13 | - | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freising | 0,18 | 0,18 | 0,19 | - | 49,0 | 38,8 | 39,8 |
| Heinrichsheim | 0,12 | 0,20 | 0,20 | 0,14 | - | 20,5 | 12,0 |
| Hörzhausen | 0,17 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,15 | - | 20,3 |
| Zensi-Schütt | 0,17 | 0,21 | 0,18 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | - |

Tab. 122 **Genetische Distanz D nach Genotypenfrequenzen links unten und geographische Distanzen (km) rechts oben**

| DISTANZ D | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|---------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| Dachsholz | - | 19,0 | 19,0 | 49,0 | 4,3 | 16,5 | 13,8 |
| Freinhausen1 | 0,167 | - | 0,1 | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freinhausen2 | 0,160 | 0,072 | - | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freising | 0,115 | 0,114 | 0,117 | - | 49,0 | 38,8 | 39,8 |
| Heinrichsheim | 0,053 | 0,131 | 0,126 | 0,081 | - | 20,5 | 12,0 |
| Hörzhausen | 0,079 | 0,075 | 0,044 | 0,077 | 0,061 | - | 20,3 |
| Zensi-Schütt | 0,089 | 0,151 | 0,134 | 0,080 | 0,066 | 0,066 | - |

Tab. 123 **Quadratische euklidische Distanz (DISTSQ) nach gemessenen Merkmalen im Gewächshaus (außer kritische Merkmalen s. Tab. 124) links unten und geographische Distanzen (km) rechts oben.**

| DISTANZ D | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|---------------|-----------|--------------|--------------|----------|---------------|------------|--------------|
| Dachsholz | - | 19,0 | 19,0 | 49,0 | 4,3 | 16,5 | 13,8 |
| Freinhausen1 | 10207 | - | 0,1 | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freinhausen2 | 11393 | 34 | - | 32,5 | 18,8 | 19,3 | 7,5 |
| Freising | 2673 | 2525 | 3112 | - | 49,0 | 38,8 | 39,8 |
| Heinrichsheim | 310 | 7007 | 7990 | 1186 | - | 20,5 | 12,0 |
| Hörzhausen | 30 | 10595 | 11794 | 2829 | 403 | - | 20,3 |
| Zensi-Schütt | 599 | 15695 | 17163 | 5779 | 1760 | 541 | - |

Tab. 124 **Bei der Berechnung der Distanzen berücksichtigte Merkmale**

| MERKMALE | |
|---|--|
| Anzahl Sprosse | Biomasse 1999 (g-Trockenmasse/Pflanze) |
| Blattlänge 1999 (mm) | Blühdauer / Blütenstand (Tage) |
| Blühdauer / Pflanze (Tage) | Rosettenblattform (Breite/Länge) |
| Haare 98 (Mittel aus Klassenbewertung keine=0; mittel=1; viele=2) | Knospen pro Pflanze |
| Knospen/Spross | Sprosshöhe (mm) |

Die Maße für 1998 für Blattlängen, Blattbreiten und die Biomasse wurden nicht berücksichtigt, da sich die Merkmale und Unterschiede der Populationen erst 1999 in ihrer entgültigen Form darstellten. Bei der Behaarung wurden nur die Werte für August 1998 berücksichtigt, da die Behaarung der Rosettenblätter bei der frühen Messung im April 1999 offenbar noch nicht voll ausgebildet war. Merkmale der Samen wurden ebenfalls nicht berücksichtigt, da diese Merkmale nicht eindeutig einer Generation zuzuordnen sind. Daten zu den Inhaltsstoffen der Rosettenblätter lagen nur für die Behandlung omod vor.

Abb. 83: Dendrogramm der genetischen Distanzen D nach Allelfrequenzen (Nei 1973) berechnet für alle Genorte nach der UPGMA Methode / Daten Tab. 120

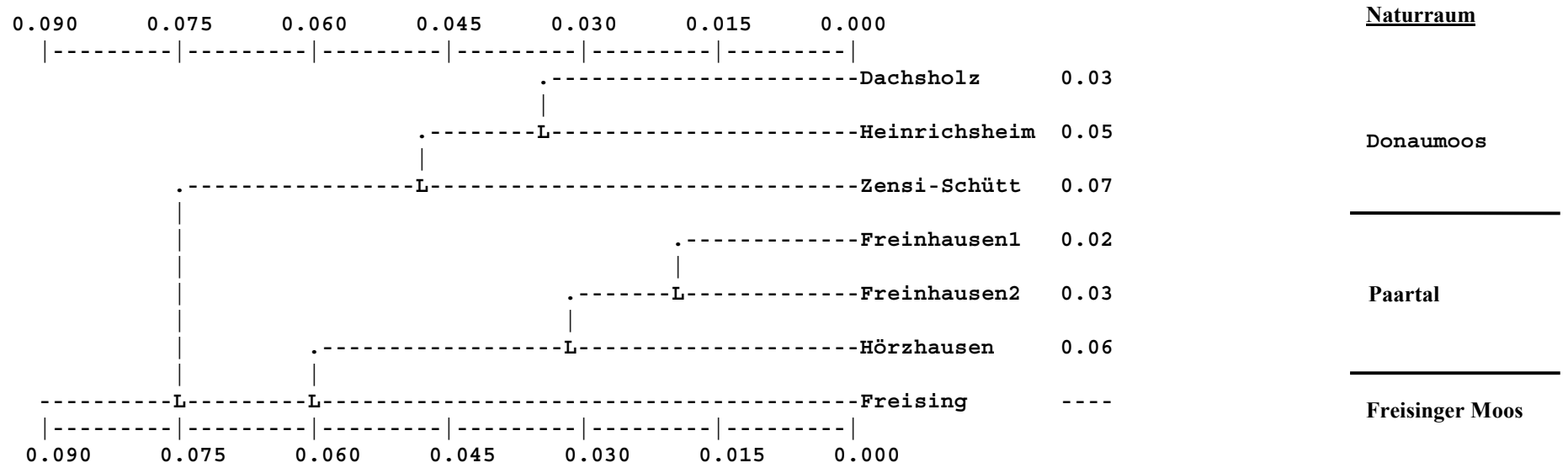


Abb. 84 Dendrogramm der genetischen Distanzen D_0 nach Allelfrequenzen (Gregorius 1984)) berechnet für alle Genorte nach der UPGMA Methode / Daten Tab.121.

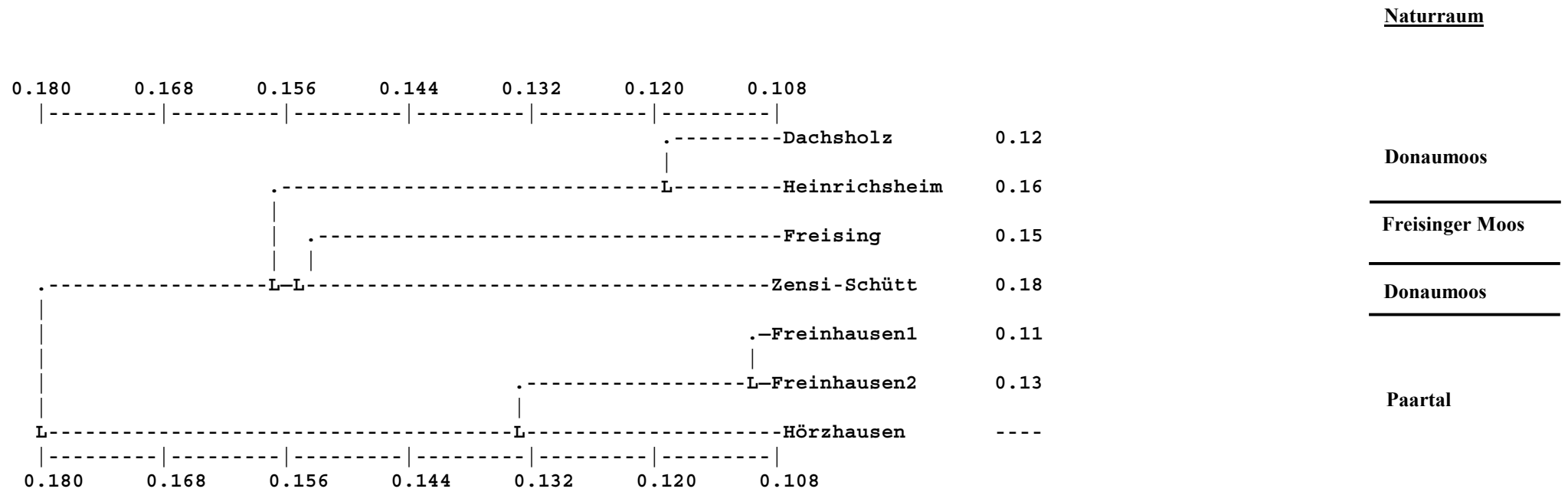


Abb. 85 Dendrogramm der genetischen Distanzen D nach Genotypenfrequenzen (Nei 1973) berechnet für alle Genorte nach der UPGMA- Methode / Daten Tab. 122.

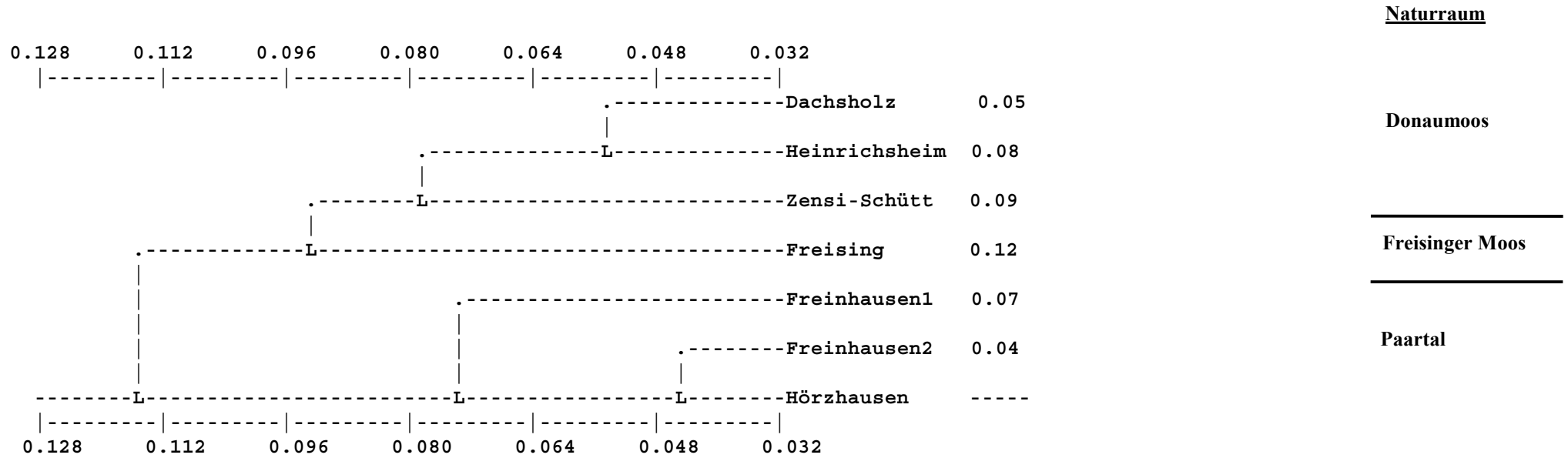


Abb. 86 Dendrogramm der Distanzen nach phänotypischen Merkmalen im Gewächshaus berechnet für alle gemessenen Merkmale (außer kritischen Merkmalen s. Tab. 124) nach der UPGMA- Methode / Daten Tab. 123

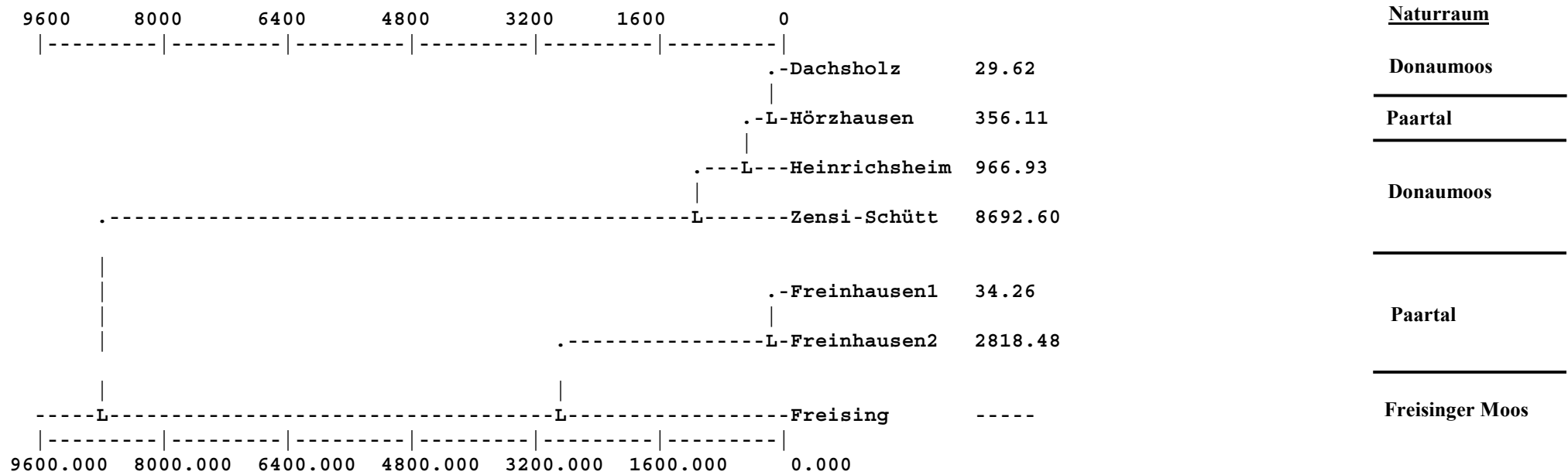
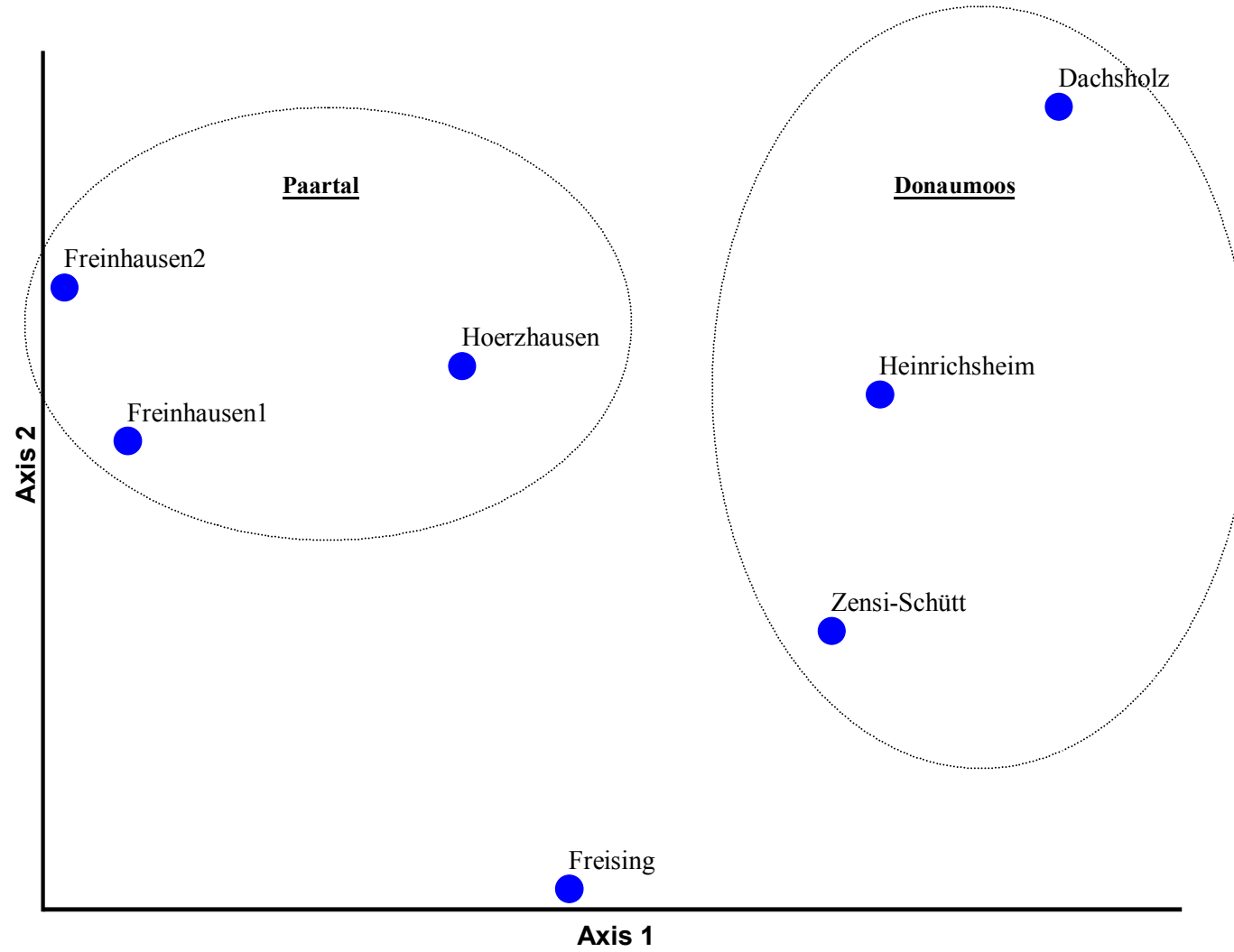


Abb. 87 PCA- Analyse der Populationen nach Allelfrequenzen / Daten Tab. 113



Allelhäufigkeiten an den Genorten SKDH-A, EST-A, IDH-A und PGI-A für sieben Populationen von *Succisa pratensis* / Daten Tab. 113

Abb. 88: Allelhäufigkeiten bei SKDH-A

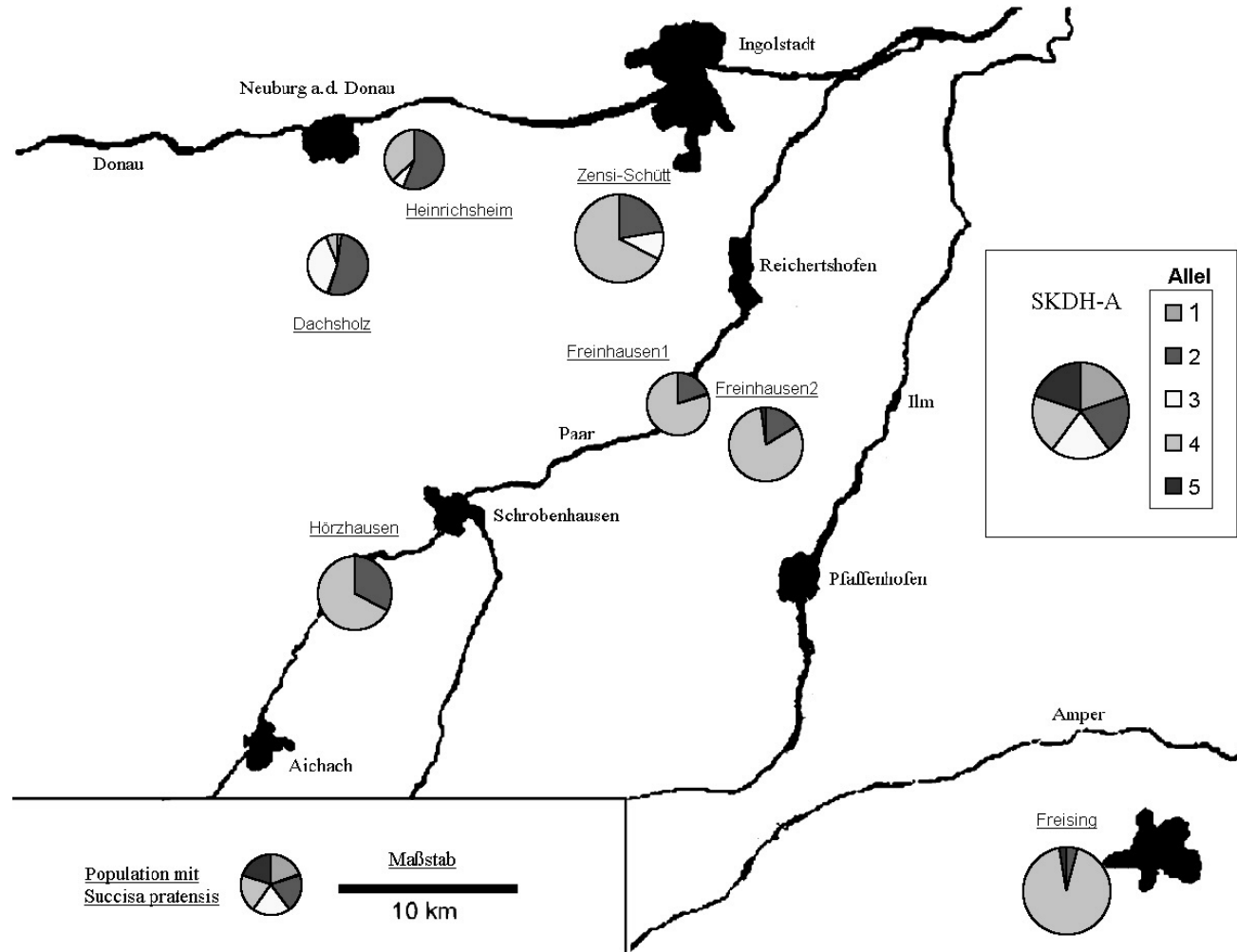


Abb. 89: Allelhäufigkeiten bei EST-A

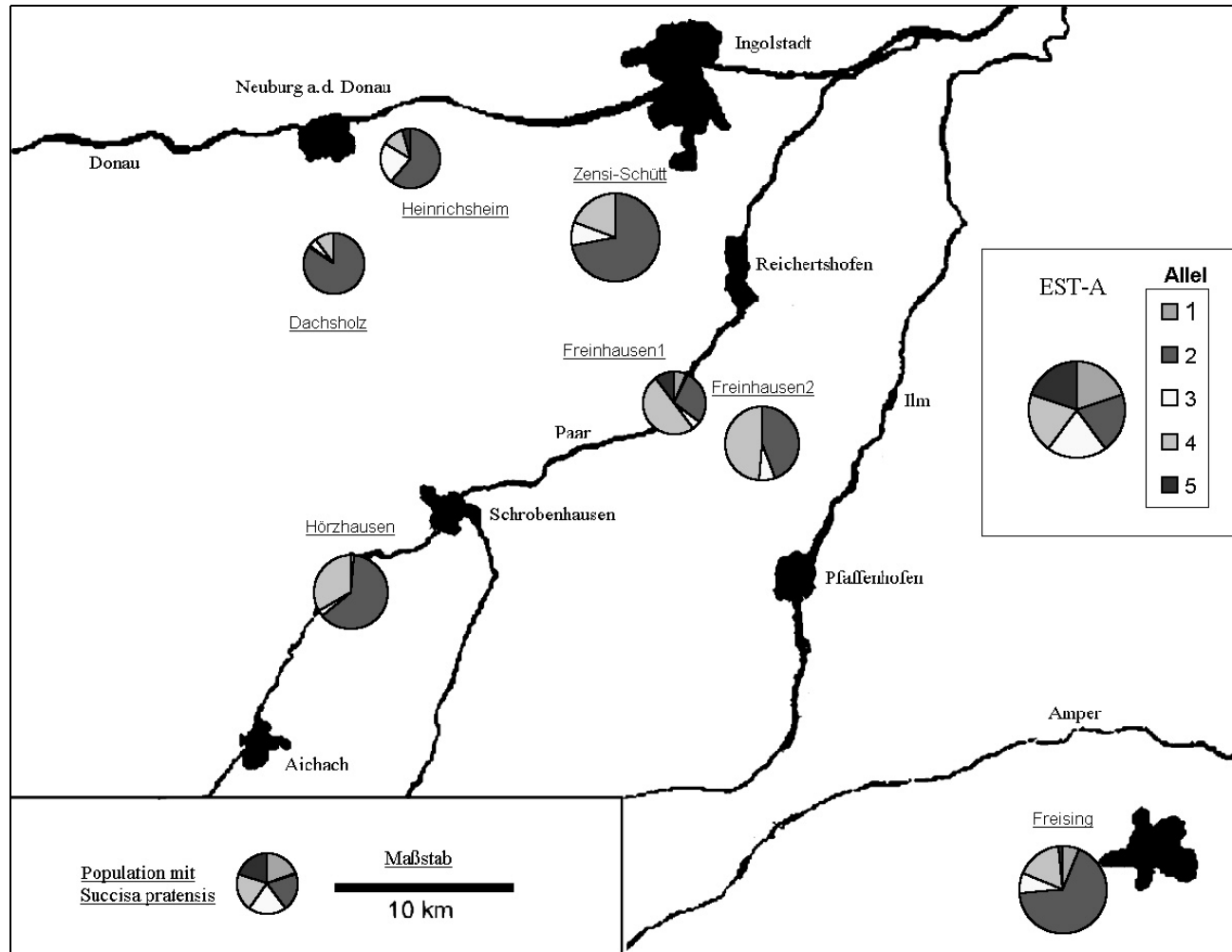


Abb. 90: Allelhäufigkeiten bei IDH-A

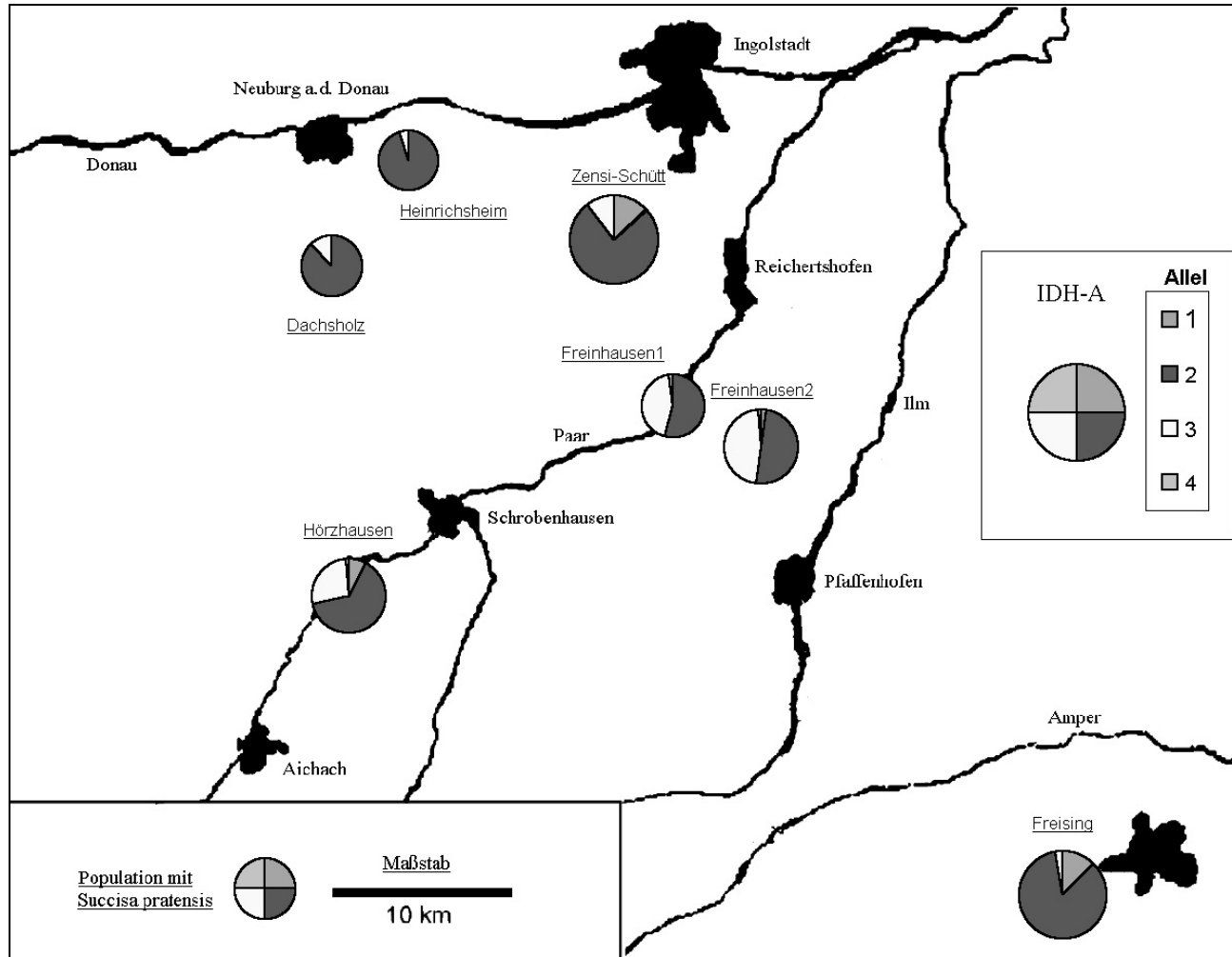


Abb. 91: Allelhäufigkeiten bei PGI-A

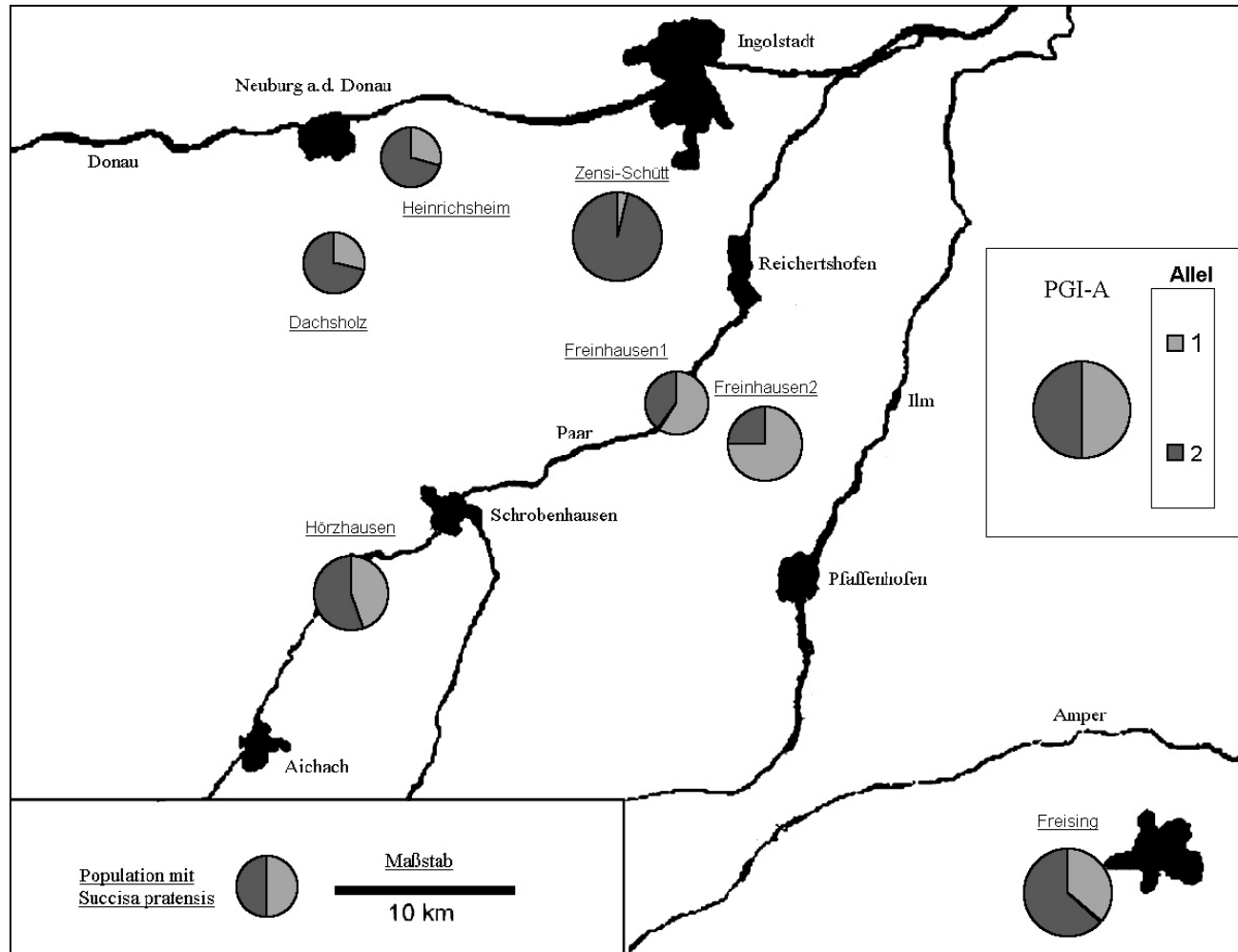


Abb. 92 Skalierte Heterozygotie und skalierte Homozygotie der Populationen an fünf ausgewählten Genorten / Daten Tab. 130

Skalierte Heterozygotie und skalierte Homozygotie der Populationen

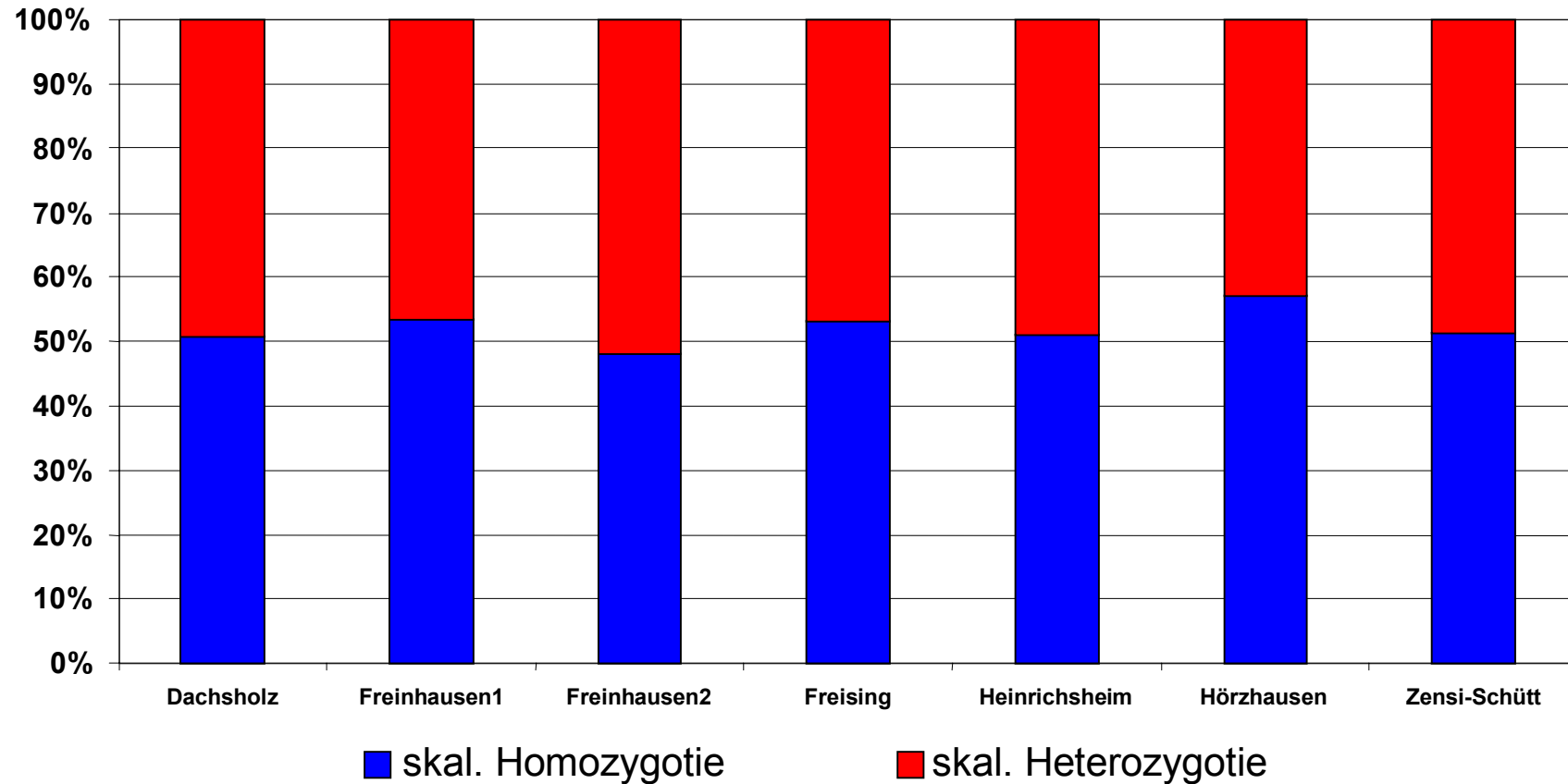


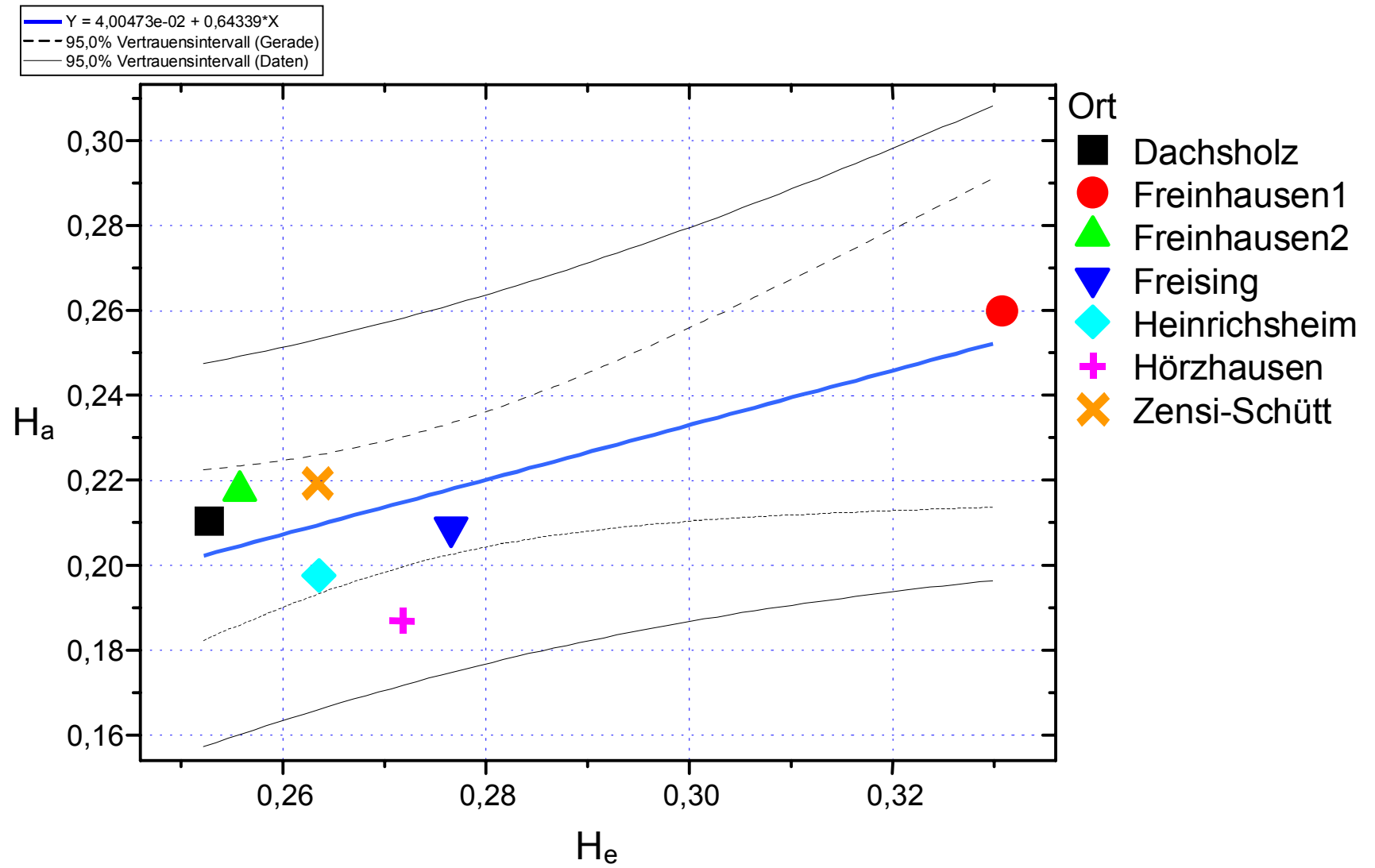
Abb. 93: Erwartete Heterozygotie H_e und beobachtete Heterozygotie H_a / Daten Tab. 115 und Tab. 126

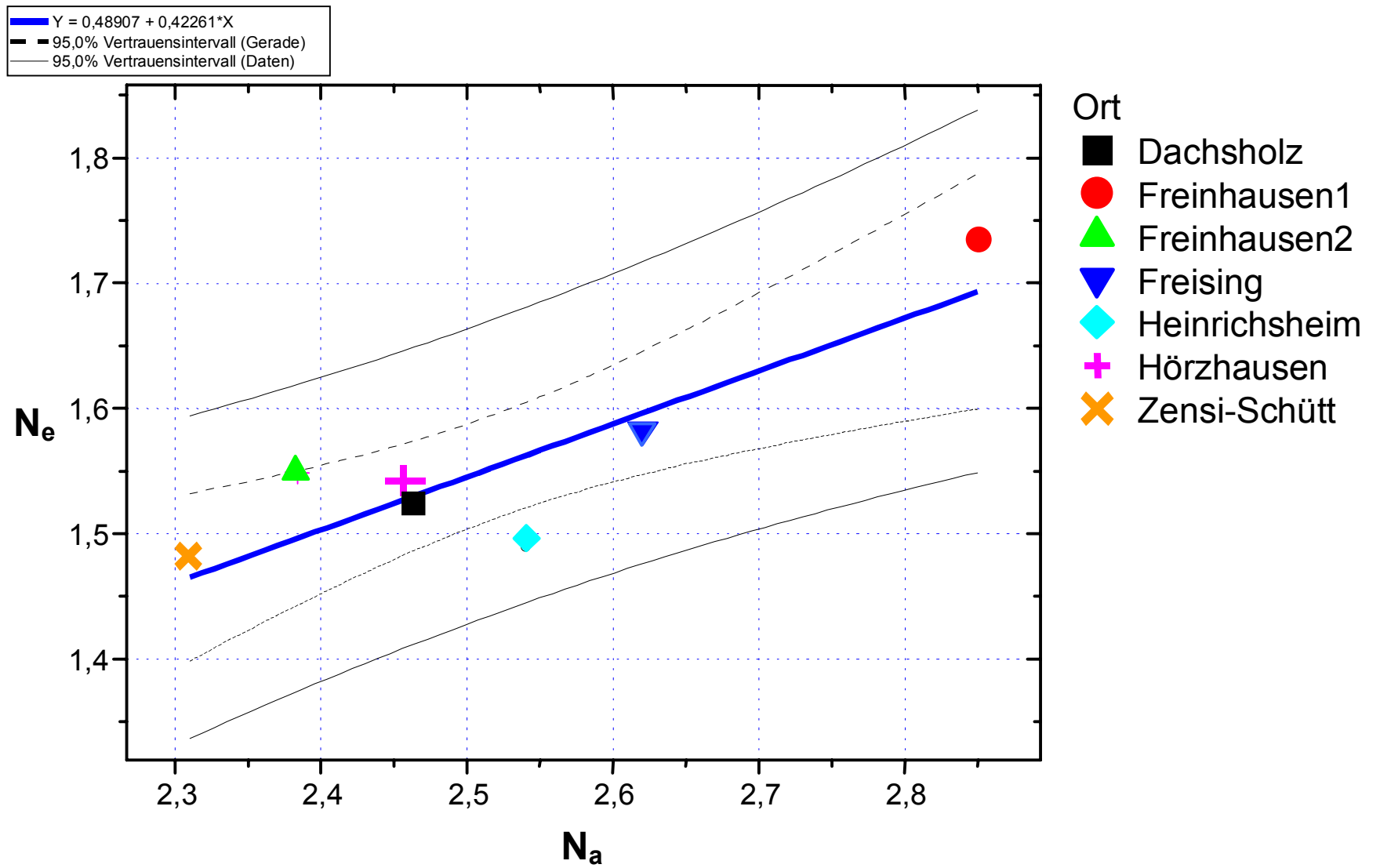
Abb. 94: Effektive Allelzahl N_e und Allelzahl N_a / **Daten** Tab. 131 und Tab. 132

Abb. 95: Bedingte Heterozygotie H_c und Populationsgröße / Daten Tab. 129

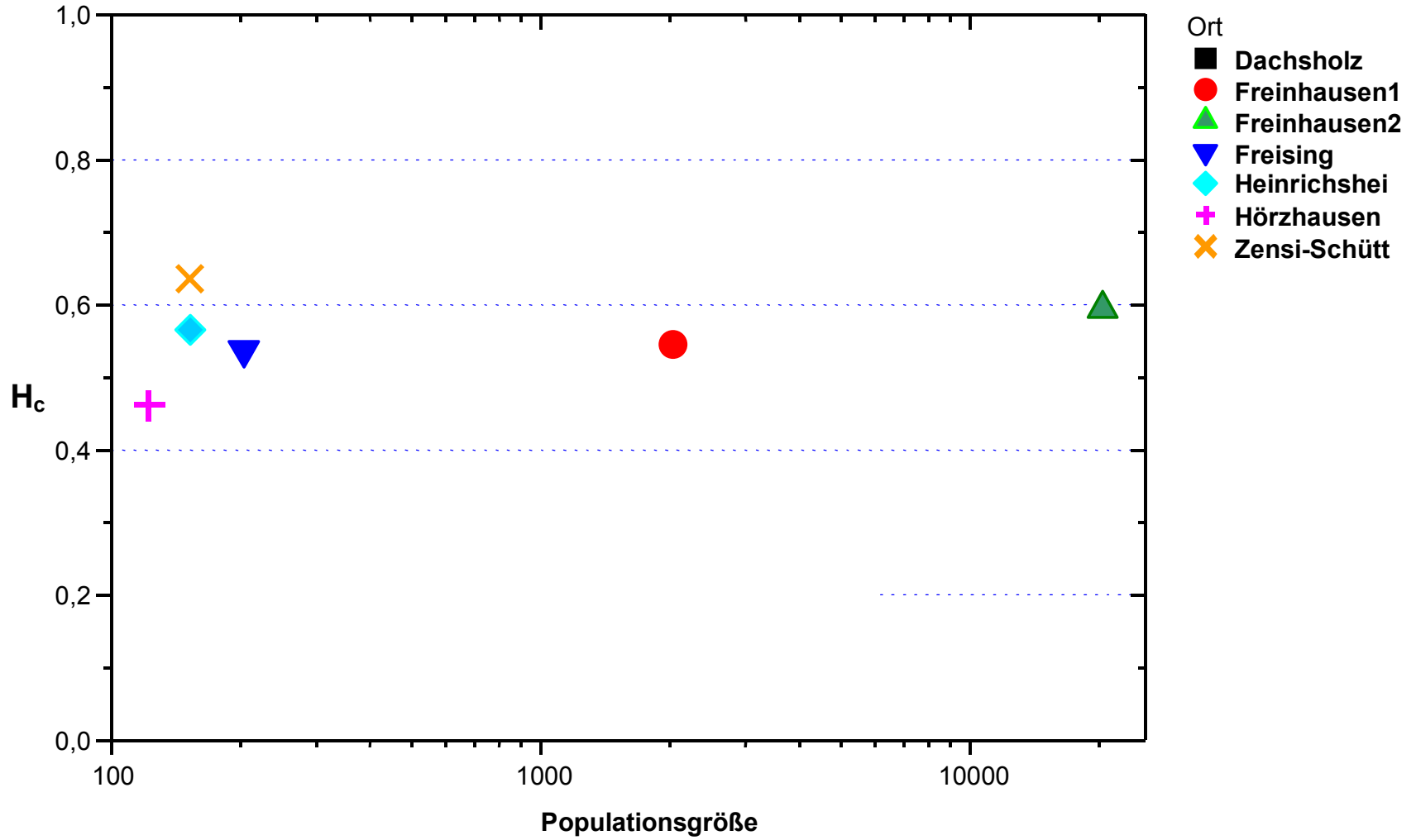
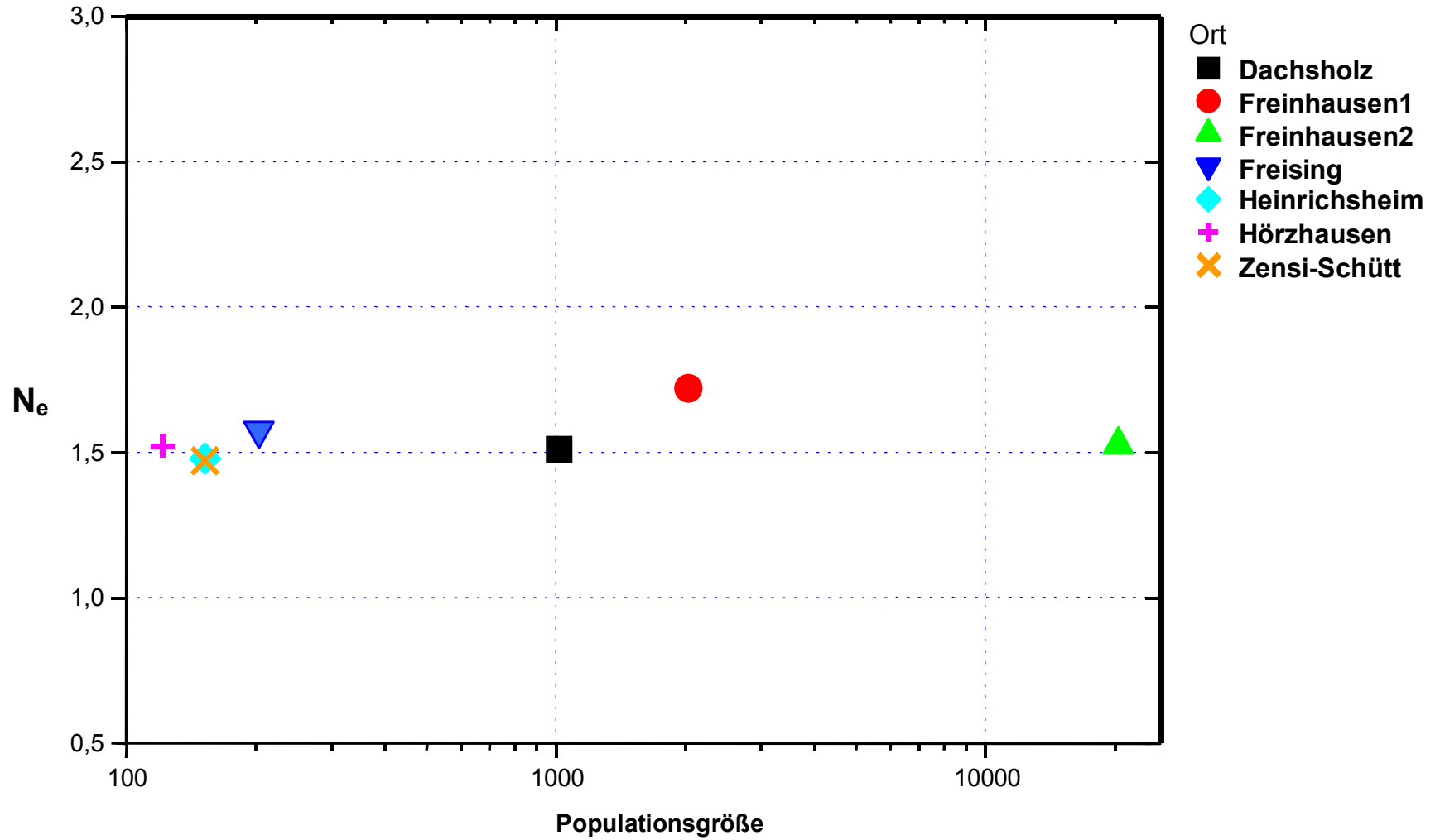


Abb. 96 Effektive Allelzahl N_e und Populationsgröße / Daten Tab. 3 und Tab. 132



Tab.125 Anzahl heterozygoter und homozygoter Genotypen / Daten Tab. 160

| ZYGOTIE | GENORT | DACHSHOLZ | HEINRICHS-HEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAU-SEN1 | FREINHAU-SEN2 | HÖRZHAU-SEN |
|--------------------|---------|------------|----------------|--------------|------------|---------------|---------------|-------------|
| heterozygot | 6PGDH-A | 2 | 3 | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| homozygot | 6PGDH-A | 48 | 46 | 29 | 38 | 44 | 47 | 40 |
| heterozygot | 6PGDH-B | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 2 | 0 |
| homozygot | 6PGDH-B | 50 | 49 | 38 | 38 | 27 | 45 | 40 |
| heterozygot | AAT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| homozygot | AAT | 50 | 49 | 38 | 38 | 50 | 47 | 40 |
| heterozygot | ACO-A | 6 | 3 | 2 | 1 | 7 | 4 | 1 |
| homozygot | ACO-A | 41 | 45 | 34 | 35 | 38 | 40 | 38 |
| heterozygot | ACO-B | 9 | 6 | 0 | 4 | 19 | 1 | 1 |
| homozygot | ACO-B | 35 | 37 | 32 | 26 | 26 | 42 | 33 |
| heterozygot | EST | 10 | 24 | 15 | 13 | 21 | 26 | 16 |
| homozygot | EST | 39 | 24 | 19 | 19 | 24 | 17 | 20 |
| heterozygot | IDH | 8 | 5 | 14 | 3 | 17 | 27 | 16 |
| homozygot | IDH | 42 | 44 | 24 | 33 | 30 | 19 | 24 |
| heterozygot | LAP-A | 29 | 24 | 25 | 27 | 31 | 16 | 18 |
| homozygot | LAP-A | 13 | 21 | 11 | 9 | 11 | 17 | 20 |
| heterozygot | LAP-B | 8 | 10 | 4 | 4 | 11 | 2 | 5 |
| homozygot | LAP-B | 34 | 35 | 32 | 32 | 31 | 31 | 33 |
| heterozygot | PGI-A | 14 | 12 | 1 | 9 | 16 | 13 | 10 |
| homozygot | PGI-A | 35 | 36 | 37 | 28 | 33 | 34 | 28 |
| heterozygot | PGI-B | 12 | 10 | 12 | 12 | 6 | 12 | 7 |
| homozygot | PGI-B | 35 | 38 | 25 | 24 | 44 | 34 | 31 |
| heterozygot | PGM | 5 | 8 | 10 | 17 | 8 | 7 | 6 |
| homozygot | PGM | 45 | 34 | 25 | 19 | 38 | 25 | 30 |
| heterozygot | SKDH | 26 | 16 | 11 | 5 | 12 | 13 | 11 |
| homozygot | SKDH | 24 | 31 | 27 | 32 | 33 | 33 | 27 |
| Summe | | | | | | | | |
| heterozygot | | 129 | 121 | 103 | 95 | 171 | 123 | 91 |
| homozygot | | 491 | 489 | 371 | 371 | 429 | 431 | 404 |
| untersuchte | | 620 | 610 | 474 | 466 | 600 | 554 | 495 |

Es wurden die Genotypen aller Genorte und Individuen berücksichtigt.

Tab. 126 Aktuelle Heterozygotie H_a / **Daten** Tab.125

| GENORT | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN | MITTELWERT |
|------------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|------------|
| 6PGDH-A | 0,04 | 0,06 | 0,24 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| 6PGDH-B | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| AAT | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| ACO-A | 0,13 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,16 | 0,09 | 0,03 | 0,08 |
| ACO-B | 0,20 | 0,14 | 0,00 | 0,13 | 0,42 | 0,02 | 0,03 | 0,14 |
| EST | 0,20 | 0,50 | 0,44 | 0,41 | 0,47 | 0,60 | 0,44 | 0,44 |
| IDH | 0,16 | 0,10 | 0,37 | 0,08 | 0,36 | 0,59 | 0,40 | 0,29 |
| LAP-A | 0,69 | 0,53 | 0,69 | 0,75 | 0,74 | 0,48 | 0,47 | 0,62 |
| LAP-B | 0,19 | 0,22 | 0,11 | 0,11 | 0,26 | 0,06 | 0,13 | 0,16 |
| PGI-A | 0,29 | 0,25 | 0,03 | 0,24 | 0,31 | 0,28 | 0,26 | 0,24 |
| PGI-B | 0,26 | 0,21 | 0,32 | 0,33 | 0,12 | 0,26 | 0,18 | 0,24 |
| PGM | 0,10 | 0,19 | 0,29 | 0,47 | 0,17 | 0,22 | 0,17 | 0,23 |
| SKDH | 0,52 | 0,34 | 0,29 | 0,14 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,30 |
| Mittelwert | 0,21 | 0,20 | 0,22 | 0,21 | 0,29 | 0,23 | 0,19 | 0,22 |

Tab. 127 Aktuelle Heterozygotie H_a der Individuen / **Daten** Tab.125

| | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|--|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| Mittlere Anzahl heterozygoter Genorte pro Individuum | 2,73 | 2,68 | 2,72 | 2,65 | 3,94 | 3,14 | 2,48 |
| Anzahl berücksichtigter Individuen | 37 | 34 | 25 | 23 | 32 | 22 | 25 |
| Heterozygotiegrad der Individuen | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,30 | 0,24 | 0,19 |

Es wurden nur solche Individuen berücksichtigt, für die alle Genorte bekannt waren, d.h. nur solche, bei denen in der Analyse kein Genort ausfiel. Dadurch wurde die Anzahl der Individuen pro Population verringert.

Tab.128 Häufigkeit von Individuen mit bestimmter Anzahl heterozygoter Genorte / **Daten** Tab.125

| ANZAHL HETEROZYGOTER GENOTYPEN / INDIVIDUUM | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN | MITTEL |
|---|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|--------|
| 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,86 |
| 1 | 7 | 7 | 6 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4,57 |
| 2 | 7 | 7 | 4 | 6 | 5 | 6 | 11 | 6,57 |
| 3 | 7 | 5 | 6 | 10 | 5 | 3 | 5 | 5,86 |
| 4 | 11 | 6 | 9 | 0 | 9 | 6 | 4 | 6,43 |
| 5 | 3 | 5 | 0 | 2 | 6 | 3 | 1 | 2,86 |
| 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1 | 0 | 1,00 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,14 |

Tab. 129 Heterozygotie H_c bei den einzelnen Populationen und Genorten / Abb. 95

| GENORT | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEIRICHHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT | MITTELWERT |
|---------|-----------|--------------|--------------|----------|-------------|------------|--------------|------------|
| AAT | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ACO-A | 0,600 | 0,636 | 0,500 | 0,333 | 0,600 | 1,000 | 0,167 | 0,548 |
| ACO-B | 0,450 | 0,826 | 1,000 | 0,143 | 0,750 | 0,333 | - | 0,584 |
| EST | 0,667 | 0,467 | 0,605 | 0,619 | 0,649 | 0,593 | 0,789 | 0,627 |
| IDH | 0,667 | 0,395 | 0,587 | 0,273 | 1,000 | 0,552 | 0,778 | 0,607 |
| LAP-A | 0,690 | 0,738 | 0,485 | 0,750 | 0,667 | 0,474 | 0,694 | 0,643 |
| LAP-B | 1,000 | 0,733 | 0,500 | 1,000 | 1,000 | 0,385 | 0,667 | 0,755 |
| 6PGDH-A | 1,000 | 1,000 | - | - | 0,429 | - | 0,692 | 0,780 |
| 6PGDH-B | - | 1,000 | 1,000 | - | - | - | - | 1,000 |
| PGI-A | 0,500 | 0,406 | 0,565 | 0,333 | 0,429 | 0,294 | 0,333 | 0,409 |
| PGI-B | 1,000 | 0,750 | 0,800 | 0,857 | 1,000 | 1,000 | 0,800 | 0,887 |
| PGM | 1,000 | 0,286 | 0,778 | 0,680 | 0,308 | 0,375 | 0,714 | 0,591 |
| SKDH | 0,553 | 0,667 | 0,765 | 1,000 | 0,390 | 0,440 | 0,440 | 0,608 |
| H_c | 0,645 | 0,583 | 0,607 | 0,535 | 0,566 | 0,471 | 0,641 | 0,670 |

Tab. 130 skalierte Heterozygotie H_{skal} und skalierte Homozygotie der Populationen an ausgewählten Genorten als Grundlage für Abb. 92

| ZYGOTIE | GENORT | DACHSHOLZ | FREISING | HEINRICHSHEIM | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|--|--------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| skalierte Heterozygotie | EST-A | 0,46 | 0,51 | 0,56 | 0,47 | 0,60 | 0,52 | 0,59 |
| | IDH-A | 0,44 | 0,23 | 0,53 | 0,38 | 0,59 | 0,48 | 0,55 |
| | LAP-A | 0,69 | 0,75 | 0,59 | 0,69 | 0,48 | 0,47 | 0,69 |
| | PGI-A | 0,41 | 0,31 | 0,36 | 0,37 | 0,44 | 0,29 | 0,26 |
| | SKDH-A | 0,54 | 0,54 | 0,37 | 0,48 | 0,52 | 0,38 | 0,38 |
| skalierte Homozygotie | EST-A | 0,54 | 0,49 | 0,44 | 0,53 | 0,40 | 0,48 | 0,41 |
| | IDH-A | 0,56 | 0,77 | 0,47 | 0,62 | 0,41 | 0,52 | 0,45 |
| | LAP-A | 0,31 | 0,25 | 0,41 | 0,26 | 0,52 | 0,53 | 0,31 |
| | PGI-A | 0,59 | 0,69 | 0,64 | 0,63 | 0,56 | 0,71 | 0,74 |
| | SKDH-A | 0,46 | 0,46 | 0,63 | 0,52 | 0,48 | 0,62 | 0,62 |
| Mittelwert skalierte Heterozygotie | | 0,51 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,53 | 0,43 | 0,49 |
| Mittelwert skalierte Homozygotie | | 0,49 | 0,53 | 0,52 | 0,51 | 0,47 | 0,57 | 0,51 |

Kriterium für die Auswahl der Genorte war die relative Ausgewogenheit der Allelfrequenzen. An den Genorten sollte nicht nur ein dominantes Allel vorherrschen, sondern ein gewisser Raum für die Bildung Heterozygoter vorhanden sein. Es wurden darum nur Genorte gewählt bei denen im Durchschnitt das häufigste Allel eine Frequenz von weniger als 0,75 aufweist.

Tab. 131 Allelzahlen N_a bei den einzelnen Populationen und Genorten / Daten Tab. 113

| ORT | ALLELE INSGESAMT | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT | MITTEL |
|-------------------|---------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|
| AAT-A | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,00 |
| ACO-A | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2,14 |
| ACO-B | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2,57 |
| EST-A | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3,86 |
| IDH-A | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3,00 |
| LAP-A | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4,86 |
| LAP-B | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2,29 |
| 6PGDH-A | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1,57 |
| 6PGDH-B | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,29 |
| PGI-A | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2,00 |
| PGI-B | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3,29 |
| PGM-A | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2,29 |
| SKDH-A | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2,86 |
| | | | | | | | | | |
| Mittelwert | 3,46 | 2,46 | 2,92 | 2,46 | 2,62 | 2,54 | 2,46 | 2,31 | 2,54 |

Tab. 132 Effektive Allelzahl N_e bei den einzelnen Populationen und Genorten / Daten Tab. 113

| GENORT | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT | MITTEL |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-------------|--------------|-------------|
| AAT-A | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| ACO-A | 1,23 | 1,28 | 1,20 | 1,09 | 1,11 | 1,03 | 1,38 | 1,19 |
| ACO-B | 1,60 | 1,73 | 1,02 | 2,17 | 1,21 | 1,09 | 1,00 | 1,40 |
| EST-A | 1,37 | 2,86 | 2,28 | 2,04 | 2,26 | 1,99 | 1,77 | 2,08 |
| IDH-A | 1,27 | 2,06 | 2,13 | 1,36 | 1,11 | 2,05 | 1,64 | 1,66 |
| LAP-A | 3,61 | 3,73 | 3,58 | 3,47 | 2,46 | 2,85 | 2,88 | 3,22 |
| LAP-B | 1,21 | 1,42 | 1,13 | 1,12 | 1,25 | 1,40 | 1,18 | 1,24 |
| 6PGDH-A | 1,04 | 1,07 | 1,00 | 1,00 | 1,15 | 1,00 | 1,40 | 1,09 |
| 6PGDH-B | 1,00 | 1,50 | 1,04 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,08 |
| PGI-A | 1,69 | 1,93 | 1,59 | 1,86 | 1,70 | 1,98 | 1,08 | 1,69 |
| PGI-B | 1,30 | 1,18 | 1,40 | 1,51 | 1,23 | 1,21 | 1,52 | 1,34 |
| PGM-A | 1,10 | 1,79 | 1,32 | 1,83 | 1,75 | 1,57 | 1,47 | 1,55 |
| SKDH-A | 2,29 | 1,47 | 1,45 | 1,15 | 2,17 | 1,79 | 1,96 | 1,75 |
| | | | | | | | | |
| Mittelwert | 1,52 | 1,77 | 1,55 | 1,58 | 1,49 | 1,53 | 1,48 | 1,56 |
| N_e / N_a | 0,62 | 0,61 | 0,63 | 0,61 | 0,59 | 0,62 | 0,64 | 0,62 |

Tab. 133 **Paarweiser G-Test zu den Häufigkeiten heterozygoter und homozygoter Genotypen bei den Populationen / Daten Tab.125.**

| MITTELWERT | ORT | FREINHAUSEN2 | ZENSI-SCHÜTT | DACHSHOLZ | FREISING | HEINRICHSHEIM | HÖRZHAUSEN |
|------------|---------------|--------------|--------------|-----------|----------|---------------|------------|
| 0,18 | Hörzhausen | - | - | - | - | - | - |
| 0,20 | Heinrichsheim | - | - | - | - | - | |
| 0,20 | Freising | - | - | - | - | | |
| 0,21 | Dachsholz | - | - | - | | | |
| 0,22 | Zensi-Schütt | - | - | | | | |
| 0,22 | Freinhausen2 | - | | | | | |
| 0,29 | Freinhausen1 | * | * | * | * | * | * |

Tab.134 Paarweiser G-Test zu den Häufigkeiten heterozygoter und homozygoter Genotypen bei den einzelnen Populationen aufgeschlüsselt nach Genorten / Daten Tab.125.

| Mittel | Ort | Freinhausen2 | Zensi-Schütt | Dachsholz | Freising | Heinrichsheim | Hörzhausen |
|--------|---------------|---|---|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|
| 0,19 | Hörzhausen | | | | | | - |
| 0,20 | Heinrichsheim | | | | | - | IDH-A |
| 0,21 | Freising | | | | - | LAP-A PGM-A SKDH-A | IDH-A LAP-A PGM-A |
| 0,21 | Dachsholz | | | - | PGM-A SKDH-A | EST-A | EST-A IDH-A LAP-A SKDH-A |
| 0,22 | Zensi-Schütt | | - | EST-A IDH-A PGI-A PGM-A SKDH-A | IDH-A | 6PGDH IDH-A PGI-A | PGI-A |
| 0,22 | Freinhausen2 | - | IDH-A PGI-A | EST-A IDH-A SKDH-A | IDH-A LAP-A PGM-A | IDH-A LAP-B | |
| 0,26 | Freinhausen1 | 6PGDH-B ACO-B IDH-A LAP-A LAP-B | 6PGDH-A 6PGDH-B ACO-B PGI-A PGI-B | 6PGDH-B ACO-B EST-A IDH-A SKDH-A | 6PGDH-B ACO-B IDH-A PGI-B PGM-A | 6PGDH-B ACO-B IDH-A LAP-A | 6PGDH-B ACO-B LAP-A |

Angegeben sind die Genorte an denen sich signifikante Unterschiede der Häufigkeiten Heterozygoter und Homozygoter an den einzelnen Genorten im paarweisen G-Test ergaben. Aus der Farbe des Genorts ergibt sich, welcher der Herkünfte größere Heterozygotie aufweist. Die Heterozygotie in ACO-B ist beispielsweise größer in Freinhausen1 als in Freinhausen2, bei IDH-A dagegen ist die Heterozygotie in Freinhausen2 größer. Es wurden nur Paarungen und Genorte berücksichtigt, bei denen die Erwartungswerte im G-Test ≥ 5 waren.

Tab. 135 Statistik zu signifikanten Unterschieden der Mittelwerte der Heterozygotie H_c / Daten Tab. 129

Tukey- Test zum Vergleich der Mittelwerte der Mittelwerte der Heterozygotie H_c (berechnet aus den Werten für die einzelnen Genorte) bei den einzelnen Populationen.

Es gibt keine signifikanten Unterschiede

Tab. 136 Statistik zu signifikanten Unterschieden von skaliertem Heterozygotie und skaliertem Homozygotie / Daten Tab. 130

Tukey- Test zum Vergleich der Mittelwerte der relativen Heterozygotie und relativen Homozygotie (berechnet aus den Werten für die einzelnen Genorte) bei den einzelnen Populationen.

| ORT | MITTELWERTE | | SIGNIFIKANZ |
|---------------|------------------|--------------------|-------------|
| | REL. HOMOZYGOTIE | REL. HETEROZYGOTIE | |
| Freinhausen2 | 0,48 | 0,52 | |
| Dachsholz | 0,51 | 0,49 | |
| Heinrichsheim | 0,51 | 0,49 | |
| Zensi-Schütt | 0,51 | 0,49 | |
| Mittel | 0,52 | 0,48 | |
| Freinhausen1 | 0,53 | 0,47 | |
| Freising | 0,53 | 0,47 | |
| Hörzhausen | 0,57 | 0,43 | * |

12.8 Rezepte Isoenzymanalyse**12.8.1 Gele**

Tab.137: Ansatz der Gele

| PUFFER | PH | STÄRKE % | ZUSATZ | MA |
|------------|---------|----------|-----------|-----|
| Tris Citro | 7,0 | 12 | Harnstoff | 160 |
| Tris Citro | 7,5 | 12 | Harnstoff | 160 |
| Tris Citro | 7,8 | 12 | Harnstoff | 160 |
| Ashton | 8,1 | 11 | Zucker | 60 |
| Poulik | 8,0/8,7 | 11,5 | Zucker | 80 |
| Histidin | 6,2 | 12 | Zucker | 220 |

12.8.2 Farblösungen**Phosphoglucomutase (PGM)**

| | |
|--|------------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| α -D-Glucose-1-phosphat (G7000) | 48mg |
| α -D-Glucose-1-phosphat (G1259) | 24mg |
| MTT | 12mg |
| NADP-Lösg. | 3,2ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |
| Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6PDH) | 60 μ l |

erst kurz vor dem Anfärben zugeben

Alkohol-Dehydrogenase (ADH)

| | |
|------------------------|-------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| Ethanol abs. | 4,2ml |
| MTT | 12mg |
| NAD-Lösg. | 6,4ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |

Ethanol erst kurz vor dem Anfärben in die Lösung geben und anschließend evtl. vor Verdunstung schützen.

6-Phosphogluconat-Dehydrogenase (6PGDH)

| | |
|--------------------------|-------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| 6-Phosphogluconic acid | 36mg |
| MTT | 12mg |
| NADP-Lösg. | 6,4ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |

Isocitrat-Dehydrogenase (IDH)

| | |
|--------------------------|-------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| DL-Isocitric acid | 60mg |
| MTT | 12mg |
| NADP-Lösg. | 6,4ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |

Shikimat-Dehydrogenase (SKDH)

| | |
|-------------------------------|-------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| Shikimic acid (=Shikimisäure) | 56mg |
| MTT | 12mg |
| NADP-Lösg. | 6,4ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |

Esterase (EST)

| | |
|---|-------|
| NAH ₂ PO ₄ -PUFFER | 30ML |
| Na ₂ HPO ₄ -Puffer | 12ml |
| H ₂ O _{dest.} | 18ml |
| Fast Blue RR salt | 48mg |
| 1-Naphtylacetat-Lösg. | 3,6ml |
| (= α -Naphtylacetat kurz vor dem Anfärben zugeben) | |
| Fakultativ zusätzlich: | |
| 2-Naphtylacetat-Lösg. | 3,6ml |
| (= β -Naphtylacetat) | |

Aspartat-Amino-Transferase (AAT)

[alt: Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT)]

| | |
|--------------------------------------|-------|
| LEITUNGSWASSER | 60ML |
| L-Asparaginsäure-Na-salz- Monohydrat | 324mg |
| 2-Oxo-glutarsäure | 42mg |
| Fast Blue BB salt | 132mg |
| | |
| Pyridoxal-5-Phosphat | |

eine Spatelspitze voll kurz vor dem Anfärben zugeben

Phosphoglucose-Isomerase (PGI)

| | |
|--|-------------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| D-Fructose-6-phosphate | 18mg |
| MTT | 12mg |
| NADP-Lösg. | 6,4ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |
| | |
| Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6PDH) | 130 μ l |

erst kurz vor dem Anfärben zugeben

Aconitase (ACO)

| | |
|--------------------------|-----------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| cis-Aconitic acid | 90mg |
| MTT | 12mg |
| NADP-Lösg. | 6,4ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |
| | |
| Isocitric Dehydrogenase | 5 Tropfen |

erst kurz vor dem Anfärben zugeben

Leucin-Aminopeptidase (LAP)

| | |
|--------------------------------|------|
| TRIS-MALAT-PUFFER PH5,4 | 60ML |
| L-Leucin- β -Naphtylamid | 48mg |
| Fast Black K | 24mg |

Malat-Dehydrogenase (MDH)

| | |
|--------------------------|-------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| L-Malic acid Na-salt | 72mg |
| MTT | 12mg |
| NAD-Lösg. | 6,4ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |

Alanin-Aminopeptidase (AAP)

| | |
|--------------------------------|------|
| TRIS-MALAT-PUFFER PH5,4 | 60ML |
| L-Alanin- β -Naphtylamid | 48mg |
| Fast Black K | 24mg |

Glutamat-Dehydrogenase (GDH)

| | |
|------------------------------|------------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 50ML |
| L-Glutaminsäure-Mono-Na-salz | 552mg |
| MTT | 12mg |
| NAD-Lösg. | 6,4ml |
| MgCl ₂ -Lösg. | 1,6ml |
| PMS-Lösg. | 1,6ml |
| | |
| evtl. Ethanol abs. | 60 μ l |

für eine gleichzeitige ADH-Anfärbung

Menadion-Reduktase (MNR)

| | |
|---|------|
| TRIS-HCL-PUFFER PH 8,0 | 60ML |
| Menadione Sodium Bisulfite (=Menadionbisulfite) | 60mg |
| MTT | 12mg |
| | |
| NADH | 24mg |

erst kurz vor dem Anfärben der Lösung zugeben

12.8.3 Elektrodenpuffer (EP)/Gelpuffer (GP)**Poulik-Puffer**

| | | | |
|----------------|-----------|---------|----------|
| EP: | PH 8,0 | | |
| Borsäure | 0,3mol/l | 18,5g/l | 92,5g/5l |
| NaOH | 0,06mol/l | 2g/l | 10g/5l |
| | | | |
| GP: | Tris-HCl | pH 8,7 | |
| Tris | 0,07mol/l | 8,5g/l | 42,4g/5l |
| 1M HCl + 3% EP | 0,02mol/l | 20ml/l | 100ml/5l |

Histidin-HCl-Puffer pH 5,7

| | | | |
|----------------|------------|---------|----------|
| GP: | PH 5 | | |
| L-Histidin-HCl | 0,05mol/l | 10,5g/l | 52,5g/5l |
| Titriplex II | 1,4mmol/l | 2g/l | 10g/5l |
| Tris | 0,017mol/l | 2g/l | 10g/5l |

Ashton-Puffer

| | | | |
|---------------------------------|-----------|------------------|----------|
| EP: | PH 8,1 | | |
| Borsäure | 0,19mol/l | 11,8g/l | 59g/5l |
| LiOH | 0,05mol/l | 1,2g/l | 6g/5l |
| | | | |
| GP: | pH 8,1 | (Lundkvist 1979) | |
| Tris | 0,05mol/l | 6,1g/l | 30,5g/5l |
| Citronensäure- H ₂ O | 8mmol/l | 1,68g/l | 8,4g/5l |
| Elektrodenpuffer (EP) | | 100ml/l | 500ml/5l |

Tris-Citro pH 7,8

| | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-------|--------|
| EP: | PH 7,8 | | |
| Tris | 0,14mol/l | 17g/l | 85g/5l |
| Citronensäure- H ₂ O | 0,043mol/l | 6g | 30g/5l |
| | | | |
| GP: | EP + H ₂ O = 1 + 2,5 | | |

Tris-Citro pH 7,5

| | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-------|--------|
| EP: | PH 7,5 | | |
| Tris | 0,14mol/l | 17g/l | 85g/5l |
| Citronensäure-H ₂ O | 0,048mol/l | 10g/l | 50g/5l |
| | | | |
| GP: | EP : H ₂ O = 1 : 2,5 | | |

Histidin-Citrat Puffer (El Kassaby 1981- für MDH)

| | | |
|--------------------------------|------------|----------|
| EP: | PH 7,0 | |
| Tris-Na-citrat-2-hydrat | 4,1mol/l | 120,6g/l |
| Citronensäure-H ₂ O | 4,1mol/l | 86,2g/l |
| | | |
| GP: | pH 7,0 | |
| L-Histidin | 0,005mol/l | 0,775g/l |
| 1N NaOH | 0,04mol/l | 40ml/l |

12.8.4 Vorpuffer (VP)**Acetatpuffer pH4,5/5,0 (VP für SAP, PER)**

| | | | |
|---------------|-----------|---------|----------|
| 1N ESSIGSÄURE | 0,2MOL/L | 200ML/L | 1L/5L |
| 1N NaOH | 0,08mol/l | 80ml/l | 400ml/5l |

15min Vorinkubation

Tris-HCl-Puffer pH8,0 (pH 6,5 für FDH*)

(Vorpuffer für Dehydrogenasen (6PGDH, FDH*, G6PDH, GDH, IDH, MDH, SKDH))

| | | | |
|---------|-----------|--------|----------|
| TRIS | 0,08MOL/L | 9,7G/L | 48,5G/5L |
| 1N HCl | 0,04mol/l | 40ml/l | 200ml/5l |
| | | | |
| 1N HCl* | 0,07mol/l | 70ml/l | 350ml/5l |

Tris-Malat-Puffer pH5,4 (VP für LAP)

| | | | |
|-------------|-----------|--------|----------|
| TRIS | 0,05MOL/L | 6,1G/L | 30,5G/5L |
| Maleinsäure | 0,05mol/l | 4,8g/l | 24,0g/5l |

12.8.5 Phosphatpuffer

| | | | | |
|----------------------------------|-----------|---------|--------------|---------|
| NAH ₂ PO ₄ | 0,2MOL/L | 27,6G/L | 20,7G/750ML | 138G/5L |
| Na ₂ HPO ₄ | 0,16mol/l | 28,5g/l | 14,25g/500ml | 143g/5l |

beide getrennt ansetzen und erst vor dem Gebrauch mischen

12.8.6 Homogenatpuffer (HP)**Homogenatpuffer pH7,3 (VP für Nadeln und Blätter)**

| | |
|----------------------|-----------------|
| TRIS | 1,5G/100ML |
| Triplex II | 0,12g/100ml |
| Lösl. PVP | 4g/100ml |
| Mercaptoethanol | 1ml/100ml |
| Ditriothreitol (DTT) | 0,05-0,1g/100ml |
| 1N HCl | 100ml/l |

12.8.7 Zusatzlösungen

NADP-,NAD-, und PMS-Lsg.

| | |
|------------------------------|-------------|
| NAD | 200MG/100ML |
| NADP | 200mg/100ml |
| PMS (=Phenazine methosulfat) | 100mg/100ml |

α -Naphthylacetat-Lösg. oder β -Naphthylacetat-Lösung
1g α -/ β -Naphthylacetat in 50ml Aceton und 50ml H₂O

12.9 Ur Tabellen mit Meßwerten im Freiland, Gewächshaus und Labor

Tab. 138 Daten zu den Messungen im Gewächshaus / Samengewichte s. Tab. 144 ff. / Wassergehalt der Blätter Tab. 143

Population : Dachsholz=1 Heinrichsheim=2 Zensi-Schütt=3 Freinhausen1=4
Freinhausen2=5 Hörzhausen=6 Freising=7

| BEHANDLUNG | POPULATION | TOPF | 1998 BLÄTTER BREITE (MM) | 1998 BLÄTTER LÄNGE (MM) | 1998 LÄNGE / BREITE | 1999 ANZAHL KNOSPEN | 1999 ANZAHL SPROSSE | 1999 KNOSPEN / SPROSS | 1998 HAARE 8.8.1998 | 1999 HAARE 15.3.99 | 1999 BLÄTTLÄNGE (MM) | 1999 SPROSSHÖHE (MM) | 1999 BLÜHDAUER/PFLANZE (TAGE) | 1999 BLÜHDAUER / BLÜTENSTAND (TAGE) | 1998 August Biomasse (g) | 1999 APRIL BIOMASSE (g) |
|------------|------------|------|--------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| ommd | 1 | 1 | 43 | 98 | 2,28 | 152 | 22 | 6,9 | 0 | 0 | 210 | 1090 | 39 | 6 | 12,1 | 75 |
| ommd | 2 | 2 | 46 | 133 | 2,89 | 69 | 20 | 3,5 | 0 | 0 | 210 | 1200 | 37 | 7 | 15,7 | 81 |
| ommd | 3 | 3 | 29 | 101 | 3,48 | 72 | 15 | 4,8 | 2 | 1 | 180 | 1190 | 42 | 7 | 12,8 | 71 |
| ommd | 4 | 4 | 27 | 110 | 4,07 | 8 | 1 | 8,0 | 2 | 2 | 230 | 820 | 13 | | 13,6 | 39 |
| ommd | 5 | 5 | 35 | 117 | 3,34 | 54 | 15 | 3,6 | 2 | 2 | 120 | 980 | 51 | 6 | 18,8 | 46 |
| ommd | 6 | 6 | 37 | 131 | 3,54 | 79 | 17 | 4,6 | 1 | 0 | 181 | 1220 | 37 | 9 | 15,4 | 73 |
| ommd | 7 | 7 | 29 | 104 | 3,59 | 98 | 25 | 3,9 | 2 | 0 | 180 | 930 | 40 | 7 | 10,4 | 63 |
| ommd | 1 | 8 | 28 | 119 | 4,25 | 101 | 22 | 4,6 | 1 | 0 | 250 | 1140 | 44 | 7 | 11 | 60 |
| ommd | 2 | 9 | 38 | 128 | 3,37 | 85 | 15 | 5,7 | 2 | 0 | 260 | 1270 | 39 | 5 | 12 | 67 |
| ommd | 3 | 10 | 23 | 101 | 4,39 | 64 | 10 | 6,4 | 2 | 0 | 260 | 1410 | 37 | 7 | 9,6 | 74 |
| ommd | 4 | 11 | 33 | 103 | 3,12 | 38 | 6 | 6,3 | 1 | 1 | 170 | 1090 | 19 | | 13,9 | 40 |
| ommd | 5 | 12 | 26 | 113 | 4,35 | 57 | 18 | 3,2 | 2 | 0 | 200 | 830 | 29 | | 9,2 | 34 |
| ommd | 6 | 13 | 33 | 121 | 3,67 | 99 | 27 | 3,7 | 0 | 0 | 220 | 1280 | 49 | 7 | 12,6 | 64 |
| ommd | 7 | 14 | 31 | 124 | 4,00 | 75 | 16 | 4,7 | 2 | 1 | 180 | 1430 | 32 | 7 | 13,9 | 60 |
| ommd | 1 | 15 | 30 | 97 | 3,23 | 94 | 19 | 4,9 | 0 | 0 | 230 | 1170 | 34 | 7 | 14 | 82 |
| ommd | 2 | 16 | 28 | 87 | 3,11 | 82 | 12 | 6,8 | 2 | 1 | 170 | 1030 | 37 | 6 | 15,4 | 49 |
| ommd | 3 | 17 | 36 | 123 | 3,42 | 118 | 20 | 5,9 | 2 | 0 | 200 | 1120 | 37 | 6 | 16 | 85 |
| ommd | 4 | 18 | 32 | 114 | 3,56 | 28 | 6 | 4,7 | 2 | 1 | 190 | 650 | 36 | 6 | 9,1 | 13 |
| ommd | 5 | 19 | 26 | 88 | 3,38 | 12 | 3 | 4,0 | 2 | 1 | 160 | 620 | 17 | | 18,8 | |
| ommd | 6 | 20 | 28 | 105 | 3,75 | 79 | 20 | 4,0 | 2 | 2 | 190 | 980 | 40 | 7 | 13,6 | 49 |
| ommd | 7 | 21 | 26 | 92 | 3,54 | 74 | 21 | 3,5 | 2 | 2 | 180 | 1000 | 39 | 6 | 10,3 | 54 |
| ommd | 1 | 22 | 39 | 116 | 2,97 | 38 | 7 | 5,4 | 0 | 0 | 250 | 1370 | 25 | 6 | 15,8 | 65 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|----|----|-----|------|-----|----|-----|---|---|-----|------|----|----|------|----|
| ommd | 2 | 23 | 36 | 111 | 3,08 | 68 | 15 | 4,5 | 1 | 0 | 150 | 1120 | 35 | 6 | 12,3 | 55 |
| ommd | 3 | 24 | 38 | 88 | 2,32 | 62 | 13 | 4,8 | 2 | 1 | 180 | 1370 | 39 | 5 | 5,9 | 56 |
| ommd | 4 | 25 | 46 | 109 | 2,37 | 46 | 11 | 4,2 | 2 | 2 | 150 | 780 | 29 | 6 | 13,4 | 41 |
| ommd | 5 | 26 | 45 | 114 | 2,53 | 25 | 7 | 3,6 | 2 | 1 | 190 | 770 | 22 | | 13,8 | 38 |
| ommd | 6 | 27 | 36 | 104 | 2,89 | 75 | 20 | 3,8 | 2 | 0 | 200 | 1130 | 30 | 7 | 13,5 | |
| ommd | 7 | 28 | 35 | 104 | 2,97 | 107 | 27 | 4,0 | 2 | 2 | 175 | 850 | 23 | 5 | 8,4 | |
| ommd | 1 | 29 | 35 | 97 | 2,77 | 92 | 16 | 5,8 | 0 | 0 | 190 | 1100 | 32 | 5 | 9,9 | 60 |
| ommd | 2 | 30 | 40 | 136 | 3,40 | 73 | 14 | 5,2 | 1 | 1 | 180 | 1080 | 35 | 7 | 13,2 | 61 |
| ommd | 3 | 31 | 39 | 136 | 3,49 | 69 | 12 | 5,8 | 2 | 1 | 210 | 1280 | 37 | 4 | 11,6 | 66 |
| ommd | 4 | 32 | 36 | 105 | 2,92 | 67 | 15 | 4,5 | 2 | 1 | 160 | 1180 | 26 | | 10,4 | 51 |
| ommd | 5 | 33 | 42 | 119 | 2,83 | 30 | 12 | 2,5 | 2 | 0 | 190 | 870 | 29 | | 18,3 | 55 |
| ommd | 6 | 34 | 29 | 140 | 4,83 | 52 | 12 | 4,3 | 2 | 0 | 170 | 880 | 32 | 4 | 14,1 | 31 |
| ommd | 7 | 35 | 36 | 150 | 4,17 | 57 | 12 | 4,8 | 2 | 1 | 190 | 1430 | 39 | 7 | 11,4 | 76 |
| ommd | 1 | 36 | 42 | 129 | 3,07 | 104 | 14 | 7,4 | 0 | 0 | 250 | 1600 | 39 | 6 | 12,9 | 75 |
| ommd | 2 | 37 | 34 | 114 | 3,35 | 20 | 5 | 4,0 | 0 | 0 | 200 | 1260 | 35 | 6 | | 35 |
| ommd | 3 | 38 | 40 | 129 | 3,23 | 66 | 15 | 4,4 | 2 | 1 | 230 | 1270 | 35 | 7 | | 89 |
| ommd | 4 | 39 | 52 | 94 | 1,81 | 39 | 8 | 4,9 | 2 | 2 | 210 | 590 | 29 | | | 29 |
| ommd | 5 | 40 | 30 | 106 | 3,53 | 27 | 3 | 9,0 | 2 | 0 | 210 | 1280 | 27 | 6 | 12,3 | 36 |
| ommd | 6 | 41 | 29 | 89 | 3,07 | 84 | 15 | 5,6 | 2 | 1 | 150 | 1190 | 47 | 6 | 7,8 | 71 |
| ommd | 7 | 42 | 25 | 98 | 3,92 | 105 | 21 | 5,0 | 2 | 1 | 160 | 1000 | 44 | 8 | 8,8 | |
| ommd | 1 | 43 | 38 | 120 | 3,16 | 100 | 21 | 4,8 | 0 | 0 | 190 | 1030 | 39 | 10 | 13,3 | |
| ommd | 2 | 44 | 53 | 163 | 3,08 | 70 | 15 | 4,7 | 1 | 0 | 211 | 1260 | 37 | 7 | 13,3 | 74 |
| ommd | 3 | 45 | 38 | 101 | 2,66 | 56 | 9 | 6,2 | 2 | 1 | 210 | 1120 | 37 | 7 | 7,5 | 66 |
| ommd | 4 | 46 | 35 | 102 | 2,91 | 39 | 7 | 5,6 | 2 | 1 | 170 | 670 | 21 | | 11,8 | 16 |
| ommd | 5 | 47 | 38 | 112 | 2,95 | 37 | 5 | 7,4 | 2 | 2 | 155 | 940 | 31 | 6 | 14,5 | 35 |
| ommd | 6 | 48 | 34 | 118 | 3,47 | 68 | 17 | 4,0 | 1 | 2 | 186 | 1370 | 30 | 7 | 19,3 | 62 |
| ommd | 7 | 49 | 35 | 97 | 2,77 | 72 | 16 | 4,5 | 2 | 1 | 220 | 830 | 37 | 9 | 7,1 | 65 |
| ommd | 1 | 50 | 41 | 116 | 2,83 | 70 | 9 | 7,8 | 1 | 0 | 190 | 1420 | 49 | 8 | 17,2 | |
| ommd | 2 | 51 | 33 | 114 | 3,45 | 17 | 3 | 5,7 | 0 | 0 | 190 | 840 | 34 | 6 | 11,6 | 30 |
| ommd | 3 | 52 | 34 | 139 | 4,09 | 76 | 16 | 4,8 | 2 | 1 | 180 | 1160 | 23 | 6 | 8,4 | |
| ommd | 4 | 53 | 33 | 118 | 3,58 | 36 | 7 | 5,1 | 2 | 1 | 220 | 790 | 32 | 6 | 11,7 | 48 |
| ommd | 5 | 54 | 30 | 104 | 3,47 | 16 | 5 | 3,2 | 2 | 1 | 160 | 530 | 22 | | 16 | 19 |
| ommd | 6 | 55 | 30 | 144 | 4,80 | 106 | 17 | 6,2 | 2 | 1 | 190 | 1160 | 37 | 7 | 21,8 | 88 |
| ommd | 7 | 56 | 33 | 124 | 3,76 | 70 | 19 | 3,7 | 2 | 1 | 150 | 910 | 30 | 7 | 8,4 | 33 |
| ommd | 1 | 57 | 31 | 86 | 2,77 | 61 | 15 | 4,1 | 0 | 0 | 204 | 1130 | 39 | 7 | 12 | 65 |
| ommd | 2 | 58 | 55 | 104 | 1,89 | 77 | 11 | 7,0 | 0 | 0 | 190 | 1310 | 32 | 6 | 10,2 | 52 |
| ommd | 3 | 59 | 26 | 104 | 4,00 | 55 | 12 | 4,6 | 1 | 0 | 150 | 1120 | 32 | 8 | 8,6 | 65 |
| ommd | 4 | 60 | 36 | 112 | 3,11 | 24 | 4 | 6,0 | 2 | 2 | 180 | 970 | 36 | | 13,2 | 34 |
| ommd | 5 | 61 | 44 | 125 | 2,84 | 64 | 12 | 5,3 | 1 | 1 | 130 | 880 | 31 | | 16,7 | 39 |
| ommd | 6 | 62 | 34 | 123 | 3,62 | 99 | 22 | 4,5 | 2 | 1 | 200 | 1130 | 42 | 6 | 12,1 | 69 |
| ommd | 7 | 63 | 36 | 94 | 2,61 | 93 | 15 | 6,2 | 2 | 1 | 160 | 1130 | 33 | 7 | 7,1 | 69 |
| ommd | 1 | 64 | 28 | 94 | 3,36 | 68 | 15 | 4,5 | 2 | 0 | 210 | 1100 | 39 | 8 | 10,3 | 48 |
| ommd | 2 | 65 | 38 | 88 | 2,32 | 99 | 24 | 4,1 | 0 | 0 | 180 | 1140 | 32 | 7 | 8,7 | 95 |
| ommd | 3 | 66 | 45 | 105 | 2,33 | 73 | 9 | 8,1 | 2 | 0 | 240 | 1320 | 47 | 7 | 3,2 | 52 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|-----|----|------|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| ommd | 4 | 67 | 35 | 87 | 2,49 | 33 | 3 | 11,0 | 2 | 2 | 130 | 980 | 28 | 6 | 9,3 | 40 |
| ommd | 5 | 68 | 34 | 107 | 3,15 | 62 | 9 | 6,9 | 2 | 1 | 140 | 670 | 21 | | 11,6 | 26 |
| ommd | 6 | 69 | 30 | 112 | 3,73 | 70 | 26 | 2,7 | 2 | 0 | 170 | 930 | 25 | 8 | 12,4 | 66 |
| ommd | 7 | 70 | 24 | 91 | 3,79 | 87 | 19 | 4,6 | 2 | 2 | 145 | 970 | 39 | 8 | 9,1 | 64 |
| ommd | 1 | 71 | 49 | 112 | 2,29 | 52 | 16 | 3,3 | 1 | 0 | 192 | 980 | 32 | 7 | 15,6 | 58 |
| ommd | 2 | 72 | 50 | 130 | 2,60 | 123 | 21 | 5,9 | 0 | 0 | 195 | 1100 | 44 | 4 | 12,2 | 85 |
| ommd | 3 | 73 | 35 | 115 | 3,29 | 69 | 13 | 5,3 | 1 | 1 | 200 | 980 | 37 | 7 | 8,4 | 65 |
| ommd | 4 | 74 | 37 | 114 | 3,08 | 53 | 10 | 5,3 | 2 | 1 | 140 | 860 | 24 | 5 | 14,1 | 42 |
| ommd | 5 | 75 | 61 | 181 | 2,97 | 68 | 13 | 5,2 | 1 | 2 | 152 | 830 | 37 | | 19,3 | 38 |
| ommd | 6 | 76 | 31 | 122 | 3,94 | 83 | 19 | 4,4 | 2 | 1 | 190 | 1300 | 35 | 7 | 9,3 | 74 |
| ommd | 7 | 77 | 34 | 101 | 2,97 | 134 | 21 | 6,4 | 2 | 1 | 159 | 1100 | 37 | 6 | 11,2 | 79 |
| ommd | 1 | 78 | 41 | 107 | 2,61 | 70 | 21 | 3,3 | 1 | 0 | 170 | 1060 | 37 | 7 | 12,4 | 54 |
| ommd | 2 | 79 | 44 | 132 | 3,00 | 82 | 19 | 4,3 | 1 | 0 | 130 | 1030 | 44 | 7 | 16 | 59 |
| ommd | 3 | 80 | 37 | 112 | 3,03 | 120 | 24 | 5,0 | 1 | 1 | 170 | 1370 | 42 | 8 | 10,8 | 89 |
| ommd | 4 | 81 | 44 | 125 | 2,84 | 60 | 16 | 3,8 | 2 | 2 | 160 | 550 | 34 | | 16,3 | 37 |
| ommd | 5 | 82 | 44 | 125 | 2,84 | 25 | 3 | 8,3 | 2 | 2 | 210 | 870 | 24 | | 12,1 | 24 |
| ommd | 6 | 83 | 35 | 125 | 3,57 | 57 | 38 | 1,5 | 2 | 1 | 150 | 810 | 28 | 6 | 14,3 | 46 |
| ommd | 7 | 84 | 30 | 97 | 3,23 | 116 | 17 | 6,8 | 2 | 1 | 170 | 1090 | 35 | 8 | 11,6 | 56 |
| ommd | 1 | 85 | 40 | 159 | 3,98 | 137 | 19 | 7,2 | 0 | 0 | 155 | 1350 | 47 | 5 | 15,1 | 83 |
| ommd | 2 | 86 | 38 | 133 | 3,50 | 107 | 24 | 4,5 | 0 | 0 | 210 | 1050 | 34 | 7 | 14,1 | 72 |
| ommd | 3 | 87 | 41 | 117 | 2,85 | 56 | 10 | 5,6 | 1 | 1 | 180 | 1280 | 39 | 7 | 12,4 | 67 |
| ommd | 4 | 88 | 49 | 132 | 2,69 | 71 | 28 | 2,5 | 2 | 2 | 160 | 680 | 29 | | 16,7 | 44 |
| ommd | 5 | 89 | 42 | 103 | 2,45 | 67 | 20 | 3,4 | 1 | 1 | 141 | 750 | 32 | | 18,3 | 47 |
| ommd | 6 | 90 | 26 | 120 | 4,62 | 119 | 28 | 4,3 | 2 | 1 | 213 | 810 | 28 | 7 | 20,5 | 71 |
| ommd | 7 | 91 | 30 | 131 | 4,37 | 92 | 24 | 3,8 | 2 | 1 | 141 | 780 | 30 | 7 | 13,5 | 51 |
| ommd | 1 | 92 | 43 | 89 | 2,07 | 93 | 12 | 7,8 | 0 | 0 | 160 | 990 | 52 | 6 | 19,2 | 49 |
| ommd | 2 | 93 | 53 | 110 | 2,08 | 72 | 19 | 3,8 | 0 | 0 | 180 | 870 | 32 | 7 | 11,8 | 56 |
| ommd | 3 | 94 | 37 | 84 | 2,27 | 101 | 18 | 5,6 | 2 | 1 | 170 | 1250 | 25 | 6 | 8,7 | 71 |
| ommd | 4 | 95 | 54 | 137 | 2,54 | 70 | 21 | 3,3 | 1 | 2 | 152 | 640 | 32 | | 15,1 | 41 |
| ommd | 5 | 96 | 47 | 105 | 2,23 | 36 | 12 | 3,0 | 2 | 2 | 138 | 770 | 22 | 3 | 18 | 31 |
| ommd | 6 | 97 | 28 | 119 | 4,25 | 117 | 25 | 4,7 | 2 | 1 | 170 | 1190 | 37 | 9 | 10,4 | 68 |
| ommd | 7 | 98 | 37 | 80 | 2,16 | 48 | 15 | 3,2 | 2 | 1 | 140 | 760 | 30 | 8 | 5,4 | 38 |
| ommd | 1 | 99 | 32 | 156 | 4,88 | 53 | 12 | 4,4 | 2 | 1 | 180 | 900 | 39 | 6 | 12,3 | 41 |
| ommd | 2 | 100 | 47 | 137 | 2,91 | 38 | 12 | 3,2 | 2 | 0 | 150 | 920 | 39 | 7 | 10,2 | 37 |
| ommd | 3 | 101 | 37 | 120 | 3,24 | 57 | 13 | 4,4 | 2 | 0 | 208 | 950 | 35 | 9 | 8,9 | 61 |
| ommd | 4 | 102 | 34 | 85 | 2,50 | 52 | 10 | 5,2 | 2 | 1 | 130 | 600 | 29 | | 8,7 | 19 |
| ommd | 5 | 103 | 44 | 121 | 2,75 | 74 | 13 | 5,7 | 2 | 1 | 130 | 700 | 32 | 3 | 13 | 47 |
| ommd | 6 | 104 | 46 | 160 | 3,48 | 35 | 27 | 1,3 | 2 | 0 | 163 | 700 | 28 | 7 | 18,3 | 47 |
| ommd | 7 | 105 | 29 | 94 | 3,24 | 80 | 17 | 4,7 | 2 | 1 | 170 | 1210 | 39 | 7 | 8,3 | 62 |
| ommd | 1 | 106 | 39 | 142 | 3,64 | 86 | 16 | 5,4 | 1 | 0 | 200 | 1210 | 37 | 5 | 14,1 | 62 |
| ommd | 2 | 107 | 46 | 146 | 3,17 | 50 | 8 | 6,3 | 2 | 2 | 190 | 1220 | 34 | 5 | 16 | 61 |
| ommd | 3 | 108 | 37 | 142 | 3,84 | 50 | 14 | 3,6 | 2 | 0 | 200 | 860 | 35 | 6 | 14,6 | 62 |
| ommd | 4 | 109 | 27 | 92 | 3,41 | 54 | 9 | 6,0 | 1 | 1 | 150 | 380 | 27 | | 8,2 | 22 |
| ommd | 5 | 110 | 33 | 119 | 3,61 | 56 | 12 | 4,7 | 2 | 2 | 140 | 950 | 29 | 4 | 17,8 | 47 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|-----|----|-----|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| ommd | 6 | 111 | 39 | 155 | 3,97 | 138 | 28 | 4,9 | 1 | 1 | 160 | 1080 | 44 | 5 | 13 | 78 |
| ommd | 7 | 112 | 27 | 89 | 3,30 | 43 | 12 | 3,6 | 2 | 0 | 140 | 810 | 28 | 6 | 6,7 | 24 |
| ommd | 1 | 113 | 40 | 125 | 3,13 | 45 | 9 | 5,0 | 1 | 0 | 180 | 1230 | 43 | 6 | 20 | 56 |
| ommd | 2 | 114 | 40 | 167 | 4,18 | 75 | 16 | 4,7 | 2 | 0 | 210 | 890 | 32 | 7 | 15,4 | 55 |
| ommd | 3 | 115 | 30 | 131 | 4,37 | 46 | 6 | 7,7 | 2 | 2 | 190 | 1130 | 35 | 6 | 9,1 | 51 |
| ommd | 4 | 116 | 37 | 113 | 3,05 | 81 | 11 | 7,4 | 2 | 2 | 200 | 900 | 31 | 5 | 16,9 | 50 |
| ommd | 5 | 117 | 35 | 117 | 3,34 | 56 | 7 | 8,0 | 2 | 1 | 156 | 1010 | 39 | 5 | 14,6 | 55 |
| ommd | 6 | 118 | 33 | 147 | 4,45 | 69 | 19 | 3,6 | 2 | 0 | 160 | 1230 | 40 | 5 | 19,4 | 61 |
| ommd | 7 | 119 | 37 | 119 | 3,22 | 98 | 19 | 5,2 | 2 | 2 | 160 | 740 | 44 | 9 | 18 | 61 |
| ommd | 1 | 120 | 42 | 151 | 3,60 | 83 | 13 | 6,4 | 1 | 0 | 190 | 1150 | 47 | 7 | 14,9 | 67 |
| ommd | 2 | 121 | 66 | 194 | 2,94 | 68 | 11 | 6,2 | 0 | 0 | 156 | 1030 | 34 | 6 | 21,6 | 56 |
| ommd | 3 | 122 | 35 | 148 | 4,23 | 85 | 14 | 6,1 | 1 | 0 | 264 | 1300 | 30 | 6 | 11 | 75 |
| ommd | 4 | 123 | 48 | 137 | 2,85 | 83 | 15 | 5,5 | 2 | 1 | 154 | 700 | 37 | | 13,4 | 39 |
| ommd | 5 | 124 | 26 | 123 | 4,73 | 65 | 20 | 3,3 | 2 | 1 | 170 | 610 | 27 | | 13,2 | 27 |
| ommd | 6 | 125 | 32 | 97 | 3,03 | 80 | 18 | 4,4 | 2 | 1 | 170 | 1100 | 35 | 7 | 9,8 | 61 |
| ommd | 7 | 126 | 23 | 86 | 3,74 | 122 | 27 | 4,5 | 2 | 1 | 140 | 970 | 30 | 8 | 9,9 | 60 |
| ommd | 1 | 127 | 38 | 137 | 3,61 | 103 | 16 | 6,4 | 2 | 1 | 180 | 1420 | 39 | 6 | 18,2 | 80 |
| ommd | 2 | 128 | 34 | 108 | 3,18 | 85 | 17 | 5,0 | 2 | 0 | 170 | 1110 | 35 | 9 | 6,7 | 62 |
| ommd | 3 | 129 | 27 | 114 | 4,22 | 81 | 17 | 4,8 | 2 | 0 | 185 | 1180 | 37 | 7 | 11 | 77 |
| ommd | 4 | 130 | 36 | 105 | 2,92 | 65 | 16 | 4,1 | 2 | 1 | 140 | 680 | 32 | 3 | 10,6 | 34 |
| ommd | 5 | 131 | 49 | 108 | 2,20 | 75 | 21 | 3,6 | 2 | 1 | 181 | 540 | 32 | | 17,4 | 40 |
| ommd | 6 | 132 | 40 | 188 | 4,70 | 107 | 21 | 5,1 | 0 | 0 | 193 | 1170 | 43 | 6 | 13,6 | 70 |
| ommd | 7 | 133 | 44 | 148 | 3,36 | 119 | 23 | 5,2 | 2 | 1 | 170 | 1350 | 42 | 8 | 17,6 | 85 |
| ommd | 1 | 134 | 35 | 127 | 3,63 | 74 | 11 | 6,7 | 0 | 0 | 180 | 1410 | 37 | 7 | 10,7 | 66 |
| ommd | 2 | 135 | 59 | 148 | 2,51 | 89 | 18 | 4,9 | 1 | 0 | 160 | 1030 | 33 | 6 | 15,3 | 65 |
| ommd | 3 | 136 | 35 | 129 | 3,69 | 77 | 17 | 4,5 | 1 | 1 | 164 | 1090 | 40 | 6 | 8,8 | 67 |
| ommd | 4 | 137 | 60 | 122 | 2,03 | 46 | 11 | 4,2 | 2 | 1 | 150 | 690 | 23 | 7 | 13 | 44 |
| ommd | 5 | 138 | 40 | 121 | 3,03 | 53 | 10 | 5,3 | 2 | 2 | 180 | 520 | 35 | | 15,7 | 22 |
| ommd | 6 | 139 | 27 | 81 | 3,00 | 80 | 23 | 3,5 | 2 | 1 | 154 | 980 | 36 | 5 | 7,2 | 51 |
| ommd | 7 | 140 | 27 | 85 | 3,15 | 72 | 31 | 2,3 | 2 | 1 | 150 | 700 | 23 | 8 | 7,1 | 45 |
| mmmd | 1 | 141 | 31 | 94 | 3,03 | 22 | 4 | 5,5 | 0 | 0 | 210 | 690 | 32 | 6 | 11,7 | 27 |
| mmmd | 2 | 142 | 37 | 114 | 3,08 | 44 | 11 | 4,0 | 1 | 0 | 170 | 1250 | 32 | 6 | 12,2 | 46 |
| mmmd | 3 | 143 | 24 | 80 | 3,33 | 108 | 18 | 6,0 | 2 | 1 | 180 | 1070 | 32 | 5 | 5,8 | 48 |
| mmmd | 4 | 144 | 34 | 101 | 2,97 | 57 | 12 | 4,8 | 2 | 2 | 200 | 1180 | 31 | | 17,2 | 63 |
| mmmd | 5 | 145 | 37 | 121 | 3,27 | 60 | 26 | 2,3 | 2 | 2 | 175 | 870 | 27 | 7 | 21,2 | 73 |
| mmmd | 6 | 146 | 25 | 98 | 3,92 | 88 | 9 | 9,8 | 2 | 0 | 212 | 1320 | 39 | 7 | 4,9 | 60 |
| mmmd | 7 | 147 | 34 | 85 | 2,50 | 148 | 38 | 3,9 | 0 | 0 | 144 | 800 | 44 | | 10,3 | 61 |
| mmmd | 1 | 148 | 40 | 106 | 2,65 | 84 | 15 | 5,6 | 0 | 0 | 160 | 1140 | 54 | 5 | 6,5 | 60 |
| mmmd | 2 | 149 | 47 | 100 | 2,13 | 108 | 20 | 5,4 | 2 | 1 | 130 | 830 | 34 | 7 | 9,3 | 60 |
| mmmd | 3 | 150 | 32 | 78 | 2,44 | 102 | 23 | 4,4 | 1 | 1 | 190 | 1080 | 44 | 7 | 9,2 | 69 |
| mmmd | 4 | 151 | 35 | 89 | 2,54 | 53 | 14 | 3,8 | 2 | 2 | 147 | 630 | 32 | | 13,1 | 32 |
| mmmd | 5 | 152 | 35 | 80 | 2,29 | 53 | 11 | 4,8 | 2 | 1 | 150 | 890 | 24 | | 9,9 | 32 |
| mmmd | 6 | 153 | 34 | 84 | 2,47 | 49 | 13 | 3,8 | 1 | 0 | 142 | 1280 | 37 | 8 | 7,7 | 50 |
| mmmd | 7 | 154 | 32 | 76 | 2,38 | 55 | 8 | 6,9 | 2 | 1 | 142 | 940 | 23 | 7 | 5,6 | 24 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|-----|----|------|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| mmmd | 1 | 155 | 32 | 91 | 2,84 | 69 | 14 | 4,9 | 1 | 0 | 177 | 1240 | 39 | 6 | 7,7 | 53 |
| mmmd | 2 | 156 | 45 | 96 | 2,13 | 64 | 15 | 4,3 | 0 | 0 | 164 | 1200 | 39 | 5 | 8,6 | 65 |
| mmmd | 3 | 157 | 46 | 106 | 2,30 | 14 | 2 | 7,0 | 2 | 1 | 190 | 1410 | 30 | 8 | 6,5 | 28 |
| mmmd | 4 | 158 | 48 | 123 | 2,56 | 46 | 9 | 5,1 | 2 | 2 | 190 | 750 | 25 | | 13,3 | 32 |
| mmmd | 5 | 159 | 32 | 88 | 2,75 | 23 | 9 | 2,6 | 2 | 1 | 130 | 460 | 16 | | 6,2 | 13 |
| mmmd | 6 | 160 | 27 | 118 | 4,37 | 33 | 4 | 8,3 | 2 | 0 | 210 | 1050 | 23 | 4 | 12,6 | 43 |
| mmmd | 7 | 161 | 24 | 79 | 3,29 | 61 | 22 | 2,8 | 2 | 1 | 135 | 660 | 39 | 8 | 4,7 | 36 |
| mmmd | 1 | 162 | 37 | 95 | 2,57 | 54 | 8 | 6,8 | 0 | 0 | 200 | 1160 | 34 | 6 | 9,3 | 41 |
| mmmd | 2 | 163 | 36 | 89 | 2,47 | 52 | 18 | 2,9 | 0 | 0 | 160 | 1030 | 37 | 7 | 8,4 | 46 |
| mmmd | 3 | 164 | 28 | 89 | 3,18 | 45 | 5 | 9,0 | 2 | 1 | 230 | 1400 | 35 | 7 | 4,3 | 38 |
| mmmd | 4 | 165 | 41 | 92 | 2,24 | 65 | 12 | 5,4 | 1 | 1 | 160 | 1040 | 36 | 7 | 8,5 | 46 |
| mmmd | 5 | 166 | 46 | 93 | 2,02 | 31 | 9 | 3,4 | 2 | 2 | 220 | 480 | 26 | | 9,9 | 21 |
| mmmd | 6 | 167 | 39 | 125 | 3,21 | 64 | 11 | 5,8 | 2 | 1 | 190 | 1170 | 35 | 8 | 13,2 | 64 |
| mmmd | 7 | 168 | 27 | 80 | 2,96 | 58 | 9 | 6,4 | 2 | 2 | 160 | 1130 | 32 | 8 | 5,3 | 48 |
| mmmd | 1 | 169 | 44 | 89 | 2,02 | 41 | 8 | 5,1 | 0 | 0 | 210 | 1060 | 34 | 7 | 9,1 | 37 |
| mmmd | 2 | 170 | 27 | 87 | 3,22 | 57 | 11 | 5,2 | 0 | 0 | 230 | 1040 | 34 | 9 | 6,9 | 50 |
| mmmd | 3 | 171 | 32 | 99 | 3,09 | 39 | 12 | 3,3 | 2 | 1 | 206 | 1180 | 28 | 7 | 10,4 | 50 |
| mmmd | 4 | 172 | 45 | 114 | 2,53 | 7 | 2 | 3,5 | 2 | 1 | 140 | 200 | 21 | | 9,5 | 8 |
| mmmd | 5 | 173 | 43 | 86 | 2,00 | 27 | 5 | 5,4 | 1 | 2 | 160 | 650 | 31 | 6 | 8,9 | 14 |
| mmmd | 6 | 174 | 39 | 115 | 2,95 | 52 | 15 | 3,5 | 2 | 1 | 160 | 1020 | 43 | 6 | 10,9 | 38 |
| mmmd | 7 | 175 | 30 | 84 | 2,80 | 58 | 14 | 4,1 | 2 | 1 | 160 | 850 | 37 | 7 | 5,6 | 28 |
| mmmd | 1 | 176 | 51 | 120 | 2,35 | 56 | 10 | 5,6 | 0 | 0 | 170 | 1300 | 37 | 6 | 8,6 | 49 |
| mmmd | 2 | 177 | 57 | 149 | 2,61 | 47 | 9 | 5,2 | 1 | 0 | 180 | 1410 | 44 | 8 | 14,3 | 58 |
| mmmd | 3 | 178 | 42 | 107 | 2,55 | 50 | 9 | 5,6 | 0 | 1 | 220 | 1290 | 37 | 8 | 7 | 60 |
| mmmd | 4 | 179 | 50 | 139 | 2,78 | 49 | 9 | 5,4 | 2 | 2 | 141 | 890 | 27 | | 14,9 | 39 |
| mmmd | 5 | 180 | 37 | 86 | 2,32 | 40 | 14 | 2,9 | 0 | 0 | 132 | 510 | 36 | | 8,6 | 23 |
| mmmd | 6 | 181 | 34 | 110 | 3,24 | 153 | 13 | 11,8 | 2 | 1 | 161 | 800 | 44 | 5 | 11,7 | 75 |
| mmmd | 7 | 182 | 32 | 93 | 2,91 | 31 | 8 | 3,9 | 2 | 2 | 170 | 780 | 23 | 9 | 4,2 | 24 |
| mmmd | 1 | 183 | 41 | 131 | 3,20 | 74 | 13 | 5,7 | 1 | 0 | 210 | 1090 | 34 | 9 | 10,6 | 56 |
| mmmd | 2 | 184 | 36 | 119 | 3,31 | 69 | 13 | 5,3 | 1 | 0 | 250 | 950 | 34 | 7 | 9 | 19 |
| mmmd | 3 | 185 | 33 | 112 | 3,39 | 118 | 17 | 6,9 | 0 | 0 | 180 | 400 | 39 | 7 | 12,4 | 83 |
| mmmd | 4 | 186 | 50 | 124 | 2,48 | 60 | 16 | 3,8 | 0 | 2 | 155 | 690 | 24 | | 7,9 | 29 |
| mmmd | 5 | 187 | 39 | 103 | 2,64 | 57 | 23 | 2,5 | 1 | 0 | 150 | 750 | 21 | | 12,8 | 43 |
| mmmd | 6 | 188 | 32 | 149 | 4,66 | 119 | 24 | 5,0 | 2 | 1 | 180 | 1120 | 42 | 7 | 18,7 | 80 |
| mmmd | 7 | 189 | 36 | 93 | 2,58 | 61 | 14 | 4,4 | 2 | 2 | 140 | 1000 | 36 | 7 | 7,7 | 43 |
| mmmd | 1 | 190 | 54 | 113 | 2,09 | 65 | 11 | 5,9 | 0 | 0 | 140 | 1220 | 44 | 7 | 8,5 | 40 |
| mmmd | 2 | 191 | 53 | 134 | 2,53 | | | | 1 | 0 | 140 | | | | 10,3 | 18 |
| mmmd | 3 | 192 | 37 | 94 | 2,54 | 28 | 7 | 4,0 | 0 | 1 | 160 | 1090 | 35 | 6 | 5,1 | 33 |
| mmmd | 4 | 193 | 37 | 83 | 2,24 | 16 | 4 | 4,0 | 1 | 2 | 132 | 590 | 32 | 7 | 5,8 | 18 |
| mmmd | 5 | 194 | 46 | 105 | 2,28 | 34 | 15 | 2,3 | 2 | 2 | 136 | 750 | 17 | | 12,4 | 31 |
| mmmd | 6 | 195 | 40 | 118 | 2,95 | 58 | 17 | 3,4 | 1 | 1 | 140 | 900 | 44 | 7 | 15,4 | 42 |
| mmmd | 7 | 196 | 37 | 100 | 2,70 | 58 | 17 | 3,4 | 2 | 1 | 152 | 980 | 39 | 7 | 11,7 | 39 |
| mmmd | 1 | 197 | 44 | 132 | 3,00 | 55 | 15 | 3,7 | 0 | 0 | 159 | 910 | 42 | 9 | 13,8 | 39 |
| mmmd | 2 | 198 | 33 | 132 | 4,00 | 45 | 17 | 2,6 | 1 | 0 | 150 | 660 | 29 | | 11,4 | 36 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|-----|----|------|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| mmmd | 3 | 199 | 31 | 139 | 4,48 | 45 | 12 | 3,8 | 2 | 1 | 150 | 1020 | 32 | 7 | 11,6 | 41 |
| mmmd | 4 | 200 | 41 | 113 | 2,76 | 20 | 7 | 2,9 | 2 | 2 | 172 | 680 | 37 | 7 | 9,1 | 22 |
| mmmd | 5 | 201 | 45 | 134 | 2,98 | 24 | 7 | 3,4 | 2 | 1 | 142 | 1060 | 36 | 7 | 14,7 | 34 |
| mmmd | 6 | 202 | 38 | 129 | 3,39 | 30 | 8 | 3,8 | 2 | 1 | 170 | 1180 | 28 | 6 | 11,2 | 31 |
| mmmd | 7 | 203 | 59 | 105 | 1,78 | 32 | 5 | 6,4 | 2 | 2 | 150 | 1240 | 30 | 7 | 3,8 | 27 |
| mmmd | 1 | 204 | 40 | 114 | 2,85 | 24 | 4 | 6,0 | 0 | 0 | 150 | 980 | 25 | 5 | 8,9 | 25 |
| mmmd | 2 | 205 | 27 | 123 | 4,56 | 65 | 15 | 4,3 | 1 | 0 | 170 | 1300 | 42 | 7 | 10,6 | 47 |
| mmmd | 3 | 206 | 37 | 110 | 2,97 | 44 | 8 | 5,5 | 1 | 1 | 200 | 1220 | 32 | 5 | 13,1 | 64 |
| mmmd | 4 | 207 | 49 | 123 | 2,51 | 25 | 5 | 5,0 | 2 | 2 | 180 | 640 | 35 | 6 | 14,2 | 28 |
| mmmd | 5 | 208 | 39 | 102 | 2,62 | 23 | 6 | 3,8 | 2 | 0 | 150 | 500 | 27 | | 7,1 | 11 |
| mmmd | 6 | 209 | 31 | 102 | 3,29 | 120 | 32 | 3,8 | 2 | 1 | 156 | 960 | 34 | 6 | 9,7 | 63 |
| mmmd | 7 | 210 | 54 | 104 | 1,93 | 54 | 12 | 4,5 | 2 | 2 | 145 | 860 | 23 | 6 | 8,7 | 37 |
| mmmd | 1 | 211 | 56 | 109 | 1,95 | 120 | 12 | 10,0 | 0 | 0 | 170 | 1170 | 34 | 7 | 7,8 | 55 |
| mmmd | 2 | 212 | 39 | 122 | 3,13 | 46 | 6 | 7,7 | 1 | 0 | 220 | 1290 | 34 | 6 | 11,2 | 44 |
| mmmd | 3 | 213 | 16 | 107 | 6,69 | 83 | 13 | 6,4 | 0 | 0 | 230 | 1220 | 42 | 7 | 7,7 | 69 |
| mmmd | 4 | 214 | 38 | 111 | 2,92 | 60 | 13 | 4,6 | 2 | 2 | 170 | 1050 | 30 | | 10,8 | 43 |
| mmmd | 5 | 215 | 30 | 90 | 3,00 | 18 | 6 | 3,0 | 0 | 1 | 150 | 530 | 21 | | 13,4 | 19 |
| mmmd | 6 | 216 | 35 | 85 | 2,43 | 32 | 8 | 4,0 | 2 | 1 | 180 | 1070 | 34 | 8 | 7,2 | 22 |
| mmmd | 7 | 217 | 42 | 109 | 2,60 | 64 | 13 | 4,9 | 2 | 0 | 170 | 1000 | 32 | 6 | 5,4 | 42 |
| mmmd | 1 | 218 | 36 | 101 | 2,81 | 17 | 5 | 3,4 | 2 | 0 | 180 | 1110 | 32 | 7 | 9,1 | 32 |
| mmmd | 2 | 219 | 45 | 111 | 2,47 | 79 | 13 | 6,1 | 0 | 0 | 190 | 1100 | 34 | 7 | 12 | 59 |
| mmmd | 3 | 220 | 42 | 78 | 1,86 | 61 | 11 | 5,5 | 2 | 1 | 130 | 1550 | 39 | 7 | 3,9 | 52 |
| mmmd | 4 | 221 | 38 | 109 | 2,87 | 39 | 8 | 4,9 | 2 | 1 | 152 | 850 | 25 | | 9,7 | 29 |
| mmmd | 5 | 222 | 35 | 97 | 2,77 | 56 | 14 | 4,0 | 2 | 1 | 180 | 550 | 27 | | 10,1 | 31 |
| mmmd | 6 | 223 | 39 | 134 | 3,44 | 81 | 16 | 5,1 | 2 | 0 | 180 | 1190 | 44 | 8 | 11,6 | 63 |
| mmmd | 7 | 224 | 37 | 142 | 3,84 | 57 | 21 | 2,7 | 2 | 2 | 175 | 910 | 44 | 5 | 9,9 | 39 |
| mmmd | 1 | 225 | 68 | 153 | 2,25 | 70 | 12 | 5,8 | 1 | 0 | 180 | 1170 | 34 | 7 | 10,1 | 60 |
| mmmd | 2 | 226 | 51 | 133 | 2,61 | 32 | 9 | 3,6 | 1 | 0 | 210 | 990 | 39 | 5 | 11,7 | 37 |
| mmmd | 3 | 227 | 43 | 100 | 2,33 | 56 | 19 | 2,9 | 1 | 1 | 210 | 1180 | 30 | 7 | 9,9 | 52 |
| mmmd | 4 | 228 | 52 | 104 | 2,00 | 46 | 10 | 4,6 | 2 | 2 | 200 | 730 | 25 | | 13,4 | 26 |
| mmmd | 5 | 229 | 29 | 116 | 4,00 | 48 | 14 | 3,4 | 2 | 2 | 150 | 480 | 34 | 6 | 11,2 | 25 |
| mmmd | 6 | 230 | 43 | 118 | 2,74 | 118 | 13 | 9,1 | 2 | 0 | 193 | 1380 | 43 | 7 | 13,5 | 65 |
| mmmd | 7 | 231 | 35 | 118 | 3,37 | 115 | 25 | 4,6 | 1 | 1 | 190 | 890 | 39 | 7 | 10,4 | 52 |
| mmmd | 1 | 232 | 47 | 128 | 2,72 | 69 | 11 | 6,3 | 1 | 0 | 180 | 1350 | 39 | 6 | 8,1 | 55 |
| mmmd | 2 | 233 | 44 | 133 | 3,02 | 64 | 15 | 4,3 | 1 | 0 | 175 | 1080 | 32 | 7 | 15,9 | 61 |
| mmmd | 3 | 234 | 42 | 104 | 2,48 | 50 | 14 | 3,6 | 2 | 1 | 160 | 1170 | 35 | 6 | 9,9 | 51 |
| mmmd | 4 | 235 | 48 | 165 | 3,44 | 45 | 7 | 6,4 | 2 | 1 | 170 | 1040 | 23 | 5 | 13,3 | 32 |
| mmmd | 5 | 236 | 45 | 113 | 2,51 | 60 | 15 | 4,0 | 2 | 2 | 150 | 670 | 23 | 3 | 15,3 | 33 |
| mmmd | 6 | 237 | 38 | 137 | 3,61 | 74 | 19 | 3,9 | 2 | 1 | 164 | 1190 | 32 | 8 | 12,6 | 54 |
| mmmd | 7 | 238 | 37 | 97 | 2,62 | 125 | 26 | 4,8 | 2 | 1 | 160 | 1210 | 32 | 7 | 10,1 | 61 |
| mmmd | 1 | 239 | 45 | 140 | 3,11 | 36 | 5 | 7,2 | 1 | 0 | 210 | 1260 | 42 | 8 | 12,4 | 43 |
| mmmd | 2 | 240 | 38 | 128 | 3,37 | 92 | 25 | 3,7 | 2 | 0 | 210 | 1020 | 42 | 7 | 14,5 | 60 |
| mmmd | 3 | 241 | 41 | 110 | 2,68 | 82 | 21 | 3,9 | 1 | 0 | 160 | 1430 | 44 | 8 | 14,1 | 73 |
| mmmd | 4 | 242 | 43 | 109 | 2,53 | 22 | 5 | 4,4 | 1 | 2 | 190 | 530 | 25 | | 10,3 | 17 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|-----|----|------|---|---|-----|------|----|----|------|----|
| mmmd | 5 | 243 | 46 | 121 | 2,63 | 31 | 7 | 4,4 | 0 | 0 | 180 | 810 | 23 | 5 | 13,1 | 38 |
| mmmd | 6 | 244 | 45 | 159 | 3,53 | 80 | 21 | 3,8 | 1 | 0 | 170 | 1010 | 40 | 11 | 14,1 | 44 |
| mmmd | 7 | 245 | 37 | 79 | 2,14 | 33 | 12 | 2,8 | 2 | 1 | 130 | 810 | 25 | 6 | 7,1 | 20 |
| mmmd | 1 | 246 | 32 | 122 | 3,81 | 45 | 14 | 3,2 | 1 | 0 | 220 | 1160 | 39 | 7 | 15 | 44 |
| mmmd | 2 | 247 | 26 | 114 | 4,38 | 93 | 20 | 4,7 | 2 | 0 | 200 | 1160 | 47 | 6 | 11,7 | 56 |
| mmmd | 3 | 248 | 33 | 95 | 2,88 | 62 | 15 | 4,1 | 0 | 0 | 170 | 1270 | 30 | 7 | 5,5 | 58 |
| mmmd | 4 | 249 | 38 | 97 | 2,55 | 15 | 4 | 3,8 | 2 | 2 | 240 | 600 | 22 | | 10,1 | 21 |
| mmmd | 5 | 250 | 36 | 116 | 3,22 | | | | 2 | 2 | 117 | | 24 | | 13,3 | |
| mmmd | 6 | 251 | 36 | 147 | 4,08 | 89 | 17 | 5,2 | 2 | 1 | 230 | 1220 | 35 | 7 | 17,3 | 66 |
| mmmd | 7 | 252 | 21 | 116 | 5,52 | 73 | 19 | 3,8 | 2 | 1 | 220 | 700 | 28 | 5 | 10,1 | 30 |
| mmmd | 1 | 253 | 48 | 110 | 2,29 | 89 | 19 | 4,7 | 0 | 0 | 170 | 1160 | 30 | 7 | 7,6 | 51 |
| mmmd | 2 | 254 | 47 | 130 | 2,77 | 92 | 13 | 7,1 | 0 | 0 | 210 | 1240 | 44 | 7 | 12,8 | 62 |
| mmmd | 3 | 255 | 37 | 105 | 2,84 | 62 | 14 | 4,4 | 1 | 0 | 171 | 1280 | 28 | 6 | 6,5 | 66 |
| mmmd | 4 | 256 | 34 | 109 | 3,21 | 28 | 8 | 3,5 | 2 | 2 | 190 | 690 | 17 | | 14,4 | 18 |
| mmmd | 5 | 257 | 33 | 76 | 2,30 | 21 | 8 | 2,6 | 2 | 2 | 160 | 310 | 20 | | 8,8 | 9 |
| mmmd | 6 | 258 | 31 | 122 | 3,94 | 88 | 16 | 5,5 | 2 | 1 | 200 | 1330 | 35 | 7 | 9,3 | 59 |
| mmmd | 7 | 259 | 19 | 81 | 4,26 | 75 | 25 | 3,0 | 2 | 0 | 180 | 1040 | 28 | 6 | 7,1 | 46 |
| mmmd | 1 | 260 | 40 | 108 | 2,70 | 53 | 5 | 10,6 | 0 | 0 | 210 | 1410 | 40 | 5 | 6 | 36 |
| mmmd | 2 | 261 | 34 | 105 | 3,09 | 99 | 20 | 5,0 | 0 | 0 | 190 | 1040 | 32 | 6 | 12,6 | 59 |
| mmmd | 3 | 262 | 31 | 107 | 3,45 | 41 | 11 | 3,7 | 2 | 1 | 220 | 1240 | 32 | 8 | 12 | 51 |
| mmmd | 4 | 263 | 36 | 99 | 2,75 | 34 | 6 | 5,7 | 2 | 2 | 168 | 1060 | 24 | | 14,6 | 34 |
| mmmd | 5 | 264 | 41 | 115 | 2,80 | 47 | 13 | 3,6 | 2 | 2 | 180 | 770 | 28 | | 16 | 29 |
| mmmd | 6 | 265 | 47 | 182 | 3,87 | 68 | 8 | 8,5 | 1 | 0 | 180 | 1300 | 44 | 9 | 16,4 | 47 |
| mmmd | 7 | 266 | 33 | 101 | 3,06 | 105 | 19 | 5,5 | 2 | 2 | 160 | 870 | 33 | 7 | 10,4 | 39 |
| mmmd | 1 | 267 | 35 | 139 | 3,97 | 32 | 6 | 5,3 | 1 | 0 | 190 | 1150 | 30 | 7 | 14,1 | 39 |
| mmmd | 2 | 268 | 43 | 126 | 2,93 | 49 | 9 | 5,4 | 2 | 0 | 210 | 1340 | 32 | 4 | 14,7 | 44 |
| mmmd | 3 | 269 | 51 | 133 | 2,61 | 49 | 5 | 9,8 | 1 | 0 | 190 | 1400 | 44 | 7 | 8 | 44 |
| mmmd | 4 | 270 | 32 | 103 | 3,22 | 30 | 4 | 7,5 | 2 | 2 | 160 | 870 | 32 | 6 | 12 | 15 |
| mmmd | 5 | 271 | 59 | 138 | 2,34 | 34 | 6 | 5,7 | 2 | 1 | 160 | 560 | 27 | 6 | 13,2 | 21 |
| mmmd | 6 | 272 | 45 | 112 | 2,49 | 62 | 15 | 4,1 | 2 | 0 | 200 | 1150 | 42 | 7 | 10,8 | 51 |
| mmmd | 7 | 273 | 37 | 163 | 4,41 | 114 | 27 | 4,2 | 2 | 2 | 190 | 1170 | 37 | 8 | 13,7 | 53 |
| mmmd | 1 | 274 | 43 | 126 | 2,93 | 33 | 7 | 4,7 | 2 | 0 | 250 | 690 | 34 | 9 | 10,5 | 22 |
| mmmd | 2 | 275 | 64 | 144 | 2,25 | 64 | 9 | 7,1 | 1 | 0 | 160 | 1180 | 39 | 6 | 13,4 | 44 |
| mmmd | 3 | 276 | 37 | 105 | 2,84 | 72 | 15 | 4,8 | 2 | 0 | 180 | 1410 | 37 | 8 | 7,6 | 64 |
| mmmd | 4 | 277 | 46 | 108 | 2,35 | 39 | 10 | 3,9 | 2 | 1 | 190 | 780 | 32 | | 11,9 | 31 |
| mmmd | 5 | 278 | 45 | 149 | 3,31 | 47 | 16 | 2,9 | 2 | 1 | 170 | 780 | 27 | 6 | 21,9 | 45 |
| mmmd | 6 | 279 | 37 | 105 | 2,84 | 53 | 12 | 4,4 | 2 | 0 | 210 | 1230 | 28 | 7 | 11,8 | 37 |
| mmmd | 7 | 280 | 49 | 110 | 2,24 | 91 | 15 | 6,1 | 0 | 0 | 200 | 1220 | 32 | 6 | 9,6 | 53 |
| mmmd | 1 | 281 | 41 | 145 | 3,54 | 89 | 12 | 7,4 | 0 | 0 | 180 | 1420 | 42 | 6 | 14,9 | 65 |
| mmmd | 2 | 282 | 37 | 107 | 2,89 | 27 | 7 | 3,9 | 2 | 0 | 180 | 1080 | 27 | 8 | 7,2 | 24 |
| mmmd | 3 | 283 | 42 | 106 | 2,52 | 75 | 9 | 8,3 | 1 | 1 | 250 | 1360 | 30 | 7 | 6,1 | 43 |
| mmmd | 4 | 284 | 43 | 89 | 2,07 | 24 | 9 | 2,7 | 2 | 0 | 160 | 620 | 26 | | 11,3 | 17 |
| mmmd | 5 | 285 | 41 | 150 | 3,66 | 12 | 2 | 6,0 | 2 | 1 | 240 | 750 | 24 | | 17,3 | 32 |
| mmmd | 6 | 286 | 25 | 93 | 3,72 | 67 | 11 | 6,1 | 2 | 1 | 180 | 1470 | 37 | 7 | 15,6 | 58 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|-----|----|------|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| mmd | 7 | 287 | 27 | 94 | 3,48 | 42 | 13 | 3,2 | 2 | 1 | 200 | 810 | 25 | 7 | 8 | 19 |
| ommd | 1 | 288 | 42 | 140 | 3,33 | 78 | 8 | 9,8 | 0 | 0 | 190 | 1460 | 37 | 7 | 13 | 55 |
| ommd | 2 | 289 | 28 | 95 | 3,39 | 78 | 13 | 6,0 | 1 | 1 | 230 | 990 | 37 | 7 | 10,9 | 45 |
| ommd | 3 | 290 | 37 | 93 | 2,51 | 83 | 21 | 4,0 | 1 | 0 | 186 | 1480 | 35 | 7 | 13,1 | 72 |
| ommd | 4 | 291 | 41 | 80 | 1,95 | | | | 1 | 1 | 160 | 430 | 0 | | 9,6 | 17 |
| ommd | 5 | 292 | 58 | 86 | 1,48 | 42 | 6 | 7,0 | 2 | 1 | 190 | 830 | 30 | | 14,5 | 27 |
| ommd | 6 | 293 | 45 | 84 | 1,87 | 72 | 15 | 4,8 | 0 | 1 | 180 | 1120 | 43 | 7 | 9,9 | 51 |
| ommd | 7 | 294 | 32 | 73 | 2,28 | 115 | 19 | 6,1 | 0 | 1 | 190 | 970 | 32 | 7 | 11,9 | 53 |
| mmod | 1 | 295 | 30 | 47 | 1,57 | 21 | 6 | 3,5 | 2 | 1 | 158 | 980 | 32 | 5 | 6,1 | 30 |
| mmod | 2 | 296 | 31 | 67 | 2,16 | 29 | 5 | 5,8 | 1 | 0 | 160 | 760 | 27 | 9 | 7 | 25 |
| mmod | 3 | 297 | 28 | 77 | 2,75 | 15 | 3 | 5,0 | 1 | 1 | 162 | 1010 | 18 | 5 | 6,5 | 21 |
| mmod | 4 | 298 | 36 | 74 | 2,06 | 15 | 6 | 2,5 | 2 | 2 | 155 | 990 | 15 | 7 | 12,7 | 27 |
| mmod | 5 | 299 | 47 | 76 | 1,62 | 27 | 8 | 3,4 | 2 | 2 | 150 | 840 | 20 | 7 | 12,3 | 29 |
| mmod | 6 | 300 | 29 | 56 | 1,93 | 39 | 8 | 4,9 | 2 | 1 | 170 | 1230 | 30 | 7 | 9,7 | 36 |
| mmod | 7 | 301 | 25 | 51 | 2,04 | 46 | 10 | 4,6 | 2 | 1 | 170 | 1100 | 32 | 4 | 6,9 | 40 |
| mmod | 1 | 302 | 37 | 72 | 1,95 | 14 | 3 | 4,7 | 0 | 0 | 150 | 800 | 27 | 8 | 4,3 | 14 |
| mmod | 2 | 303 | 33 | 80 | 2,42 | 61 | 17 | 3,6 | 0 | 0 | 180 | 850 | 32 | 7 | 7,4 | 42 |
| mmod | 3 | 304 | 37 | 65 | 1,76 | 47 | 8 | 5,9 | 2 | 1 | 170 | 1110 | 23 | 6 | 10,3 | 37 |
| mmod | 4 | 305 | 42 | 58 | 1,38 | 27 | 9 | 3,0 | 2 | 1 | 170 | 720 | 15 | 6 | 10,5 | 29 |
| mmod | 5 | 306 | 41 | 60 | 1,46 | 24 | 5 | 4,8 | 2 | 2 | 140 | 490 | 22 | | 9,2 | 20 |
| mmod | 6 | 307 | 24 | 61 | 2,54 | 31 | 7 | 4,4 | 0 | 0 | 154 | 1070 | 35 | 7 | 6,5 | 28 |
| mmod | 7 | 308 | 26 | 63 | 2,42 | 33 | 10 | 3,3 | 2 | 1 | 150 | 770 | 32 | 6 | 6,1 | 23 |
| mmod | 1 | 309 | 50 | 107 | 2,14 | 29 | 5 | 5,8 | 0 | 0 | 180 | 1170 | 29 | 6 | 10,5 | 25 |
| mmod | 2 | 310 | 31 | 94 | 3,03 | 13 | 5 | 2,6 | 0 | 0 | 190 | 780 | 22 | 6 | 5,3 | 22 |
| mmod | 3 | 311 | 32 | 88 | 2,75 | 21 | 4 | 5,3 | 2 | 1 | 180 | 960 | 28 | 6 | 10 | 26 |
| mmod | 4 | 312 | 37 | 58 | 1,57 | 26 | 10 | 2,6 | 2 | 2 | 170 | 810 | 16 | | 10,3 | 28 |
| mmod | 5 | 313 | 36 | 72 | 2,00 | 26 | 11 | 2,4 | 1 | 1 | 100 | 460 | 21 | | 8,5 | 23 |
| mmod | 6 | 314 | 35 | 67 | 1,91 | 37 | 17 | 2,2 | 1 | 1 | 144 | 1070 | 37 | 6 | 5,7 | 28 |
| mmod | 7 | 315 | 36 | 83 | 2,31 | | | | 2 | 1 | 150 | 1100 | 29 | 7 | 8,5 | 50 |
| mmod | 1 | 316 | 44 | 98 | 2,23 | 27 | 7 | 3,9 | 2 | 0 | 180 | 960 | 39 | 6 | 10,8 | 30 |
| mmod | 2 | 317 | 34 | 72 | 2,12 | 26 | 6 | 4,3 | 1 | 0 | 240 | 980 | 18 | 6 | 7,3 | 36 |
| mmod | 3 | 318 | 37 | 79 | 2,14 | 27 | 4 | 6,8 | 2 | 0 | 170 | 1220 | 23 | 4 | 7,1 | 28 |
| mmod | 4 | 319 | 33 | 66 | 2,00 | 48 | 14 | 3,4 | 2 | 1 | 130 | 560 | 25 | | 6 | 26 |
| mmod | 5 | 320 | 30 | 68 | 2,27 | 18 | 10 | 1,8 | 2 | 1 | 150 | 490 | 20 | 5 | 9,1 | 24 |
| mmod | 6 | 321 | 42 | 87 | 2,07 | 58 | 12 | 4,8 | 2 | 1 | 150 | 1160 | 33 | 8 | 5,3 | 31 |
| mmod | 7 | 322 | 18 | 38 | 2,11 | 27 | 12 | 2,3 | 2 | 1 | 100 | 470 | 20 | 8 | 1,4 | 11 |
| mmod | 1 | 323 | 39 | 115 | 2,95 | 38 | 6 | 6,3 | 1 | 0 | 220 | 1110 | 27 | 6 | 8,7 | 35 |
| mmod | 2 | 324 | 26 | 103 | 3,96 | 58 | 15 | 3,9 | 2 | 0 | 170 | 770 | 27 | 9 | 8,2 | 32 |
| mmod | 3 | 325 | 31 | 122 | 3,94 | 32 | 12 | 2,7 | 2 | 0 | 190 | 1050 | 15 | 7 | 6,5 | 35 |
| mmod | 4 | 326 | 46 | 123 | 2,67 | 32 | 6 | 5,3 | 2 | 2 | 169 | 690 | 29 | | 8,8 | 26 |
| mmod | 5 | 327 | 33 | 123 | 3,73 | 18 | 6 | 3,0 | 2 | 1 | 150 | 720 | 28 | 6 | 8,6 | 25 |
| mmod | 6 | 328 | 34 | 106 | 3,12 | 59 | 5 | 11,8 | 1 | 1 | 150 | 860 | 23 | 7 | 3,5 | 21 |
| mmod | 7 | 329 | 30 | 66 | 2,20 | 26 | 8 | 3,3 | 2 | 1 | 170 | 750 | 25 | 8 | 2,1 | 20 |
| mmod | 1 | 330 | 49 | 115 | 2,35 | 39 | 11 | 3,5 | 2 | 1 | 160 | 890 | 32 | 7 | 9,4 | 39 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|----|----|-----|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| mmod | 2 | 331 | 35 | 94 | 2,69 | 44 | 11 | 4,0 | 0 | 0 | 190 | 850 | 34 | 7 | 5 | 35 |
| mmod | 3 | 332 | 31 | 92 | 2,97 | 23 | 5 | 4,6 | 1 | 1 | 180 | 1070 | 20 | 5 | 7,9 | 29 |
| mmod | 4 | 333 | 42 | 89 | 2,12 | 20 | 7 | 2,9 | 2 | 1 | 140 | 500 | 27 | | 5,8 | 14 |
| mmod | 5 | 334 | 25 | 110 | 4,40 | 28 | 14 | 2,0 | 2 | 1 | 130 | 760 | 28 | 5 | 8,6 | 25 |
| mmod | 6 | 335 | 28 | 85 | 3,04 | 14 | 4 | 3,5 | 1 | 1 | 160 | 900 | 25 | 7 | 5,6 | 15 |
| mmod | 7 | 336 | 39 | 81 | 2,08 | 38 | 9 | 4,2 | 2 | 2 | 150 | 860 | 32 | 5 | 7 | 28 |
| mmod | 1 | 337 | 41 | 103 | 2,51 | 51 | 9 | 5,7 | 0 | 0 | 180 | 1040 | 25 | 6 | 4,7 | 28 |
| mmod | 2 | 338 | 50 | 108 | 2,16 | 40 | 11 | 3,6 | 1 | 0 | 180 | 980 | 27 | 7 | 6,4 | 35 |
| mmod | 3 | 339 | 26 | 72 | 2,77 | 22 | 7 | 3,1 | 2 | 1 | 130 | 710 | 25 | 6 | 2,4 | 12 |
| mmod | 4 | 340 | 44 | 116 | 2,64 | | | | 2 | 2 | 150 | | | | 13,5 | 16 |
| mmod | 5 | 341 | 37 | 115 | 3,11 | 51 | 15 | 3,4 | 0 | 0 | 170 | 640 | 20 | 7 | 9,4 | 29 |
| mmod | 6 | 342 | 40 | 147 | 3,68 | 41 | 12 | 3,4 | 2 | 0 | 210 | 1060 | 28 | 8 | 8,2 | 35 |
| mmod | 7 | 343 | 34 | 99 | 2,91 | 37 | 10 | 3,7 | 2 | 1 | 120 | 870 | 29 | 7 | 4 | 25 |
| mmod | 1 | 344 | 30 | 107 | 3,57 | 22 | 7 | 3,1 | 2 | 0 | 170 | 910 | 30 | 6 | 7,8 | 23 |
| mmod | 2 | 345 | 40 | 133 | 3,33 | 31 | 5 | 6,2 | 0 | 0 | 140 | 1260 | 37 | 6 | 7,9 | 28 |
| mmod | 3 | 346 | 41 | 104 | 2,54 | 24 | 8 | 3,0 | 1 | 0 | 150 | 940 | 32 | 7 | 6 | 23 |
| mmod | 4 | 347 | 36 | 96 | 2,67 | 15 | 5 | 3,0 | 2 | 1 | 160 | 1090 | 18 | 3 | 8,1 | 26 |
| mmod | 5 | 348 | 40 | 96 | 2,40 | 18 | 6 | 3,0 | 2 | 1 | 125 | 490 | 22 | | 8,7 | 17 |
| mmod | 6 | 349 | 28 | 120 | 4,29 | 20 | 7 | 2,9 | 1 | 1 | 130 | 960 | 28 | 7 | 8,1 | 22 |
| mmod | 7 | 350 | 33 | 71 | 2,15 | 36 | 12 | 3,0 | 2 | 2 | 150 | 640 | 25 | 6 | 3 | 19 |
| mmod | 1 | 351 | 37 | 81 | 2,19 | 24 | 7 | 3,4 | 2 | 1 | 170 | 750 | 34 | 9 | 8 | 29 |
| mmod | 2 | 352 | 37 | 103 | 2,78 | 36 | 9 | 4,0 | 2 | 1 | 190 | 1000 | 27 | 7 | 8,2 | 35 |
| mmod | 3 | 353 | 30 | 91 | 3,03 | 20 | 6 | 3,3 | 1 | 0 | 150 | 700 | 30 | 7 | 5 | 20 |
| mmod | 4 | 354 | 58 | 115 | 1,98 | 5 | 1 | 5,0 | 2 | 1 | 120 | 870 | 25 | 6 | 9,1 | 21 |
| mmod | 5 | 355 | 37 | 91 | 2,46 | 20 | 7 | 2,9 | 2 | 1 | 132 | 730 | 28 | 7 | 5,4 | 18 |
| mmod | 6 | 356 | 28 | 101 | 3,61 | 27 | 7 | 3,9 | 2 | 1 | 130 | 1050 | 23 | 7 | 5,4 | 27 |
| mmod | 7 | 357 | 41 | 88 | 2,15 | 67 | 11 | 6,1 | 2 | 1 | 135 | 1100 | 37 | 6 | 4,3 | 38 |
| mmod | 1 | 358 | 53 | 105 | 1,98 | 30 | 7 | 4,3 | 0 | 1 | 160 | 1060 | 39 | 6 | 8,2 | 32 |
| mmod | 2 | 359 | 55 | 116 | 2,11 | 31 | 8 | 3,9 | 2 | 1 | 180 | 1120 | 20 | 5 | 6,6 | 33 |
| mmod | 3 | 360 | 34 | 88 | 2,59 | 18 | 4 | 4,5 | 1 | 1 | 160 | 1120 | 20 | 5 | 6,3 | 21 |
| mmod | 4 | 361 | 33 | 116 | 3,52 | 3 | 1 | 3,0 | 2 | 1 | 151 | 750 | 7 | | 10,3 | 20 |
| mmod | 5 | 362 | 32 | 99 | 3,09 | 9 | 3 | 3,0 | 2 | 1 | 150 | 980 | 12 | | 8,4 | 18 |
| mmod | 6 | 363 | 23 | 55 | 2,39 | 8 | 3 | 2,7 | 2 | 1 | 140 | 1160 | 15 | 8 | 1,4 | 10 |
| mmod | 7 | 364 | 29 | 82 | 2,83 | 48 | 12 | 4,0 | 2 | 1 | 150 | 1010 | 25 | 7 | 6,7 | 38 |
| mmod | 1 | 365 | 24 | 108 | 4,50 | 2 | 1 | | 2 | 0 | 170 | 200 | 7 | | 6,9 | 17 |
| mmod | 2 | 366 | 41 | 107 | 2,61 | 88 | 21 | 4,2 | 1 | 0 | 170 | 690 | 21 | | 10,2 | 46 |
| mmod | 3 | 367 | 21 | 105 | 5,00 | 15 | 4 | 3,8 | 2 | 1 | 210 | 990 | 27 | 7 | 8,4 | 30 |
| mmod | 4 | 368 | 32 | 114 | 3,56 | 25 | 8 | 3,1 | 2 | 2 | 144 | 830 | 27 | | 9,4 | 22 |
| mmod | 5 | 369 | 36 | 87 | 2,42 | 22 | 7 | 3,1 | 2 | 1 | 130 | 460 | | | 5,7 | 16 |
| mmod | 6 | 370 | 31 | 88 | 2,84 | 54 | 14 | 3,9 | 2 | 1 | 140 | 970 | 30 | 7 | 5,7 | 35 |
| mmod | 7 | 371 | 37 | 80 | 2,16 | 46 | 10 | 4,6 | 1 | 1 | 180 | 930 | 32 | 7 | 5,1 | 36 |
| mmod | 1 | 372 | 44 | 103 | 2,34 | 46 | 10 | 4,6 | 1 | 0 | 180 | 1070 | 25 | 5 | 6,8 | 32 |
| mmod | 2 | 373 | 43 | 108 | 2,51 | 24 | 4 | 6,0 | 0 | 0 | 220 | 1030 | 29 | 6 | 7,3 | 28 |
| mmod | 3 | 374 | 39 | 75 | 1,92 | 30 | 9 | 3,3 | 2 | 0 | 170 | 1200 | 15 | 7 | 3,3 | 35 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|----|----|-----|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| mmod | 4 | 375 | 38 | 116 | 3,05 | 24 | 5 | 4,8 | 2 | 1 | 170 | 480 | 29 | | 7,7 | 21 |
| mmod | 5 | 376 | 36 | 99 | 2,75 | 34 | 7 | 4,9 | 2 | 1 | 101 | 510 | 35 | | 9,1 | 21 |
| mmod | 6 | 377 | 34 | 106 | 3,12 | 32 | 11 | 2,9 | 2 | 1 | 130 | 900 | 32 | 6 | 4,6 | 21 |
| mmod | 7 | 378 | 35 | 71 | 2,03 | 26 | 8 | 3,3 | 2 | 1 | 130 | 780 | 20 | 7 | 3,2 | 17 |
| mmod | 1 | 379 | 48 | 134 | 2,79 | 39 | 7 | 5,6 | 1 | 0 | 160 | 1080 | 34 | 7 | 11,3 | 32 |
| mmod | 2 | 380 | 49 | 113 | 2,31 | 39 | 12 | 3,3 | 1 | 0 | 170 | 1130 | 27 | 8 | 8 | 46 |
| mmod | 3 | 381 | 58 | 100 | 1,72 | 11 | 2 | 5,5 | 1 | 1 | 140 | 1230 | 18 | 6 | 7,2 | 23 |
| mmod | 4 | 382 | 41 | 102 | 2,49 | 28 | 15 | 1,9 | 2 | 1 | 130 | 580 | 18 | 6 | 10,6 | 28 |
| mmod | 5 | 383 | 41 | 99 | 2,41 | 21 | 8 | 2,6 | 2 | 0 | 130 | 650 | 23 | 6 | 12,1 | 24 |
| mmod | 6 | 384 | 29 | 97 | 3,34 | 45 | 19 | 2,4 | 1 | 0 | 150 | 750 | 33 | 6 | 7,1 | 29 |
| mmod | 7 | 385 | 26 | 73 | 2,81 | 47 | 13 | 3,6 | 2 | 1 | 140 | 800 | 28 | 6 | 3,9 | 26 |
| mmod | 1 | 386 | 36 | 78 | 2,17 | 47 | 13 | 3,6 | 0 | 0 | 160 | 1080 | 49 | 7 | 5,4 | 36 |
| mmod | 2 | 387 | 32 | 103 | 3,22 | 54 | 15 | 3,6 | 2 | 0 | 160 | 970 | 32 | 6 | 5,9 | 38 |
| mmod | 3 | 388 | 23 | 79 | 3,43 | 19 | 3 | 6,3 | 2 | 0 | 170 | 1060 | 25 | 6 | 2,9 | 17 |
| mmod | 4 | 389 | 47 | 103 | 2,19 | 16 | 5 | 3,2 | 2 | 2 | 120 | 630 | 16 | | 8,3 | 17 |
| mmod | 5 | 390 | 48 | 102 | 2,13 | 25 | 7 | 3,6 | 2 | 1 | 110 | 960 | 27 | 5 | 6,1 | 26 |
| mmod | 6 | 391 | 43 | 89 | 2,07 | 46 | 9 | 5,1 | 2 | 1 | 150 | 1070 | 37 | 5 | 9,4 | 32 |
| mmod | 7 | 392 | 50 | 102 | 2,04 | 54 | 9 | 6,0 | 2 | 2 | 120 | 1290 | 32 | 6 | 6,1 | 36 |
| mmod | 1 | 393 | 44 | 103 | 2,34 | 71 | 14 | 5,1 | 0 | 0 | 170 | 1070 | 47 | 6 | 8,3 | 44 |
| mmod | 2 | 394 | 44 | 120 | 2,73 | 43 | 15 | 2,9 | 1 | 0 | 150 | 270 | 36 | | 5,8 | 19 |
| mmod | 3 | 395 | 44 | 100 | 2,27 | 16 | 4 | 4,0 | 2 | 1 | 150 | 1120 | 49 | 7 | 5,6 | 28 |
| mmod | 4 | 396 | 32 | 92 | 2,88 | 13 | 5 | 2,6 | 2 | 2 | 130 | 830 | 29 | 7 | 11 | 23 |
| mmod | 5 | 397 | 43 | 123 | 2,86 | 21 | 6 | 3,5 | 2 | 2 | 120 | 710 | 22 | 7 | 10,8 | 20 |
| mmod | 6 | 398 | 33 | 113 | 3,42 | 42 | 15 | 2,8 | 1 | 1 | 137 | 970 | 23 | 7 | 9,5 | 33 |
| mmod | 7 | 399 | 27 | 82 | 3,04 | 51 | 10 | 5,1 | 2 | 1 | 140 | 950 | 35 | 7 | 5,6 | 25 |
| mmod | 1 | 400 | 49 | 105 | 2,14 | 12 | 3 | 4,0 | 1 | 0 | 150 | 830 | 42 | 8 | 7,7 | 22 |
| mmod | 2 | 401 | 54 | 124 | 2,30 | 55 | 8 | 6,9 | 2 | 0 | 160 | 1120 | 39 | 6 | 8,1 | 38 |
| mmod | 3 | 402 | 33 | 87 | 2,64 | 25 | 4 | 6,3 | 2 | 1 | 170 | 1330 | 37 | 6 | 5,3 | 23 |
| mmod | 4 | 403 | 45 | 96 | 2,13 | 24 | 7 | 3,4 | 2 | 1 | 140 | 800 | 23 | 5 | 9,1 | 19 |
| mmod | 5 | 404 | 26 | 82 | 3,15 | 44 | 12 | 3,7 | 1 | 2 | 150 | 810 | 26 | | 6,5 | 24 |
| mmod | 6 | 405 | 42 | 98 | 2,33 | 32 | 11 | 2,9 | 2 | 1 | 127 | 1000 | 20 | 7 | 3,7 | 24 |
| mmod | 7 | 406 | 33 | 65 | 1,97 | 29 | 8 | 3,6 | 2 | 1 | 150 | 1040 | 23 | 7 | 4,4 | 21 |
| mmod | 1 | 407 | 34 | 86 | 2,53 | 48 | 13 | 3,7 | 1 | 0 | 180 | 1180 | 39 | 7 | 4,6 | 44 |
| mmod | 2 | 408 | 34 | 82 | 2,41 | 23 | 6 | 3,8 | 1 | 0 | 180 | 820 | 27 | 7 | 8,8 | 21 |
| mmod | 3 | 409 | 43 | 98 | 2,28 | 20 | 4 | 5,0 | 2 | 1 | 170 | 970 | 30 | 8 | 6,6 | 25 |
| mmod | 4 | 410 | 37 | 98 | 2,65 | | | | 2 | 1 | 130 | | | | 8,1 | 14 |
| mmod | 5 | 411 | 55 | 127 | 2,31 | 15 | 7 | 2,1 | 2 | 2 | 140 | 890 | 27 | | 8,6 | 19 |
| mmod | 6 | 412 | 31 | 85 | 2,74 | 16 | 8 | 2,0 | 2 | 0 | 130 | 800 | 30 | 7 | 1,8 | 11 |
| mmod | 7 | 413 | 30 | 77 | 2,57 | 21 | 9 | 2,3 | 2 | 2 | 180 | 780 | 25 | 7 | 4,6 | 18 |
| mmod | 1 | 414 | 46 | 136 | 2,96 | 26 | 11 | 2,4 | 2 | 0 | 200 | 900 | 27 | 8 | 10,1 | 36 |
| mmod | 2 | 415 | 33 | 100 | 3,03 | 31 | 11 | 2,8 | 2 | 0 | 159 | 980 | 27 | 5 | 10,5 | 28 |
| mmod | 3 | 416 | 22 | 100 | 4,55 | 41 | 6 | 6,8 | 2 | 2 | 140 | 1200 | 34 | 8 | 10,6 | 33 |
| mmod | 4 | 417 | 36 | 88 | 2,44 | 10 | 4 | 2,5 | 2 | 1 | 100 | 620 | 25 | 7 | 4,4 | 7 |
| mmod | 5 | 418 | 37 | 104 | 2,81 | 15 | 6 | 2,5 | 2 | 2 | 132 | 680 | 23 | | 11,6 | 21 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|----|----|-----|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| mmod | 6 | 419 | 47 | 95 | 2,02 | 36 | 14 | 2,6 | 0 | 0 | 170 | 960 | 36 | 7 | 7,4 | 32 |
| mmod | 7 | 420 | 33 | 86 | 2,61 | 30 | 7 | 4,3 | 2 | 2 | 190 | 850 | 29 | 6 | 4,8 | 18 |
| mmod | 1 | 421 | 51 | 108 | 2,12 | 11 | 5 | 2,2 | 2 | 1 | 170 | 920 | 44 | 8 | 8,8 | 14 |
| mmod | 2 | 422 | 52 | 114 | 2,19 | 41 | 10 | 4,1 | 1 | 0 | 150 | 1010 | 34 | 6 | 6,3 | 37 |
| mmod | 3 | 423 | 42 | 97 | 2,31 | 23 | 8 | 2,9 | 1 | 1 | 190 | 1020 | 27 | 7 | 5,2 | 25 |
| mmod | 4 | 424 | 48 | 110 | 2,29 | 21 | 4 | 5,3 | 2 | 2 | 100 | 720 | 27 | 6 | 8,5 | 17 |
| mmod | 5 | 425 | 35 | 84 | 2,40 | 21 | 9 | 2,3 | 2 | 1 | 140 | 900 | 17 | | 7,5 | 19 |
| mmod | 6 | 426 | 38 | 118 | 3,11 | 39 | 9 | 4,3 | 2 | 2 | 138 | 1270 | 32 | 5 | 4,9 | 29 |
| mmod | 7 | 427 | 23 | 81 | 3,52 | 17 | 6 | 2,8 | 2 | 1 | 140 | 640 | 25 | 5 | 4,8 | 12 |
| mmod | 1 | 428 | 30 | 97 | 3,23 | 39 | 9 | 4,3 | 2 | 0 | 160 | 1180 | 27 | 7 | 5,3 | 28 |
| mmod | 2 | 429 | 50 | 108 | 2,16 | 26 | 7 | 3,7 | 2 | 0 | 180 | 910 | 20 | 6 | 7,9 | 22 |
| mmod | 3 | 430 | 32 | 85 | 2,66 | 24 | 11 | 2,2 | 1 | 0 | 160 | 1000 | 34 | 6 | 4,6 | 27 |
| mmod | 4 | 431 | 57 | 131 | 2,30 | 9 | 4 | 2,3 | 2 | 1 | 125 | 730 | 24 | | 9 | 16 |
| mmod | 5 | 432 | 25 | 96 | 3,84 | 26 | 9 | 2,9 | 2 | 1 | 130 | 810 | 25 | 6 | 6 | 15 |
| mmod | 6 | 433 | 38 | 116 | 3,05 | 47 | 20 | 2,4 | 1 | 0 | 130 | 770 | 18 | 7 | 12,2 | 31 |
| mmod | 7 | 434 | 32 | 87 | 2,72 | 33 | 9 | 3,7 | 2 | 0 | 150 | 680 | 23 | 7 | 6,7 | 11 |
| omod | 1 | 435 | 23 | 88 | 3,83 | 24 | 6 | 4,0 | 1 | 0 | 160 | 850 | 39 | 6 | 8,3 | 22 |
| omod | 2 | 436 | 41 | 141 | 3,44 | 14 | 5 | 2,8 | 1 | 0 | 170 | 860 | 10 | 5 | 14 | 28 |
| omod | 3 | 437 | 18 | 57 | 3,17 | 27 | 7 | 3,9 | 2 | 1 | 120 | 1040 | 20 | 7 | 3,7 | 27 |
| omod | 4 | 438 | 40 | 110 | 2,75 | 49 | 13 | 3,8 | 2 | 1 | 153 | 1220 | 23 | 6 | 13,4 | 47 |
| omod | 5 | 439 | 22 | 82 | 3,73 | 60 | 23 | 2,6 | 2 | 2 | 105 | 580 | 21 | | 11,6 | 37 |
| omod | 6 | 440 | 34 | 74 | 2,18 | 53 | 17 | 3,1 | 2 | 1 | 160 | 1060 | 23 | 9 | 3,9 | 36 |
| omod | 7 | 441 | 26 | 90 | 3,46 | 61 | 18 | 3,4 | 2 | 1 | 150 | 770 | 21 | 7 | 9 | 35 |
| omod | 1 | 442 | 46 | 128 | 2,78 | 14 | 6 | 2,3 | 2 | 0 | 150 | 910 | 44 | 6 | 13,7 | 23 |
| omod | 2 | 443 | 49 | 133 | 2,71 | 15 | 4 | 3,8 | 2 | 0 | 134 | 890 | 39 | 5 | 11,5 | 16 |
| omod | 3 | 444 | 29 | 95 | 3,28 | 29 | 7 | 4,1 | 2 | 1 | 170 | 970 | 37 | 8 | 3,7 | 16 |
| omod | 4 | 445 | 31 | 91 | 2,94 | 22 | 8 | 2,8 | 2 | 1 | 110 | 780 | 17 | | 11,1 | 27 |
| omod | 5 | 446 | 22 | 80 | 3,64 | 16 | 5 | 3,2 | 2 | 1 | 150 | 430 | 22 | | 3 | 19 |
| omod | 6 | 447 | 34 | 90 | 2,65 | 57 | 11 | 5,2 | 2 | 1 | 170 | 1190 | 23 | 7 | 10,7 | 51 |
| omod | 7 | 448 | 25 | 77 | 3,08 | 63 | 24 | 2,6 | 0 | 0 | 130 | 550 | 23 | 7 | 7,3 | 27 |
| omod | 1 | 449 | 41 | 108 | 2,63 | 46 | 10 | 4,6 | 0 | 0 | 160 | 1090 | 32 | 8 | 12,1 | 42 |
| omod | 2 | 450 | 29 | 132 | 4,55 | 40 | 12 | 3,3 | 2 | 1 | 170 | 870 | 47 | 6 | 10 | 34 |
| omod | 3 | 451 | 33 | 103 | 3,12 | 50 | 10 | 5,0 | 2 | 1 | 192 | 1500 | 28 | 4 | 9 | 45 |
| omod | 4 | 452 | 47 | 105 | 2,23 | 57 | 11 | 5,2 | 2 | 1 | 115 | 810 | 26 | 6 | 1,4 | 31 |
| omod | 5 | 453 | 31 | 103 | 3,32 | 47 | 14 | 3,4 | 2 | 1 | 166 | 810 | 22 | | 9,2 | 33 |
| omod | 6 | 454 | 39 | 109 | 2,79 | 70 | 23 | 3,0 | 2 | 0 | 200 | 970 | 39 | 6 | 15,7 | 56 |
| omod | 7 | 455 | 28 | 86 | 3,07 | 42 | 15 | 2,8 | 2 | 1 | 190 | 740 | 20 | 6 | 4,5 | 28 |
| omod | 1 | 456 | 39 | 133 | 3,41 | 9 | 2 | 4,5 | 2 | 0 | 180 | 900 | 23 | 7 | 8,6 | 22 |
| omod | 2 | 457 | 37 | 90 | 2,43 | 27 | 9 | 3,0 | 1 | 1 | 160 | 850 | 20 | 8 | 8,8 | 35 |
| omod | 3 | 458 | 25 | 110 | 4,40 | 14 | 3 | 4,7 | 1 | 0 | 210 | 1350 | 23 | 7 | 7,5 | 33 |
| omod | 4 | 459 | 44 | 105 | 2,39 | 25 | 8 | 3,1 | 2 | 2 | 140 | 780 | 27 | 6 | 11,8 | 27 |
| omod | 5 | 460 | 52 | 114 | 2,19 | 34 | 10 | 3,4 | 2 | 1 | 150 | 870 | 22 | 5 | 10,5 | 31 |
| omod | 6 | 461 | 30 | 159 | 5,30 | 39 | 12 | 3,3 | 2 | 0 | 170 | 1280 | 23 | 7 | 9,9 | 37 |
| omod | 7 | 462 | 36 | 113 | 3,14 | 55 | 15 | 3,7 | 2 | 0 | 190 | 840 | 39 | 3 | 13,1 | 36 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|----|----|-----|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| omod | 1 | 463 | 40 | 158 | 3,95 | 54 | 13 | 4,2 | 2 | 0 | 150 | 1080 | 32 | 5 | 10,9 | 41 |
| omod | 2 | 464 | 51 | 112 | 2,20 | 58 | 10 | 5,8 | 1 | 0 | 180 | 1050 | 32 | 6 | 9 | 36 |
| omod | 3 | 465 | 37 | 111 | 3,00 | 49 | 7 | 7,0 | 2 | 1 | 200 | 1270 | 32 | 4 | 10,2 | 43 |
| omod | 4 | 466 | 31 | 108 | 3,48 | 43 | 15 | 2,9 | 1 | 1 | 125 | 790 | 27 | 6 | 11,3 | 38 |
| omod | 5 | 467 | 45 | 121 | 2,69 | 30 | 8 | 3,8 | 2 | 2 | 176 | 1110 | 15 | 6 | 10,8 | 41 |
| omod | 6 | 468 | 43 | 97 | 2,26 | 57 | 17 | 3,4 | 1 | 0 | 130 | 1080 | 35 | 7 | 11,6 | 37 |
| omod | 7 | 469 | 38 | 92 | 2,42 | 46 | 15 | 3,1 | 2 | 1 | 110 | 920 | 30 | 6 | 7,1 | 39 |
| omod | 1 | 470 | 36 | 137 | 3,81 | 77 | 17 | 4,5 | 2 | 0 | 140 | 1050 | 32 | 7 | 16 | 47 |
| omod | 2 | 471 | 52 | 137 | 2,63 | 36 | 9 | 4,0 | 0 | 0 | 210 | 1030 | 44 | 8 | 11,1 | 43 |
| omod | 3 | 472 | 39 | 107 | 2,74 | 27 | 6 | 4,5 | 2 | 0 | 150 | 1000 | 25 | 6 | 7,1 | 29 |
| omod | 4 | 473 | 44 | 105 | 2,39 | 40 | 9 | 4,4 | 2 | 2 | 120 | 750 | 28 | 4 | 11,6 | 27 |
| omod | 5 | 474 | 34 | 149 | 4,38 | 22 | 8 | 2,8 | 1 | 1 | 130 | 900 | 22 | | 22,1 | 35 |
| omod | 6 | 475 | 35 | 124 | 3,54 | 24 | 7 | 3,4 | 2 | 1 | 140 | 1350 | 30 | 6 | 11,2 | 37 |
| omod | 7 | 476 | 37 | 113 | 3,05 | 44 | 14 | 3,1 | 2 | 1 | 140 | 860 | 30 | 6 | 5,7 | 29 |
| omod | 1 | 477 | 44 | 128 | 2,91 | 43 | 6 | 7,2 | 1 | 0 | 160 | 1340 | 30 | 3 | 10,5 | 37 |
| omod | 2 | 478 | 50 | 121 | 2,42 | 74 | 12 | 6,2 | 1 | 0 | 140 | 1120 | 27 | 6 | 13,6 | 54 |
| omod | 3 | 479 | 25 | 75 | 3,00 | 50 | 12 | 4,2 | 2 | 0 | 200 | 1430 | 29 | 6 | 5,8 | 60 |
| omod | 4 | 480 | 30 | 100 | 3,33 | 22 | 9 | 2,4 | 1 | 1 | 157 | 630 | 23 | 6 | 10 | 21 |
| omod | 5 | 481 | 27 | 118 | 4,37 | 27 | 9 | 3,0 | 2 | 2 | 145 | 940 | 20 | 9 | 15,8 | 31 |
| omod | 6 | 482 | 36 | 135 | 3,75 | 79 | 22 | 3,6 | 2 | 1 | 170 | 1180 | 27 | 7 | 17,5 | |
| omod | 7 | 483 | 24 | 83 | 3,46 | 61 | 29 | 2,1 | 2 | 2 | 190 | 730 | 22 | 7 | 8,9 | |
| omod | 1 | 484 | 27 | 108 | 4,00 | 57 | 22 | 2,6 | 2 | 0 | 130 | 700 | 49 | 7 | 6,1 | 34 |
| omod | 2 | 485 | 42 | 130 | 3,10 | 11 | 5 | 2,2 | 1 | 0 | 190 | 890 | 13 | 5 | 14,9 | 28 |
| omod | 3 | 486 | 33 | 121 | 3,67 | 29 | 5 | 5,8 | 1 | 0 | 190 | 1540 | 30 | 6 | 8 | 40 |
| omod | 4 | 487 | 66 | 144 | 2,18 | 12 | 4 | 3,0 | 2 | 1 | 151 | 730 | 22 | 6 | 14,9 | 32 |
| omod | 5 | 488 | 42 | 127 | 3,02 | 29 | 16 | 1,8 | 2 | 2 | 180 | 670 | 27 | | 12,4 | 32 |
| omod | 6 | 489 | 38 | 125 | 3,29 | 52 | 14 | 3,7 | 2 | 1 | 160 | 1110 | 32 | 6 | 13,8 | 49 |
| omod | 7 | 490 | 25 | 78 | 3,12 | 45 | 17 | 2,6 | 2 | 2 | 180 | 750 | 28 | 7 | 6,1 | 30 |
| omod | 1 | 491 | 26 | 75 | 2,88 | 33 | 5 | 6,6 | 1 | 0 | 150 | 1010 | 37 | 8 | 4,2 | 29 |
| omod | 2 | 492 | 48 | 126 | 2,63 | 31 | 6 | 5,2 | 2 | 0 | 160 | 1000 | 30 | 5 | 16,1 | 26 |
| omod | 3 | 493 | 42 | 98 | 2,33 | 39 | 10 | 3,9 | 2 | 1 | 124 | 1030 | 25 | 7 | 5,7 | 43 |
| omod | 4 | 494 | 31 | 82 | 2,65 | 19 | 8 | 2,4 | 2 | 0 | 120 | 650 | 12 | | 6,5 | 16 |
| omod | 5 | 495 | 46 | 99 | 2,15 | 42 | 14 | 3,0 | 0 | 2 | 130 | 860 | 20 | 8 | 7,1 | 29 |
| omod | 6 | 496 | 47 | 110 | 2,34 | 53 | 9 | 5,9 | 2 | 2 | 140 | 1090 | 30 | 7 | 5,4 | 27 |
| omod | 7 | 497 | 26 | 78 | 3,00 | 63 | 13 | 4,8 | 2 | 1 | 141 | 1080 | 25 | 6 | 6,8 | 44 |
| omod | 1 | 498 | 44 | 128 | 2,91 | 41 | 9 | 4,6 | 1 | 0 | 180 | 1120 | 34 | 6 | 16,1 | 36 |
| omod | 2 | 499 | 51 | 104 | 2,04 | 38 | 8 | 4,8 | 0 | 0 | 130 | 1010 | 37 | 7 | 17,1 | 39 |
| omod | 3 | 500 | 25 | 76 | 3,04 | 55 | 11 | 5,0 | 2 | 1 | 170 | 950 | 20 | 5 | 6,5 | 43 |
| omod | 4 | 501 | 42 | 127 | 3,02 | 21 | 6 | 3,5 | 2 | 1 | 160 | 1070 | 15 | 6 | 13,6 | 39 |
| omod | 5 | 502 | 55 | 135 | 2,45 | 46 | 14 | 3,3 | 2 | 1 | 110 | 770 | 21 | | 15 | 28 |
| omod | 6 | 503 | 32 | 90 | 2,81 | 73 | 25 | 2,9 | 1 | 0 | 160 | 1060 | 30 | 5 | 7,4 | 40 |
| omod | 7 | 504 | 36 | 88 | 2,44 | 40 | 10 | 4,0 | 2 | 1 | 150 | 900 | 32 | 7 | 9,2 | 36 |
| omod | 1 | 505 | 40 | 138 | 3,45 | 22 | 5 | 4,4 | 2 | 0 | 140 | 920 | 18 | 5 | 14,4 | 26 |
| omod | 2 | 506 | 37 | 134 | 3,62 | 35 | 7 | 5,0 | 0 | 0 | 140 | 1180 | 15 | 5 | 9,6 | 29 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|----|----|-----|---|---|-----|------|----|----|------|----|
| omod | 3 | 507 | 37 | 115 | 3,11 | 14 | 3 | 4,7 | 1 | 0 | 180 | 1150 | 23 | 5 | 8,9 | 25 |
| omod | 4 | 508 | 37 | 155 | 4,19 | 24 | 10 | 2,4 | 2 | 2 | 140 | 940 | 15 | 6 | 12,4 | 34 |
| omod | 5 | 509 | 40 | 126 | 3,15 | 40 | 16 | 2,5 | 1 | 1 | 137 | 590 | 22 | | 13,6 | 29 |
| omod | 6 | 510 | 38 | 135 | 3,55 | 61 | 11 | 5,5 | 2 | 0 | 160 | 850 | 35 | 7 | 15,1 | 37 |
| omod | 7 | 511 | 27 | 93 | 3,44 | 25 | 8 | 3,1 | 0 | 1 | 130 | 800 | 22 | 7 | 7,1 | 39 |
| omod | 1 | 512 | 53 | 135 | 2,55 | 34 | 5 | 6,8 | 2 | 1 | 130 | 1200 | 39 | 5 | 13,5 | 27 |
| omod | 2 | 513 | 46 | 119 | 2,59 | 69 | 19 | 3,6 | 1 | 0 | 140 | 1040 | 25 | 5 | 11,5 | 38 |
| omod | 3 | 514 | 35 | 94 | 2,69 | 61 | 17 | 3,6 | 1 | 0 | 180 | 1040 | 32 | 4 | 10,1 | 48 |
| omod | 4 | 515 | 30 | 105 | 3,50 | 14 | 3 | 4,7 | 2 | 2 | 120 | 740 | 22 | 4 | 10,1 | 20 |
| omod | 5 | 516 | 35 | 106 | 3,03 | 21 | 7 | 3,0 | 2 | 1 | 110 | 580 | 27 | | 12,3 | 19 |
| omod | 6 | 517 | 33 | 107 | 3,24 | 37 | 6 | 6,2 | 0 | 0 | 147 | 1210 | 23 | 6 | 10,7 | 35 |
| omod | 7 | 518 | 28 | 70 | 2,50 | 29 | 11 | 2,6 | 2 | 1 | 160 | 660 | 15 | 5 | 2,9 | 20 |
| omod | 1 | 519 | 52 | 147 | 2,83 | 44 | 7 | 6,3 | 1 | 0 | 160 | 1180 | 34 | 6 | 10,3 | 32 |
| omod | 2 | 520 | 47 | 133 | 2,83 | 22 | 6 | 3,7 | 2 | 1 | 170 | 910 | 13 | 7 | 16,4 | 32 |
| omod | 3 | 521 | 29 | 76 | 2,62 | 48 | 10 | 4,8 | 2 | 1 | 190 | 1130 | 25 | 5 | 4,8 | 31 |
| omod | 4 | 522 | 35 | 109 | 3,11 | 23 | 6 | 3,8 | 2 | 1 | 145 | 920 | 20 | 4 | 13,9 | 23 |
| omod | 5 | 523 | 45 | 116 | 2,58 | 57 | 18 | 3,2 | 2 | 1 | 148 | 880 | 23 | 5 | 11,4 | 27 |
| omod | 6 | 524 | 34 | 101 | 2,97 | 37 | 9 | 4,1 | 0 | 0 | 170 | 1140 | 20 | 7 | 10,9 | 33 |
| omod | 7 | 525 | 43 | 106 | 2,47 | 56 | 11 | 5,1 | 1 | 2 | 171 | 1380 | 37 | 7 | 7,2 | 43 |
| omod | 1 | 526 | 53 | 202 | 3,81 | 19 | 5 | 3,8 | 1 | 0 | 160 | 1070 | 37 | 6 | 16,8 | 25 |
| omod | 2 | 527 | 43 | 144 | 3,35 | 82 | 12 | 6,8 | 2 | 0 | 160 | 1050 | 32 | 5 | 12,8 | 41 |
| omod | 3 | 528 | 34 | 100 | 2,94 | 41 | 12 | 3,4 | 2 | 1 | 168 | 1100 | 25 | 5 | 8,8 | 39 |
| omod | 4 | 529 | 48 | 137 | 2,85 | 13 | 4 | 3,3 | 2 | 1 | 122 | 500 | 29 | 6 | 18,2 | 18 |
| omod | 5 | 530 | 45 | 106 | 2,36 | 13 | 3 | 4,3 | 2 | 0 | 112 | 720 | 18 | 6 | 5,9 | 18 |
| omod | 6 | 531 | 34 | 105 | 3,09 | 83 | 32 | 2,6 | 2 | 1 | 120 | 930 | 30 | 6 | 17 | 39 |
| omod | 7 | 532 | 24 | 85 | 3,54 | 39 | 15 | 2,6 | 2 | 2 | 130 | 650 | 37 | 8 | 5 | 28 |
| omod | 1 | 533 | 38 | 135 | 3,55 | 44 | 13 | 3,4 | 1 | 0 | 140 | 850 | 25 | 5 | 10,8 | 38 |
| omod | 2 | 534 | 29 | 117 | 4,03 | 42 | 12 | 3,5 | 1 | 0 | 180 | 880 | 27 | 6 | 15,2 | 34 |
| omod | 3 | 535 | 35 | 84 | 2,40 | 25 | 6 | 4,2 | 2 | 0 | 160 | 930 | 23 | 11 | 6,3 | 27 |
| omod | 4 | 536 | 40 | 86 | 2,15 | 48 | 17 | 2,8 | 2 | 1 | 136 | 490 | 27 | | 9,3 | 21 |
| omod | 5 | 537 | 36 | 111 | 3,08 | 17 | 4 | 4,3 | 1 | 1 | 170 | 900 | 28 | 4 | 13,6 | 28 |
| omod | 6 | 538 | 39 | 90 | 2,31 | 26 | 7 | 3,7 | 2 | 0 | 150 | 930 | 30 | 4 | 8,9 | 27 |
| omod | 7 | 539 | 36 | 78 | 2,17 | 39 | 6 | 6,5 | 2 | 2 | 142 | 1220 | 32 | 5 | 3,8 | 28 |
| omod | 1 | 540 | 39 | 104 | 2,67 | 44 | 6 | 7,3 | 1 | 0 | 180 | 920 | 34 | 8 | 10,1 | 35 |
| omod | 2 | 541 | 54 | 96 | 1,78 | 44 | 12 | 3,7 | 0 | 0 | 200 | 1040 | 44 | 6 | 8,3 | 48 |
| omod | 3 | 542 | 28 | 106 | 3,79 | 43 | 9 | 4,8 | 2 | 0 | 170 | 1290 | 37 | 6 | 1,3 | 51 |
| omod | 4 | 543 | 65 | 123 | 1,89 | 17 | 3 | 5,7 | 2 | 2 | 115 | 660 | 22 | 5 | 14,2 | 17 |
| omod | 5 | 544 | 48 | 105 | 2,19 | 32 | 7 | 4,6 | 0 | 0 | 190 | 1200 | 33 | 5 | 12,9 | 37 |
| omod | 6 | 545 | 39 | 102 | 2,62 | 37 | 6 | 6,2 | 1 | 0 | 130 | 1190 | 35 | 6 | 6,3 | 31 |
| omod | 7 | 546 | 33 | 98 | 2,97 | 41 | 17 | 2,4 | 2 | 1 | 150 | 700 | 30 | 5 | 7,1 | 23 |
| omod | 1 | 547 | 52 | 133 | 2,56 | 60 | 10 | 6,0 | 1 | 0 | 190 | 1170 | 34 | 6 | 13,5 | 47 |
| omod | 2 | 548 | 45 | 119 | 2,64 | 60 | 13 | 4,6 | 0 | 0 | 190 | 1050 | 34 | 7 | 8,7 | 46 |
| omod | 3 | 549 | 33 | 104 | 3,15 | 50 | 12 | 4,2 | 2 | 0 | 160 | 930 | 35 | 6 | 12 | 27 |
| omod | 4 | 550 | 40 | 144 | 3,60 | 12 | 3 | 4,0 | 2 | 1 | 145 | 900 | 32 | 6 | 21,1 | 39 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|-----|----|-----|------|----|----|-----|---|---|-----|------|----|---|------|----|
| omod | 5 | 551 | 34 | 105 | 3,09 | 39 | 12 | 3,3 | 2 | 2 | 150 | 1090 | 23 | 4 | 9,9 | 31 |
| omod | 6 | 552 | 35 | 111 | 3,17 | 36 | 16 | 2,3 | 1 | 1 | 170 | 1110 | 28 | 8 | 7,1 | 32 |
| omod | 7 | 553 | 29 | 80 | 2,76 | 49 | 12 | 4,1 | 2 | 2 | 150 | 1060 | 27 | 6 | 7,7 | 33 |
| omod | 1 | 554 | 36 | 101 | 2,81 | 48 | 13 | 3,7 | 2 | 0 | 140 | 1020 | 30 | 3 | 7,8 | 30 |
| omod | 2 | 555 | 27 | 71 | 2,63 | 31 | 10 | 3,1 | 2 | 0 | 170 | 900 | 25 | 7 | 2,9 | 29 |
| omod | 3 | 556 | 23 | 85 | 3,70 | 35 | 9 | 3,9 | 1 | 0 | 120 | 990 | 30 | 6 | 4,6 | 28 |
| omod | 4 | 557 | 29 | 51 | 1,76 | 22 | 4 | 5,5 | 2 | 1 | 105 | 640 | 17 | | 2,2 | 24 |
| omod | 5 | 558 | 36 | 87 | 2,42 | 31 | 9 | 3,4 | 2 | 2 | 126 | 750 | 32 | | 10,6 | 24 |
| omod | 6 | 559 | 39 | 109 | 2,79 | 40 | 10 | 4,0 | 1 | 0 | 150 | 920 | 35 | 7 | 6,8 | 34 |
| omod | 7 | 560 | 25 | 103 | 4,12 | 74 | 18 | 4,1 | 2 | 2 | 140 | 740 | 33 | 9 | 6,8 | 32 |
| omod | 1 | 561 | 45 | 126 | 2,80 | 28 | 6 | 4,7 | 1 | 0 | 180 | 860 | 37 | 6 | 12,1 | 29 |
| omod | 2 | 562 | 41 | 102 | 2,49 | 41 | 11 | 3,7 | 2 | 1 | 190 | 1030 | 32 | 6 | 9,7 | 35 |
| omod | 3 | 563 | 39 | 110 | 2,82 | 35 | 7 | 5,0 | 0 | 0 | 174 | 1260 | 28 | 6 | 6,9 | 41 |
| omod | 4 | 564 | 48 | 105 | 2,19 | | | | 1 | 2 | 104 | | | | 7,8 | 10 |
| omod | 5 | 565 | 35 | 110 | 3,14 | 16 | 4 | 4,0 | 1 | 1 | 150 | 920 | 13 | 3 | 11,5 | 18 |
| omod | 6 | 566 | 36 | 171 | 4,75 | 25 | 10 | 2,5 | 2 | 1 | 160 | 880 | 25 | 7 | 13,4 | 24 |
| omod | 7 | 567 | 30 | 97 | 3,23 | 47 | 18 | 2,6 | 2 | 2 | 148 | 960 | 25 | | 4,6 | 33 |
| omod | 1 | 568 | 45 | 100 | 2,22 | 46 | 9 | 5,1 | 0 | 0 | 190 | 1030 | 36 | | 7,5 | 41 |
| omod | 2 | 569 | 31 | 132 | 4,26 | 72 | 24 | 3,0 | 0 | 0 | 240 | 1010 | 37 | 5 | 11 | 50 |
| omod | 3 | 570 | 27 | 115 | 4,26 | | | | 1 | 0 | 180 | | | | 6,2 | 23 |
| omod | 4 | 571 | 47 | 102 | 2,17 | 14 | 5 | 2,8 | 2 | 2 | 100 | 480 | 16 | | 15,5 | 21 |
| omod | 5 | 572 | 44 | 123 | 2,80 | 17 | 5 | 3,4 | 2 | 2 | 124 | 710 | 22 | 5 | 12,3 | 23 |
| omod | 6 | 573 | 37 | 119 | 3,22 | 44 | 13 | 3,4 | 1 | 1 | 150 | 1190 | 37 | 6 | 9,5 | 34 |
| omod | 7 | 574 | 35 | 94 | 2,69 | 38 | 8 | 4,8 | 2 | 2 | 130 | 910 | 42 | 4 | 7 | 30 |
| omod | 1 | 575 | 35 | 79 | 2,26 | 23 | 6 | 3,8 | 1 | 0 | 120 | 940 | 37 | 4 | 2,6 | 21 |
| omod | 2 | 576 | 38 | 134 | 3,53 | 41 | 7 | 5,9 | 1 | 0 | 130 | 1040 | 32 | 5 | 12,2 | 39 |
| omod | 3 | 577 | 37 | 110 | 2,97 | 45 | 12 | 3,8 | 1 | 0 | 160 | 1050 | 40 | 8 | 12,7 | 37 |
| omod | 4 | 578 | 47 | 113 | 2,40 | 21 | 3 | 7,0 | 2 | 1 | 140 | 1100 | 29 | | 9,1 | 18 |
| omod | 5 | 579 | 29 | 103 | 3,55 | 23 | 6 | 3,8 | 2 | 0 | 120 | 880 | 27 | 5 | 13,3 | 28 |
| omod | 6 | 580 | 42 | 125 | 2,98 | 18 | 10 | 1,8 | 1 | 2 | 134 | 820 | 30 | 6 | 13 | 23 |
| omod | 7 | 581 | 41 | 109 | 2,66 | 49 | 12 | 4,1 | 2 | 1 | 150 | 800 | 28 | 6 | 8,5 | 27 |
| mmod | 1 | 582 | 43 | 112 | 2,60 | 51 | 9 | 5,7 | 0 | 0 | 200 | 930 | 34 | 7 | 8,1 | 36 |
| mmod | 2 | 583 | 45 | 126 | 2,80 | 29 | 5 | 5,8 | 1 | 0 | 160 | 870 | 34 | 8 | 12,8 | 25 |
| mmod | 3 | 584 | 28 | 89 | 3,18 | 8 | 2 | 4,0 | 2 | 1 | 160 | 930 | 23 | 6 | 4,6 | 11 |
| mmod | 4 | 585 | 45 | 107 | 2,38 | 17 | 4 | 4,3 | 2 | 1 | 130 | 1020 | 20 | 4 | 11,8 | 17 |
| mmod | 5 | 586 | 47 | 125 | 2,66 | 29 | 12 | 2,4 | 2 | 1 | 130 | 530 | 21 | | 13,3 | 20 |
| mmod | 6 | 587 | 42 | 83 | 1,98 | 27 | 6 | 4,5 | 0 | 0 | 180 | 1370 | 23 | | 4,2 | 23 |
| mmod | 7 | 588 | 30 | 82 | 2,73 | 32 | 11 | 2,9 | 0 | 0 | 140 | 630 | 20 | 5 | 6,6 | 18 |

Tab. 139 Verlauf der Blühintensität (Blüten pro Anzahl Knospen) Gewächshaus bei den Behandlungen als Grundlage für Abb. 73

| DATEN | MMMD | MMOD | OMMD | OMOD |
|-------|------|------|------|------|
| 15.6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21.6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 27.6 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| 30.6 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| 3.7 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| 6.7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 12.7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 16.7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 20.7 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| 23.7 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 28.7 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| 2.8 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| 7.8 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| 12.8 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 17.8 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 25.8 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 1.9 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| 8.9 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 15.9 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 23.9 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 |
| 30.9 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 |
| 15.10 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | | | | |

Tab. 140 Verlauf der Blühleistung (mittlere Zahl Blüten pro Pflanze) bei den Behandlungen als Grundlage für Abb. 71

| DATEN | MMMD | MMOD | OMMD | OMOD |
|-------|-------|------|-------|------|
| 15.6 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21.6 | 0,05 | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| 27.6 | 0,05 | 0,00 | 0,07 | 0,00 |
| 30.6 | 0,13 | 0,00 | 0,10 | 0,00 |
| 3.7 | 0,22 | 0,01 | 0,16 | 0,00 |
| 6.7 | 0,41 | 0,11 | 0,44 | 0,03 |
| 12.7 | 1,26 | 0,29 | 1,34 | 0,18 |
| 16.7 | 1,78 | 0,61 | 2,53 | 0,62 |
| 20.7 | 2,26 | 0,95 | 3,12 | 1,10 |
| 23.7 | 3,47 | 1,76 | 4,71 | 1,98 |
| 28.7 | 3,88 | 2,00 | 5,22 | 3,10 |
| 2.8 | 4,27 | 2,45 | 5,89 | 3,76 |
| 7.8 | 5,01 | 3,50 | 8,31 | 4,94 |
| 12.8 | 7,78 | 4,83 | 11,40 | 6,88 |
| 17.8 | 9,92 | 5,99 | 14,07 | 8,41 |
| 25.8 | 11,94 | 6,12 | 14,62 | 6,91 |
| 1.9 | 9,81 | 4,53 | 9,97 | 4,21 |
| 8.9 | 6,14 | 1,93 | 4,82 | 2,35 |
| 15.9 | 2,05 | 0,41 | 1,39 | 0,54 |
| 23.9 | 0,20 | 0,05 | 0,10 | 0,17 |
| 30.9 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,05 |
| 15.10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tab. 142 Gehalte der Rosettenblätter an Stickstoff, Phosphat und Kalium

| Behandlung | Ort | N (g/kg) | P _{ges.} (g/kg) | K (g/kg) |
|------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| ommd | Dachsholz | 7,52 | 1,10 | 7,29 |
| ommd | Heinrichsheim | 4,30 | 0,70 | 4,33 |
| ommd | Zensi-Schütt | 5,38 | 0,87 | 8,95 |
| ommd | Freinhausen1 | 7,29 | 0,97 | 6,60 |
| ommd | Freinhausen2 | 8,31 | 0,96 | 8,95 |
| ommd | Hörzhausen | 6,52 | 1,49 | 8,73 |
| ommd | Freising | 7,98 | 1,21 | 10,10 |
| ommd | Dachsholz | 7,77 | 1,17 | 13,80 |
| ommd | Heinrichsheim | 5,98 | 0,69 | 7,49 |
| ommd | Zensi-Schütt | 7,09 | 1,22 | 8,25 |
| ommd | Freinhausen1 | 6,19 | 1,03 | 8,43 |
| ommd | Freinhausen2 | 8,36 | 1,96 | 8,14 |
| ommd | Hörzhausen | 4,41 | 0,80 | 5,54 |
| ommd | Freising | 7,43 | 1,33 | 7,68 |
| ommd | Dachsholz | 8,63 | 0,97 | 9,23 |
| ommd | Heinrichsheim | 4,41 | 0,88 | 6,37 |
| ommd | Zensi-Schütt | 7,37 | 1,37 | 10,60 |
| ommd | Freinhausen1 | 5,48 | 0,81 | 7,04 |
| ommd | Freinhausen2 | 4,76 | 0,58 | 5,53 |
| ommd | Hörzhausen | 5,59 | 0,70 | 8,11 |
| ommd | Freising | 9,60 | 1,22 | 11,90 |
| ommd | Dachsholz | 8,43 | 0,86 | 9,19 |
| ommd | Heinrichsheim | 7,75 | 0,72 | 12,50 |
| ommd | Zensi-Schütt | 7,89 | 0,85 | 10,40 |
| ommd | Freinhausen1 | 11,20 | 1,20 | 13,60 |
| ommd | Freinhausen2 | 9,48 | 1,51 | 10,50 |

| Behandlung | Ort | N (g/kg) | P _{ges.} (g/kg) | K (g/kg) |
|------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| ommd | Hörzhausen | 8,63 | 1,01 | 11,70 |
| ommd | Freising | 8,72 | 1,09 | 10,70 |
| ommd | Dachsholz | 6,63 | 0,88 | 8,60 |
| ommd | Heinrichsheim | 7,56 | 1,21 | 8,70 |
| ommd | Zensi-Schütt | 6,34 | 1,16 | 7,97 |
| ommd | Freinhausen1 | 8,06 | 1,13 | 7,59 |
| ommd | Freinhausen2 | 6,54 | 1,16 | 8,22 |
| ommd | Hörzhausen | 6,02 | 1,18 | 6,22 |
| ommd | Freising | 7,56 | 0,77 | 8,62 |
| ommd | Dachsholz | 8,19 | 0,87 | 8,30 |
| ommd | Heinrichsheim | 7,36 | 1,00 | 9,14 |
| ommd | Zensi-Schütt | 8,51 | 1,47 | 6,56 |
| ommd | Freinhausen1 | 6,93 | 1,17 | 10,10 |
| ommd | Freinhausen2 | 7,12 | 1,20 | 8,34 |
| ommd | Hörzhausen | 6,75 | 1,09 | 9,22 |
| ommd | Freising | 7,14 | 0,80 | 6,90 |
| ommd | Dachsholz | 10,70 | 0,96 | 9,03 |
| ommd | Heinrichsheim | 5,75 | 0,88 | 8,41 |
| ommd | Zensi-Schütt | 5,12 | 0,90 | 6,50 |
| ommd | Freinhausen1 | 7,14 | 0,99 | 6,52 |
| ommd | Freinhausen2 | 6,52 | 0,82 | 7,74 |
| ommd | Hörzhausen | 6,25 | 0,98 | 10,60 |
| ommd | Freising | 8,07 | 0,67 | 7,98 |
| ommd | Dachsholz | 8,10 | 1,93 | 13,30 |
| ommd | Heinrichsheim | 8,91 | 1,79 | 16,00 |
| ommd | Zensi-Schütt | 7,84 | 1,48 | 13,10 |

| Behandlung | Ort | N (g/kg) | P _{ges.} (g/kg) | K (g/kg) |
|------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| ommd | Freinhausen1 | 9,62 | 2,15 | 16,80 |
| ommd | Freinhausen2 | 7,75 | 1,40 | 11,40 |
| ommd | Hörzhausen | 8,24 | 1,75 | 16,40 |
| ommd | Freising | 10,20 | 1,40 | 19,40 |
| ommd | Dachsholz | 10,90 | 2,29 | 18,30 |
| ommd | Heinrichsheim | 6,40 | 1,37 | 13,50 |
| ommd | Zensi-Schütt | 6,83 | 1,63 | 11,30 |
| ommd | Freinhausen1 | 9,80 | 2,24 | 16,50 |
| ommd | Freinhausen2 | 12,80 | 2,59 | 20,10 |
| ommd | Hörzhausen | 9,21 | 1,70 | 15,30 |
| ommd | Freising | 12,10 | 1,73 | 22,00 |
| ommd | Dachsholz | 8,90 | 1,22 | 10,30 |
| ommd | Heinrichsheim | 8,11 | 1,13 | 9,78 |
| ommd | Zensi-Schütt | 10,10 | 1,13 | 10,40 |
| ommd | Freinhausen1 | 8,07 | 1,12 | 6,69 |
| ommd | Freinhausen2 | 9,54 | 1,14 | 13,90 |
| ommd | Hörzhausen | 8,29 | 1,08 | 8,71 |
| ommd | Freising | 9,19 | 0,90 | 8,71 |
| ommd | Dachsholz | 6,71 | 0,71 | 4,46 |
| ommd | Heinrichsheim | 11,50 | 1,37 | 12,10 |
| ommd | Zensi-Schütt | 9,40 | 1,30 | 9,64 |
| ommd | Freinhausen1 | 9,61 | 1,77 | 12,30 |
| ommd | Freinhausen2 | 9,31 | 1,12 | 9,47 |
| ommd | Hörzhausen | 12,50 | 1,40 | 12,30 |
| ommd | Freising | 11,60 | 1,23 | 8,90 |
| ommd | Dachsholz | 7,71 | 0,91 | 7,52 |

| Behandlung | Ort | N (g/kg) | P _{ges.} (g/kg) | K (g/kg) |
|------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| ommd | Heinrichsheim | 7,39 | 1,00 | 6,79 |
| ommd | Zensi-Schütt | 7,30 | 0,84 | 8,01 |
| ommd | Freinhausen1 | 7,34 | 0,88 | 8,32 |
| ommd | Freinhausen2 | 12,50 | 1,24 | 11,10 |
| ommd | Hörzhausen | 10,10 | 1,11 | 9,78 |
| ommd | Freising | 14,10 | 1,42 | 9,73 |
| ommd | Dachsholz | 9,29 | 1,07 | 6,29 |
| ommd | Heinrichsheim | 8,90 | 0,98 | 10,30 |
| ommd | Zensi-Schütt | 10,10 | 0,95 | 7,42 |
| ommd | Freinhausen1 | 8,21 | 1,05 | 8,72 |
| ommd | Freinhausen2 | 8,38 | 0,78 | 6,16 |
| ommd | Hörzhausen | 9,09 | 0,93 | 9,39 |
| ommd | Freising | 9,75 | 0,84 | 7,85 |
| ommd | Dachsholz | 9,73 | 1,01 | 11,50 |
| ommd | Heinrichsheim | 9,21 | 1,08 | 10,80 |
| ommd | Zensi-Schütt | 6,85 | 0,73 | 6,02 |
| ommd | Freinhausen1 | 8,54 | 0,90 | 9,06 |
| ommd | Freinhausen2 | 9,00 | 1,00 | 13,30 |
| ommd | Hörzhausen | 10,20 | 1,05 | 12,50 |
| ommd | Freising | 8,56 | 1,25 | 11,70 |

Tab. 143 Daten zum Wassergehalt der Rosettenblätter bei den Populationen und Behandlungen

| ORT | BEHANDLUNG | WASSERGEHALT DER ROSETTENBLÄTTER |
|-----------|--------------|-------------------------------------|
| Dachsholz | ommd | 0,66 |
| | ommd | 0,65 |
| | ommd | 0,61 |
| | ommd | 0,68 |
| | mmmd | 0,65 |
| | mmmd | 0,70 |
| | mmmd | 0,71 |
| | omod | 0,76 |
| | omod | 0,71 |
| | omod | 0,71 |
| | omod | 0,70 |
| | mmod | 0,74 |
| | mmod | 0,71 |
| | mmod | 0,69 |
| | Freinhausen1 | ommd |
| ommd | | 0,76 |
| ommd | | 0,73 |
| ommd | | 0,67 |
| mmmd | | 0,76 |
| mmmd | | 0,73 |
| mmmd | | 0,58 |
| omod | | 0,69 |
| omod | | 0,71 |
| omod | | 0,73 |

| ORT | BEHANDLUNG | WASSERGEHALT DER ROSETTENBLÄTTER |
|--------------|------------|-------------------------------------|
| | omod | 0,74 |
| | mmod | 0,72 |
| Freinhausen1 | mmod | 0,72 |
| | mmod | 0,71 |
| Freinhausen2 | ommd | 0,65 |
| | ommd | 0,71 |
| | ommd | 0,73 |
| | ommd | 0,70 |
| | mmmd | 0,74 |
| | mmmd | 0,72 |
| | mmmd | 0,75 |
| | omod | 0,74 |
| | omod | 0,69 |
| | omod | 0,78 |
| | omod | 0,76 |
| | mmod | 0,69 |
| | mmod | 0,74 |
| mmod | 0,72 | |
| Freising | ommd | 0,76 |
| | ommd | 0,69 |
| | ommd | 0,75 |
| | ommd | 0,77 |
| | mmmd | 0,76 |
| | mmmd | 0,78 |

| ORT | BEHANDLUNG | WASSERGEHALT DER ROSETTENBLÄTTER |
|---------------|------------|-------------------------------------|
| | mmmd | 0,77 |
| | omod | 0,75 |
| | omod | 0,73 |
| | omod | 0,73 |
| Freising | omod | 0,76 |
| | mmod | 0,73 |
| | mmod | 0,70 |
| | mmod | 0,77 |
| Heinrichsheim | ommd | 0,70 |
| | ommd | 0,69 |
| | ommd | 0,65 |
| | ommd | 0,73 |
| | mmmd | 0,66 |
| | mmmd | 0,66 |
| | mmmd | 0,69 |
| | omod | 0,74 |
| | omod | 0,74 |
| | omod | 0,70 |
| | omod | 0,75 |
| | mmod | 0,72 |
| | mmod | 0,67 |
| | mmod | 0,69 |
| Hörzhausen | ommd | 0,70 |
| | ommd | 0,71 |
| | ommd | 0,75 |
| | ommd | 0,75 |
| | mmmd | 0,77 |

| ORT | BEHANDLUNG | WASSERGEHALT DER ROSETTENBLÄTTER |
|--------------|------------|-------------------------------------|
| Hörzhausen | mmmd | 0,73 |
| | mmmd | 0,72 |
| | omod | 0,74 |
| | omod | 0,70 |
| | omod | 0,73 |
| | omod | 0,77 |
| | mmod | 0,76 |
| | mmod | 0,73 |
| Zensi-Schütt | ommd | 0,67 |
| | ommd | 0,77 |
| | ommd | 0,74 |
| | ommd | 0,71 |
| | mmmd | 0,73 |
| | mmmd | 0,69 |
| | omod | 0,76 |
| | omod | 0,71 |
| | omod | 0,69 |
| | omod | 0,77 |
| | mmod | 0,73 |

Tab. 144 Daten zu den Samengewichte (mg) der Samen von Gipfelknospen nach freier Bestäubung im Gewächshaus als Grundlage für Abb. 59 / Tab. 64 / Tab. 66

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod |
| 1,8 | 1,9 | 1,8 | 2,4 | 1,5 | 3,4 | 2,1 | 1,3 | 1,1 | 1,9 | 2 | 2,2 | 2,5 | 0,7 |
| 1,1 | 1,7 | 1,2 | 1,8 | 2 | 1,5 | 2 | 1,5 | 2,8 | 3,1 | 1,9 | 1,3 | 2,1 | 1,5 |
| 0,9 | 0,7 | 0,8 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 0,4 | 1,7 | 2,2 | 1,3 | 2 | 0,6 | 1,4 | 1,4 |
| 1,7 | 2,1 | 0,9 | 1,2 | 1,6 | 0,7 | 2 | 0,6 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 0,1 | 1,8 | 1,8 |
| 1,2 | 0,6 | 1,9 | 2,1 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 1,9 | 2 | 2 | 1,8 | 0,6 | 2,2 |
| 1,6 | 0,6 | 2,3 | 0,7 | 1,6 | 3 | 0,4 | 0,7 | 1,6 | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 2,1 | 2,1 |
| 2 | 2,5 | 0,4 | 1,7 | 1,6 | 2 | 0,2 | 1,7 | 1 | 1,5 | 0,9 | 1,4 | 2 | 2,6 |
| 0,6 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 2 | 2,3 | 2,6 | 0,5 | 1,5 | 3,2 |
| 0,5 | 1,4 | 0,5 | 1,7 | 2 | 2,1 | 2 | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,8 | 2,3 |
| 1,6 | 1,8 | 2,7 | 1,8 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 0,6 | 0,6 | 2 | 0,6 | 0,4 | 3,2 | 2,5 |
| 2,2 | 0,4 | 0,7 | 2,3 | 0,6 | 2,6 | 2,1 | 0,3 | 1,5 | 0,9 | 2,8 | 2,6 | 0,9 | 3,3 |
| 1,7 | 1,8 | 2,5 | 0,4 | 2,2 | 2,4 | 2,9 | 2,9 | 1,7 | 1,4 | 0,3 | 2,2 | 1,8 | 2 |
| 1,8 | 2,3 | 1,9 | 2,2 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2 | 2,2 | 1 | 0,6 | 2,8 | 2,7 | 2,1 |
| 1,7 | 0,5 | 2,1 | 2,5 | 0,4 | 1,6 | 1,7 | 2 | 0,2 | 1,4 | 2,2 | 1,3 | 1,7 | 2,4 |
| 2 | 1,1 | 1,2 | 2,5 | 2,3 | 2,9 | 1,6 | 3,3 | 2,3 | 1,3 | 0,6 | 1,6 | 1,9 | 4,1 |
| 1,9 | 1,1 | 2 | 2,8 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 2,2 | 1,3 | 0,9 | 1 | 2,8 | 1,6 | 0,8 |
| 1,8 | 1 | 2,2 | 2,9 | 2,6 | 1,2 | 2,4 | 2,1 | 1,3 | 1,1 | 1 | 2,4 | 1,9 | 0,5 |
| 1,7 | 1,7 | 1,4 | 2,4 | 1,7 | 0,6 | 2 | 0,6 | 2,4 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,8 | 1,7 |
| 2,2 | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 1,9 | 2,8 | 2,6 | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 2 | 0,3 | 1,7 | 1,6 |
| 1,9 | 2,7 | 2,3 | 2,1 | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 2,7 | 2,5 | 1,6 | 2 | 1,7 | 1,8 | 2,5 |
| 1,6 | 0,5 | 1,6 | 0,7 | 1,6 | 1,6 | 2,2 | 1,7 | 1,5 | 1,9 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | 1,2 |
| 1,7 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 2 | 1,9 | 0,5 | 0,4 | 3,5 | 0,4 | 1,5 | 2 | 1,1 | 2,7 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod |
| 1,7 | 2,6 | 1,7 | 1 | 2 | 2,2 | 1,8 | 0,6 | 2 | 1,4 | 2,3 | 2,1 | 0,8 | 0,6 |
| 2,2 | 1,5 | 1,3 | 2,4 | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 0,5 | 1,6 | 1,8 | 0,7 | 2 | 1,4 | 2,9 |
| 2,1 | 2,1 | 1,4 | 3,6 | 0,6 | 2,5 | 1 | 1,9 | 1,3 | 3 | 1,9 | 0,4 | 3,2 | 2,6 |
| 1,6 | 1 | 0,6 | 2,8 | 1 | 0,6 | 1,3 | 0,6 | 1,3 | 3,1 | 1,7 | 0,9 | 3,3 | 1,7 |
| 3,1 | 2,9 | 2 | 2,9 | 1,8 | 1,8 | 2,2 | 3,2 | 1,7 | 1,6 | 1,2 | 1,7 | 1,1 | 2,2 |
| 2 | 2,9 | 2,1 | 3,7 | 0,8 | 2,5 | 1,1 | 3,4 | 1,8 | 1 | 1,4 | 1 | 2 | 1,9 |
| 1,6 | 1,1 | 2,1 | 1 | 2,6 | 1,9 | 2,1 | 1,4 | 2 | 0,5 | 1,1 | 1,8 | 0,9 | 2,7 |
| 2,1 | 1,8 | 2 | 2,1 | 1,5 | 1,1 | 1,6 | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 1,4 | 2,5 | 1 | 0,8 |
| 1,9 | 2,2 | 1,6 | 1,9 | 1,9 | 0,9 | 2,2 | 0,7 | 0,8 | 1,6 | 2,3 | 2,2 | 0,4 | 2,2 |
| 0,6 | 0,5 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | 1,8 | 0,6 | 3,4 | 1,6 | 0,9 | 1 | 1,4 | 1 | 2,8 |
| 2,1 | 1,2 | 2,4 | 1,5 | 0,8 | 2,1 | 1,7 | 0,7 | 1,7 | 1,6 | 2,8 | 0,4 | 1,5 | 2,4 |
| 1,2 | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 1,6 | 2,2 | 0,8 | 2,3 | 2,7 | 1,8 | 0,9 | 0,3 | 1,5 | 2,3 |
| 1,7 | 2,2 | 1,8 | 2 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 2,3 | 1,9 |
| 2 | 0,8 | 1,6 | 0,7 | 2,3 | 2,8 | 1,8 | 2,1 | 3,1 | 1,6 | 2,8 | 1 | 2,1 | 1,3 |
| 1,2 | 2,2 | 1,7 | 0,8 | 2,4 | 0,7 | 1,9 | 2,8 | 2,2 | 1,4 | 1,2 | 0,5 | 2,5 | 2,3 |
| 2,2 | 0,9 | 2,5 | 2,3 | 2,5 | 2,4 | 1,7 | 2,3 | 1,8 | 0,3 | 1,8 | 1,4 | 2,1 | 1,7 |
| 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,4 | 1,8 | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 2 | 0,5 | 1 | 2,1 | 2,5 | 1,4 |
| 1,6 | 2 | 1,9 | 2,3 | 1,8 | 2,3 | 2,1 | 0,8 | 1,7 | 1,8 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 3,2 |
| 1,9 | 2,2 | 1,4 | 3,3 | 1,6 | 2,1 | 1,8 | 0,5 | 2,7 | 0,8 | 0,9 | 1,7 | 1 | 2,2 |
| 2,3 | 1,3 | 1,8 | 2 | 1,7 | 2 | 1,3 | 1,5 | 0,8 | 2,3 | 1,7 | 0,9 | 0,8 | 2,2 |
| 2,2 | 1,6 | 1,7 | 2,1 | 2 | 2 | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 3,2 | 1,4 | 2 |
| 1,1 | 1,3 | 1,1 | 2,8 | 2 | 1,8 | 1,7 | 2,1 | 1,5 | 3,5 | 1,9 | 3,1 | 1,9 | 2 |
| 1,2 | 0,6 | 1,8 | 2,7 | 1,7 | 1,7 | 1,5 | 3,1 | 1,9 | 1,4 | 1,8 | 1,4 | 2,3 | 2,4 |
| 0,4 | 1,7 | 1,7 | 2,7 | 1,4 | 1,3 | 1 | 0,5 | 2,3 | 1,4 | 2 | 1,6 | 1,6 | 2 |
| 0,4 | 1 | 1,8 | 2,2 | 2 | 1,8 | 0,5 | 1,3 | 3,2 | 1,7 | 3,2 | 0,5 | 1,8 | 1,4 |
| 0,6 | 2 | 1,6 | 2,4 | 2,6 | 3,3 | 1,8 | 0,7 | 0,7 | 2,4 | 1,5 | 0,8 | 2,5 | 1,9 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod |
| 0,6 | 2,2 | 1,7 | 2,1 | 1,2 | 0,5 | 1,9 | 0,8 | 1,7 | 1,8 | 1,3 | 0,4 | 1,5 | 2,4 |
| 0,4 | 0,4 | 1,3 | 2,2 | 1,7 | 3,1 | 1,7 | 3,5 | 1,8 | 2 | 1,2 | 0,6 | 2,4 | 1,6 |
| 1,6 | 1,6 | 2 | 1,3 | 2 | 2,9 | 1,3 | 1,9 | 3,1 | 2,2 | 0,2 | 0,8 | 1,7 | 1,1 |
| 1,8 | 2,3 | 1,7 | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,7 | 1,1 | 0,5 | 1,8 | 2,7 | 1,2 |
| 0,4 | 1,9 | 2,4 | 1,5 | 2,2 | 2,5 | 1,5 | 2,9 | 1,5 | 2,1 | 1,3 | 1,4 | 1,9 | 2,3 |
| 2,1 | 0,7 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 1,7 | 2,8 | 0,8 | 2 | 1,2 | 2,1 | 1,8 |
| 1,8 | 0,4 | 1,2 | 1,6 | 1,9 | 1,7 | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 1,7 | 1,1 | 3,1 | 1,5 | 2,3 |
| 0,4 | 0,9 | 1,6 | 1,9 | 1,6 | 2 | 2,6 | 2,3 | 0,8 | 1,4 | 2 | 2 | 0,7 | 1,9 |
| 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,3 | 1,3 | 1,3 | 3,6 | 1,6 | 2,3 | 0,9 | 2,4 | 0,8 | 1,8 |
| 1,4 | 0,6 | 0,3 | 0,7 | 1,1 | 3,6 | 1,6 | 2,3 | 1,7 | 2,2 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | 2,2 |
| 1,7 | 1,8 | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 0,9 | 1,4 | 1,6 | 2,7 | 1,8 | 1,3 | 1,8 | 2,5 | 3,9 |
| 1,3 | 1,4 | 0,2 | 2,3 | 2,2 | 1,7 | 2,4 | 2,5 | 0,4 | 2,1 | 0,5 | 2,3 | 0,9 | 1,9 |
| 1,6 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 2,3 | 2,2 | 1,2 | 0,5 | 2,4 | 2,2 | 1,4 | 0,5 | 1,1 | 1,4 |
| 1,7 | 1,9 | 1,3 | 0,5 | 2,3 | 2,6 | 1,4 | 0,3 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 1,7 | 3,3 | 3 |
| 1,4 | 2,8 | 1,7 | 3,2 | 1,9 | 2,1 | 2 | 1,2 | 3,1 | 0,4 | 1,3 | 0,9 | 1 | 1 |
| 0,7 | 1,1 | 2,7 | 1,8 | 0,6 | 2,4 | 0,8 | 0,4 | 1,7 | 2,3 | 2 | 2,6 | 3 | 2,3 |
| 1,7 | 2,8 | 2,2 | 2,5 | 1,7 | 1,7 | 1,1 | 0,9 | 0,4 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 1,7 | 3,8 |
| 1,6 | 2 | 0,3 | 2,4 | 1 | 2,1 | 1,6 | 1,9 | 0,9 | 1,9 | 0,4 | 1,9 | 1,5 | 1,4 |
| 2,2 | 0,6 | 0,7 | 2 | 2,3 | 2,3 | 0,8 | 1,7 | 2,4 | 1,9 | 1,4 | 1,6 | 2,8 | 1,4 |
| 0,8 | 1,8 | 1,4 | 2,1 | 1 | 0,9 | 0,5 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,3 | 0,9 | 3,8 | 1,1 |
| 2,8 | 1,3 | 2,1 | 2,7 | 0,5 | 2,3 | 2,4 | 2 | 1,7 | 2,2 | 0,5 | 2,7 | 0,7 | 0,8 |
| 0,6 | 1,5 | 2,6 | 1,4 | 1,5 | 2 | 1,7 | 2,1 | 2 | 1,8 | 1,3 | 2,3 | 1,6 | 2,6 |
| 2,2 | 1,4 | 1,1 | 1,3 | 2 | 2,4 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 1,8 | 1,8 | 0,4 | 1 |
| 0,5 | 1,8 | 0,9 | 2,3 | 1,9 | 1,7 | 2,2 | 2 | 2,2 | 0,6 | 1,2 | 1,6 | 2 | 1 |
| 2 | 0,5 | 0,1 | 0,4 | 0,8 | 2,5 | 1,6 | 1,7 | 2,1 | 1,9 | 0,7 | 0,5 | 2,2 | 1,6 |
| 2,2 | 1,9 | 1,6 | 1 | 1,7 | 2,4 | 1,3 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 0,3 | 1 | 2,1 | 2,7 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod | mmmd | mmod |
| 1,9 | 2,3 | 1,7 | 3,4 | 1,9 | 3,3 | 1,9 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 0,3 | 2,2 | 2,6 | 1,6 |
| 1,6 | 0,6 | 1,9 | 0,8 | 1,9 | 3,4 | 2,4 | 3 | 1,9 | 1,9 | 1,3 | 2 | 2,5 | 0,4 |
| 1,8 | 2,1 | 1,9 | 2 | 1,2 | 2,7 | 0,2 | 1,9 | 2,6 | 2,1 | 2,3 | 1,8 | 2,5 | 1,5 |
| 2 | 0,3 | 1 | 0,4 | 1,5 | 2,8 | 1,3 | 2,1 | 2,6 | 2,1 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 0,5 |
| 1,7 | 2,1 | 1,3 | 2 | 2,5 | 2 | 0,6 | 1,8 | 2,2 | 2,3 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 1 |
| 2,1 | 0,6 | 1,6 | 2,1 | 1,6 | 2 | 1,8 | 0,7 | 1,6 | 2,6 | 0,3 | 2,6 | 1,7 | 2,5 |
| 2,4 | 0,8 | 0,7 | 1,7 | 0,8 | 2,5 | 1,9 | 1,7 | 2,1 | 2 | 1,7 | 1,4 | 1,7 | 1,7 |
| 2,2 | 2 | 1,5 | 2,3 | 1,9 | 2 | 1,4 | 1,3 | 2,6 | 3,2 | 2 | 1,5 | 2,8 | 2,6 |
| 1 | 1,6 | 1,7 | 2,5 | 2,2 | 2,6 | 0,3 | 1,4 | 2,3 | 1,4 | 1,9 | 0,3 | 2,1 | 1,4 |
| 0,7 | 1,1 | 1,8 | 2,3 | 0,8 | 1,8 | 1,7 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 1,6 | 1,4 | 2,6 | 1,9 |
| 1,6 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 2,2 | 2,2 | 1 | 0,7 | 1,3 | 1 | 1,4 | 0,9 | 2,1 |
| 2,1 | 2,6 | 1,5 | 2,7 | 0,5 | 1,8 | 2,5 | 2 | 0,4 | 1,7 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 1,7 |
| 2,2 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 2,5 | 1,5 | 1,9 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 1,6 | 3 | 1,8 | 1,2 |
| 1,4 | 3,1 | 0,6 | 2 | 1,9 | 2,6 | 1,9 | 2,6 | 2,6 | 2,9 | 1,2 | 0,3 | 1,1 | 3,1 |
| 0,7 | 2 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,6 | 1,6 | 1,8 | 2,1 | 0,7 | 0,6 | 1,4 | 2,5 | 4,3 |
| 1,7 | 2 | 1,8 | 2,1 | 1,9 | 2,5 | 1,3 | 1,5 | 2,1 | 1,4 | 0,7 | 1,5 | 1,6 | 2,1 |
| 2 | 2 | 1,5 | 2 | 2 | 1,8 | 1,4 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 0,8 | 1,1 | 2,1 | 1,6 |
| 2,6 | 2,4 | 2 | 1,9 | 1,3 | 1,7 | 2 | 2,7 | 2,6 | 1,9 | 2 | 2,4 | 1,8 | 2,2 |
| 2,1 | 0,7 | 2,3 | 2,1 | 2,7 | 0,7 | 0,8 | 1,3 | 2,2 | 1 | 0,5 | 1,8 | 1,3 | 2,5 |
| 0,5 | 1,5 | 2,1 | 1,7 | 1,2 | 2 | 1,5 | 2 | 0,7 | 2,5 | 0,6 | 1,4 | 1,2 | 2,5 |
| 1,6 | 1,7 | 1,2 | 3,1 | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 1,8 | 2,1 | 2,2 | 0,8 | 2,2 | 2 | 4,1 |
| 1,8 | 0,9 | 2 | 1,4 | 2,3 | 1,1 | 0,3 | 0,6 | 3,1 | 2,3 | 1,9 | 2,2 | 1,3 | 2,4 |
| 2,2 | 2 | 2,4 | 0,7 | 2,7 | 1,7 | 1,8 | 2,5 | 2,1 | 1,4 | 1,6 | 0,5 | 0,3 | 1,5 |
| 1,8 | 1,3 | 1,5 | 1,9 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 1,4 | 2,1 | 1 | 1,6 | 2,8 | 2,6 |
| 1,5 | 2,8 | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,1 | 1,9 | 2,9 | 1 | 0,5 | 0,5 |
| 2 | 0,5 | 2,4 | 1,7 | 0,3 | 2,2 | 1,5 | 3,6 | 2,4 | 2,9 | 1,2 | 3,3 | 3,9 | 0,9 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod |
| 1,8 | 1,9 | 1,8 | 2,4 | 1,5 | 3,4 | 2,1 | 1,3 | 1,1 | 1,9 | 2 | 2,2 | 2,5 | 0,7 |
| 1,1 | 1,7 | 1,2 | 1,8 | 2 | 1,5 | 2 | 1,5 | 2,8 | 3,1 | 1,9 | 1,3 | 2,1 | 1,5 |
| 0,9 | 0,7 | 0,8 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 0,4 | 1,7 | 2,2 | 1,3 | 2 | 0,6 | 1,4 | 1,4 |
| 1,7 | 2,1 | 0,9 | 1,2 | 1,6 | 0,7 | 2 | 0,6 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 0,1 | 1,8 | 1,8 |
| 1,2 | 0,6 | 1,9 | 2,1 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 1,9 | 2 | 2 | 1,8 | 0,6 | 2,2 |
| 1,6 | 0,6 | 2,3 | 0,7 | 1,6 | 3 | 0,4 | 0,7 | 1,6 | 1,2 | 1,4 | 1,8 | 2,1 | 2,1 |
| 2 | 2,5 | 0,4 | 1,7 | 1,6 | 2 | 0,2 | 1,7 | 1 | 1,5 | 0,9 | 1,4 | 2 | 2,6 |
| 0,6 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 2 | 2,3 | 2,6 | 0,5 | 1,5 | 3,2 |
| 0,5 | 1,4 | 0,5 | 1,7 | 2 | 2,1 | 2 | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,8 | 2,3 |
| 1,6 | 1,8 | 2,7 | 1,8 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 0,6 | 0,6 | 2 | 0,6 | 0,4 | 3,2 | 2,5 |
| 2,2 | 0,4 | 0,7 | 2,3 | 0,6 | 2,6 | 2,1 | 0,3 | 1,5 | 0,9 | 2,8 | 2,6 | 0,9 | 3,3 |
| 1,7 | 1,8 | 2,5 | 0,4 | 2,2 | 2,4 | 2,9 | 2,9 | 1,7 | 1,4 | 0,3 | 2,2 | 1,8 | 2 |
| 1,8 | 2,3 | 1,9 | 2,2 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2 | 2,2 | 1 | 0,6 | 2,8 | 2,7 | 2,1 |
| 1,7 | 0,5 | 2,1 | 2,5 | 0,4 | 1,6 | 1,7 | 2 | 0,2 | 1,4 | 2,2 | 1,3 | 1,7 | 2,4 |
| 2 | 1,1 | 1,2 | 2,5 | 2,3 | 2,9 | 1,6 | 3,3 | 2,3 | 1,3 | 0,6 | 1,6 | 1,9 | 4,1 |
| 1,9 | 1,1 | 2 | 2,8 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 2,2 | 1,3 | 0,9 | 1 | 2,8 | 1,6 | 0,8 |
| 1,8 | 1 | 2,2 | 2,9 | 2,6 | 1,2 | 2,4 | 2,1 | 1,3 | 1,1 | 1 | 2,4 | 1,9 | 0,5 |
| 1,7 | 1,7 | 1,4 | 2,4 | 1,7 | 0,6 | 2 | 0,6 | 2,4 | 1 | 1,5 | 0,4 | 0,8 | 1,7 |
| 2,2 | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 1,9 | 2,8 | 2,6 | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 2 | 0,3 | 1,7 | 1,6 |
| 1,9 | 2,7 | 2,3 | 2,1 | 1,5 | 2,3 | 1,8 | 2,7 | 2,5 | 1,6 | 2 | 1,7 | 1,8 | 2,5 |
| 1,6 | 0,5 | 1,6 | 0,7 | 1,6 | 1,6 | 2,2 | 1,7 | 1,5 | 1,9 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | 1,2 |
| 1,7 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 2 | 1,9 | 0,5 | 0,4 | 3,5 | 0,4 | 1,5 | 2 | 1,1 | 2,7 |
| 1,7 | 2,6 | 1,7 | 1 | 2 | 2,2 | 1,8 | 0,6 | 2 | 1,4 | 2,3 | 2,1 | 0,8 | 0,6 |
| 2,2 | 1,5 | 1,3 | 2,4 | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 0,5 | 1,6 | 1,8 | 0,7 | 2 | 1,4 | 2,9 |
| 2,1 | 2,1 | 1,4 | 3,6 | 0,6 | 2,5 | 1 | 1,9 | 1,3 | 3 | 1,9 | 0,4 | 3,2 | 2,6 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod |
| 1,6 | 1 | 0,6 | 2,8 | 1 | 0,6 | 1,3 | 0,6 | 1,3 | 3,1 | 1,7 | 0,9 | 3,3 | 1,7 |
| 3,1 | 2,9 | 2 | 2,9 | 1,8 | 1,8 | 2,2 | 3,2 | 1,7 | 1,6 | 1,2 | 1,7 | 1,1 | 2,2 |
| 2 | 2,9 | 2,1 | 3,7 | 0,8 | 2,5 | 1,1 | 3,4 | 1,8 | 1 | 1,4 | 1 | 2 | 1,9 |
| 1,6 | 1,1 | 2,1 | 1 | 2,6 | 1,9 | 2,1 | 1,4 | 2 | 0,5 | 1,1 | 1,8 | 0,9 | 2,7 |
| 2,1 | 1,8 | 2 | 2,1 | 1,5 | 1,1 | 1,6 | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 1,4 | 2,5 | 1 | 0,8 |
| 1,9 | 2,2 | 1,6 | 1,9 | 1,9 | 0,9 | 2,2 | 0,7 | 0,8 | 1,6 | 2,3 | 2,2 | 0,4 | 2,2 |
| 0,6 | 0,5 | 2,1 | 1,9 | 2,6 | 1,8 | 0,6 | 3,4 | 1,6 | 0,9 | 1 | 1,4 | 1 | 2,8 |
| 2,1 | 1,2 | 2,4 | 1,5 | 0,8 | 2,1 | 1,7 | 0,7 | 1,7 | 1,6 | 2,8 | 0,4 | 1,5 | 2,4 |
| 1,2 | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 1,6 | 2,2 | 0,8 | 2,3 | 2,7 | 1,8 | 0,9 | 0,3 | 1,5 | 2,3 |
| 1,7 | 2,2 | 1,8 | 2 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 2,3 | 1,9 |
| 2 | 0,8 | 1,6 | 0,7 | 2,3 | 2,8 | 1,8 | 2,1 | 3,1 | 1,6 | 2,8 | 1 | 2,1 | 1,3 |
| 1,2 | 2,2 | 1,7 | 0,8 | 2,4 | 0,7 | 1,9 | 2,8 | 2,2 | 1,4 | 1,2 | 0,5 | 2,5 | 2,3 |
| 2,2 | 0,9 | 2,5 | 2,3 | 2,5 | 2,4 | 1,7 | 2,3 | 1,8 | 0,3 | 1,8 | 1,4 | 2,1 | 1,7 |
| 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,4 | 1,8 | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 2 | 0,5 | 1 | 2,1 | 2,5 | 1,4 |
| 1,6 | 2 | 1,9 | 2,3 | 1,8 | 2,3 | 2,1 | 0,8 | 1,7 | 1,8 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 3,2 |
| 1,9 | 2,2 | 1,4 | 3,3 | 1,6 | 2,1 | 1,8 | 0,5 | 2,7 | 0,8 | 0,9 | 1,7 | 1 | 2,2 |
| 2,3 | 1,3 | 1,8 | 2 | 1,7 | 2 | 1,3 | 1,5 | 0,8 | 2,3 | 1,7 | 0,9 | 0,8 | 2,2 |
| 2,2 | 1,6 | 1,7 | 2,1 | 2 | 2 | 1,2 | 0,9 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 3,2 | 1,4 | 2 |
| 1,1 | 1,3 | 1,1 | 2,8 | 2 | 1,8 | 1,7 | 2,1 | 1,5 | 3,5 | 1,9 | 3,1 | 1,9 | 2 |
| 1,2 | 0,6 | 1,8 | 2,7 | 1,7 | 1,7 | 1,5 | 3,1 | 1,9 | 1,4 | 1,8 | 1,4 | 2,3 | 2,4 |
| 0,4 | 1,7 | 1,7 | 2,7 | 1,4 | 1,3 | 1 | 0,5 | 2,3 | 1,4 | 2 | 1,6 | 1,6 | 2 |
| 0,4 | 1 | 1,8 | 2,2 | 2 | 1,8 | 0,5 | 1,3 | 3,2 | 1,7 | 3,2 | 0,5 | 1,8 | 1,4 |
| 0,6 | 2 | 1,6 | 2,4 | 2,6 | 3,3 | 1,8 | 0,7 | 0,7 | 2,4 | 1,5 | 0,8 | 2,5 | 1,9 |
| 0,6 | 2,2 | 1,7 | 2,1 | 1,2 | 0,5 | 1,9 | 0,8 | 1,7 | 1,8 | 1,3 | 0,4 | 1,5 | 2,4 |
| 0,4 | 0,4 | 1,3 | 2,2 | 1,7 | 3,1 | 1,7 | 3,5 | 1,8 | 2 | 1,2 | 0,6 | 2,4 | 1,6 |
| 1,6 | 1,6 | 2 | 1,3 | 2 | 2,9 | 1,3 | 1,9 | 3,1 | 2,2 | 0,2 | 0,8 | 1,7 | 1,1 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod |
| 1,8 | 2,3 | 1,7 | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,7 | 1,1 | 0,5 | 1,8 | 2,7 | 1,2 |
| 0,4 | 1,9 | 2,4 | 1,5 | 2,2 | 2,5 | 1,5 | 2,9 | 1,5 | 2,1 | 1,3 | 1,4 | 1,9 | 2,3 |
| 2,1 | 0,7 | 2,5 | 2,1 | 1,7 | 2,2 | 1,6 | 1,7 | 2,8 | 0,8 | 2 | 1,2 | 2,1 | 1,8 |
| 1,8 | 0,4 | 1,2 | 1,6 | 1,9 | 1,7 | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 1,7 | 1,1 | 3,1 | 1,5 | 2,3 |
| 0,4 | 0,9 | 1,6 | 1,9 | 1,6 | 2 | 2,6 | 2,3 | 0,8 | 1,4 | 2 | 2 | 0,7 | 1,9 |
| 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,3 | 1,3 | 1,3 | 3,6 | 1,6 | 2,3 | 0,9 | 2,4 | 0,8 | 1,8 |
| 1,4 | 0,6 | 0,3 | 0,7 | 1,1 | 3,6 | 1,6 | 2,3 | 1,7 | 2,2 | 0,9 | 0,5 | 2,3 | 2,2 |
| 1,7 | 1,8 | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 0,9 | 1,4 | 1,6 | 2,7 | 1,8 | 1,3 | 1,8 | 2,5 | 3,9 |
| 1,3 | 1,4 | 0,2 | 2,3 | 2,2 | 1,7 | 2,4 | 2,5 | 0,4 | 2,1 | 0,5 | 2,3 | 0,9 | 1,9 |
| 1,6 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 2,3 | 2,2 | 1,2 | 0,5 | 2,4 | 2,2 | 1,4 | 0,5 | 1,1 | 1,4 |
| 1,7 | 1,9 | 1,3 | 0,5 | 2,3 | 2,6 | 1,4 | 0,3 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 1,7 | 3,3 | 3 |
| 1,4 | 2,8 | 1,7 | 3,2 | 1,9 | 2,1 | 2 | 1,2 | 3,1 | 0,4 | 1,3 | 0,9 | 1 | 1 |
| 0,7 | 1,1 | 2,7 | 1,8 | 0,6 | 2,4 | 0,8 | 0,4 | 1,7 | 2,3 | 2 | 2,6 | 3 | 2,3 |
| 1,7 | 2,8 | 2,2 | 2,5 | 1,7 | 1,7 | 1,1 | 0,9 | 0,4 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 1,7 | 3,8 |
| 1,6 | 2 | 0,3 | 2,4 | 1 | 2,1 | 1,6 | 1,9 | 0,9 | 1,9 | 0,4 | 1,9 | 1,5 | 1,4 |
| 2,2 | 0,6 | 0,7 | 2 | 2,3 | 2,3 | 0,8 | 1,7 | 2,4 | 1,9 | 1,4 | 1,6 | 2,8 | 1,4 |
| 0,8 | 1,8 | 1,4 | 2,1 | 1 | 0,9 | 0,5 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,3 | 0,9 | 3,8 | 1,1 |
| 2,8 | 1,3 | 2,1 | 2,7 | 0,5 | 2,3 | 2,4 | 2 | 1,7 | 2,2 | 0,5 | 2,7 | 0,7 | 0,8 |
| 0,6 | 1,5 | 2,6 | 1,4 | 1,5 | 2 | 1,7 | 2,1 | 2 | 1,8 | 1,3 | 2,3 | 1,6 | 2,6 |
| 2,2 | 1,4 | 1,1 | 1,3 | 2 | 2,4 | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 2,2 | 1,8 | 1,8 | 0,4 | 1 |
| 0,5 | 1,8 | 0,9 | 2,3 | 1,9 | 1,7 | 2,2 | 2 | 2,2 | 0,6 | 1,2 | 1,6 | 2 | 1 |
| 2 | 0,5 | 0,1 | 0,4 | 0,8 | 2,5 | 1,6 | 1,7 | 2,1 | 1,9 | 0,7 | 0,5 | 2,2 | 1,6 |
| 2,2 | 1,9 | 1,6 | 1 | 1,7 | 2,4 | 1,3 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 0,3 | 1 | 2,1 | 2,7 |
| 1,9 | 2,3 | 1,7 | 3,4 | 1,9 | 3,3 | 1,9 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 0,3 | 2,2 | 2,6 | 1,6 |
| 1,6 | 0,6 | 1,9 | 0,8 | 1,9 | 3,4 | 2,4 | 3 | 1,9 | 1,9 | 1,3 | 2 | 2,5 | 0,4 |
| 1,8 | 2,1 | 1,9 | 2 | 1,2 | 2,7 | 0,2 | 1,9 | 2,6 | 2,1 | 2,3 | 1,8 | 2,5 | 1,5 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod | ommd | omod |
| 2 | 0,3 | 1 | 0,4 | 1,5 | 2,8 | 1,3 | 2,1 | 2,6 | 2,1 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 0,5 |
| 1,7 | 2,1 | 1,3 | 2 | 2,5 | 2 | 0,6 | 1,8 | 2,2 | 2,3 | 1,5 | 1,8 | 1,8 | 1 |
| 2,1 | 0,6 | 1,6 | 2,1 | 1,6 | 2 | 1,8 | 0,7 | 1,6 | 2,6 | 0,3 | 2,6 | 1,7 | 2,5 |
| 2,4 | 0,8 | 0,7 | 1,7 | 0,8 | 2,5 | 1,9 | 1,7 | 2,1 | 2 | 1,7 | 1,4 | 1,7 | 1,7 |
| 2,2 | 2 | 1,5 | 2,3 | 1,9 | 2 | 1,4 | 1,3 | 2,6 | 3,2 | 2 | 1,5 | 2,8 | 2,6 |
| 1 | 1,6 | 1,7 | 2,5 | 2,2 | 2,6 | 0,3 | 1,4 | 2,3 | 1,4 | 1,9 | 0,3 | 2,1 | 1,4 |
| 0,7 | 1,1 | 1,8 | 2,3 | 0,8 | 1,8 | 1,7 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 1,6 | 1,4 | 2,6 | 1,9 |
| 1,6 | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 2,2 | 2,2 | 1 | 0,7 | 1,3 | 1 | 1,4 | 0,9 | 2,1 |
| 2,1 | 2,6 | 1,5 | 2,7 | 0,5 | 1,8 | 2,5 | 2 | 0,4 | 1,7 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 1,7 |
| 2,2 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 2,5 | 1,5 | 1,9 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 1,6 | 3 | 1,8 | 1,2 |
| 1,4 | 3,1 | 0,6 | 2 | 1,9 | 2,6 | 1,9 | 2,6 | 2,6 | 2,9 | 1,2 | 0,3 | 1,1 | 3,1 |
| 0,7 | 2 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,6 | 1,6 | 1,8 | 2,1 | 0,7 | 0,6 | 1,4 | 2,5 | 4,3 |
| 1,7 | 2 | 1,8 | 2,1 | 1,9 | 2,5 | 1,3 | 1,5 | 2,1 | 1,4 | 0,7 | 1,5 | 1,6 | 2,1 |
| 2 | 2 | 1,5 | 2 | 2 | 1,8 | 1,4 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 0,8 | 1,1 | 2,1 | 1,6 |
| 2,6 | 2,4 | 2 | 1,9 | 1,3 | 1,7 | 2 | 2,7 | 2,6 | 1,9 | 2 | 2,4 | 1,8 | 2,2 |
| 2,1 | 0,7 | 2,3 | 2,1 | 2,7 | 0,7 | 0,8 | 1,3 | 2,2 | 1 | 0,5 | 1,8 | 1,3 | 2,5 |
| 0,5 | 1,5 | 2,1 | 1,7 | 1,2 | 2 | 1,5 | 2 | 0,7 | 2,5 | 0,6 | 1,4 | 1,2 | 2,5 |
| 1,6 | 1,7 | 1,2 | 3,1 | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 1,8 | 2,1 | 2,2 | 0,8 | 2,2 | 2 | 4,1 |
| 1,8 | 0,9 | 2 | 1,4 | 2,3 | 1,1 | 0,3 | 0,6 | 3,1 | 2,3 | 1,9 | 2,2 | 1,3 | 2,4 |
| 2,2 | 2 | 2,4 | 0,7 | 2,7 | 1,7 | 1,8 | 2,5 | 2,1 | 1,4 | 1,6 | 0,5 | 0,3 | 1,5 |
| 1,8 | 1,3 | 1,5 | 1,9 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 1,4 | 2,1 | 1 | 1,6 | 2,8 | 2,6 |
| 1,5 | 2,8 | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,1 | 1,9 | 2,9 | 1 | 0,5 | 0,5 |
| 2 | 0,5 | 2,4 | 1,7 | 0,3 | 2,2 | 1,5 | 3,6 | 2,4 | 2,9 | 1,2 | 3,3 | 3,9 | 0,9 |

Tab. 145 Daten zu den Samengewichte (mg) von Samen von Seitenknospen (Nach Abdeckung mit Tüten und ohne) als Grundlage für Tab. 65 / Abb. 62 und Abb. 63

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|------|--------------|------|--------------|------|-----------|------|---------------|------|------------|------|--------------|------|
| ohne Tüte | Tüte | ohne Tüte | Tüte | ohne Tüte | Tüte | ohne Tüte | Tüte | ohne Tüte | Tüte | ohne Tüte | Tüte | ohne Tüte | Tüte |
| 0,9 | 2,6 | 1,7 | 0,2 | 2,0 | 0,3 | 2,7 | 0,1 | 2,0 | 0,4 | 0,6 | 0,3 | 1,9 | 0,3 |
| 1,0 | 0,2 | 1,4 | 0,3 | 1,7 | 0,5 | 1,6 | 0,2 | 1,5 | 0,7 | 1,7 | 0,4 | 3,0 | 0,4 |
| 2,3 | 0,8 | 3,5 | 0,3 | 2,0 | 1,0 | 1,8 | 0,9 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 2,9 | 0,1 |
| 0,6 | 0,2 | 2,0 | 0,1 | 2,2 | 0,5 | 2,5 | 0,6 | 0,4 | 1,3 | 2,0 | 2,7 | 0,6 | 1,4 |
| 1,8 | 0,9 | 2,0 | 0,7 | 1,4 | 0,2 | 0,6 | 0,8 | 1,4 | 1,7 | 1,6 | 0,2 | 1,8 | 0,7 |
| 0,7 | 0,9 | 1,8 | 1,0 | 0,5 | 0,4 | 2,3 | 1,1 | 2,2 | 0,4 | 1,2 | 1,1 | 0,7 | 0,3 |
| 2,9 | 0,6 | 1,6 | 0,7 | 3,3 | 0,5 | 1,2 | 0,5 | 1,8 | 0,9 | 2,4 | 0,9 | 2,4 | 1,2 |
| 0,4 | 0,5 | 2,6 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 2,0 | 0,2 | 2,2 | 0,4 | 2,5 | 0,3 | 0,7 | 0,6 |
| 2,1 | 1,0 | 0,9 | 0,6 | 2,9 | 0,5 | 1,6 | 0,3 | 1,8 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 3,4 | 0,6 |
| 1,0 | 0,3 | 0,8 | 1,1 | 1,7 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 1,6 | 1,0 |
| 0,4 | 0,8 | 1,6 | 0,5 | 1,8 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 |
| 1,3 | 0,7 | 1,7 | 1,1 | 2,0 | 0,7 | 1,3 | 0,7 | 1,0 | 0,1 | 2,6 | 0,6 | 2,5 | 0,9 |
| 1,9 | 0,9 | 1,4 | 0,2 | 1,5 | 1,0 | 1,8 | 0,5 | 2,4 | 0,4 | 1,3 | 0,8 | 0,3 | 0,7 |
| 1,5 | 0,5 | 1,5 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 2,0 | 0,7 | 1,6 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 2,7 | 1,2 |
| 1,8 | 0,4 | 0,7 | 0,5 | 2,7 | 0,5 | 1,9 | 0,8 | 2,5 | 0,6 | 2,0 | 0,6 | 1,9 | 0,5 |
| 1,4 | 0,8 | 1,9 | 0,5 | 1,1 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 1,7 | 0,3 | 1,3 | 0,3 | 1,6 | 0,7 |
| 2,2 | 0,6 | 1,1 | 0,1 | 0,8 | 0,5 | 1,2 | 0,9 | 1,6 | 0,8 | 1,8 | 0,7 | 1,8 | 1,3 |
| 0,9 | 0,3 | 0,7 | 0,9 | 2,2 | 0,7 | 2,5 | 0,3 | 1,7 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 1,4 | 0,4 |
| 1,5 | 0,8 | 2,0 | 0,6 | 2,9 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 1,4 | 0,1 | 0,6 | 0,7 | 1,3 | 0,7 |
| 1,3 | 0,9 | 2,5 | 0,4 | 0,8 | 0,7 | 2,0 | 0,5 | 0,3 | 0,9 | 1,8 | 0,3 | 3,3 | 0,7 |
| 3,7 | 0,6 | 2,2 | 0,3 | 2,9 | 0,2 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | 0,4 | 1,8 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| 0,8 | 0,7 | 1,8 | 0,5 | 1,6 | 0,4 | 2,3 | 0,4 | 1,4 | 0,7 | 2,1 | 1,1 | 1,6 | 0,8 |
| 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 2,2 | 0,7 | 2,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 1,7 | 0,2 | 2,2 | 0,8 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|-----|--------------|-----|--------------|-----|----------|-----|---------------|-----|------------|-----|--------------|-----|
| 2,6 | 0,6 | 3,1 | 1,1 | 1,4 | 0,8 | 2,1 | 0,2 | 1,4 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 0,5 |
| 1,7 | 0,7 | 1,7 | 0,6 | 2,2 | 0,6 | 1,8 | 0,6 | 1,5 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 1,9 | 0,8 |
| 0,8 | 0,7 | 1,7 | 0,8 | 2,7 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1,7 | 0,3 | 2,1 | 0,8 | 0,0 | 0,5 |
| 0,4 | 0,6 | 1,0 | 0,4 | 1,7 | 0,8 | 0,1 | 0,6 | 1,2 | 0,4 | 1,8 | 0,4 | 2,0 | 0,5 |
| 2,7 | 0,5 | 2,3 | 0,5 | 2,3 | 0,3 | 2,5 | 0,4 | 0,6 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 0,4 | 0,5 |
| 0,6 | 0,5 | 2,5 | 0,7 | 2,6 | 0,7 | 0,3 | 0,7 | 2,8 | 0,8 | 2,2 | 0,3 | 2,4 | 0,8 |
| 0,9 | 0,8 | 3,4 | 0,7 | 2,3 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 1,8 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 1,8 | 0,5 |
| 1,5 | 0,5 | 0,5 | 1,3 | 2,3 | 0,3 | 1,8 | 0,7 | 1,7 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 2,0 | 1,0 |
| 1,8 | 0,4 | 1,8 | 0,6 | 1,3 | 1,0 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 1,5 | 0,8 | 1,6 | 0,4 |
| 1,7 | 0,5 | 3,3 | 0,2 | 2,9 | 0,6 | 2,5 | 0,8 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 2,1 | 1,1 |
| 2,4 | 1,0 | 3,8 | 0,5 | 2,3 | 0,2 | 1,7 | 0,6 | 2,1 | 0,5 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 0,5 |
| 1,3 | 0,2 | 1,9 | 0,2 | 0,7 | 1,0 | 1,9 | 0,8 | 1,7 | 0,5 | 0,4 | 1,0 | 4,1 | 1,1 |
| 1,1 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 2,0 | 0,2 | 1,5 | 0,4 | 0,3 | 0,9 | 1,3 | 0,6 | 1,9 | 0,7 |
| 0,8 | 0,7 | 2,1 | 0,3 | 1,6 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 2,0 | 0,5 | 1,8 | 0,7 | 2,0 | 0,2 |
| 1,5 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 2,2 | 0,2 | 2,3 | 1,0 | 1,5 | 1,1 | 2,0 | 0,4 | 1,4 | 0,9 |
| 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 1,3 | 0,8 | 1,8 | 1,1 | 1,4 | 0,8 |
| 1,1 | 0,9 | 1,8 | 1,0 | 1,5 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 2,0 | 0,5 | 2,2 | 0,4 | 1,7 | 1,1 |
| 1,3 | 1,0 | 2,2 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 0,4 | 0,1 | 0,7 | 2,0 | 1,2 |
| 1,7 | 0,7 | 1,8 | 0,1 | 2,2 | 0,4 | 2,2 | 0,4 | 2,8 | 0,7 | 1,8 | 0,4 | 1,5 | 0,5 |
| 2,3 | 0,6 | 3,3 | 0,2 | 2,6 | 0,4 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,6 | 2,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| 1,1 | 0,1 | 2,9 | 1,1 | 2,1 | 0,4 | 1,8 | 0,2 | 0,3 | 0,9 | 0,6 | 0,7 | 3,7 | 1,0 |
| 0,6 | 0,2 | 1,2 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 1,7 | 0,9 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 1,8 | 1,1 |
| 1,5 | 0,8 | 2,4 | 0,7 | 3,1 | 1,3 | 1,9 | 0,9 | 1,8 | 0,7 | 1,4 | 0,4 | 2,8 | 1,1 |
| 0,8 | 0,5 | 2,3 | 0,9 | 2,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 2,0 | 0,3 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 0,6 |
| 0,8 | 0,7 | 1,7 | 1,1 | 2,5 | 0,3 | 3,4 | 0,7 | 1,8 | 0,4 | 1,9 | 0,2 | 1,3 | 1,0 |
| 0,5 | 0,7 | 2,0 | 0,6 | 2,2 | 0,6 | 2,4 | 0,5 | 2,1 | 0,6 | 2,3 | 1,1 | 0,2 | 0,7 |
| 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 2,5 | 0,6 | 1,8 | 0,4 | 1,8 | 0,5 | 2,4 | 0,3 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|-----|--------------|-----|--------------|-----|----------|-----|---------------|-----|------------|-----|--------------|-----|
| 1,0 | 0,5 | 2,4 | 0,9 | 2,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 2,4 | 0,3 | 2,5 | 0,7 |
| 2,1 | 1,0 | 2,1 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 1,6 | 0,3 | 1,1 | 0,6 | 1,4 | 0,8 | 1,9 | 0,9 |
| 2,2 | 0,3 | 0,8 | 0,4 | 1,1 | 0,1 | 1,9 | 0,5 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 2,0 | 1,0 |
| 1,5 | 0,6 | 2,6 | 1,6 | 3,0 | 0,5 | 3,2 | 0,3 | 1,8 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 2,0 | 1,0 |
| 2,7 | 1,5 | 2,0 | 0,3 | 2,0 | 0,4 | 2,2 | 1,1 | 1,9 | 0,7 | 0,4 | 0,8 | 1,9 | 0,6 |
| 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 0,4 | 0,3 | 1,8 | 0,5 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,6 | 1,3 |
| 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1,1 | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 1,7 | 0,8 | 1,8 | 0,6 | 0,8 | 0,5 |
| 0,9 | 0,7 | 3,4 | 0,7 | 2,0 | 0,6 | 1,7 | 0,8 | 2,3 | 0,7 | 2,4 | 0,5 | 0,1 | 1,0 |
| 0,5 | 0,3 | 1,8 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 2,0 | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 1,4 | 0,4 | 2,0 | 0,3 |
| 1,2 | 0,7 | 2,6 | 1,0 | 0,5 | 0,4 | 1,3 | 0,5 | 1,4 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 2,3 | 0,9 |
| 3,3 | 0,2 | 1,2 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 1,8 | 0,6 | 1,5 | 0,4 | 1,7 | 1,1 |
| 0,8 | 1,0 | 2,2 | 0,7 | 2,4 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,9 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 1,5 | 0,8 |
| 1,8 | 0,5 | 1,4 | 0,6 | 1,2 | 0,2 | 2,2 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 2,5 | 0,8 | 2,6 | 1,0 |
| 0,3 | 0,5 | 2,9 | 0,3 | 1,8 | 0,5 | 1,7 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 1,2 | 0,5 |
| 0,1 | 0,7 | 1,1 | 0,5 | 1,8 | 0,4 | 2,2 | 0,6 | 1,0 | 0,6 | 1,7 | 0,7 | 3,2 | 1,1 |
| 0,7 | 0,7 | 1,7 | 0,6 | 2,9 | 0,4 | 1,7 | 0,8 | 1,6 | 0,7 | 1,1 | 0,5 | 1,7 | 0,5 |
| 1,2 | 0,7 | 2,4 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 2,0 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 2,3 | 0,7 |
| 1,0 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 1,9 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 1,6 | 0,2 | 2,1 | 0,6 | 1,0 | 0,5 |
| 1,7 | 0,8 | 2,5 | 0,4 | 2,1 | 0,7 | 1,8 | 0,6 | 1,7 | 0,4 | 1,6 | 0,9 | 1,9 | 1,0 |
| 1,4 | 0,6 | 2,5 | 0,3 | 1,0 | 0,5 | 1,9 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 1,9 | 0,5 | 0,7 | 0,5 |
| 1,1 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 2,2 | 0,6 | 1,8 | 0,4 | 2,2 | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 2,4 | 0,9 |
| 1,1 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 1,4 | 0,4 | 2,1 | 0,5 | 1,6 | 0,5 | 1,9 | 0,8 | 0,8 | 0,7 |
| 2,1 | 0,5 | 1,7 | 1,2 | 0,4 | 0,5 | 1,4 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 2,8 | 0,2 | 1,0 | 0,6 |
| 2,9 | 3,4 | 1,7 | 0,5 | 1,9 | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 1,9 | 1,0 | 1,9 | 1,0 | 0,4 | 1,2 |
| 1,2 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 1,6 | 0,2 | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 1,4 | 0,5 | 0,3 | 0,3 |
| 2,2 | 0,9 | 0,3 | 0,9 | 1,8 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 1,9 | 0,7 | 1,6 | 0,3 | 1,6 | 0,7 |
| 0,7 | 1,6 | 2,6 | 0,3 | 1,1 | 0,7 | 2,1 | 0,4 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 0,7 | 1,9 | 1,1 |

| DACHSHOLZ | | FREINHAUSEN1 | | FREINHAUSEN2 | | FREISING | | HEINRICHSHEIM | | HÖRZHAUSEN | | ZENSI-SCHÜTT | |
|-----------|-----|--------------|-----|--------------|-----|----------|-----|---------------|-----|------------|-----|--------------|-----|
| 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 2,8 | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 2,1 | 0,9 | 0,5 | 0,8 | 1,7 | 0,6 |
| 2,3 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 2,7 | 0,2 | 0,9 | 0,6 | 1,0 | 0,7 | 1,8 | 0,9 | 1,8 | 0,5 |
| 1,8 | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 2,4 | 0,9 | 2,1 | 0,5 | 0,4 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,9 |
| 1,4 | 1,2 | 1,2 | 0,7 | 2,3 | 0,5 | 2,2 | 0,8 | 0,6 | 0,2 | 2,0 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| 1,6 | 0,5 | 2,4 | 0,5 | 1,1 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 2,2 | 2,1 | 0,5 | 0,7 | 2,0 | 0,7 |
| 1,5 | 0,7 | 0,2 | 0,7 | 1,9 | 0,3 | 2,5 | 0,3 | 1,6 | 0,5 | 1,5 | 0,9 | 1,9 | 0,8 |
| 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 1,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,7 |
| 1,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 2,2 | 0,5 | 2,1 | 0,7 | 2,0 | 0,8 | 0,8 | 0,7 |
| 1,1 | 0,8 | 2,1 | 0,3 | 1,1 | 0,9 | 1,3 | 0,9 | 2,1 | 0,3 | 2,1 | 0,7 | 2,2 | 1,2 |
| 0,2 | 0,8 | 2,1 | 0,4 | 1,6 | 0,4 | 1,7 | 0,4 | 3,0 | 0,4 | 1,8 | 1,0 | 2,1 | 0,8 |
| 1,1 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 3,2 | 0,3 | 1,7 | 0,7 | 1,2 | 0,5 | 1,5 | 0,6 | 2,1 | 0,3 |
| 0,5 | 0,4 | 2,5 | 0,6 | 2,7 | 0,4 | 1,8 | 0,6 | 1,8 | 0,5 | 1,5 | 0,3 | 1,0 | 1,0 |
| 1,2 | 1,0 | 1,9 | 0,3 | 2,4 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 1,9 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 2,1 | 0,7 |
| 0,4 | 0,8 | 0,3 | 1,0 | 2,0 | 0,3 | 1,7 | 0,8 | 1,4 | 0,9 | 1,8 | 0,3 | 2,5 | 1,1 |
| 2,3 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 2,1 | 0,5 | 2,3 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 1,3 | 1,8 | 0,9 |
| 0,4 | 0,9 | 0,5 | 0,3 | 2,7 | 0,6 | 1,1 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 2,8 | 0,3 | 2,0 | 0,6 |
| 0,6 | 0,3 | 2,9 | 0,9 | 1,9 | 0,6 | 1,9 | 1,0 | 1,4 | 0,4 | 2,2 | 0,3 | 1,5 | 0,6 |
| 0,9 | 0,7 | 4,0 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 1,9 | 0,1 | 2,4 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 2,3 | 1,3 |
| 0,7 | 0,9 | 1,2 | 0,2 | 0,6 | 0,5 | 1,8 | 0,5 | 2,3 | 0,6 | 1,9 | 0,6 | 3,7 | 0,6 |
| 2,3 | 0,3 | 1,7 | 0,1 | 1,6 | 0,4 | 1,8 | 0,8 | 1,8 | 2,0 | 1,5 | 0,4 | 0,5 | 0,2 |
| 1,0 | 0,4 | 2,0 | 0,8 | 2,5 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 0,4 | 2,4 | 0,8 |
| 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,6 |
| 3,4 | 0,7 | 1,5 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 2,1 | 0,5 | 0,4 | 0,9 | 0,7 | 0,8 |

Tab. 146 Daten zu Parametern der Topferde 15.8.1999 / Mittelwerte der einzelnen Behandlungen s. Tab. 62

| BEHANDLUNG | ORT | PARAMETER | | | | |
|------------|---------------|-----------|---------------------|---|--|-------------|
| | | pH | N _{GES.} % | P _{GES.} / P ₂ O ₅ (mg/kg) | K _{GES.} / K ₂ O (mg/kg) | ORG-SUBST % |
| mmmd | Dachsholz | 6,1 | 1,02 | 150 | 110 | 84,1 |
| | Heinrichsheim | 6,0 | 1,03 | 180 | 130 | 87,3 |
| | Zensi-Schütt | 6,1 | 0,99 | 260 | 120 | 82,7 |
| | Freinhausen1 | 6,0 | 1,02 | 260 | 160 | 83,2 |
| | Freinhausen2 | 6,0 | 1,02 | 310 | 230 | 83,2 |
| | Hörzhausen | 6,0 | 1,02 | 220 | 220 | 83,4 |
| | Freising | 5,9 | 1,03 | 190 | 100 | 83,5 |
| mmod | Dachsholz | 6,1 | 0,91 | 80 | 40 | 80,5 |
| | Heinrichsheim | 5,9 | 0,92 | 80 | 70 | 80,4 |
| | Freinhausen1 | 5,9 | 1,10 | 70 | 50 | 90,4 |
| | Freinhausen2 | 6,1 | 1,08 | 60 | 60 | 89,7 |
| | Hörzhausen | 6,5 | 1,10 | 90 | 50 | 89,8 |
| | Freising | 7,0 | 1,07 | 60 | 40 | 81,3 |
| | Zensi-Schütt | 6,4 | 1,10 | 100 | 60 | 89,3 |
| ommd | Dachsholz | 5,7 | 1,00 | 340 | 240 | 83,6 |
| | Heinrichsheim | 6,2 | 0,97 | 170 | 80 | 83,6 |
| | Zensi-Schütt | 5,7 | 1,02 | 180 | 70 | 83,7 |
| | Freinhausen1 | 5,8 | 1,01 | 190 | 100 | 84,2 |
| | Freinhausen2 | 6,0 | 0,99 | 250 | 190 | 83,1 |
| | Hörzhausen | 5,9 | 1,00 | 160 | 110 | 83,5 |
| | Freising | 6,0 | 1,01 | 170 | 90 | 83,5 |
| omod | Dachsholz | 5,9 | 1,03 | 80 | 60 | 84,1 |
| | | 5,8 | 1,02 | 60 | 40 | 84,1 |
| | | 5,9 | 1,12 | 90 | 100 | 84,6 |
| omod | Dachsholz | 5,9 | 1,02 | 70 | 70 | 86,7 |
| | Freinhausen1 | 5,8 | 1,03 | 70 | 50 | 85,0 |

| BEHANDLUNG | ORT | PARAMETER | | | | |
|------------|-------------------|------------|---------------------|---|--|-------------|
| | | pH | N _{GES.} % | P _{GES.} / P ₂ O ₅ (mg/kg) | K _{GES.} / K ₂ O (mg/kg) | ORG-SUBST % |
| | | 5,8 | 1,04 | 90 | 40 | 84,6 |
| | | 5,8 | 1,12 | 80 | 90 | 84,9 |
| | | 5,9 | 1,04 | 70 | 60 | 87,4 |
| | Freinhausen2 | 6,0 | 1,07 | 80 | 80 | 85,8 |
| | | 5,9 | 1,12 | 70 | 50 | 84,0 |
| | | 5,9 | 1,14 | 60 | 60 | 85,0 |
| | | 5,9 | 1,03 | 60 | 60 | 87,0 |
| | Freising | 5,8 | 1,05 | 60 | 50 | 85,1 |
| | | 5,9 | 1,13 | 60 | 70 | 84,0 |
| | | 5,8 | 1,15 | 70 | 60 | 84,8 |
| | | 5,8 | 0,91 | 50 | 50 | 80,9 |
| | Heinrichsheim | 6,1 | 1,02 | 70 | 60 | 83,3 |
| | | 5,7 | 1,04 | 80 | 50 | 83,3 |
| | | 5,9 | 1,13 | 70 | 60 | 85,0 |
| | | 5,7 | 1,05 | 60 | 80 | 87,9 |
| | Hörzhausen | 6,1 | 1,05 | 70 | 60 | 83,0 |
| | | 5,7 | 1,15 | 60 | 70 | 85,0 |
| | | 6,0 | 1,11 | 90 | 110 | 83,5 |
| | | 5,9 | 0,91 | 70 | 60 | 81,0 |
| | Zensi-Schütt | 6,0 | 1,04 | 80 | 90 | 83,7 |
| | | 6,0 | 1,05 | 80 | 60 | 84,0 |
| | | 5,8 | 1,12 | 70 | 70 | 84,1 |
| | | 6,0 | 1,06 | 80 | 40 | 87,6 |
| | Mittelwert | 6,0 | 1,04 | 114 | 84 | 84,6 |

Tab. 147 Messungen der Klimastation der Forstfakultät in Weihenstephan Sommer 1999 als Grundlage für Abb. 75

| DATUM | TEMP. MITTEL [°C] | GLOB. MITTEL [W/M ²] | RF. MITTEL [%] |
|---------|-------------------|----------------------------------|----------------|
| 15.6.99 | 15,9 | 112,3 | 77,2 |
| 16.6.99 | 16,3 | 158,6 | 73,5 |
| 17.6.99 | 17,6 | 211,1 | 72 |
| 18.6.99 | 14,3 | 211,6 | 73,8 |
| 19.6.99 | 11,7 | 215,3 | 75,2 |
| 20.6.99 | 14,4 | 302,2 | 66,1 |
| 21.6.99 | 12 | 102,5 | 81,4 |
| 22.6.99 | 11 | 181,4 | 72,4 |
| 23.6.99 | 12,5 | 297,9 | 60,4 |
| 24.6.99 | 14,7 | 265 | 56,9 |
| 25.6.99 | 16,6 | 304,7 | 58,5 |
| 26.6.99 | 18,7 | 302,6 | 63,8 |
| 27.6.99 | 17,2 | 153,8 | 80,7 |
| 28.6.99 | 15,3 | 128,4 | 79,8 |
| 29.6.99 | 17,5 | 307,4 | 69,2 |
| 30.6.99 | 18,6 | 259,2 | 73,8 |
| 1.7.99 | 18,8 | 329 | 68,7 |
| 2.7.99 | 20,6 | 301,4 | 63,8 |
| 3.7.99 | 23,2 | 349,9 | 59,6 |
| 4.7.99 | 25,3 | 343,9 | 54,7 |
| 5.7.99 | 26,1 | 325,4 | 84,4 |
| 6.7.99 | 17,4 | 89 | 87,2 |
| 7.7.99 | 15,9 | 194 | 82,2 |
| 8.7.99 | 14,8 | 84,1 | 89,2 |

| DATUM | TEMP. MITTEL [°C] | GLOB. MITTEL [W/M ²] | RF. MITTEL [%] |
|---------|-------------------|----------------------------------|----------------|
| 9.7.99 | 15,1 | 72,9 | 91,1 |
| 10.7.99 | 17,8 | 90,6 | 93,9 |
| 11.7.99 | 18,1 | 119,4 | 88,5 |
| 12.7.99 | 18,2 | 133,8 | 91 |
| 13.7.99 | 20,1 | 260,7 | 77 |
| 14.7.99 | 17,7 | 181,3 | 79,8 |
| 15.7.99 | 16,2 | 172,2 | 77,8 |
| 16.7.99 | 16,4 | 167,1 | 79,5 |
| 17.7.99 | 18,8 | 292,1 | 68,1 |
| 18.7.99 | 20,8 | 340,7 | 58,4 |
| 19.7.99 | 20,9 | 317,1 | 60,8 |
| 20.7.99 | 21,6 | 272,8 | 69 |
| 21.7.99 | 20,7 | 212,5 | 72,5 |
| 22.7.99 | 16,7 | 120,4 | 67,8 |
| 23.7.99 | 13,5 | 143,6 | 80,8 |
| 24.7.99 | 13,9 | 167,1 | 74,5 |
| 25.7.99 | 16,2 | 338,6 | 68,2 |
| 26.7.99 | 19,7 | 286,6 | 66 |
| 27.7.99 | 21,8 | 313,6 | 61,6 |
| 28.7.99 | 20,5 | 248,6 | 63,3 |
| 29.7.99 | 20,1 | 298,3 | 47,5 |
| 30.7.99 | 19,4 | 325,6 | 48,3 |
| 31.7.99 | 20 | 318,8 | 47,6 |
| 1.8.99 | 20,2 | 320,3 | 45,8 |

| DATUM | TEMP. MITTEL [°C] | GLOB. MITTEL [W/M ²] | RF. MITTEL [%] |
|---------|-------------------|----------------------------------|----------------|
| 2.8.99 | 19,8 | 287,1 | 49,5 |
| 3.8.99 | 19,7 | 257,2 | 57 |
| 4.8.99 | 21,2 | 304,9 | 57,5 |
| 5.8.99 | 20,7 | 140,8 | 64 |
| 6.8.99 | 22,7 | 224,9 | 70,2 |
| 7.8.99 | 20,1 | 122,9 | 75,4 |
| 8.8.99 | 20,4 | 183,3 | 66,8 |
| 9.8.99 | 21,4 | 196 | 67,7 |
| 10.8.99 | 17,7 | 99,9 | 84,2 |
| 11.8.99 | 16,4 | 138,5 | 82,8 |
| 12.8.99 | 15,5 | 179,6 | 72,2 |
| 13.8.99 | 14,3 | 154,7 | 68 |
| 14.8.99 | 16,3 | 207,1 | 67 |
| 15.8.99 | 17,5 | 213,8 | 66,2 |
| 16.8.99 | 14,6 | 58,7 | 87,3 |
| 17.8.99 | 15,7 | 159 | 78,5 |
| 18.8.99 | 17,5 | 175,8 | 73,1 |
| 19.8.99 | 18,7 | 238,6 | 59,2 |
| 20.8.99 | 17,1 | 199,6 | 65,7 |
| 21.8.99 | 15,9 | 247,6 | 62,1 |
| 22.8.99 | 15,8 | 270,2 | 53,7 |
| 23.8.99 | 15,3 | 254,4 | 57,2 |
| 24.8.99 | 16,6 | 171,3 | 67 |
| 25.8.99 | 19 | 250,2 | 72,1 |
| 26.8.99 | 19,1 | 131,1 | 76,6 |
| 27.8.99 | 18,8 | 111,5 | 86,4 |
| 28.8.99 | 17,4 | 125,4 | 87,2 |

| DATUM | TEMP. MITTEL [°C] | GLOB. MITTEL [W/M ²] | RF. MITTEL [%] |
|---------|-------------------|----------------------------------|----------------|
| 29.8.99 | 16,3 | 126,1 | 85 |
| 30.8.99 | 15,3 | 129,1 | 86,7 |
| 31.8.99 | 16,6 | 157,6 | 81,1 |
| 1.9.99 | 15,4 | 114,4 | 75,1 |
| 2.9.99 | 12,6 | 167,4 | 74,5 |
| 3.9.99 | 14,8 | 198,9 | 78,4 |
| 4.9.99 | 17,6 | 247,5 | 69,5 |
| 5.9.99 | 16,3 | 191,5 | 76,1 |
| 6.9.99 | 18,2 | 202,9 | 83,3 |
| 7.9.99 | 17,2 | 160 | 82,8 |
| 8.9.99 | 17,8 | 209,8 | 71,8 |
| 9.9.99 | 18,4 | 222,6 | 71,9 |
| 10.9.99 | 18,8 | 221 | 66,9 |
| 11.9.99 | 18,9 | 231,1 | 62,4 |
| 12.9.99 | 18,4 | 219,9 | 69,7 |
| 13.9.99 | 19,2 | 227,2 | 78,1 |
| 14.9.99 | 18,8 | 223,4 | 81,7 |
| 15.9.99 | 18,2 | 208,2 | 88,9 |
| 16.9.99 | 16 | 48,1 | 82,5 |
| 17.9.99 | 16 | 98,8 | 85 |
| 18.9.99 | 16,7 | 150,8 | 79 |
| 19.9.99 | 17,9 | 183 | 92,5 |
| 20.9.99 | 18,6 | 77,6 | 95 |
| 21.9.99 | 15,3 | 169,6 | 92,4 |
| 22.9.99 | 18,3 | 180,7 | 94,2 |
| 23.9.99 | 18 | 165,6 | 82,2 |
| 24.9.99 | 17,9 | 164,8 | 76,9 |

| DATUM | TEMP. MITTEL [°C] | GLOB. MITTEL [W/M ²] | RF. MITTEL [%] |
|---------|-------------------|----------------------------------|----------------|
| 25.9.99 | 16,2 | 87,8 | 85,2 |
| 26.9.99 | 14,3 | 24 | 94,2 |
| 27.9.99 | 14,1 | 138,9 | 76,1 |
| 28.9.99 | 13,5 | 59,6 | 84,1 |
| 29.9.99 | 14,2 | 75,3 | 78,8 |
| 30.9.99 | 14,7 | 82,8 | 82,9 |
| 1.10.99 | 13,2 | 80,8 | 69,5 |
| 2.10.99 | 14 | 134,2 | 72,7 |
| 3.10.99 | 11,1 | 33,6 | 85,2 |
| 4.10.99 | 9,3 | 112,8 | 77 |
| 5.10.99 | 7,9 | 88,4 | 77 |

| DATUM | TEMP. MITTEL [°C] | GLOB. MITTEL [W/M ²] | RF. MITTEL [%] |
|----------|-------------------|----------------------------------|----------------|
| 6.10.99 | 7,6 | 64,8 | 82,9 |
| 7.10.99 | 7,3 | 109,5 | 79,2 |
| 8.10.99 | 8,2 | 122 | 84,2 |
| 9.10.99 | 11,7 | 85,6 | 85,5 |
| 10.10.99 | 12,2 | 45,2 | 84,9 |
| 11.10.99 | 13 | 104,8 | 79,6 |
| 12.10.99 | 11,7 | 70,7 | 84,6 |
| 13.10.99 | 8,6 | 64,1 | 88,5 |
| 14.10.99 | 9,2 | 107,2 | 81,7 |
| 15.10.99 | 8,1 | 97,5 | 86,8 |

Tab. 148 Daten zu Bodengehalten und Biomasse (Bestand) im Freiland / Mittelwerte Tab. 17

| DATUM | PARAMETER | DACHSHOLZ | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS-HEIM | HÖRZHAUSEN | ZENSI-SCHÜTT |
|----------|---|-----------|--------------|--------------|----------|----------------|------------|--------------|
| 15.06.98 | pH | 6,4 | 7,4 | 7,3 | 7,7 | 7,7 | 4,8 | 7,4 |
| 01.10.98 | | 6,5 | 7,3 | 6,9 | 7,4 | 7,5 | 4,6 | 7,3 |
| 15.06.98 | Stickstoff (%) | 3,86 | 1,51 | 1,2 | 1,51 | 0,34 | 1,29 | 0,29 |
| 01.10.98 | | 4,06 | 0,58 | 0,79 | 1,15 | 0,17 | 0,86 | 0,26 |
| 15.06.98 | Phosphat P ₂ O ₅ (mg/kg) | 20 | 40 | 40 | 20 | 20 | 30 | 20 |
| 01.10.98 | | 30 | 30 | 40 | 30 | 10 | 20 | 20 |
| 15.06.98 | Kali K ₂ O (mg/kg) | 30 | 60 | 50 | 70 | 60 | 50 | 80 |
| 01.10.98 | | 30 | 40 | 40 | 90 | 30 | 70 | 50 |
| 01.10.97 | Org. Subst. (%) | | 20,8 | 19,9 | 17,6 | 16,7 | 22,8 | 11,2 |
| 15.06.98 | | 86,1 | 27,4 | 24,1 | 27,2 | 9,0 | 23,9 | 6,9 |
| 01.10.98 | | 80,7 | 11,2 | 14,2 | 24 | 4,0 | 17,2 | 6,5 |
| 01.10.97 | Biomasse (t/ha) | 31 | 129 | 127 | 121 | 93 | 122 | 72 |
| 15.06.98 | | 14 | 163 | 148 | 116 | 85 | 104 | 99 |
| 01.10.98 | | | 126 | 142 | 105 | 97 | 100 | 62 |
| 01.10.99 | | 30 | 133 | 140 | 126 | 82 | 87 | 68 |

Tab. 149 Daten zu Länge, Breite der Rosettenblätter und maximale Sprosshöhe im Freiland

| ORT | NR | LÄNGE (CM) ROSETTENBLÄTTER | BREITE(CM) ROSET- TENBLÄTTER | LÄNGE / BREITE ROSETTENBLÄTTER | MAX. HÖHE (CM) SPROSS |
|---------------|----|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Dachsholz | 1 | 8,1 | 2,8 | 2,89 | 55,5 |
| | 2 | 7,0 | 1,4 | 5,00 | 45,5 |
| | 3 | 7,2 | 1,5 | 4,80 | 41,0 |
| | 4 | 6,5 | 1,5 | 4,33 | 25,5 |
| | 5 | 7,2 | 2,1 | 3,43 | 49,0 |
| | 6 | 12,6 | 3,4 | 3,71 | 57,0 |
| | 7 | 11,1 | 3,2 | 3,47 | 58,0 |
| | 8 | 8,0 | 1,9 | 4,21 | 48,0 |
| | 9 | 6,5 | 2,1 | 3,10 | |
| | 10 | 7,1 | 2,3 | 3,09 | 53,5 |
| | 11 | 7,2 | 2,7 | 2,67 | 62,0 |
| | 12 | 10,3 | 3,8 | 2,71 | 89,0 |
| | 13 | 6,2 | 1,9 | 3,26 | 55,0 |
| | 14 | 6,6 | 2,3 | 2,87 | |
| | 15 | 7,0 | 2,0 | 3,50 | 41,5 |
| | 16 | 4,6 | 1,1 | 4,18 | |
| | 17 | 3,4 | 1,1 | 3,09 | 19,0 |
| | 18 | 4,0 | 1,1 | 3,64 | |
| | 19 | 4,0 | 1,1 | 3,64 | |
| | 20 | 4,2 | 1,5 | 2,80 | 21,5 |
| | 21 | 8,0 | 2,3 | 3,48 | 39,0 |
| | 22 | 6,1 | 2,1 | 2,90 | 34,0 |
| | 23 | 13,3 | 3,7 | 3,59 | 70,0 |
| | 24 | 11,4 | 2,9 | 3,93 | 80,5 |
| | 25 | 9,1 | 2,9 | 3,14 | 56,5 |
| | 26 | 9,8 | 2,0 | 4,90 | |
| | 27 | 10,0 | 3,0 | 3,33 | |
| | 28 | 7,7 | 1,8 | 4,28 | 58,3 |
| | 29 | 4,6 | 1,6 | 2,88 | 36,0 |
| | 30 | 8,1 | 1,2 | 6,75 | 27,0 |
| | 31 | 10,1 | 2,5 | 4,04 | |
| | 32 | 4,2 | 0,9 | 4,67 | 26,5 |
| | 33 | 4,5 | 1,2 | 3,75 | 21,0 |
| | 34 | 7,8 | 2,2 | 3,55 | 53,5 |
| | 35 | 7,2 | 2,2 | 3,27 | 43,8 |
| | 36 | 6,2 | 1,6 | 3,88 | 39,5 |
| | 37 | 10,1 | 2,9 | 3,48 | 64,0 |
| | 38 | 6,0 | 2,5 | 2,40 | 45,0 |
| Mittel | | 7,4 | 2,1 | 3,65 | 47,2 |
| Freinhausen I | 1 | 13,7 | 2,7 | 5,07 | 58,0 |
| | 2 | 13,0 | 3,3 | 3,94 | 34,0 |
| | 3 | 13,0 | 3,6 | 3,61 | 55,0 |
| | 4 | 11,7 | 3,4 | 3,44 | |
| | 5 | 13,2 | 3,1 | 4,26 | 37,0 |
| | 6 | 15,1 | 3,5 | 4,31 | |
| | 7 | 13,8 | 3,8 | 3,63 | |
| | 8 | 10,6 | 2,9 | 3,66 | 40,0 |
| | 9 | 14,0 | 3,7 | 3,78 | 27,5 |
| | 10 | 11,0 | 3,5 | 3,14 | 28,5 |
| | 11 | 15,0 | 2,7 | 5,56 | 42,5 |

| ORT | NR | LÄNGE (CM) ROSETTENBLÄTTER | BREITE(CM) ROSET- TENBLÄTTER | LÄNGE / BREITE ROSETTENBLÄTTER | MAX. HÖHE (CM) SPROSS |
|--------------|----|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Freinhausen1 | 12 | 10,9 | 3,6 | 3,03 | 47,5 |
| | 13 | 12,3 | 2,6 | 4,73 | 14,3 |
| | 14 | 12,4 | 3,7 | 3,35 | 51,5 |
| | 15 | 11,2 | 3,0 | 3,73 | 41,0 |
| | 16 | 13,3 | 3,8 | 3,50 | 50,0 |
| | 17 | 8,7 | 2,2 | 3,95 | 35,0 |
| | 18 | 12,8 | 3,9 | 3,28 | 29,5 |
| | 19 | 12,5 | 3,2 | 3,91 | 43,8 |
| | 20 | 12,6 | 3,1 | 4,06 | 54,0 |
| | 21 | 10,8 | 3,1 | 3,48 | 52,5 |
| | 22 | 7,4 | 2,1 | 3,52 | 30,3 |
| | 23 | 9,1 | 2,6 | 3,50 | |
| | 24 | 11,3 | 3,1 | 3,65 | 37,5 |
| | 25 | 8,9 | 2,4 | 3,71 | |
| | 26 | 10,9 | 3,3 | 3,30 | 48,0 |
| | 27 | 8,2 | 2,2 | 3,73 | 27,0 |
| | 28 | 6,8 | 2,0 | 3,40 | 24,0 |
| | 29 | 10,3 | 3,1 | 3,32 | 34,0 |
| | 30 | 12,5 | 4,0 | 3,13 | 68,7 |
| | 31 | 12,5 | 3,8 | 3,29 | 40,0 |
| | 32 | 15,0 | 2,5 | 6,00 | 44,5 |
| | 33 | 17,5 | 2,8 | 6,25 | 53,8 |
| | 34 | 12,0 | 2,9 | 4,14 | 52,0 |
| | 35 | | | | 43,3 |
| | 36 | | | | 40,5 |
| | 37 | | | | 60,0 |
| | 38 | | | | 49,5 |
| | 40 | | | | 42,5 |
| | 43 | | | | 62,0 |
| | 45 | | | | 40,5 |
| | 48 | | | | 53,0 |
| | 49 | | | | 34,5 |
| | 50 | | | | 47,4 |
| | 51 | | | | 47,0 |
| | 52 | | | | 41,2 |
| 53 | | | | 40,0 | |
| 56 | | | | 43,0 | |
| 57 | | | | 23,0 | |
| Mittel | | 11,9 | 3,1 | 3,89 | 42,5 |
| Freinhausen2 | 1 | 10,0 | 3,2 | 3,13 | 37,0 |
| | 2 | 7,0 | 2,5 | 2,80 | 38,0 |
| | 3 | 9,8 | 2,5 | 3,92 | |
| | 4 | 8,5 | 3,2 | 2,66 | |
| | 5 | 8,1 | 3,0 | 2,70 | |
| | 6 | 9,7 | 3,0 | 3,23 | 50,0 |
| | 7 | 11,0 | 2,9 | 3,79 | 33,5 |
| | 8 | 9,5 | 2,8 | 3,39 | 29,5 |
| | 9 | 9,0 | 2,8 | 3,21 | 37,0 |
| | 10 | 10,7 | 2,4 | 4,46 | |
| | 11 | 8,9 | 2,1 | 4,24 | 26,8 |
| | 12 | 9,2 | 2,3 | 4,00 | 30,5 |
| | 13 | 11,1 | 2,3 | 4,83 | 24,0 |

| ORT | NR | LÄNGE (CM) ROSETTENBLÄTTER | BREITE(CM) ROSET- TENBLÄTTER | LÄNGE / BREITE ROSETTENBLÄTTER | MAX. HÖHE (CM) SPROSS |
|--------------|----|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Freinhausen2 | 14 | 8,5 | 1,9 | 4,47 | 41,0 |
| | 15 | 12,0 | 4,2 | 2,86 | |
| | 16 | 9,0 | 3,4 | 2,65 | |
| | 17 | 9,5 | 3,6 | 2,64 | 32,8 |
| | 18 | 6,8 | 2,2 | 3,09 | |
| | 19 | 10,0 | 2,6 | 3,85 | 27,0 |
| | 20 | 10,8 | 3,5 | 3,09 | |
| | 21 | 7,7 | 2,4 | 3,21 | |
| | 22 | 12,1 | 2,6 | 4,65 | |
| | 23 | 8,7 | 3,4 | 2,56 | |
| | 24 | 11,6 | 2,7 | 4,30 | 36,0 |
| | 25 | 11,5 | 2,8 | 4,11 | 56,5 |
| | 26 | 7,7 | 2,3 | 3,35 | |
| | 27 | 9,8 | 3,0 | 3,27 | 43,0 |
| | 28 | 11,0 | 4,0 | 2,75 | 33,0 |
| | 29 | 11,8 | 3,7 | 3,19 | 33,5 |
| | 30 | 7,2 | 2,4 | 3,00 | |
| | 31 | 7,4 | 2,9 | 2,55 | 23,5 |
| | 33 | 9,2 | 3,0 | 3,07 | 24,0 |
| | 35 | 5,4 | 1,6 | 3,38 | 27,0 |
| | 36 | 8,1 | 2,3 | 3,52 | 40,5 |
| | 37 | 12,0 | 3,0 | 4,00 | 33,3 |
| | 38 | 11,0 | 2,9 | 3,79 | 15,0 |
| | 39 | 8,3 | 2,5 | 3,32 | 22,0 |
| | 41 | 9,0 | 2,3 | 3,91 | 29,5 |
| | 42 | 7,8 | 2,2 | 3,55 | 22,5 |
| | 43 | 11,4 | 2,6 | 4,38 | 39,5 |
| | 46 | 8,3 | 2,6 | 3,19 | 24,5 |
| | 47 | 7,9 | 2,3 | 3,43 | 37,5 |
| | 50 | 7,8 | 2,4 | 3,25 | 32,0 |
| | 51 | 9,1 | 2,5 | 3,64 | 31,0 |
| Mittel | | 9,3 | 2,7 | 3,46 | 32,6 |
| Freising | 1 | 12,0 | 2,4 | 5,00 | 51,0 |
| | 2 | 21,4 | 3,7 | 5,78 | 62,0 |
| | 3 | 13,0 | 2,6 | 5,00 | 21,0 |
| | 4 | 17,0 | 3,0 | 5,67 | |
| | 5 | 9,9 | 2,0 | 4,95 | 56,5 |
| | 6 | 16,0 | 4,6 | 3,48 | 75,5 |
| | 7 | 19,5 | 3,0 | 6,50 | |
| | 8 | 9,2 | 2,1 | 4,38 | 61,2 |
| | 9 | 18,6 | 3,7 | 5,03 | |
| | 10 | 12,5 | 3,4 | 3,68 | 37,0 |
| | 11 | 11,7 | 2,4 | 4,88 | 33,7 |
| | 12 | 10,6 | 2,9 | 3,66 | 64,0 |
| | 13 | 10,5 | 2,8 | 3,75 | 42,0 |
| | 14 | 13,0 | 3,4 | 3,82 | 28,7 |
| | 15 | 14,4 | 3,1 | 4,65 | 71,0 |
| | 16 | 15,2 | 3,2 | 4,75 | 65,0 |
| | 17 | 12,5 | 2,8 | 4,46 | |
| | 18 | 16,0 | 3,6 | 4,44 | 52,0 |
| | 19 | 14,9 | 2,5 | 5,96 | 23,5 |
| | 20 | 15,0 | 2,9 | 5,17 | 23,0 |

| ORT | NR | LÄNGE (CM) ROSETTENBLÄTTER | BREITE(CM) ROSET- TENBLÄTTER | LÄNGE / BREITE ROSETTENBLÄTTER | MAX. HÖHE (CM) SPROSS |
|---------------|--------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Freising | 21 | 17,0 | 4,3 | 3,95 | 57,5 |
| | 22 | 19,7 | 2,4 | 8,21 | 61,0 |
| | 23 | 29,0 | 3,5 | 8,29 | 69,0 |
| | 24 | 21,1 | 3,6 | 5,86 | 53,0 |
| | 25 | 35,0 | 3,6 | 9,72 | 92,5 |
| | 26 | | | | 35,0 |
| | 27 | 18,6 | 3,3 | 5,64 | 76,5 |
| | 28 | 15,6 | 2,7 | 5,78 | |
| | 29 | 16,1 | 3,8 | 4,24 | 55,0 |
| | 30 | 20,3 | 3,1 | 6,55 | 80,5 |
| | 31 | 18,3 | 2,5 | 7,32 | 44,0 |
| | 32 | 16,2 | 2,7 | 6,00 | 36,0 |
| | 33 | 13,8 | 2,4 | 5,75 | |
| | 34 | 11,5 | 2,2 | 5,23 | 41,0 |
| | 35 | 12,0 | 3,0 | 4,00 | 53,5 |
| | 37 | 19,1 | 2,7 | 7,07 | 25,0 |
| | 38 | 23,1 | 4,1 | 5,63 | 78,0 |
| | 39 | 9,9 | 3,3 | 3,00 | 54,0 |
| | 40 | 15,3 | 2,8 | 5,46 | 79,0 |
| | Mittel | | 16,2 | 3,1 | 5,33 |
| Heinrichsheim | 1 | 22,3 | 4,0 | 5,58 | |
| | 2 | 12,9 | 2,6 | 4,96 | |
| | 3 | 9,0 | 3,1 | 2,90 | |
| | 4 | 14,5 | 4,0 | 3,63 | |
| | 5 | 16,7 | 3,5 | 4,77 | |
| | 6 | 14,3 | 3,4 | 4,21 | |
| | 7 | 17,5 | 3,7 | 4,73 | |
| | 8 | 11,3 | 3,9 | 2,90 | |
| | 9 | 9,8 | 2,6 | 3,77 | 36,8 |
| | 10 | 13,5 | 3,6 | 3,75 | 28,5 |
| | 11 | 11,3 | 3,4 | 3,32 | |
| | 12 | 16,4 | 3,6 | 4,56 | 81,0 |
| | 13 | 10,2 | 3,2 | 3,19 | 49,5 |
| | 14 | 12,3 | 3,1 | 3,97 | 62,0 |
| | 15 | 13,4 | 3,7 | 3,62 | 89,5 |
| | 16 | 12,2 | 3,2 | 3,81 | 64,0 |
| | 17 | 9,0 | 2,7 | 3,33 | 32,8 |
| | 18 | 13,5 | 3,3 | 4,09 | |
| | 19 | 9,9 | 3,0 | 3,30 | |
| | 20 | 14,0 | 3,5 | 4,00 | |
| | 21 | 9,7 | 2,4 | 4,04 | |
| | 22 | 10,0 | 1,9 | 5,26 | |
| | 23 | 10,0 | 2,5 | 4,00 | |
| | 24 | 13,0 | 3,6 | 3,61 | |
| | 25 | 14,0 | 3,9 | 3,59 | |
| | 26 | 11,7 | 2,0 | 5,85 | |
| | 27 | 15,0 | 3,4 | 4,41 | 47,5 |
| | 28 | 14,0 | 2,9 | 4,83 | |
| | 29 | 11,5 | 2,7 | 4,26 | 61,0 |
| | 30 | 10,6 | 2,4 | 4,42 | 46,0 |
| | 31 | 10,6 | 2,6 | 4,08 | |
| | 32 | 14,2 | 3,1 | 4,58 | 60,0 |

| ORT | NR | LÄNGE (CM) ROSETTENBLÄTTER | BREITE(CM) ROSET- TENBLÄTTER | LÄNGE / BREITE ROSETTENBLÄTTER | MAX. HÖHE (CM) SPROSS |
|---------------|----|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Heinrichsheim | 33 | 13,9 | 3,3 | 4,21 | 70,5 |
| | 34 | 10,9 | 2,7 | 4,04 | |
| | 35 | 11,5 | 3,3 | 3,48 | 62,0 |
| | 36 | 16,0 | 3,6 | 4,44 | 72,5 |
| | 37 | 12,2 | 3,9 | 3,13 | |
| | 38 | 14,0 | 2,8 | 5,00 | |
| | 39 | 14,0 | 2,8 | 5,00 | |
| | 40 | 15,8 | 4,2 | 3,76 | |
| | 41 | 11,0 | 3,1 | 3,55 | |
| | 47 | 11,4 | 2,5 | 4,56 | 63,0 |
| | 48 | 11,7 | 2,6 | 4,50 | 44,5 |
| | 49 | | | | 42,0 |
| | 50 | | | | 48,0 |
| | 52 | | | | 34,0 |
| 53 | | | | 18,0 | |
| Mittel | | 12,8 | 3,1 | 4,12 | 53,0 |
| Hörzhausen | 1 | 14,4 | 5,0 | 2,88 | 35,0 |
| | 2 | 11,7 | 2,8 | 4,18 | 47,0 |
| | 3 | 9,2 | 3,0 | 3,07 | |
| | 4 | 13,2 | 3,6 | 3,67 | |
| | 5 | 18,2 | 3,4 | 5,35 | 32,0 |
| | 6 | 17,5 | 3,0 | 5,83 | 56,5 |
| | 7 | 11,8 | 2,4 | 4,92 | |
| | 8 | 8,7 | 2,9 | 3,00 | 44,0 |
| | 9 | 14,6 | 4,8 | 3,04 | 38,0 |
| | 10 | 12,5 | 3,0 | 4,17 | 37,5 |
| | 11 | 12,3 | 2,5 | 4,92 | 26,0 |
| | 12 | 14,3 | 3,2 | 4,47 | |
| | 13 | 15,5 | 3,2 | 4,84 | 50,0 |
| | 14 | 13,1 | 3,7 | 3,54 | 41,0 |
| | 15 | 11,2 | 2,4 | 4,67 | |
| | 16 | 8,0 | 2,9 | 2,76 | 48,0 |
| | 17 | 11,4 | 2,7 | 4,22 | |
| | 18 | 16,0 | 2,8 | 5,71 | 26,5 |
| | 19 | 13,8 | 3,3 | 4,18 | 73,0 |
| | 20 | 13,7 | 3,6 | 3,81 | 34,0 |
| | 21 | 11,3 | 2,9 | 3,90 | 33,0 |
| | 22 | 7,3 | 1,6 | 4,56 | 30,0 |
| | 23 | 16,3 | 2,6 | 6,27 | 65,0 |
| | 24 | | | | 27,5 |
| | 25 | 15,5 | 2,8 | 5,54 | |
| | 26 | 12,8 | 2,1 | 6,10 | 46,5 |
| | 27 | 8,5 | 2,8 | 3,04 | |
| | 28 | 15,8 | 4,0 | 3,95 | 63,0 |
| | 29 | 12,2 | 3,5 | 3,49 | |
| | 30 | 15,4 | 3,6 | 4,28 | 48,5 |
| | 31 | 11,2 | 2,7 | 4,15 | |
| | 32 | 10,5 | 3,1 | 3,39 | 39,5 |
| | 33 | | | | 38,0 |
| | 34 | 16,2 | 3,0 | 5,40 | |
| | 35 | 20,0 | 4,2 | 4,76 | |
| | 36 | 14,3 | 4,1 | 3,49 | 58,8 |

| ORT | NR | LÄNGE (CM) ROSETTENBLÄTTER | BREITE(CM) ROSET- TENBLÄTTER | LÄNGE / BREITE ROSETTENBLÄTTER | MAX. HÖHE (CM) SPROSS |
|--------------|----|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Hörzhausen | 37 | 17,7 | 3,3 | 5,36 | 41,5 |
| | 38 | | | | |
| | 39 | 18,9 | 3,3 | 5,73 | 52,0 |
| | 40 | 9,3 | 2,9 | 3,21 | 54,0 |
| | 41 | 13,1 | 2,7 | 4,85 | 34,0 |
| | 42 | 12,6 | 2,2 | 5,73 | 47,5 |
| | 43 | 16,3 | 3,3 | 4,94 | 46,5 |
| | 44 | | | | 50,0 |
| | 45 | 13,0 | 2,1 | 6,19 | 50,0 |
| | 46 | 16,0 | 2,4 | 6,67 | 61,0 |
| Mittel | | 13,5 | 3,1 | 4,48 | 44,7 |
| Zensi-Schütt | 1 | 17,0 | 2,9 | 5,86 | |
| | 2 | 18,3 | 2,8 | 6,54 | 57,0 |
| | 3 | 22,1 | 2,7 | 8,19 | 48,5 |
| | 4 | 13,1 | 2,5 | 5,24 | 51,5 |
| | 5 | 15,4 | 3,6 | 4,28 | 73,5 |
| | 6 | 21,0 | 3,7 | 5,68 | |
| | 7 | 13,0 | 3,7 | 3,51 | 53,0 |
| | 8 | 16,0 | 3,4 | 4,71 | |
| | 9 | 15,9 | 3,2 | 4,97 | |
| | 10 | 21,7 | 3,7 | 5,86 | |
| | 11 | 17,7 | 3,3 | 5,36 | |
| | 12 | 11,6 | 2,5 | 4,64 | |
| | 13 | 10,9 | 2,4 | 4,54 | 55,0 |
| | 14 | 20,6 | 3,3 | 6,24 | |
| | 15 | 15,6 | 2,8 | 5,57 | |
| | 16 | 11,2 | 3,0 | 3,73 | |
| | 17 | 13,5 | 2,8 | 4,82 | 64,0 |
| | 18 | 13,3 | 3,1 | 4,29 | |
| | 19 | 13,6 | 3,1 | 4,39 | |
| | 20 | 13,6 | 2,4 | 5,67 | 44,5 |
| | 21 | 14,9 | 2,7 | 5,52 | 77,5 |
| | 22 | 14,1 | 2,9 | 4,86 | |
| | 23 | 16,0 | 3,1 | 5,16 | 36,5 |
| | 24 | 11,4 | 2,1 | 5,43 | |
| | 25 | 15,4 | 3,9 | 3,95 | |
| | 26 | 19,4 | 2,8 | 6,93 | 92,0 |
| | 27 | 16,6 | 2,9 | 5,72 | 47,5 |
| | 28 | 14,2 | 2,6 | 5,46 | 46,0 |
| | 29 | 21,0 | 3,8 | 5,53 | |
| | 30 | 13,7 | 2,7 | 5,07 | 50,0 |
| | 31 | 17,0 | 2,6 | 6,54 | 56,5 |
| | 32 | 16,5 | 2,5 | 6,60 | 74,0 |
| | 33 | 18,0 | 2,7 | 6,67 | 57,0 |
| | 34 | 15,5 | 2,5 | 6,20 | 56,0 |
| | 35 | 16,5 | 3,1 | 5,32 | |
| | 36 | 22,0 | 3,3 | 6,67 | 64,0 |
| | 38 | | | | 40,0 |
| | 39 | | | | 55,0 |
| | 40 | 16,3 | 3,1 | 5,26 | 61,0 |
| | 41 | 18,5 | 2,8 | 6,61 | 44,0 |
| | 42 | 18,5 | 3,4 | 5,44 | |

| ORT | NR | LÄNGE (CM) ROSETTENBLÄTTER | BREITE(CM) ROSET- TENBLÄTTER | LÄNGE / BREITE ROSETTENBLÄTTER | MAX. HÖHE (CM) SPROSS |
|--------------------------|----|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Zensi-Schütt | 45 | 10,8 | 2,1 | 5,16 | 61,0 |
| | 46 | 10,0 | 2,6 | 3,85 | 37,8 |
| | 47 | | | | 52,5 |
| | 48 | | | | 28,5 |
| | 49 | | | | 56,0 |
| | 53 | | | | 57,0 |
| Mittel | | 15,9 | 3,0 | 5,42 | 55,1 |
| Mittel Gesamt | | 12,4 | 2,9 | 4,33 | 46,3 |

Tab. 150 Daten zu Samengewichten (mg) im Freiland

| SAMENGEWICHTE (mg) FREILAND | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------|--------------------|-----------------|------------------|
| NR | DACHS- HÖLZ | FREIN- HAUSEN1 | FREIN- HAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS- HEIM | HÖRZ- HAUSEN | ZENSI- SCHÜTT |
| 1 | 3,2 | 0,9 | 1,4 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 2,2 |
| 2 | 1,1 | 2,1 | 1,1 | 1,7 | 0,6 | 0,4 | 1,6 |
| 3 | 0,6 | 0,3 | 1,6 | 0,2 | 0,8 | 2,2 | 1,3 |
| 4 | 2,9 | 1,4 | 1,3 | 2,1 | 1,0 | 0,5 | 2,4 |
| 5 | 2,1 | 1,9 | 1,4 | 1,1 | 1,7 | 1,6 | 2,0 |
| 6 | 2,1 | 2,2 | 1,8 | 0,3 | 0,3 | 1,4 | 0,4 |
| 7 | 0,7 | 2,2 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,6 |
| 8 | 1,7 | 0,4 | 2,0 | 1,3 | 2,3 | 0,8 | 0,9 |
| 9 | 3,0 | 2,1 | 1,4 | 0,6 | 1,8 | 0,9 | 2,1 |
| 10 | 0,5 | 0,6 | 1,5 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| 11 | 1,9 | 0,9 | 1,4 | 0,7 | 2,0 | 1,3 | 2,4 |
| 12 | 2,5 | 2,1 | 1,2 | 1,2 | 2,0 | 1,5 | 1,8 |
| 13 | 3,0 | 1,6 | 0,9 | 1,3 | 1,0 | 1,7 | 0,9 |
| 14 | 1,1 | 1,2 | 2,1 | 1,2 | 1,3 | 0,8 | 0,7 |
| 15 | 3,3 | 1,6 | 0,7 | 1,6 | 1,0 | 1,4 | 0,9 |
| 16 | 1,6 | 1,2 | 2,9 | 0,2 | 1,4 | 1,1 | 1,4 |
| 17 | 2,2 | 2,4 | 1,4 | 1,2 | 1,3 | 0,7 | 1,0 |
| 18 | 1,5 | 1,8 | 1,6 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,9 |
| 19 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 0,4 | 0,5 |
| 20 | 1,4 | 2,4 | 1,3 | 1,4 | 0,5 | 0,8 | 1,6 |
| 21 | 1,7 | 1,3 | 0,9 | 1,6 | 1,1 | 0,9 | 1,4 |
| 22 | 1,4 | 3,0 | 1,5 | 0,9 | 1,2 | 1,8 | 1,9 |
| 23 | 2,0 | 1,6 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| 24 | 1,7 | 2,4 | 1,0 | 0,4 | 0,9 | 0,9 | 1,7 |
| 25 | 1,8 | 0,5 | 1,9 | 1,9 | 1,3 | 1,1 | 2,1 |
| 26 | 1,7 | 0,5 | 1,6 | 1,3 | 0,6 | 1,2 | 1,6 |
| 27 | 1,5 | 1,1 | 1,3 | 0,9 | 0,4 | 0,4 | 1,8 |
| 28 | 0,9 | 2,3 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,6 |
| 29 | 0,4 | 1,7 | 1,2 | 0,6 | 1,5 | 1,6 | 1,1 |
| 30 | 1,7 | 1,8 | 2,4 | 1,2 | 0,9 | 0,4 | 1,2 |
| 31 | 1,6 | 2,1 | 0,9 | 0,7 | 1,2 | 0,7 | 1,1 |
| 32 | 1,4 | 2,5 | 1,7 | 0,9 | 1,2 | 1,7 | 0,9 |
| 33 | 1,4 | 1,7 | 1,0 | 1,5 | 1,4 | 2,1 | 2,8 |
| 34 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,4 | 1,7 | 1,2 | 1,6 |
| 35 | 0,9 | 0,8 | 2,3 | 0,9 | 0,8 | 1,5 | 0,4 |
| 36 | 0,5 | 1,4 | 1,2 | 1,6 | 1,4 | 0,7 | 1,0 |

| SAMENGEWICHTE (mg) FREILAND | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------|-------------------|----------|--------------------|-----------------|------------------|
| NR | DACHS- HOLZ | FREIN- HAUSEN1 | FREIN- HAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS- HEIM | HÖRZ- HAUSEN | ZENSI- SCHÜTT |
| 37 | 1,5 | 2,0 | 1,7 | 1,1 | 1,7 | 1,3 | 2,0 |
| 38 | 0,5 | 2,3 | 2,3 | 0,6 | 1,1 | 1,4 | 2,4 |
| 39 | 3,5 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 1,6 | 1,1 | 0,8 |
| 40 | 2,6 | 1,1 | 1,8 | 0,7 | 0,8 | 1,3 | 1,2 |
| 41 | 0,8 | 2,6 | 0,9 | 0,7 | 1,5 | 0,9 | 0,8 |
| 42 | 2,5 | 1,0 | 1,1 | 1,4 | 0,9 | 1,2 | 1,7 |
| 43 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 0,7 | 1,0 | 1,5 |
| 44 | 1,7 | 2,0 | 2,4 | 0,1 | 1,5 | 1,4 | 0,6 |
| 45 | 0,5 | 0,6 | 1,5 | 1,6 | 1,3 | 1,4 | 0,6 |
| 46 | 2,0 | 1,4 | 1,4 | 1,9 | 1,0 | 0,9 | 1,6 |
| 47 | 1,8 | 2,3 | 1,4 | 1,3 | 0,5 | 1,1 | 0,2 |
| 48 | 1,8 | 2,1 | 3,0 | 1,7 | 2,1 | 0,8 | 1,3 |
| 49 | 2,5 | 1,8 | 1,2 | 0,5 | 1,3 | 2,2 | 1,7 |
| 50 | 1,2 | 2,0 | 1,4 | 1,6 | 1,5 | 0,6 | 3,0 |
| 51 | 2,3 | 1,8 | 1,0 | 1,0 | 2,3 | 1,5 | 0,7 |
| 52 | 1,2 | 1,3 | 1,9 | 0,9 | 1,8 | 1,3 | 1,8 |
| 53 | 2,5 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 0,9 | 1,7 | 1,6 |
| 54 | 2,0 | 2,2 | 2,1 | 1,4 | 2,2 | 1,8 | 3,8 |
| 55 | 1,2 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 1,6 | 0,5 | 1,2 |
| 56 | 2,0 | 1,3 | 2,0 | 1,5 | 1,1 | 1,6 | 0,8 |
| 57 | 2,3 | 2,1 | 2,2 | 0,9 | 1,4 | 1,0 | 1,3 |
| 58 | 1,6 | 1,5 | 1,9 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,6 |
| 59 | 2,1 | 2,2 | 1,3 | 1,9 | 1,6 | 1,6 | 1,5 |
| 60 | 1,2 | 1,2 | 2,1 | 1,7 | 1,4 | 1,1 | 1,1 |
| 61 | 1,9 | 3,0 | 1,9 | 0,4 | 0,8 | 0,9 | 2,4 |
| 62 | 2,0 | 1,3 | 1,1 | 2,2 | 1,2 | 1,5 | 1,7 |
| 63 | 2,6 | 2,6 | 1,3 | 1,2 | 2,3 | 0,6 | 1,3 |
| 64 | 2,6 | 1,1 | 2,1 | 0,7 | 0,7 | 1,8 | 1,8 |
| 65 | 0,6 | 2,1 | 1,2 | 1,0 | 2,0 | 0,7 | 0,8 |
| 66 | 2,4 | 0,9 | 1,3 | 0,4 | 1,0 | 2,2 | 0,4 |
| 67 | 1,8 | 0,8 | 1,8 | 2,4 | 1,4 | 1,0 | 1,9 |
| 68 | 2,3 | 1,3 | 1,0 | 1,9 | 0,6 | 2,6 | 0,7 |
| 69 | 2,2 | 1,5 | 1,6 | 0,7 | 1,2 | 1,6 | 1,3 |
| 70 | 1,3 | 2,7 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 1,0 | 2,3 |
| 71 | 2,3 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 0,6 | 1,6 | 1,0 |
| 72 | 0,7 | 1,8 | 2,2 | 1,2 | 1,9 | 1,4 | 1,6 |
| 73 | 2,0 | 2,1 | 1,5 | 1,0 | 0,2 | 1,8 | 0,6 |
| 74 | 2,2 | 1,0 | 1,5 | 1,6 | 2,6 | 0,8 | 1,1 |
| 75 | 2,4 | 1,5 | 2,0 | 1,9 | 2,2 | 2,0 | 2,0 |
| 76 | 1,9 | 2,5 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 0,8 | 1,1 |
| 77 | 2,6 | 0,1 | 2,1 | 1,4 | 0,6 | 1,9 | 0,6 |
| 78 | 1,8 | 1,8 | 2,0 | 0,3 | 0,2 | 1,8 | 1,2 |
| 79 | 1,8 | 2,4 | 1,5 | 2,2 | 1,1 | 1,5 | 0,8 |
| 80 | 1,5 | 2,0 | 1,6 | 1,1 | 1,9 | 0,6 | 0,9 |
| 81 | 0,6 | 1,9 | 1,0 | 0,9 | 0,4 | 0,4 | 1,3 |
| 82 | 0,8 | 1,4 | 1,9 | 0,6 | 1,6 | 1,5 | 1,7 |
| 83 | 1,9 | 2,0 | 1,5 | 1,2 | 2,7 | 0,9 | 1,3 |
| 84 | 0,2 | 1,8 | 1,5 | 1,8 | -1,1 | 1,3 | 1,5 |
| 85 | 1,9 | 1,1 | 1,8 | 1,2 | 1,0 | 1,4 | 1,3 |
| 86 | 2,3 | 2,2 | 1,6 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 0,7 |
| 87 | 2,0 | 2,0 | 0,9 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 1,0 |

| SAMENGEWICHTE (mg) FREILAND | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------|--------------------|-----------------|------------------|
| NR | DACHS- HOLZ | FREIN- HAUSEN1 | FREIN- HAUSEN2 | FREISING | HEINRICHS- HEIM | HÖRZ- HAUSEN | ZENSI- SCHÜTT |
| 88 | 2,1 | 2,0 | 1,2 | 1,3 | 0,1 | 1,4 | 1,7 |
| 89 | 1,4 | 1,8 | 0,8 | 1,6 | 1,9 | 0,5 | 1,5 |
| 90 | 2,2 | 1,8 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 1,5 | 1,3 |
| 91 | 2,1 | 1,6 | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 1,7 | 1,1 |
| 92 | 1,4 | 0,5 | 1,7 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,5 |
| 93 | 2,2 | 2,4 | 1,2 | 1,4 | 0,3 | 1,1 | 0,8 |
| 94 | 1,9 | 1,8 | 2,2 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| 95 | 1,2 | 1,2 | 2,0 | 0,4 | 1,1 | 0,9 | 0,9 |
| 96 | 2,3 | 2,0 | 1,7 | 2,3 | 2,1 | 1,6 | 1,3 |
| 97 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | 1,6 |
| 98 | 1,7 | 0,6 | 1,7 | 1,0 | 1,2 | 2,1 | 0,9 |
| 99 | 1,7 | 1,2 | 0,8 | 0,9 | 1,6 | 1,3 | 1,3 |
| 100 | 2,2 | 0,4 | 1,9 | 0,6 | 0,4 | 0,9 | 0,8 |
| Mittel | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,4 |

Daten als Grundlage zu den Graphiken der Keimverläufe

Tab. 151 Anteil gekeimter Samen bei 5° C als Grundlage für Abb. 13

| TAGE | DACHSHOLZ | HEINRICHSHEIM | ZENSI-SCHÜTT | FREISING | FREINHAUSEN1 | FREINHAUSEN2 | HÖRZHAUSEN |
|------|-----------|---------------|--------------|----------|--------------|--------------|------------|
| 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 12 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 13 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 19 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 1,1 |
| 23 | 2,2 | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 0,0 | 0,6 | 1,1 |
| 26 | 3,7 | 0,3 | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 2,8 | 2,2 |
| 28 | 3,7 | 0,3 | 1,8 | 0,8 | 5,0 | 2,8 | 2,2 |
| 30 | 4,3 | 0,3 | 1,8 | 0,8 | 8,3 | 6,6 | 2,2 |
| 37 | 4,3 | 0,3 | 1,8 | 0,8 | 14,9 | 11,9 | 2,2 |
| 54 | 33,5 | 13,3 | 12,7 | 5,4 | 38,0 | 36,9 | 8,8 |
| 81 | 56,3 | 37,2 | 36,7 | 19,5 | 58,7 | 60,3 | 23,6 |
| 111 | 76,6 | 55,7 | 54,2 | 39,4 | 78,5 | 77,8 | 42,3 |
| 127 | 81,2 | 63,8 | 64,5 | 44,8 | 82,9 | 81,3 | 47,3 |
| 139 | 87,7 | 71,8 | 71,1 | 48,1 | 86,8 | 85,3 | 51,6 |
| 152 | 91,1 | 80,6 | 78,3 | 56,0 | 90,1 | 88,4 | 66,5 |
| 209 | 98,2 | 96,1 | 89,8 | 88,0 | 98,6 | 98,4 | 86,3 |
| 259 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 159 Anteil gekeimter Samen bei 30° C, ohne Stratifikation als Grundlage für Abb. 21

| TAGE | DACHS- HOLZ | HEINRICHS- HEIM | ZENSI- SCHÜTT | FREI- SING | FREINHAU- SEN1 | FREIN- HAUSEN2 | HÖRZHAU- SEN |
|------|----------------|--------------------|------------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| 6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| 7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,3 | 0,0 |
| 8 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,5 | 0,5 | 0,1 |
| 9 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,9 | 0,9 | 0,3 |
| 12 | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 1,9 | 1,6 | 0,6 |
| 13 | 0,7 | 1,2 | 1,6 | 1,4 | 3,2 | 2,5 | 1,4 |
| 15 | 1,4 | 1,9 | 2,4 | 2,2 | 4,6 | 3,8 | 2,3 |
| 16 | 2,3 | 2,8 | 3,6 | 3,4 | 6,2 | 5,3 | 3,7 |
| 19 | 3,8 | 4,6 | 5,9 | 5,3 | 8,3 | 7,5 | 6,0 |
| 20 | 5,8 | 6,8 | 8,3 | 7,6 | 10,9 | 9,8 | 8,5 |
| 21 | 8,0 | 9,3 | 11,0 | 10,3 | 13,6 | 12,4 | 11,2 |
| 22 | 10,4 | 12,0 | 14,0 | 13,0 | 16,5 | 15,2 | 14,0 |
| 23 | 12,9 | 14,9 | 17,1 | 16,0 | 19,5 | 18,2 | 17,0 |
| 26 | 16,0 | 18,2 | 20,4 | 19,0 | 22,7 | 21,3 | 20,1 |
| 27 | 19,2 | 21,6 | 23,8 | 22,2 | 25,9 | 24,4 | 23,3 |
| 28 | 22,4 | 25,0 | 27,2 | 25,5 | 29,2 | 27,6 | 26,6 |
| 29 | 25,6 | 28,4 | 30,5 | 28,7 | 32,5 | 30,9 | 30,0 |
| 30 | 29,0 | 31,9 | 33,9 | 32,2 | 35,9 | 34,2 | 33,4 |
| 33 | 32,4 | 35,4 | 37,3 | 35,6 | 39,2 | 37,6 | 36,9 |
| 34 | 35,8 | 38,9 | 40,8 | 39,1 | 42,6 | 41,1 | 40,4 |
| 35 | 39,3 | 42,5 | 44,3 | 42,5 | 46,0 | 44,6 | 43,9 |
| 36 | 42,8 | 46,1 | 47,9 | 46,0 | 49,4 | 48,1 | 47,4 |
| 40 | 46,5 | 49,7 | 51,4 | 49,6 | 52,8 | 51,7 | 51,0 |
| 41 | 50,1 | 53,4 | 55,0 | 53,2 | 56,2 | 55,2 | 54,5 |
| 42 | 53,7 | 57,0 | 58,6 | 56,7 | 59,7 | 58,7 | 58,1 |
| 44 | 57,4 | 60,7 | 62,2 | 60,4 | 63,2 | 62,3 | 61,7 |
| 48 | 61,3 | 64,5 | 65,8 | 64,1 | 66,7 | 65,9 | 65,4 |
| 50 | 65,3 | 68,3 | 69,3 | 67,9 | 70,3 | 69,5 | 69,1 |
| 54 | 69,5 | 72,2 | 73,1 | 71,8 | 73,9 | 73,2 | 72,8 |
| 61 | 73,7 | 76,1 | 76,9 | 75,7 | 77,5 | 76,9 | 76,5 |
| 63 | 78,0 | 80,1 | 80,6 | 79,6 | 81,2 | 80,7 | 80,3 |
| 68 | 82,4 | 84,0 | 84,5 | 83,7 | 85,0 | 84,5 | 84,2 |
| 70 | 86,8 | 87,9 | 88,4 | 87,7 | 88,7 | 88,3 | 88,1 |
| 72 | 91,1 | 91,9 | 92,2 | 91,8 | 92,5 | 92,1 | 92,0 |
| 79 | 95,5 | 95,9 | 96,1 | 95,9 | 96,2 | 95,9 | 95,9 |
| 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 160 Urliste der Auswertung der genetischen Merkmale / Genotypen der Individuen

Von 198 Individuen ohne Leerstellen sind die Genotypen von 2 identisch (Freinhausen1: Nr. 31 = 45)

| NR. | ACO-A | ACO-B | EST | IDH | LAP-A | LAP-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B | PGI-A | PGI-B | PGM | SKDH | AAT |
|------------------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-----|------|-----|
| Dachsholz | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12 | 33 | 22 | 22 | 25 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 12 | 11 |
| 2 | 12 | 33 | 22 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 24 | 23 | 12 | 11 |
| 3 | 11 | 22 | 22 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 4 | 11 | 33 | 22 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 5 | 11 | 12 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 6 | 12 | 33 | 24 | 33 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 7 | 11 | 23 | 22 | 22 | 22 | 20 | 11 | 11 | 22 | 24 | 22 | 23 | 11 |
| 8 | 11 | 33 | 24 | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 22 | 22 | 11 |
| 9 | 11 | 33 | 22 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 12 | 12 | 23 | 23 | 11 |
| 10 | 11 | 33 | 22 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 11 | 11 | 33 | 22 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 12 | 23 | 24 | 11 |
| 12 | 11 | 33 | 24 | 22 | 35 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 22 | 23 | 11 |
| 13 | 11 | 33 | 22 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 14 | 11 | 33 | 22 | 22 | 26 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 15 | 11 | 33 | 24 | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 33 | 11 |
| 16 | 22 | 33 | 22 | 22 | 26 | 20 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 17 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 18 | 11 | 33 | 22 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 19 | 11 | 33 | 22 | 22 | 26 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 20 | 11 | | 22 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 21 | 12 | 33 | 22 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 23 | 22 | 11 |
| 22 | 11 | 13 | 22 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 23 | 11 | 13 | 22 | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 24 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 25 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 26 | 11 | 33 | | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 27 | 11 | 13 | 22 | 23 | | | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 28 | 11 | | 22 | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 29 | 11 | 22 | 22 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 34 | 11 |
| 30 | 11 | 33 | 22 | 22 | 22 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 31 | 11 | 33 | 24 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 32 | 22 | 13 | 22 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 33 | 11 | 33 | 22 | 22 | 26 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 34 | 12 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 35 | | | 22 | 22 | 22 | 20 | 12 | 11 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 36 | 11 | 33 | 22 | 23 | 56 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 37 | 12 | 33 | 22 | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 38 | 11 | 33 | 22 | 23 | 66 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 39 | | | 22 | 22 | | | 11 | 11 | 12 | | 23 | 22 | 11 |
| 40 | | | 22 | 22 | | | 11 | 11 | | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 41 | 11 | 12 | 24 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 22 | 22 | 11 |
| 42 | 11 | 33 | 33 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 43 | 11 | 33 | 34 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 44 | 11 | 33 | 24 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 45 | 11 | 13 | 33 | 33 | | | 12 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 46 | 11 | | 22 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 22 | | 22 | 23 | 11 |
| 47 | 11 | 33 | 22 | 22 | 24 | 20 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 48 | 11 | 33 | 24 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 49 | 11 | 33 | 24 | 22 | | | 11 | 11 | 12 | 24 | 22 | 33 | 11 |

| NR. | ACO-A | ACO-B | EST | IDH | LAP-A | LAP-B | 6PGDH-A | 6PGDH-B | PGI-A | PGI-B | PGM | SKDH | AAT |
|----------------------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-----|------|-----|
| 50 | 11 | 12 | 22 | 22 | 25 | 00 | 11 | 11 | 12 | | 22 | 22 | 11 |
| Heinrichsheim | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | 33 | 23 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 2 | 11 | 33 | 22 | 22 | 24 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | | 24 | 11 |
| 3 | 11 | 23 | 24 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 4 | 11 | 33 | 22 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 22 | | 22 | 11 |
| 5 | 11 | 33 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 22 | 11 |
| 6 | 11 | 33 | | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | | 22 | 11 |
| 7 | 11 | | 22 | 22 | 25 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 8 | 12 | 33 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 9 | 11 | 23 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 10 | 11 | 33 | 34 | 22 | 24 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 11 | 11 | | 23 | 22 | 44 | 00 | 22 | 11 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 12 | 11 | 23 | 22 | 22 | 34 | 20 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 13 | 11 | 33 | 25 | 23 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 14 | 11 | 33 | 24 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 15 | 22 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 16 | 11 | 33 | 25 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 24 | 11 |
| 17 | 11 | 33 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 18 | 11 | 11 | 22 | 22 | 34 | 00 | 11 | 11 | 12 | 12 | 22 | 22 | 11 |
| 19 | 11 | | 22 | 22 | 24 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 20 | 11 | 33 | 24 | 23 | 24 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | | 11 |
| 21 | 11 | | 23 | 22 | 24 | 10 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 22 | 11 | 33 | 33 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | | 44 | 11 |
| 23 | 11 | 33 | 23 | 22 | 46 | 00 | 12 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 24 | 11 | 33 | 22 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 25 | 11 | 13 | 33 | 22 | 26 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 22 | 11 |
| 26 | 12 | 33 | 25 | 22 | 44 | 00 | 12 | 11 | 22 | 12 | 23 | 44 | 11 |
| 27 | 11 | 33 | 23 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 11 |
| 28 | 11 | 33 | 24 | 22 | 25 | 20 | 11 | 11 | 12 | 12 | 22 | 22 | 11 |
| 29 | 11 | 33 | 24 | 22 | 35 | 00 | 22 | 11 | 12 | 24 | 23 | 34 | 11 |
| 30 | 11 | 13 | 24 | 22 | 24 | 20 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 31 | 11 | 33 | 24 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 32 | 11 | 33 | 23 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 33 | 11 | 33 | 34 | 22 | 45 | 00 | 12 | 11 | 11 | 24 | 22 | 33 | 11 |
| 34 | 11 | 33 | 24 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 35 | 11 | 33 | 34 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 24 | 11 |
| 36 | | | 23 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 22 | | | 11 |
| 37 | 11 | 33 | 23 | 23 | 44 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 38 | 12 | 33 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 22 | 11 |
| 39 | 11 | 33 | 33 | 22 | | | 11 | 11 | | 22 | 33 | 23 | 11 |
| 40 | 11 | 33 | 33 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 41 | 11 | | 33 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | | 44 | 11 |
| 42 | 11 | 33 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | | 22 | 11 |
| 43 | 11 | 33 | 25 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 44 | 11 | 33 | 22 | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 45 | 11 | 33 | 22 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 46 | 11 | 33 | 22 | 22 | 24 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 22 | 11 |
| 47 | 11 | 33 | 22 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 22 | 11 |
| 48 | 11 | 33 | 22 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 24 | 11 |
| 49 | 11 | 23 | 24 | 23 | 24 | 20 | 11 | 11 | 11 | | 22 | 22 | 11 |
| Zensi-Schütt | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | | 34 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 2 | 11 | 33 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 3 | 22 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | | 44 | 11 |
| 4 | 11 | 33 | 24 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 22 | 24 | 11 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 5 | 11 | 33 | 22 | 23 | 22 | 20 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 44 | 11 |
| 6 | 11 | | 24 | 23 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 7 | | | | 12 | 45 | 00 | 12 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 8 | 12 | 33 | 34 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 22 | 11 |
| 9 | 11 | 33 | 23 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 10 | 22 | 33 | | 11 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 14 | | 33 | 11 |
| 11 | 11 | 33 | 22 | 22 | 34 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 12 | 11 | | 22 | 13 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | | 23 | 24 | 11 |
| 13 | 11 | 33 | 24 | 23 | 22 | 22 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 14 | 12 | 33 | 24 | 22 | 45 | 00 | 22 | 11 | 22 | 12 | | 22 | 11 |
| 15 | 22 | 33 | 22 | 23 | 24 | 20 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 33 | 11 |
| 16 | 11 | 33 | 24 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 33 | 11 |
| 17 | 11 | 33 | 22 | 13 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 22 | 23 | 11 |
| 18 | 11 | 33 | 24 | 22 | 24 | 00 | 12 | 11 | 22 | 22 | 22 | 23 | 11 |
| 19 | 11 | 33 | 24 | 22 | 35 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 20 | 11 | 33 | 34 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 21 | 11 | | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 22 | 22 | 33 | | 12 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 44 | 11 |
| 23 | 22 | 33 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 24 | | | 22 | 22 | 25 | 20 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 44 | 11 |
| 25 | 11 | 33 | 22 | 12 | | | 12 | 11 | 22 | 22 | 33 | 24 | 11 |
| 26 | 11 | 33 | 22 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 27 | 11 | 33 | 23 | 22 | 45 | 00 | 22 | 11 | 22 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 28 | 11 | 33 | 24 | 22 | 25 | 00 | 12 | 11 | 22 | 22 | 33 | 24 | 11 |
| 29 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 22 | 44 | 11 |
| 30 | 11 | 33 | 24 | 22 | 33 | 00 | 12 | 11 | 22 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 31 | 11 | 33 | | 22 | 45 | 00 | 12 | 11 | 22 | 12 | 22 | 44 | 11 |
| 32 | 11 | 33 | 22 | 12 | 25 | 00 | 12 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 33 | 11 | 33 | 22 | 22 | 25 | 20 | 11 | 11 | 22 | 14 | 22 | 24 | 11 |
| 34 | 11 | 33 | 22 | 12 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 35 | 11 | 33 | 22 | 12 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 36 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 12 | 11 | 22 | 13 | 22 | 44 | 11 |
| 37 | 11 | 33 | 34 | 22 | 45 | 00 | 12 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 38 | 11 | 33 | 22 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| Freinhausen1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | 33 | 44 | 23 | 25 | 20 | 11 | 12 | 11 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 2 | 11 | 23 | 55 | 22 | 22 | 22 | 11 | 11 | 22 | 24 | 12 | 44 | 11 |
| 3 | 11 | 33 | 24 | 33 | 46 | 00 | 11 | 12 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 4 | 13 | 34 | 44 | 33 | 45 | 00 | 11 | 12 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 5 | 13 | 34 | 45 | 23 | 15 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 6 | 11 | 33 | 44 | 33 | 56 | 00 | 11 | 12 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 7 | | | | | | | | | | 22 | | 22 | 11 |
| 8 | 11 | 33 | 44 | 23 | 45 | 00 | 11 | 12 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 9 | 11 | 33 | 34 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 10 | 11 | 22 | 44 | 24 | 23 | 20 | 11 | 12 | 11 | 22 | 11 | 44 | 11 |
| 11 | 11 | 34 | | 23 | 34 | 20 | 11 | 11 | 1 | 14 | 23 | 44 | 11 |
| 12 | 11 | 33 | 24 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 13 | 11 | 33 | 44 | 33 | 34 | 20 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 14 | 11 | 33 | 44 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 15 | 11 | 33 | 44 | 23 | 22 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 16 | 12 | 34 | 22 | 33 | 22 | 20 | 12 | 12 | 11 | 22 | 33 | | 11 |
| 17 | 11 | 33 | 24 | | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 18 | 12 | 13 | 24 | 33 | 35 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 19 | 11 | 13 | 14 | 22 | 35 | 00 | 11 | 12 | 11 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 20 | 11 | 33 | 14 | 24 | 22 | 20 | 12 | 12 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 21 | 11 | 33 | 33 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 22 | 11 | 33 | 44 | 23 | 55 | 00 | 11 | 12 | 11 | 24 | 22 | | 11 |
| 23 | 11 | 33 | 44 | 23 | 25 | 20 | 12 | 12 | 12 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 24 | 11 | 13 | 14 | 22 | 25 | 20 | 11 | 12 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 25 | 11 | 23 | 44 | 22 | 45 | 00 | 11 | 12 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 26 | 13 | 34 | 34 | 33 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 27 | 11 | 13 | 24 | 22 | 22 | 20 | 11 | 12 | 11 | 14 | 33 | 44 | 11 |
| 28 | | | | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 29 | | | 24 | 33 | 44 | 20 | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 30 | | | | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 31 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 32 | 11 | 33 | 14 | 33 | 45 | 00 | 11 | 12 | 11 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 33 | 11 | 23 | 22 | 22 | 34 | 22 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 34 | 11 | 23 | 25 | 22 | | | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 35 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 24 | 11 |
| 36 | 22 | 33 | 44 | 33 | | | 11 | 12 | 11 | 22 | 22 | | 11 |
| 37 | 11 | 23 | 24 | 33 | 44 | 00 | 11 | 12 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 38 | 11 | 23 | 45 | 33 | | | 11 | 12 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 39 | 11 | 33 | 44 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | | 44 | 11 |
| 40 | 11 | 23 | 22 | 22 | 25 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 41 | 11 | 33 | 44 | 33 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 42 | 11 | 33 | 25 | 22 | | | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 43 | 22 | 44 | 11 | 22 | | | 11 | 11 | 12 | 22 | 33 | 22 | 11 |
| 44 | 11 | 13 | 22 | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 45 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 46 | 12 | 33 | 45 | 23 | 46 | 00 | | | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 47 | 11 | 33 | 24 | 23 | 45 | 00 | 11 | 12 | 12 | 22 | 33 | 24 | 11 |
| 48 | 12 | 34 | 25 | 23 | 45 | 00 | 11 | 12 | 12 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 49 | | | 25 | 23 | 24 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | | 11 |
| 50 | 11 | 13 | | | | | | | 22 | 12 | | | 11 |
| Freinhausen2 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | 33 | 22 | 23 | | | 11 | 11 | 12 | 22 | | 44 | 11 |
| 2 | 11 | 33 | 24 | 23 | 44 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 3 | | | 24 | 34 | 24 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 4 | 12 | 33 | 24 | 23 | 24 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 5 | 11 | 33 | 24 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 23 | 22 | 44 | 11 |
| 6 | 11 | 33 | 22 | 23 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 7 | 11 | 33 | 24 | 23 | 22 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 55 | 11 |
| 8 | 11 | 33 | 24 | 33 | 46 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 9 | 12 | 33 | 24 | 23 | 22 | 20 | 11 | 11 | 11 | 23 | | 44 | 11 |
| 10 | 11 | 33 | 44 | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 11 | 23 | 23 | 44 | 11 |
| 11 | 11 | 33 | | 33 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 12 | 11 | 33 | 44 | 13 | 11 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 13 | 11 | 33 | 44 | 13 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 14 | 11 | 33 | 24 | 23 | 25 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 15 | 11 | 33 | 44 | 23 | | | 11 | 11 | 12 | | 22 | 24 | 11 |
| 16 | 11 | 33 | | 33 | 12 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | | 44 | 11 |
| 17 | 11 | 33 | | 33 | 12 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 18 | 11 | 33 | 34 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 23 | 22 | 24 | 11 |
| 19 | 11 | 33 | 44 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 20 | 11 | 33 | 24 | 22 | 14 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 21 | 11 | 33 | 24 | 33 | | | 11 | 11 | 11 | 33 | 22 | 44 | 11 |
| 22 | 11 | 33 | | 33 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | | | 11 |
| 23 | 11 | 23 | 22 | 23 | 24 | 00 | 11 | 11 | 11 | 13 | 23 | 44 | 11 |
| 24 | 11 | 33 | 44 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 25 | | 33 | 24 | 23 | 22 | 00 | 11 | 11 | 12 | 23 | | 24 | 11 |
| 26 | 11 | 33 | 44 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 23 | 22 | 44 | 11 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 27 | 11 | 33 | 22 | 33 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 28 | 12 | 33 | 22 | 33 | 14 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 29 | 11 | 33 | 22 | 23 | 55 | 00 | 11 | 11 | 12 | 12 | 22 | 44 | 11 |
| 30 | 11 | 33 | 24 | 22 | 22 | 20 | 11 | 11 | 11 | 23 | 22 | 24 | 11 |
| 31 | 11 | 33 | 34 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 32 | 11 | 33 | 24 | 23 | 11 | 22 | 11 | 11 | 11 | 22 | | 24 | 11 |
| 33 | 11 | 33 | 34 | 23 | 14 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 34 | 11 | 33 | 34 | 22 | 11 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 35 | 22 | 33 | 22 | 23 | 11 | 00 | 11 | 12 | 11 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 36 | 11 | 33 | 24 | 23 | 11 | 00 | 11 | 11 | 11 | 12 | 23 | 24 | 11 |
| 37 | 11 | 33 | 22 | 22 | | | 11 | 11 | 11 | 23 | 22 | 44 | 11 |
| 38 | 11 | 33 | 24 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 39 | 11 | 33 | 33 | 23 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 40 | | | 24 | | | | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 41 | 11 | | 24 | 23 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 42 | 11 | | 44 | 22 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 43 | 11 | 33 | 24 | 23 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | 33 | 22 | 11 |
| 44 | 22 | 33 | 24 | 23 | | | 11 | 12 | 12 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 45 | 11 | 33 | 24 | 23 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | | 44 | 11 |
| 46 | 11 | 33 | 24 | 23 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | | 24 | 11 |
| 47 | 12 | 33 | 24 | 23 | | | 11 | 11 | 12 | 22 | | 24 | 11 |
| Hörzhausen | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | 33 | 22 | 23 | | | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 2 | 11 | 33 | 24 | 11 | 55 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 3 | 11 | 23 | 24 | 22 | 44 | 22 | 11 | 11 | 12 | 24 | 22 | 44 | 11 |
| 4 | 11 | | 24 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 11 | 44 | 11 |
| 5 | 12 | 33 | 24 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 12 | 12 | 22 | 22 | 11 |
| 6 | | | 22 | 12 | 45 | 00 | 11 | 11 | | 22 | | | 11 |
| 7 | 11 | 33 | 22 | 22 | 44 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 12 | 44 | 11 |
| 8 | 11 | 33 | 44 | 13 | 55 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 11 | 44 | 11 |
| 9 | 11 | 33 | 22 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 11 | 12 | 23 | 24 | 11 |
| 10 | 11 | | 14 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | | 22 | | 24 | 11 |
| 12 | 11 | 33 | 24 | 22 | 66 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 13 | 11 | 33 | 24 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 14 | 11 | 33 | 22 | 33 | 46 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 15 | 11 | 33 | 24 | 23 | 22 | 00 | 11 | 11 | 11 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 16 | 11 | 33 | 22 | 23 | 56 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | | 11 |
| 17 | 11 | 33 | 22 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 22 | 11 |
| 18 | 11 | 33 | 24 | 22 | 22 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 19 | 11 | 33 | | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | 24 | 11 |
| 20 | 11 | 33 | | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 21 | 11 | 33 | 24 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 22 | 11 | | | 23 | 25 | 10 | 11 | 11 | 12 | 22 | | 22 | 11 |
| 23 | 11 | 33 | 24 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 24 | 11 | | 22 | 22 | 55 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 22 | 11 |
| 25 | 11 | 33 | 24 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 26 | 11 | 33 | 22 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 27 | 11 | 33 | 24 | 23 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 28 | 11 | 33 | | 33 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 12 | 44 | 11 |
| 29 | 11 | 33 | 44 | 23 | 25 | 22 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 30 | 11 | 33 | 22 | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 11 | 44 | 11 |
| 31 | 11 | 33 | 24 | 33 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 24 | 22 | 44 | 11 |
| 32 | 11 | | 24 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 11 | 44 | 11 |
| 33 | 11 | 33 | 24 | 11 | 25 | 22 | 11 | 11 | 22 | 22 | 11 | 44 | 11 |
| 34 | 11 | 33 | 33 | 33 | 55 | 20 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 35 | 11 | 33 | 44 | 24 | 55 | 22 | 11 | 11 | 11 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 36 | 11 | 33 | 22 | 23 | 55 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 37 | 11 | 33 | 22 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 38 | 11 | 33 | 22 | 23 | 46 | 00 | 11 | 11 | 12 | | | 22 | 11 |
| 39 | 11 | 33 | 22 | 23 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | | 22 | 24 | 11 |
| 40 | 11 | 33 | 44 | 23 | 26 | 20 | 11 | 11 | 11 | 24 | 22 | 44 | 11 |
| Freising | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 11 | 33 | 24 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 2 | 11 | | 22 | 22 | 22 | 20 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 11 |
| 3 | 11 | 33 | 15 | 23 | 34 | 20 | 11 | 11 | 12 | 24 | 22 | 44 | 11 |
| 4 | 11 | 22 | 14 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 5 | 11 | 23 | 22 | 22 | 22 | 00 | 11 | 11 | 12 | 14 | 22 | 44 | 11 |
| 6 | 12 | 22 | 11 | 22 | 56 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 33 | 44 | 11 |
| 7 | 11 | 22 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 8 | 11 | 33 | 24 | 12 | 35 | 00 | 11 | 11 | 11 | 15 | 23 | 44 | 11 |
| 9 | 11 | 22 | 24 | 22 | 33 | 00 | 11 | 11 | 11 | 25 | 23 | 44 | 11 |
| 10 | 11 | 33 | 24 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 11 | 11 | 22 | | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 12 | 11 | 12 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 13 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 14 | 11 | 22 | | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 15 | 11 | 22 | 24 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 16 | 11 | | 22 | 22 | 35 | 20 | 11 | 11 | 12 | 12 | 22 | 24 | 11 |
| 17 | 11 | 33 | 24 | 23 | 34 | 20 | 11 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 18 | 11 | 22 | 24 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 12 | 22 | 23 | | 11 |
| 19 | 11 | 22 | 22 | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 33 | 44 | 11 |
| 20 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | | 44 | 11 |
| 21 | 11 | 33 | 22 | 11 | 44 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 22 | 11 | 12 | 22 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 23 | 22 | | 23 | 22 | 46 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 24 | 11 | 22 | | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 25 | 11 | 33 | | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 11 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 26 | 11 | 33 | 22 | 11 | 24 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 23 | 44 | 11 |
| 27 | | | 24 | 22 | 44 | 00 | 11 | 11 | 12 | 12 | 22 | 44 | 11 |
| 28 | 11 | 33 | 24 | 22 | 23 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 29 | 11 | 33 | 24 | 22 | 36 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |
| 30 | 11 | 33 | 22 | 22 | 26 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 33 | 44 | 11 |
| 31 | 11 | | 33 | 22 | | | 11 | 11 | 22 | | 23 | 45 | 11 |
| 32 | | | | | | | 11 | 11 | | | | 44 | 11 |
| 33 | 11 | 22 | | | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 24 | 23 | 44 | 11 |
| 34 | 11 | | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 12 | 23 | 44 | 11 |
| 35 | 11 | 33 | 22 | 22 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 44 | 11 |
| 36 | 11 | 13 | 22 | 11 | 45 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 22 | 45 | 11 |
| 37 | 11 | | 22 | 11 | 34 | 00 | 11 | 11 | 11 | 25 | 23 | 24 | 11 |
| 38 | 11 | 33 | 33 | 22 | 24 | 00 | 11 | 11 | 22 | 22 | 23 | 44 | 11 |

13 Literatur

- Aarson, L. W. (1983a). "Ecological combining ability and competitive combining ability in plants, towards a general evolutionary theory of coexistence in system of competition." *Amer. Nat.* 122: 707-731.
- Aarson, L. W. (1983b). Interactions and coexistence of species in pasture community evolution. Ph.D. thesis, The University of British Columbia.
- Adams, A. W. (1955). "*Succisa pratensis* (Moench) (*Scabiosa succisa* L.)." *J. Ecol.* 43: 709-718.
- Baksay, L. (1952). "Monographie der Gattung *Succisa*." *Ann. Hist. Nat. Musei Nat. Hungarici* 2: 237-259.
- Barrett, S. C. H. und J. R. Kohn (1991). Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: Implications for conservation. Genetics and conservation of rare plants. D. A. Falk und K. E. Holsinger. Oxford, University Press: 3-30.
- Bauert, M. R. (1994). "A preliminary investigation on the genetic variability of the relict ice age populations of *Saxifraga cernua*." *Botanica Helvetica* 104(2): 215-220.
- Bradshaw, A. D. (1960). "Population differentiation in *Agrostis tenuis* (Sibth), I Morphological Differentiation." *New Phytol* 58: 208-227.
- Bradshaw, A. D. (1984). Ecological significance of genetic variation between populations. Perspectives on plant population ecology. S. J. Dirzo R. Sunderland Massachusetts, Sinauer Associates Inc.
- Buza, L., A. Young, *et al.* (2000). "Genetic erosion, inbreeding and reduced fitness in fragmented populations of fragmented populations of the endangered tetraploid pea *Swainsona recta*." *Biological Conservation* 93: 177-186.
- Charlesworth, B. (1998). "Some evolutionary consequences of deleterious mutations." *Genetica Dordrecht* 102-103: 3-19.
- Cole, C. T. (1992). "Monomorphism, reduces gene flow and cleistogamy in rare and common species of *Lepedeza* (Fabaceae)." *Am. J. Bot.* 79: 567-75.
- Cook, R. E. (1972). "Competition between metal tolerant and normal plant populations on normal soil." *Evolution* 26: 366-372.
- Davies, M. S. und R. W. Snaydon (1976). "Rapid Population differentiation in a mosaic environment III. measures of selection pressures." *Heredity* 36: 59-66.
- Deutscher Wetterdienst Weihenstephan (1997). *Agrar und Umweltklimatologischer Atlas von Bayern (1961-1990) auf CD- Rom.* Weihenstephan, Alleinvertrieb Deutscher Wetterdienst Weihenstephan.
- Donohue, K. (1998). "Effects of inbreeding on traits that influence dispersal and progeny density in *Cakile edentula* var. *Lacustris* (Brassicaceae)." *American Journal of Botany* 85: 661-668.
- Dudash, M. R. (1990). "Relative Fitness of selfed and outcrossed progeny in a self compatible, protandous species, *Sabatia angularis* L. (Gentianaceae): a comparison of three environments." *Evolution* 44: 1129-1139.
- Ellstrand, N. C. und D. R. Elam (1993). "Population genetic consequences of small population size: Implication for plant conservation." *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 24: 217-42.
- Ennos, R. A. (1985). "The significance of genetic variation for root growth within a natural population of white clover (*Trifolium repens*)." *J. Ecol.* 73: 615-642.

- Fenster, C. B. und M. R. Dudash (1995). Genetic considerations for plant population restoration and conservation. Restoration of endangered species, conceptual issues, planning and implantation. L. Marlin, C. Bowles und L. Whelan. Cambridge, University Press: 34-62.
- Ferguson, A. (1980). Biochemical systematics and evolution. Glasgow und London, Blackie.
- Fischer, M. und D. Matthies (1998). "Effects of population size on performance in the rare plant *Gentianella germanica*." Journal of Ecology 86: 195-204.
- Foster, L. H. (1991). Ecological implications of genetic variation in plants. Genetics and conservation of rare plants. D. A. Falk und K. E. Holsinger. Oxford, Oxford University Press.
- Fowler, D. P. und R. W. Morris (1977). "genetic diversity in red pine: evidence of low genetic heterogeneity." Can. J. For. Res. 7: 343-347.
- Ganders, F. R. und K. R. Ritland (1987). "Crossability in *Mimulus guttatus* in relation of components of gene fixation." Evolution 41: 772-786.
- Garbutt, K. und F. A. Bazzaz (1987). "Population niche structure: Differential response of *Abutilon theophrastis* progeny to resource gradients." Oecologia 72: 291-296.
- Garbutt, K., F. A. Bazzaz, et al. (1985). "Population and genotype niche width in clonal *Phlox paniculata*." Am. J. of Bot 72: 640-648.
- Gillet, E. M. (1994). GSED - Vers. 1.0 . Genetic structures from elektrophoresis data, Abteilung für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. Universität Göttingen.
- Glover, B. J. und R. J. Abbott (1995). "Low genetic diversity in the scottish endemic *Primula scotica* Hook." New Phytologist 129(1): 147-153.
- Goodall, D. W. (1954). "Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis." Australian Journal of Botany 2: 304-324.
- Gregorius, H. R. (1978). "The concept of genetic diversity and its formal relationship to heterozygosity and genetic distance." Math. Bioscience 41: 253-271.
- Gregorius, H. R. (1984). Measurements of genetic differentiation in plant populations. Population genetics in forestry. H. R. Gregorius. Berlin, Heidelberg, New-York, Tokio, Springer-Verlag: 276-285.
- Gregorius, H. R. (1984). Population genetics in forestry. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, Springer Verlag.
- Gregorius, H. R., J. Krauhausen, G. Müller-Starck (1986). "Spatial and temporal differentiation among the seed in a stand of *Fagus sylvatica*." Heredity 57: 255-262.
- Greig-Smith, P. (1983). Quantitative Plant Ecology, Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Grime, J. P., J. G. Hodgson (1990). Comparative plant ecology. Boston Sydney Wellington, Unwin Hyman.
- Haeupler, H. und P. Schönfelder (1988). Atlas der Farn u. Blütenpflanzen der BRD, Ulmer Verlag Stuttgart.
- Hahn, H. (1996). Untersuchungen zur elektrophoretischen Charakterisierung ausgewählter Sorten und Zuchtstämme von *Festuca pratensis* Huds. und *Festulolium*-Bastarden. Landw. Fakultät. Halle-Wittenberg.
- Hamrick, J. L. (1989). Isozymes and analyses of genetic structure of plant populations. Isozymes in plant biology. London, New York, Soltis D und Soltis P.
- Hamrick, J. L. (1991). Correlation between species traits and allozyme diversity: Implications for conservation biology. Genetics and conservation of rare plants. D. A. Falk und K. E. Holsinger. Oxford, Oxford University Press: 75-86.

- Hamrick, J. L. und M. J. W. Godt (1990). Allozyme diversity in plant species. Plant population genetics , Breeding and genetic resources. A. H. D. Brown, M. T. Clegg, K. A.L. und W. B.S. Sunderland Massachusetts, Sinauer.
- Hatterer, H. H. (1994). "Die genetische Variation und ihre Bedeutung für Wald und Waldbäume." Schweizerische Zeitung für Forstwesen 145 (12): 953-975.
- Haushofer, M. (1979). "Die Entwässerung des Donaumoses bei Neuburg." Augsburg.
- Hegi, G. (1918). Illustrierte Flora von Mitteleuropa. München, J.F. Lehmanns.
- Helgadóttir, Á. und W. Synadon (1986). "Patterns of genetic variation among populations of *Poa pratensis* L. and *Agrostis capillaris* L. from Britain and Iceland." Journal of applied ecology 23: 703-719.
- Husband, B. C. und D. W. Schemske (1995). "Magnitude and timing of inbreeding depression in a diploid population of *Epilobium angustifolium* (*Onagraceae*)." Heredity 75: 206-215.
- Imbert, E., J. Escarre, *et al.* (1999). "Local adaptation and non-genetic maternal effects among three populations of *Crepis sancta*." Ecoscience 6: 223-229.
- Jain, S. K. und A. D. Bradshaw (1966). "Evolutionary divergence among adjacent plant populations." Heredity 21: 407-441.
- Jürging, P. und G. Kaule (1977). "Rekultivierung und unbeeinflusste Entwicklung von Kiesbaggerungen zu oligotrophen Lebensräumen." Bayerisches Amt für Umweltschutz 8: 22-30.
- Kelly, M. G. und D. A. Levin (2000). "Directional selection on the initial flowering date in *Phlox drummondii* (*Polemiaceae*)." American Journal of Botany 87: 382-391.
- Kimura, M. (1987). Die Neutralitätstheorie der molekularen Evolution. Paul Parey Verlag Stuttgart, Berlin, Hamburg, Parey Verlag.
- Krebs, S. (1990). Biotopvernetzung in der Flur. Stuttgart, Ministerium für Ländlichen Raum Ernährung Landwirtschaft und Forsten Baden Württemberg.
- Krebs, S. (1992). Ansaat autochthoner Wildkräuter zur Biotopentwicklung in intensiv genutzten Agrarlandschaften. Dissertation, Universität Hohenheim.
- Kruckeberg, A. R. und D. Rabinowitz (1985). "Biological aspects of endemism in higher plants." Ann. Rev. Ecol. Syst. 16: 447-479.
- Lacy, R. C. (1987). "Loss of genetic diversity from managed populations: Interacting effects of drift, mutation, immigration, selection and population subdivision." Cons. Biol. 1: 143-158.
- Lammi, A., P. Siikamaki, *et al.* (1999). "Genetic diversity, population size and fitness in central and peripheral populations of rare plant *Lychnis viscaria*." Conservation Biology 13: 1069-1078.
- Lamont, B. B. und P. G. L. Klinkhamer (1993). "Population size and viability." Nature 362: 211-211.
- Leonardi, S. und P. Menozzi (1995). "Genetic variability of *Fagus sylvatica* L. in Italy: the role of postglacial reconolization." Heredity 75: 35-44.
- Lesica, P., F. F. Leary, *et al.* (1988). "Lack of genetic diversity within and among populations of an endangered plant, *Howellia aquatilis*." Conserv. Biol. 2: 275-282.

- Levin, D. A. und H. W. Kerster (1974). "Gene flow in seed plants." *Evol. Biol.* 7: 139-220.
- Lewis, P. O. und D. J. Crawford (1995). "Pleistocene refugium endemic exhibit greater allozymic diversity than widespread congeners in the genus *Polygonella* (Polygonaceae)." *American Journal of Botany* 82(2): 141-149.
- Lewontin, R. C. und J. L. Hubby (1966). "A molecular approach to the study of genetic heterozygosity in natural populations. I. The number of Alleles at different loci in *Drosophila pseudobscura*." *Genetics* 54: 595-609.
- Linhart, Y. B. (1974). "Intra-population differentiation in annual plants. I *Veronica peregrina* raised under non-competitive conditions." *Evolution* 28: 232-243.
- Lohr, J. (1998). Untersuchungen zum Einsatz von Isoenzymen in der Sortencharakterisierung und markergestützten Selektion bei *Lolium multiflorum* Lam. mittels Elektrophoresetechniken. Diplomarbeit am Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft. Weihenstephan, Fachhochschule.
- Lynch, A. J. und R. E. Vaillancourt (1995). "Genetic diversity in the endangered *Phebalium Daviesii* (Rutaceae) compared to that in two widespread congeners." *Australian Journal of Botany* 43(2): 181-191.
- Mashburn, S. J., R. R. Sharitz, *et al.* (1978). "Genetic variation among *Typha* populations in the southeastern United States." *Evolution* 32: 681-685.
- McCune, B. und M. J. Mefford (1997). PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Gleneden Beech, Oregon U.S.A., MjM-Software.
- Menges, E. S. (1991). "Seed germination percentage increases with population size in fragmented prairie species." *Cons. Biol.* 5: 158-164.
- Morgan, J. W. (1999). "Effects of population size on seed production and germinability in an endangered, fragmented grassland plant." *Conservation Biology* 13: 266-273.
- Müller-Starck, G. (1993). Auswirkungen von Umweltbelastungen auf genetische Strukturen von Waldbeständen am Beispiel der Buche (*Fagus sylvatica* L.). Frankfurt am Main, J.D. Sauerländer's Verlag.
- Müller-Starck, G. (1994). "Die Bedeutung der genetischen Variation für die Anpassung gegenüber Umweltstress." *Schweiz. Z. Forstw.* 145: 977-997.
- Müller-Starck, G. (1998). Isozymes. Molecular tools for screening biodiversity: Plants and animals. P. G. Isaac und D. S. Ingram. London, Chapman and Hall.
- Müller-Starck, G. und R. Starke (1993). "Inheritance of isoenzymes in European beech (*Fagus sylvatica* L.)." *Heredity* 84: 291-296.
- Müller-Starck, G., A. Zanetto A. Kremer S. Herzog (1996). "Inheritance of isoenzymes in sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and offspring from interspecific crosses." *Forest Genetics* 3(1): 3-14.
- Müller-Starck, G. und M. Ziehe (1991). Genetic variation in populations of *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Liebl. in Germany. Genetic variation in European populations of forest trees. G. Müller-Starck und M. Ziehe. Frankfurt a. M., Sauerländer's Verlag.
- Neal, N. P. (1935). "The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn, *Journal of the American Society of Agronomy* 27: 666-670.
- Nei, M. (1973). "Analysis of gene diversity in subdivided populations." *Genet* 41: 225-233.
- Neuffer, B. (1989). "Leaf morphology in *Capsella* (Cruciferae) dependency on environments and biological parameters." *Beitr. Biol. Pfl.* 64: 39-54.
- Neuffer, B. und S. Bartelheim (1989). "Gene ecology of *Capsella bursa-pastoris* from an altitudinal transect in the Alps." *Oecologia* 81: 521-527.

- Oleksyn, J., W. Prusglowacki, *et al.* (1994). "Relation between genetic diversity and pollution impact in a 1912 experiment with east european *Pinus sylvestris* provenances." *Canadian Journal of Forest Research / Journal Canadien de la Recherche Forestiere* 24(12): 2390-2394.
- Oostermeijer, G., S. Luijten, *et al.* (1998 a). "Rare plants in peril: On the problems of small populations." *Levende Natuur* 99: 134-141.
- Oostermeijer, J. B. G., S. H. Luijten, *et al.* (1998 b). "Relationship between population and habitat characteristics and reproduction of rare *Gentiana pneumonanthe* L.," *Conservation Biology* 12: 1042-1053.
- Oostermeijer, J. G. B., M. W. Van Eijck, *et al.* (1994). "Offspring fitness in relation to population size and genetic variation in the rare perennial plant species *Gentiana-Pneumonanthe* (*Gentianaceae*)." *Oecologia* 97: 289-296.
- Ouborg, N. J. und R. Treuren van (1994). "The significance of genetic erosion in the process of extinction. IV Inbreeding load and heterosis in relation to population size in the mint *Salvia pratensis*." *Evolution* 48: 996-1008.
- Ouborg, N. J. und R. Vantreuren (1994). "The significance of genetic erosion in the process of extinction - Inbreeding load and heterosis in relation to population size in the mint *Salvia pratensis*." *Evolution* 48(4): 996-1008.
- Ouborg, N. J. und R. Vantreuren (1995). "Variation in Fitness related characters among small and large populations of *Salvia pratensis*." *Journal of Ecology* 83(3): 369-380.
- Patzelt, A., F. Mayer, *et al.* (1997). "Renaturierungsverfahren zur Etablierung von Feuchtwiesenarten." *Verh. GFÖ* 27: 165-172.
- Persson, H., K. Lundquist, *et al.* (1998). "RAPD analysis of genetic variation within and among populations of Turk's-cap lily (*Lilium martagon*)." *Hereditas* 128: 213-220.
- Pfadenhauer, J., G. M. Krüger, *et al.* (1991). *Ökologisches Gutachten Donaumoos, Konzept zur zukünftigen Landschaftsentwicklung*. Bayern, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.
- Polans, N. O. und R. W. Allard (1987). "An experimental evaluation of recovery potential of rye grass populations from genetic stress resulting from restriction of population size." *Evolution* 43: 1320-1324.
- Prentice, H. C., M. Lönn, *et al.* (1995). "Associations between allele frequencies in *Festuca ovina* and habitat variation in the alvar grassland on the baltic island of Öland." *Journal of Ecology* 83: 391-402.
- Primack, R. B. (1980). "Phenotypic variation of rare and widespread species of *Plantago*." *Rhodora* 82: 87-95.
- Prober, S. M. und A. H. D. Brown (1994). "Conservation of the grassy white box woodlands - population genetics and fragmentation of *eucalyptus albens*." *Conservation Biology* 8(4): 1003-1013.
- Rabinowitz, D. (1981). *Seven forms of rarity. The biological aspect of rare plant conservation*. S. H.
- Rothe, G. M. (1994). *Electrophoresis of Enzymes, Laboratory methods*, Springer-Verlag.
- Ruthsatz, B. (1983). "Kleinstrukturen im Raum Ingolstadt: Schutz und Zeigerwert Teil I: Hochstaudenfluren an Entwässerungsgräben." *Tuexenia* 3: 365-387.
- Sachs, L. (1974). *Angewandte Statistic. Planung und Auswertung. Methoden und Modelle*. Berlin.

- Schaal, B. A. (1975). "Population structure and local differentiation of *Liatris cylindraceae*." *Am.Nat.* 109: 511-528.
- Schaal, B. A. (1980). "Measurement of gene flow in *Lupinus texensis*." *Nature* 284: 450-451.
- Schaal, B. A. (1984). Life history variation, natural selection and maternal effects in plant populations. Perspectives on plant population ecology. S. J. Dirzo R. Sunderland Massachusetts, Sinauer Associates Inc.
- Schaal, B. A., W. J. Leverich, *et al.* (1991). A comparison of methods for assessing genetic variation in plant conservation biology. Genetics and conservation of rare plants, Oxford University Press. F. D. A. H. K.E. Oxford, Oxford University Press.
- Schemske, D. W. (1983). "Breeding system and habitat effects on fitness components in three neotropical *Costus* (Zingiberaceae)." *Evolution* 37: 523-539.
- Schlichting, C. D. (1986). "The evolution of phenotypic plasticity in plants." *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 667-693.
- Schmidt, C. und K. Jensen (2000). "Genetic structure and AFLP variation of remnant populations in the rare plant *Pedicularis palustris* (Scrophulariaceae) and its relation to population size and reproductive components." *American Journal of Botany* 87: 678-689.
- Schnabel, A. und J. L. Hamrick (1990). "Organization of genetic diversity within and among populations of *Gleditsia triacanthos* (*Leguminosae* L.)." *Am. Journ. Bot.* 77: 1060-1069.
- Schoen, D. J. (1983). "Relative Fitness of selfed and outcrossed progeny in *Gilia achilleifolia* (Polemoniaceae)." *Evolution* 37: 292-301.
- Schönfelder, D. J. und A. Bresinsky (1990). Verbreitungsatlas der Farn u. Blütenpflanzen Bayerns.
- Schultz, T., M. Lynch, *et al.* (1999). "Spontaneous deleterious mutation in *Aradopsis thaliana*." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96: 11393-11398.
- Siman, S. und T. Lennartsson (1998). "Optimizing management in seminatural grasslands: An empirical study comparing mowing and grazing." *Svensk-Botanisk-Tidskrift.* 92: 199-210.
- Simons, A. M. und M. O. Johnston (2000). "Variation in seed traits of *Lobelia inflata* (Campanulaceae) : Sources and fitness consequences." *American Journal of Botany* 87: 124-132.
- Snaydon, R. W. und M. S. Davies (1982). "Rapid divergence of plant populations in response to recent changes in soil conditions." *Evolution* 36: 289-297.
- Soltis, P. S., D. S. Soltis, *et al.* (1992). "Allozyme variability is absent in the narrow endemic *Bensonella oregona* (Saxifragaceae)." *Conserv. Biol.* 6: 131-134.
- Sperlich, D. (1988). Populationsgenetik, Grundlagen und experimentelle Ergebnisse. Stuttgart/New York, Gustav Fischer Verl.
- Starke, R., M. Ziehe, *et al.* (1996). "Viability selection in juvenile populations of European beech (*Fagus sylvatica* L.)." *Forest genetics* 3: 217-225.
- Stebbins, G. L. (1977). Variation and evolution in plants.
- Steinmeyer, B., K. Wöhrmann, *et al.* (1985). "Phänotypenvariabilität und Umwelt bei *Capsella bursa-pastoris* (Cruciferae)." *Flora* 177: 323-334.
- Strehler, L. T. (1840/41). "Übersicht der um Ingolstadt wildwachsenden phanerogamischen Pflanzen." Programm der Landwirtschafts- und Gewerbeschule zu Ingolstadt für 1840/41.
- Tomas, M. A., A. D. Carrera, *et al.* (2000). "Is there any genetic differentiation among populations of *Piptochaetium napastaense* (Poaceae) with different grazing histories." *Plant Ecology* 147: 227-235.

Turkington, R. und L. W. Aarson (1984). Local-Scale differentiation as a result of competitive interactions. Perspectives on plant population ecology, R. Dierzo und J. Sarukhan. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates Inc.

Vaughton, G. und M. Ramsey (1998). "Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata*." Journal of Ecology 86 (4): 563-573.

Waller, D. M., O. D. M. Malley, *et al.* (1987). "Genetic variation in the extreme endemic *Pedicularis furbishiae* (Scrophulariaceae)." Conserv. Biol. 1: 335-340.

Wang, G., Y. Yamasue, *et al.* (1998). "Outcrossing rates as effected by pollinators and the heterozygote advantage of *Monachoria korsakowii*." Aquatic-Botany 62: 135-143.

Waser, N. M. und M. V. Price (1985). "Reciprocal transplant experiments with *Delphinium nelsonii* (Ranunculaceae): Evidence for local adaption." Am. J. Bot. 72: 1726-1732.

Weidema, I. R. (2000). "Gene flow and mode of pollination in a dry grassland species, *Filipendula ulmaria* (Rosaceae)." Heredity 84: 311-320.

Wolff, K., S. H. Rogstad, *et al.* (1994). "Population and species variation of minisatellite DNA in *Plantago*." Theoretical and Applied Genetics 87: 733-740.

Wright, S. (1977). Evolution and the genetics of populations, The University Press of Chicago.

Young, A. G., A. H. D. Brown, *et al.* (1999). "Genetic structure of fragmented populations of the endangered daisy *Rutidosia leptorhynchoides*." Conservation Biology 13: 256-265.

Zanetto, A. und A. Kremer (1995). "Geographical structure of gene diversity in *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. I. Monoculus patterns of variation." Heredity 75: 506-517.

Zangerl, A. R. und F. A. Bazzaz (1984). "Niche partitioning between two phosphoglucoisomerase genotypes in *Amaranthus retroflexus*." Ecology 65: 218-222.