

**Ressourcennutzung und Sammelverhalten  
verschiedener Unterarten der Honigbiene  
*Apis mellifera* L.**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades  
der Naturwissenschaften

vorgelegt beim Fachbereich Biologie und Informatik  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
in Frankfurt am Main

von  
Kirsten Köppler  
aus Weimar

Frankfurt 2002

vom Fachbereich Biologie und Informatik  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität als Dissertation angenommen.

Dekan : Prof. Dr. B. Streit  
Gutachter : Prof. Dr. N. Koeniger  
Prof. Dr. U. Maschwitz

Datum der Disputation : 09.08.2002

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Problemdarstellung.....	1
1.2	Herleitung der Fragestellung.....	2
1.3	Ziel der Arbeit.....	4
1.4	Charakterisierung des Polleneintrags und den Polleneintrag beeinflussender Faktoren.....	5
1.5	Begründung der Einbeziehung von <i>Apis mellifera capensis</i> in die Untersuchungen.....	6
1.6	Heutige Situation der Honigbiene und Aktualität der Fragestellung in Mitteleuropa.....	7
<b>2</b>	<b>Untersuchungsgebiet.....</b>	<b>9</b>
2.1	Geologie.....	9
2.2	Klima.....	9
2.3	Vegetation.....	11
<b>3</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>12</b>
3.1	Untersuchte Unterarten der Honigbiene <i>Apis mellifera</i> .....	12
3.1.1	<i>Apis mellifera mellifera</i> L. ....	12
3.1.2	<i>Apis mellifera carnica</i> POLLMANN.....	13
3.1.3	<i>Apis mellifera ligustica</i> M.M.SPINOLA.....	13
3.1.4	<i>Apis mellifera capensis</i> ESCHOLTZ.....	14
3.2	Standplätze der Bienenvölker.....	14
3.2.1	„Autobahn“.....	15
3.2.2	„Bangert“.....	15
3.2.3	NSG „Kickelbach von Fischbach“ („Fischbach“).....	15
3.2.4	NSG „Hünerbergwiesen von Oberursel“ („Hünerbergwiese“).....	16
3.2.5	„Helbigshainer Wiesen“ („Opelzoo“).....	16
3.3	Pollenfallen.....	16
3.3.1	Lochgrößentests.....	17
3.4	Erstellen der Versuchsvölker.....	18
3.5	Probennahme der Pollenproben.....	19
3.5.1	1998, 1999 und 2000.....	19
3.5.2	Rotationsversuche 1999.....	20
3.6	Bearbeitung der Proben und Determination der Pollen.....	22
3.7	Begleituntersuchungen.....	23
3.7.1	Pollenvergleichssammlung.....	23
3.7.2	Erfassung abiotischer Messdaten.....	24

3.7.3	Begleitende Arbeiten an den Bienenvölkern.....	24
3.8	Auswertungsmethoden.....	25
3.8.1	Aufbereitung der Daten.....	25
3.8.2	Multivariate Analysemethoden.....	25
3.8.2.1	Einführung.....	25
3.8.2.2	Korrespondenzanalyse (CA) .....	26
3.8.2.3	Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA).....	27
3.8.2.4	Kovariablenanalyse als Form der CCA.....	28
3.8.2.5	Varianzpartitionierung.....	29
3.8.3	Berechnung von Kenngrößen des Polleneintrags.....	30
3.8.4	Statistische Verfahren zum Vergleich der Parameter und Kenngrößen des Polleneintrags.....	32
3.9	Verwendete Software.....	34
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>35</b>
4.1	Gesamtüberblick.....	35
4.1.1	Der Polleneintrag der drei Untersuchungsjahre.....	35
4.1.2	Werte des Polleneintrags für eine durchschnittliche Pollenprobe.....	38
4.1.2.1	Pollenmenge und Anzahl verschiedener Pollentypen.....	38
4.1.2.2	Dominanzstruktur des Polleneintrags.....	39
4.2	Vergleich des Polleneintrags zwischen den Unterarten.....	40
4.2.1	Gesamtanalyse der Pollenproben anhand aller nachgewiesenen Pollentypen (Pollenspektren).....	40
4.2.1.1	Analyse des Polleneintrags mit indirekten Verfahren der Ordination (CA, DCA).....	42
4.2.1.2	Analyse des Polleneintrags unter dem Einfluss verschiedener Variablen mit direkten Verfahren der Ordination (CCA).....	45
4.2.1.3	Varianzanteile der Variablengruppen Jahr, Datum, Standort und Unterart.....	52
4.2.1.4	Varianzanteile der Variablengruppen Jahr, Datum, Standort, Unterart und Volk innerhalb der Rotationszeiträume 1999.....	53
4.2.2	Vergleich des Polleneintrags der Unterarten anhand der Parameter und Kenngrößen.....	54
4.2.2.1	Parameter des Polleneintrags.....	54
4.2.2.1.1	Pollentypen.....	54
4.2.2.1.1.1	Die häufigsten Pollentypen.....	55
4.2.2.1.1.2	Pollentypen mit signifikanten Unterschieden zwischen den Unterarten.....	57
4.2.2.1.2	Blütentypen.....	60
4.2.2.1.2.1	Zuordnung der Pollentypen zu Blütentypen.....	60
4.2.2.1.2.2	Vergleich der Blütentypen zwischen den Unterarten..	61

4.2.2.1.3	Pollenmenge.....	63
4.2.2.1.3.1	Einfluss der Untersuchungsjahre, Standorte und des Jahresverlaufs auf die Pollenmenge.....	63
4.2.2.1.3.2	Einfluss der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit auf die Pollenmenge.....	66
4.2.2.1.3.3	Einfluss des Bienenvolkes auf die Pollenmenge.....	68
4.2.2.1.3.4	Einfluss der Unterart auf die Pollenmenge.....	72
4.2.2.1.3.5	Gewicht von Pollenladungen ausgewählter Pollentypen.....	76
4.2.2.1.4	Anzahl verschiedener Pollentypen.....	77
4.2.2.1.4.1	Einfluss der Untersuchungsjahre, Standorte und des Jahresverlaufs auf die Anzahl verschiedener Pollentypen.....	77
4.2.2.1.4.2	Einfluss der Unterart auf die Anzahl verschiedener Pollentypen.....	78
4.2.2.2	Kenngößen des Polleneintrags.....	82
4.2.2.2.1	Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Anzahl verschiedener Pollentypen..	82
4.2.2.2.1.1	Gesamte Datengrundlage.....	82
4.2.2.2.1.2	Klärung des Zusammenhangs für die Unterarten .....	83
4.2.2.2.2	Dominanzstruktur des Polleneintrags.....	84
4.2.2.2.3	Diversität und Evenness.....	86
4.2.2.2.3.1	Diversität nach MACARTHUR (1965).....	87
4.2.2.2.3.2	Evenness nach BUZAS & GIBSON (1962).....	89
4.2.2.2.4	Pollentypen-Turnover-Raten.....	91
4.2.2.2.5	Ähnlichkeit des Polleneintrags (Nischenüberlappung)....	92
4.2.2.2.5.1	Gemeinschaftskoeffizient nach SOERENSEN.....	93
4.2.2.2.5.2	Prozentuale Nischenüberlappung nach RENKONEN.....	95
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>98</b>
5.1	Fragestellung.....	98
5.1.1	Auswahl der Unterarten und deren Herkunft.....	98
5.1.2	Auswahl der Standplätze und des Versuchszeitraumes.....	100
5.2	Diskussion methodischer Aspekte.....	100
5.2.1	Ermittlung des Polleneintrags.. ..	100
5.2.2	Kritische Bewertung der Rotationsversuche.....	102
5.2.3	Anfertigung der Pollenpräparate und Determination der Pollen.....	103
5.2.4	Auswertung des Polleneintrags.....	104
5.3	Diskussion der Ergebnisse.....	105
5.3.1	Differenzierte Betrachtung der Unterarten anhand des Polleneintrags.....	105
5.3.1.1	Diskussion der Unterschiede im Eintrag einzelner Pollentypen...	105

5.3.1.2	Abgrenzung der Unterarten innerhalb artspezifischer Eigenschaften. ....	111
5.3.1.2.1	Die Sonderstellung von <i>Apis mellifera mellifera</i> .....	111
5.3.1.2.2	Die „Nähe“ von <i>Apis mellifera carnica</i> und <i>Apis mellifera ligustica</i> .....	112
5.3.1.2.3	Die Stellung von <i>Apis mellifera capensis</i> zu den untersuchten europäischen Unterarten.....	113
5.3.2	Faktoren des Polleneintrags und Quantifizierung des Einflusses der Unterarten.....	114
5.3.3	Die Einheitlichkeit der untersuchten Unterarten der Honigbiene <i>Apis mellifera</i> .....	116
5.3.3.1	Pollenspektren.....	117
5.3.3.2	Sammelstrategie.....	117
5.3.3.3	Diskussion der Einheitlichkeit.....	120
5.4	Konsequenzen aus den Ergebnissen.....	122
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>125</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>127</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>147</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>150</b>
<b>10</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis und Begriffserklärung.....</b>	<b>156</b>
<b>11</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>159</b>
	Danksagung.....	220
	Lebenslauf.....	221
	Erklärung.....	222

# 1. Einleitung

## 1.1 Problemdarstellung

Die Völker der Honigbiene *Apis mellifera* gehören mit ihren 20.000 bis 30.000 und mehr Individuen (SEELEY 1985, 1997) zu den größten Insektensozietäten. Ihr Bedarf an Nahrung ist erheblich. So werden während der aktiven Periode große Mengen Pollen und Nektar, bezogen auf ein Jahr 20 kg Pollen und 120 kg Nektar (SEELEY 1997), gesammelt. Derartig hohe Nahrungsbedürfnisse machen eine effektive Nutzung der vorhandenen Ressourcen erforderlich.

Die Honigbiene gilt als typischer Vertreter einer polylektischen und generalistischen Sammelstrategie. Durch zahlreiche Untersuchungen, insbesondere von Honig, ist das Nahrungsspektrum der Honigbiene weitgehend bekannt (z.B. ZANDER 1931, 1935, 1937, 1941, 1949, 1951, DEANS 1957, MAURIZIO & LOUVEAUX 1965, VORWOHL 1972, KERKVLIT & VAN DER PUTTEN 1975, MAURIZIO & SCHAPER 1994, RICCIARDELLI D'ALBORE 1997, 1998). Es dienen viele sehr verschiedene Blütenpflanzen als Pollen- und/oder Nektarquelle. Eine Bevorzugung bestimmter Pflanzen richtet sich im allgemeinen nach der Qualität und Quantität der angebotenen Nahrung (SCHMIDT 1984, VON FRISCH 1967, SEELEY 1985, SEELEY 1986, SEELEY et al. 1991). Die Honigbiene folgt generell einer opportunistischen Sammelstrategie (VISSCHER & SEELEY 1982), so dass die aktuellen Bedürfnisse des Bienenvolkes befriedigt werden. Sie ist in der Lage, die jeweils ergiebigsten Nahrungsquellen eines Gebietes zu ermitteln und auszubeuten. Im Rahmen der sozial geprägten Lebensweise wird über eine kleine Gruppe von „Kundschaftern“ das vorhandene Nahrungsangebot kontinuierlich überwacht. Über ein hochentwickeltes Kommunikationssystem im Bienenvolk findet dann eine Konzentration der Sammelbienen auf die jeweils profitabelsten Nahrungsquellen statt (VON FRISCH 1965, SEELEY 1997). Mit dieser sozialen Sammelaktivität in Form einer Verständigung untereinander und der Trachtrekrutierung durch die „Tanzsprache“ ist eine entscheidende Voraussetzung für die Besiedlung verschiedener Lebensräume entstanden (RUTTNER 1988, 1992). Bei diesen Betrachtungen wird im allgemeinen von der Honigbiene als Art *Apis mellifera* ausgegangen. Im Gesamtverbreitungsgebiet von *Apis mellifera* auf dem europäischen, afrikanischen und asiatischen Kontinent werden gegenwärtig 26 Unterarten

(RUTTNER 1988, SHEPPARD et al. 1997) unterschieden. Infolge verschiedener Evolutionslinien (vgl. RUTTNER et al. 1978, RUTTNER 1988, GARNERY et al. 1992, 1998a, 1998b, FRANCK et al. 1998), dem unterschiedlichen Selektionsdruck auf verschiedene Merkmale (FUTUYMA 1990) entsprechend den ökologischen Gegebenheiten in Gebieten unterschiedlicher geographischer Breite und der Trennung von Populationen durch diverse Isolationsmechanismen (vgl. RUTTNER 1988, 1992, RUTTNER & KAUHAUSEN 1985) haben sich unterschiedliche Eigenschaften und Merkmale herausgebildet, die eine Differenzierung der Art *Apis mellifera* in Unterarten zulässt.

## 1.2 Herleitung der Fragestellung

Im Zuge der Untersuchungen der verschiedenen Unterarten der Honigbiene zeigten sich zahlreiche Unterschiede in der Ausprägung morphologischer Merkmale (RUTTNER et al. 1978, RUTTNER 1988, 1992), im Verhalten und in der Biologie. Morphologische Merkmale, die zur Trennung der Unterarten verwendet werden, sind z.B. Körpergröße, Länge der Beine und der Beinabschnitte, Breite der Filzbinden und Länge der Haare, Rüssellänge sowie Flügelparameter (u.a. Länge und Breite des Vorderflügels, Cubitalindex als Quotient aus zwei Seiten der 3. Capitalzelle des Vorderflügels) sowie die Färbung ausgewählter Körperbereiche (RUTTNER 1992). Auch im Verhalten wie z.B. Lernfähigkeit (LAUER & LINDAUER 1971, KOLTERMANN 1973, MENZEL et al. 1973, RUTTNER 1992), Orientierung (LAUER & LINDAUER 1973, RUTTNER 1992), Tanzsprache (FRISCH 1967, RUTTNER 1988) oder Verteidigungsbereitschaft (RUTTNER 1988) konnten unterartsspezifische Eigenschaften ermittelt werden. Ergebnisse der Untersuchungen zu Unterschieden in der Biologie (z.B. Brutintensität, Brutzeitraum) zeigte RUTTNER (1988, 1992). Die genetische Diversität innerhalb der Art *Apis mellifera* wurde u.a. von CORNUET & GARNERY (1991) und ARIAS & SHEPPARD (1996) untersucht.

Unter diesen Voraussetzungen stellt sich die Frage nach weiteren Unterschieden zwischen verschiedenen Unterarten der Honigbiene. Beispielsweise könnte aufgrund der Entstehung der Unterarten in Gebieten mit jeweils spezifischer Vegetation und spezifischem Klima eine Differenzierung des Sammelverhaltens und der Ressourcennutzung möglich sein. Bisherige Arbeiten deuten darauf hin, dass verschiedene Aspekte des Sammelverhaltens von Unterarten der Honigbiene nicht einheitlich sind. Als Beispiel konnte MICHAÏLOV (1930) zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen der Rüssellänge von Unterarten der Honigbiene und dem Besuch von Rotkleblüten, deren Nektar tief in der Kronenröhre verborgen liegt, besteht.



LUNDER (1953) ging ebenfalls in Abhängigkeit von der Rüssellänge auf die unterschiedliche Fähigkeit der Bienenrassen, Rotklee auszubeuten, ein. Demnach ist die kurzrüsselige *Apis mellifera mellifera* weniger und die längerrüsselige *Apis mellifera carnica* besser in der Lage, Nektar aus diesen Blüten zu bergen. GASANOV (1967) konnte weitere Unterschiede im Sammelverhalten in seinen Untersuchungen aufzeigen. So ist die Bereitschaft zum „Blütenwechsel“ (geringe Blütenstetigkeit) bei Unterarten südlicheren Ursprungs größer und die italienische Honigbiene *Apis mellifera ligustica* wies die höchste Variabilität im Besuch unterschiedlicher „Gattungspflanzen“ auf. *Apis mellifera mellifera* zeigte die ausgeprägteste Blütenstetigkeit, gefolgt von *Apis mellifera carnica*. Vergleichende Untersuchungen europäischer und afrikanisierter Honigbienen, letztere ein Hybrid der südafrikanischen *Apis mellifera scutellata* und europäischer Unterarten, vor allem *Apis mellifera iberica* (RUTTNER 1986) in Südamerika, zeigten unterschiedliche Ergebnisse. DANKA et al. (1986) stellten Unterschiede in der Anzahl der Sammlerinnen pro Volk zwischen den genannten Bienen fest und DANKA et al. (1987) fanden eine höhere Pollensammelaktivität afrikanischer im Vergleich zu europäischen Bienenvölkern (vorwiegend Hybriden mit hohem *Apis mellifera ligustica* - Anteil). NEVES-FERMIANO & STORT (1985) sowie MALASPINA & STORT (1987) wiesen Unterschiede im Sammelverhalten (z.B. zeitliche Komponenten der Sammelflüge) zwischen afrikanisierten Honigbienen und *Apis mellifera carnica* sowie *Apis mellifera ligustica* nach, wohingegen MALASPINA & PATENATE (1995) diese Ergebnisse nicht bestätigen konnten. Nach MALASPINA et al. (1993) differiert die eingetragene Pollenmenge zwischen afrikanisierten Honigbienen und *Apis mellifera caucasica*. Genetisch bedingte Variabilität in der Intensität des Pollensammelverhaltens bzw. der Menge des eingelagerten Pollens bei europäischen Honigbienen beschrieben HELLMICH et al. (1985), HELLMICH & ROTHENBUHLER 1986a, CALDERONE & PAGE (1988, 1992), PAGE & FONDRK (1995) oder PAGE et al. (2000). Honig- bzw. pollenanalytische Vergleiche zwischen afrikanisierten und europäischen Honigbienen führten VILLANUEVA (1994,1999) sowie BASUALDO et al. (2000) durch. VILLANUEVA (1994) schloss nach dem Vergleich der Pollen aus Honigproben auf Unterschiede zwischen den Unterarten bzw. Hybriden der Honigbiene, wohingegen bei dem Vergleich von Pollenladungen (VILLANUEVA 1999) die vorgefundenen Unterschiede nicht im Zusammenhang mit den verschiedenen Herkünften gesehen wurden. BASUALDO et al. (2000) fand in Pollenproben von afrikanisierten signifikant mehr Pollen der Sonnenblume *Helianthus annuus* als in denen von europäischen Honigbienen. Vor dem Hintergrund der in Abschn. 1.1 beschriebenen Sammelstrategie der Honigbiene deuten die genannten Untersu

chungen darauf hin, dass das Sammelverhalten und die Ressourcennutzung der Unterarten der Honigbiene detaillierter zu betrachten sind.

Die Fragestellung nach Unterschieden im Sammelverhalten und in der Ressourcennutzung erscheint vor dem Hintergrund der heutigen Verbreitungsmuster verschiedener Unterarten weltweit und in Mitteleuropa besonders interessant. Dabei wurden Honigbienen in Gebiete importiert, in denen ursprünglich keine Honigbienen der Art *Apis mellifera* vorkamen (z.B. Nord- und Südamerika, Australien, Neuseeland). Des Weiteren wurden Völker verschiedener Unterarten in für die Unterarten neue Gebiete transportiert. Beispielsweise sind die Honigbienen, die in Mitteleuropa wirtschaftlich genutzt werden, unterschiedlichen Unterarten zuzuordnen. Der größte Teil ist im wesentlichen auf die Unterart *Apis mellifera carnica* aus Südosteuropa zurückzuführen (Ruttner 1992). Daneben wird neben Hybriden (z.B. „Buckfast“) mit geringer Verbreitung die in Mitteleuropa ursprüngliche *Apis mellifera mellifera* genutzt.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Untersuchung von drei europäischen Unterarten, *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica*. Zusätzlich wird die südafrikanische Unterart, *Apis mellifera capensis*, in die Untersuchungen einbezogen.

### 1.3 Ziel der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, die Pollenspektren verschiedener Unterarten der Honigbiene im gleichen Lebensraum zu erfassen und miteinander zu vergleichen. Damit soll geklärt werden, ob in dem aus dem Polleneintrag ableitbaren Sammelverhalten der Unterarten Unterschiede unter den vorgefundenen Versuchsbedingungen auftreten oder ob eine einheitliche, Art-eigene Sammelstrategie und Ressourcennutzung dominiert.

Daraus ergeben sich die Hypothese (1.) mit der Alternative (2.), die im Laufe der Auswertung untersucht werden sollen.

(1.) Der Polleneintrag wird bestimmt durch das Angebot an Pollenquellen in unterschiedlichen Jahren, zu den verschiedenen Jahreszeiten und an den verschiedenen Standorten. Alle untersuchten Unterarten von *Apis mellifera* verfolgen die gleiche Sammelstrategie und nutzen entsprechend ihrer polylektischen, generalistischen und opportunistischen Sammelweise sehr diverse und die ergiebigsten Pollenquellen der verschiedenen Standorte. Der Eintrag richtet sich allein nach

den Bedürfnissen des Bienenvolkes und dem Angebot an Pollen im Untersuchungsgebiet. Es treten keine Unterschiede zwischen den Unterarten auf.

- (2.) Neben den Einflüssen verschiedener Jahre, der Jahreszeit, der Standorte und des Bienenvolkes hat auch die Unterart Einfluss auf den Polleneintrag. Trotz der unumstrittenen polylektischen, generalistischen und opportunistischen Sammelstrategie können Unterschiede im Polleneintrag zwischen den Unterarten unter den gegebenen Versuchsbedingungen auftreten.

## **1.4 Charakterisierung des Polleneintrags und den Polleneintrag beeinflussender Faktoren**

Grundlage der Untersuchungen zur Ressourcennutzung und zum Sammelverhalten verschiedener Unterarten der Honigbiene ist die Analyse des eingetragenen Pollens. Die determinierten Pollentypen und deren aus der eingetragenen Menge abgeleiteten relativen Häufigkeiten bilden die wesentliche Grundlage für den Vergleich der Unterarten. Parameter, die den Polleneintrag charakterisieren, sind somit:

- die Pollentypen und deren relative Häufigkeiten,
- die eingetragene Pollenmenge,
- die Anzahl verschiedener Pollentypen

sowie daraus abgeleitete bzw. errechnete Merkmale, die hier als Kenngrößen des Polleneintrags bezeichnet werden sollen, wie z.B. Dominanzstruktur, Diversität oder Nischenüberlappung. Weitere zu berechnende und zwischen den Unterarten zu vergleichende Kenngrößen werden im Abschnitt 3.8.3 vorgestellt.

Faktoren, die den Polleneintrag und damit die aufgeführten Parameter und Kenngrößen direkt oder indirekt beeinflussen können, sind das jeweilige Untersuchungs-jahr, die Jahreszeit und der Standort. Zwischen den verschiedenen Jahren kann es zu Schwankungen im Pollenangebot, von dem der Polleneintrag abhängt (SCHNEIDER & MCNALLY 1992, MARQUES-SOUZA et al. 1993), z.B. durch pflanzenart-spezifische Populationsschwankungen oder unterschiedliche Witterungsbedingungen kommen. Im Verlauf der Vegetationsperiode ändert sich das Artenspektrum der Pflanzen, die als Pollenquelle der Honigbienen dienen. An den Standorten können die Art, Anzahl, Dichte, Dauer der Blühphasen sowie Ergiebigkeit der Pollenquellen variieren. Faktoren seitens des Bienenvolkes, die den Polleneintrag beeinflussen, sind die Brutmenge im Volk, der im Volk vorhandene Pollenvorrat und die Anzahl leerer Zellen in den Waben sowie die Volkstärke (FREE 1967, JAYCOX 1970, HELLMICH & ROTHENBUHLER 1986b, FEWELL & WINSTON 1990, 1992, ECKERT et al.

1994, SEELEY 1997, PANKIW et al. 1998, DRELLER et al. 1999). Ein Faktor, der Einfluss auf die Pollenmenge und auf die prozentuale Zusammensetzung des Polleneintrags haben kann, ist die Größe der Pollenladungen. Diese kann beeinflusst werden durch die Pflanzenart (Beispiele in WINSTON 1987), die Witterungsverhältnisse oder möglicherweise die Größe der Bienen. Die Witterungsverhältnisse, wie Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit, die in den einzelnen Untersuchungsjahren, zu den Jahreszeiten und an den Standorten unterschiedlich sein können, wirken sich auf die Entwicklung und Blüte der Pflanzen und damit auf das Pollenangebot, aber auch auf das Sammelverhalten der Bienen aus (SCOTT 1986 in WINSTON 1987, RIESSBERGER & CRAILSHEIM 1997, CAMAZINE unveröffentlicht in SEELEY 1997) und beeinflussen somit den Polleneintrag. Daneben können Unterschiede im Polleneintrag zwischen verschiedenen Völkern auftreten (MALASPINA et al. 1993).

Vor diesem Hintergrund gilt es zu klären, ob die Unterart Einfluss auf die beschriebenen Parameter und Kenngrößen des Polleneintrags und somit auf den Polleneintrag insgesamt hat.

## **1.5 Begründung der Einbeziehung von *Apis mellifera capensis* in die Untersuchungen**

In die Arbeit über die Ressourcennutzung und das Sammelverhalten verschiedener Unterarten der Honigbiene soll über die Ermittlung des Polleneintrags eine Methode angewandt werden, mit der mögliche Unterschiede zwischen den Unterarten erfasst werden können. Um Unterschiede feststellen zu können, ist es prinzipiell günstig, ein breites Spektrum sehr verschiedener zu vergleichender Größen einzubeziehen. Für die vorliegende Arbeit bedeutet das, die Unterarten hinzuzuziehen, die geographisch weit voneinander entfernt sind. Die Wahrscheinlichkeit, hier Unterschiede zu finden, erscheint groß. Geographisch weit entfernt stehende Unterarten sind die europäische Unterart *Apis mellifera mellifera* und die südafrikanische Unterart *Apis mellifera capensis* (vgl. RUTTNER 1988, HEPBURN & CREWE 1991). Werden zwischen diesen beiden Unterarten Unterschiede in ihrer Ressourcennutzung und im Sammelverhalten gefunden, ist von einer methodisch richtigen Herangehensweise an die Fragestellung auszugehen. Können dagegen keinerlei Unterschiede festgestellt werden, muss eine kritische Diskussion der Methode durchgeführt werden oder es existieren keinerlei Unterschiede im Polleneintrag zwischen den untersuchten Unterarten.

## 1.6 Heutige Situation der Honigbiene und Aktualität der Fragestellung in Mitteleuropa

Mitteleuropa stellt heute eine vom Menschen geformte Landschaft dar. Die landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland nimmt ca. die Hälfte der Gesamtfläche ein (PLACHTER 1991). Konsequenzen, die sich aus der Erschließung und Nutzbarmachung der Landschaft durch den Menschen ergeben, sind z.B. zunehmende Verinselung naturnaher Ökosysteme, Herabsetzung der Strukturdiversität oder die Aufgabe extensiver Landnutzungsformen, die eine Voraussetzung für die Entstehung und den Erhalt halbnatürlicher Ökosystemtypen darstellen (PLACHTER 1991). Unter diesen Bedingungen ist ein deutlicher Rückgang blütenbestäubender Insekten zu verzeichnen (CONNOR 1990). Die Verinselung der Landschaft und die Verarmung der Flora in Agrarlandschaften zieht unmittelbar eine Verarmung der Fauna und insbesondere der Nutzinsekten nach sich (WEISS & STETTNER 1991, STEFFAN-DEWENTER & TSCHARNTKE 1997), da das Vorkommen von blütenbesuchenden Insekten und insbesondere der Bienen u.a. an die Nahrungspflanzen gebunden ist (KUGLER 1970, WESTRICH 1989, MÜLLER et al. 1997). Unter diesen Voraussetzungen ist die Haltung und Nutzung der Honigbienen durch den Menschen unverzichtbar, da in Mitteleuropa nicht davon ausgegangen werden kann, dass es noch wild lebende Honigbienen gibt (RUTTNER 1992). Die Honigbienen stellen in der landwirtschaftlich genutzten Landschaft wichtige Bestäuber von Nutz- und Wildpflanzen dar (FREE 1970a, FREE & FERGUSON 1983, FRIES & STARK 1983, KUHN & AMBROSE 1983, BARCLAY & MOFFETT 1984, JACOBS et al. 1987, ROBINSON et al. 1989).

Neben den Honigbienen sind für die Bestäubung andere blütenbesuchende Insekten und unter ihnen die Wildbienen von Bedeutung. Aufgrund ihrer Vielfalt hinsichtlich Körpergröße, Behaarung oder Verhalten sind sie bei einer Vielzahl von Wild- und Kulturpflanzen zur Bestäubung befähigt (vgl. HOLM 1966, BOHART 1972, WESTRICH 1983, WILLIAMS 1987, HEINRICH 1994, WESTERKAMP 1999). Durch die Zerstörung oder Einschränkung der Lebensräume der Wildbienen sind viele Arten stark gefährdet (WESTRICH 1983, 1989, MÜLLER et al. 1997). Unter den Wildbienen gibt es zahlreiche mono- bzw. oligolektische Arten, die auf einzelne Pflanzenarten oder -familien als Pollenquelle für die Brut angewiesen sind (WESTRICH 1989, MÜLLER et al. 1997). Eine Ausbeutung dieser einzelnen Pollenquellen durch polylektische Arten, wie die Honigbienen, würde für die Nahrungsspezialisten deutliche Nachteile bewirken. Zwischen sympatrischen Bienenarten kommt es oft zu Koexistenz durch „food partitioning“ (HUBBELL & JOHNSON 1978, INOUE 1978, JOHNSON & HUBBELL 1974) und damit zu einer Konkurrenzvermeidung. Eine Gefährdung von

Arten liegt damit bei ähnlichen Nahrungsansprüchen nicht zwingend vor. Erst eine Beschränkung der Ressourcen und das Fehlen von Ausweichmöglichkeiten für eine Art infolge starker Spezialisierung kann zu einer Konkurrenzsituation führen, die eine der Arten benachteiligt (BEGON et al. 1991). Somit könnte die Honigbiene für einige Wildbienenarten, die auf eingeschränkte Lebensräume und nur wenige Pflanzen als Pollenquellen angewiesen sind, zum Konkurrenten werden. Untersuchungen zu dieser Frage ergaben bisher keine einheitlichen Ergebnisse, die auf eine Minderung des Reproduktionserfolges der Wildbienen durch die Honigbienen trotz Überschneidung der Pollenressourcen und möglicher Verdrängung von Nahrungsquellen deuten. EVERTZ (1995) wies auf Konkurrenz hin, KOHL (1993) und STEFFAN-DEWENTER & TSCHARNTKE (2000) konnten dagegen keine Benachteiligung von Wildbienen durch Honigbienen nachweisen. Die Frage der Konkurrenz wurde bisher auf der Ebene der Honigbiene als Art gestellt. Unterscheiden sich die Unterarten der Honigbiene in ihrem Sammelverhalten und in ihrer Ressourcennutzung innerhalb der in Abschn. 1.1 beschriebenen Art-typischen Verhaltensweisen, müssten zur Beurteilung von Konkurrenz die Unterarten herangezogen werden.

Eine Diskussion, die sich an die eben dargestellte Problematik anschließt, ist die um die Nutzung der in unserem Raum ursprünglichen und inzwischen weitgehend verdrängten (RUTTNER 1992) Unterart *Apis mellifera mellifera*. Befürworter (vgl. MAY 1997, STEFAN 1997) gehen davon aus, dass *Apis mellifera mellifera* als in Nord-, West- und Mitteleuropa autochthone Unterart besser als die aus Südosteuropa stammende und heute hier vorwiegend wirtschaftlich genutzte *Apis mellifera carnica* an die natürlichen Verhältnisse in ihrem Ursprungsgebiet angepasst ist. Zum einen soll sie weniger Konkurrent für andere blütenbesuchende Insekten und zum anderen besser geeignet für die Bestäubung der einheimischen Pflanzen sein. Die Arbeit soll dazu beitragen, diese Diskussion zu versachlichen.

## 2 Untersuchungsgebiet

### 2.1 Geologie

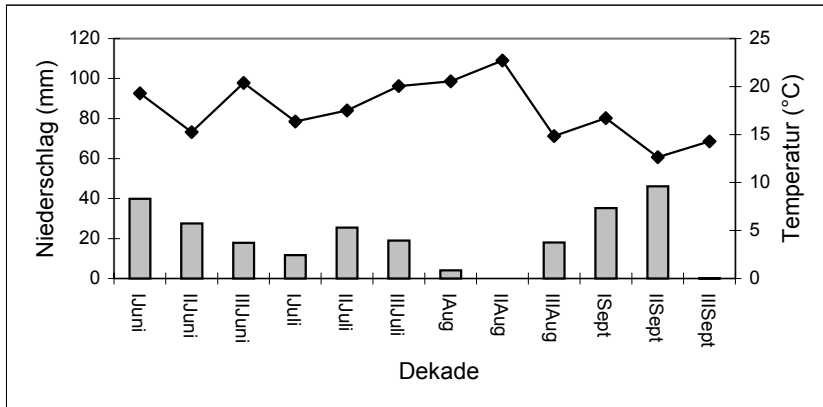
Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des Vordertaunus am südöstlichen Rand des Taunus nördlich von Frankfurt/Main. Der Taunus bildet den südöstlichen Teil des Rheinischen Schiefergebirges. Geologisch besteht der Taunus aus vordevonischen und devonischen Sedimenten, die mit Quarzitadern durchsetzt sind (PAWLITSCHKO & SCHLEMBS 1981, TUBBESING 1999). Der Vordertaunus bildet zusammen mit dem Hochtaunus einen geschlossen erscheinenden Mittelgebirgszug, der nach Süden zur Oberrheinischen Tiefebene hin steil abfällt (LATTKA et al. 2000). Der Vordertaunus stellt ein eigenständiges Vorgebirge dar. Die Standplätze für die Versuchsvölker lassen sich naturräumlich im wesentlichen dem Königssteiner, dem Kronberger und dem Homburger Vordertaunus zuordnen (vgl. KLAUSING 1988). Der Vordertaunus liegt in einem Höhenbereich von 300 bis 500 m über NN. Es herrschen überwiegend nährstoffarme Silikatverwitterungsböden vor, die nur stellenweise eine mächtigere Lössüberdeckung aufweisen (KLAUSING 1988).

### 2.2 Klima

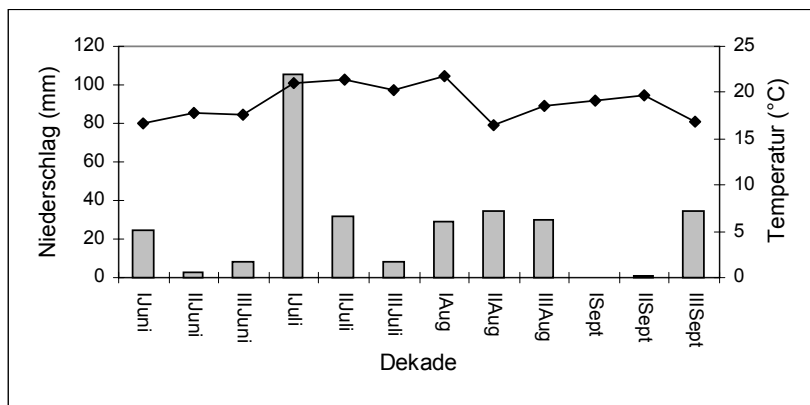
Das Untersuchungsgebiet gehört zur gemäßigten Klimazone mit einer deutlichen, nicht zu langen kalten Jahreszeit und einem warmen Sommer mit dem Niederschlagsmaximum (WALTER 1984). Das Klima des Taunus ist subatlantisch geprägt (LATTKA 2000). Aufgrund des steilen Abfalls des Taunus nach Süden ist der Vordertaunus vor dem Einfluss kalter Luftmassen von Norden geschützt und somit klimatisch begünstigt (TUBBESING 1999).

Der Verlauf der Durchschnittstemperaturen und der Niederschlagssummen der Tagesdekaden in den Versuchszeiträumen der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000 sind in Abb. 1 bis 3 dargestellt. Die Wetterdaten stammen von der Station Frankfurt/Main Flughafen und wurden vom Deutschen Wetterdienst in Offenbach zur Verfügung gestellt. Da sich die Standplätze im höher gelegenen Bereich des Vordertaunus befinden, sind für die Untersuchungsjahre etwas abweichende Werte

anzunehmen. Langjährige Messungen im Raum Schlossborn-Ruppertshain (Standort Fischbach, Bangert, Opelzoo) ergaben eine mittlere Jahresdurchschnittstemperatur von rund 7°C und eine jährliche Niederschlagsmenge von 850 mm (FICKEL 1974).

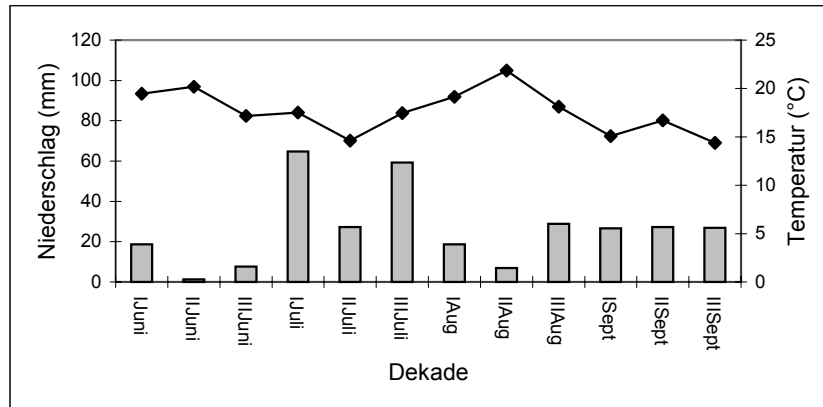


**Abb. 1.** Durchschnittstemperatur und Niederschlagssumme pro Tagesdekade von Juni bis September 1998



**Abb. 2.** Durchschnittstemperatur und Niederschlagssumme pro Tagesdekade von Juni bis September 1999





**Abb. 3.** Durchschnittstemperatur und Niederschlagssumme pro Tagesdekade von Juni bis September 2000

### 2.3. Vegetation

Das Untersuchungsgebiet gehört zur mitteleuropäischen Buchen- und Eichenwaldregion mit Strauch- und Krautschicht. Dabei handelt es sich nicht um Urwaldbestände (WALTER 1984). Die Struktur der Wälder wird durch die Bewirtschaftungsform bestimmt. In den niederen Lagen herrscht Laubwald, in den höheren Lagen Nadelwald vor (LATTKA 2000). Durch die klimatisch begünstigte Lage gedeihen im Laubwaldbereich z.B. Edelkastanien (*Castanea sativa*) als Elemente submediterraner Zonen (WALTER 1984). Das Landschaftsbild des Vordertaunus wird weiterhin geprägt durch Streuobstwiesen. Insgesamt ist der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche aufgrund der überwiegend nährstoffarmen Böden gering (LATTKA 2000).

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Untersuchte Unterarten der Honigbiene *Apis mellifera*

Wie in Abschn. 1.2 beschrieben, wurden die Unterarten *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica*, *Apis mellifera ligustica* und *Apis mellifera capensis* in die Untersuchungen einbezogen. Im Folgenden sollen die vier Unterarten näher vorgestellt werden.

#### 3.1.1 *Apis mellifera mellifera* L.

Die „europäische dunkle Biene“ *Apis mellifera mellifera* hat ihr natürliches Verbreitungsgebiet in Europa südlich bis zu den Pyrenäen und den Alpen, nördlich bis maximal zum 60. Breitengrad sowie östlich bis zum Ural. Sie ist die einzige Unterart von *Apis mellifera*, die so weit nach Norden vorgedrungen und durch verschiedene Eigenschaften gut an kältere Klimate angepasst ist. Im Frühjahr beginnt die Entwicklung entsprechend der wechselhaften Witterung langsam und im Vergleich zu anderen Unterarten werden geringere Brutmengen erreicht. Der Futterverbrauch ist mäßig, sie reagiert in der Brutproduktion schnell auf Witterungswechsel und die Arbeiterinnen sind langlebig (RUTTNER et al. 1990, RUTTNER 1988, 1992). Morphologisch ist sie von den anderen Unterarten durch ihre Körpergröße, das breitere Abdomen, längere Behaarung auf dem Abdomen sowie durch einen Cubitalindex kleiner 1,85 zu unterscheiden. Unter den untersuchten europäischen Unterarten ist sie die mit dem kürzesten Rüssel (vgl. Anh. Tab. A 3.7.3, RUTTNER 1992). *Apis mellifera mellifera* lässt sich in ihrem Verbreitungsgebiet in verschiedene Ökotypen unterteilen, die als Ausdruck der Anpassung an die verschiedenen ökologischen Bedingungen gesehen werden (RUTTNER 1988).

*Apis mellifera mellifera* stellt die in unserem Gebiet ursprüngliche Honigbienenrasse dar. Heute ist sie in West- und Mitteleuropa nur noch auf wenige Gebiete oder Zuchtstandorte beschränkt. Für die Untersuchungen wurden Königinnen von *Apis mellifera mellifera* aus einer Reinzuchtgebiet in Südnorwegen (Flekkefjord) verwendet.

### 3.1.2 *Apis mellifera carnica* POLLMANN

Die natürliche Verbreitung der *Apis mellifera carnica* erstreckt sich von den südöstlichen Alpen, über die nördlichen Teile der Balkanhalbinsel, die Ungarische Tiefebene bis zu den Karpaten. Im Süden und Osten Europas ist eine genaue Abgrenzung schwierig (RUTTNER 1988, 1992). Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet ist durch ein kontrastreiches Klima und starke Temperaturgefälle zwischen Tag und Nacht gekennzeichnet. Entsprechend ist diese Unterart in der Lage, in einem breiten klimatischen Spektrum zu überleben. *Apis mellifera carnica* gilt als anpassungsfähige und flexible Unterart hinsichtlich Ressourcennutzung und Bruttätigkeit. Die Frühjahrsentwicklung ist im Gegensatz zu *Apis mellifera mellifera* zügig und die weitere Brutproduktion im Laufe der Vegetationsperiode richtet sich nach dem Angebot an Pollen und Nektar (RUTTNER 1988).

*Apis mellifera carnica* zählt ebenfalls zu den großen Unterarten der Honigbiene. Sie ist nur wenig kleiner als *Apis mellifera mellifera*, besitzt dagegen einen längeren Rüssel (RUTTNER 1988, vgl. Anh. Tab. A 3.7.3).

Heute ist die in Deutschland fast ausschließlich wirtschaftlich genutzte Honigbiene auf *Apis mellifera carnica* zurückzuführen (RUTTNER 1988). Die für die Untersuchungen zur Verfügung stehenden *Apis mellifera carnica* - Königinnen stammen aus Lunz am See in Niederösterreich.

### 3.1.3 *Apis mellifera ligustica* M.M.SPINOLA

Die „italienische Biene“ *Apis mellifera ligustica* lässt sich in ihrer natürlichen Verbreitung auf Italien mit Ausnahme von Sizilien und von Teilen der Alpen beschränken. Diese Unterart ist gut an die Klima- und Vegetationsverhältnisse ihres Ursprungsgebietes angepasst, was sich beispielsweise in ihrem zeitigen Brutbeginn im Frühjahr zeigt (RUTTNER 1992). *Apis mellifera ligustica*-Völker sind sehr brutfreudig und entwickeln oft große Volkstärken. Hohe Brutmengen werden im Gegensatz zu anderen mediterranen Unterarten über den ganzen Sommer bis in den Herbst erreicht. Neben dem Brutrhythmus unterscheidet sich die italienische Unterart auch in der Orientierung und in der Tanzverständigung zu angrenzenden Unterarten. Äußerlich lässt sich *Apis mellifera ligustica* durch die gelbe Färbung ihres Abdomens von den anderen Unterarten trennen. Wird dieses Farbmerkmal vernachlässigt, ist sie bis auf eine etwas geringere Körpergröße u.a.

hinsichtlich Rüssel- und Haarlänge bzw. Cubitalindex vergleichbar mit *Apis mellifera carnica* (vgl. Anh. Tab. A 3.7.3; RUTTNER 1988, 1992).

Für die Untersuchungen wurden Königinnen von *Apis mellifera ligustica* aus Bologna in Italien verwendet.

### 3.1.4 *Apis mellifera capensis* ESCHOLTZ

Das Ursprungsgebiet von *Apis mellifera capensis* ist die Kap-Region Südafrikas (Capensis) mit einem breiten Hybridisationsgürtel der Unterart im Norden. Die Region ist durch mediterranes Klima und einen außergewöhnlichen Artenreichtum an Blütenpflanzen mit zahlreiche Endemiten gekennzeichnet (WALTER & BRECKLE 1984).

*Apis mellifera capensis* ist kleiner als die drei vorgestellten europäischen Unterarten und gilt morphologisch als typischer Vertreter der afrikanischen Honigbienenrassen südlich der Sahara (RUTTNER 1988; vgl. Anh. Tab. A 3.7.3). In ihrer Biologie weist diese Unterart einige Besonderheiten auf, die sie von allen anderer Unterarten unterscheidet. Bei Verlust der Königin übernimmt eine eierlegende Arbeiterin deren Funktion. Aus diesen Eiern entwickeln sich nicht, wie bei den anderen Unterarten von *Apis mellifera*, haploide Drohnen, sondern diploide Arbeiterinnen. Weitere Unterschiede treten bei den Paarungsflügen, in der Pheromonproduktion oder der Fortpflanzungsdominanz auf (HEPBURN & CREWE 1991). Die für die Untersuchungen zur Verfügung stehenden *Apis mellifera capensis* - Bienen stammen von Königinnen aus einem Gebiet um Kapstadt (Stellenbosch) ab.

## 3.2 Standplätze der Bienenvölker

Das Hauptauswahlkriterium für die Standplätze der Bienenvölker war das Blütenangebot. Die Standplätze sollten möglichst ein vielfältiges Angebot an verschiedenen Pflanzenarten und Blütentypen aufweisen, da dadurch eher als bei einem eingeschränkten Angebot mögliche Präferenzen ermittelt werden können (SCHMIDT et al. 1995).

Grundsätzlich geeignet waren somit extensiv genutzte Wiesenflächen und Streuobstwiesen sowie leicht besiedeltes Gebiet mit Gärten oder Gartenanlagen. Der Abstand zwischen den Standplätzen sollte mindestens zwei Kilometer betragen.

Die Auswahl der Standplätze erfolgte anhand vegetationskundlicher Gutachten sowie nach Geländebegehungen im April und Mai 1998. Es wurden 5 Standorte zum Aufstellen der Bienenvölker ausgewählt. Zwei waren Naturschutzgebiete, bei zwei weiteren erwog man eine Unterschutzstellung. Das Gebiet um die Standplätze war durch das in Abschn. 2.3 beschriebene Landschaftsbild geprägt. Um die Bienenvölker in Naturschutzgebieten aufstellen zu können, wurde ein Antrag beim Regierungspräsidium in Darmstadt gestellt. Die Genehmigung erfolgte am 25. Juni 1998. Außerdem fanden Absprachen über das Aufstellen der Bienenvölker mit den Besitzern bzw. Pächtern der Flächen statt.

### **3.2.1 „Autobahn“**

Der Standplatz „Autobahn“ befand sich am nordöstlichen Stadtrand von Oberursel. Das Gebiet wurde vor allem durch Gärten und ackerbaulich genutzte Flächen und Streuobstwiesen geprägt. Ein Teil war mit Gebüsch (Schlehen-, Brombeergebüsch) und Feldgehölzen (z.B. Esche, Vogelbeere, Obstgehölze) bestanden.

### **3.2.2 „Bangert“**

Der „Bangert“ grenzte westlich an Königstein/Taunus und nördlich an Schneidhain. Dieses Gebiet bestand hauptsächlich aus einschürigen Mähwiesen und extensiv beweideten Flächen (u.a. Glatthaferwiesen). Geringe Teile wurden ackerbaulich genutzt bzw. waren extensiv bewirtschaftete oder brachliegende Streuobstwiesen. Kleinere Graslandbrachen befanden sich vorwiegend auf nassen bis wechselfeuchten Standorten. Das Gebiet war durchzogen von zahlreichen Gebüsch (Schlehen-, Brombeergebüsch) und Streifen mit Feldgehölzen. An den Rändern ging es in Wälder oder Siedlungs- und Gartenbereiche über.

### **3.2.3 NSG „Kickelbach von Fischbach“ („Fischbach“)**

Das Naturschutzgebiet „Kickelbach von Fischbach“ lag östlich von Fischbach im Taunus. Es bestand vorwiegend aus einschürigen Mähwiesen (Glatthaferwiesen), einschürigen oder brachliegenden Streuobstwiesen, Wiesenbrachen (nasse

Staudenfluren, Nass- und Riedwiesen, Glatthaferwiesen) sowie Brachen mit Feldgehölzen bzw. gehölzreichen Sukzessionsflächen (Schlehen-, Grauweiden-, Holunder-, Wildkirschen- sowie Himbeer- und Brombeergebüsche, Obstgehölze). Kleine Teile waren Äcker oder Freizeitgrundstücke (HILGENDORF et al. 1990).

### **3.2.4 NSG „Hünerbergwiesen von Oberursel“ („Hünerbergwiese“)**

Das Naturschutzgebiet „Hünerbergwiesen von Oberursel“ war nordwestlich von Oberursel zwischen Oberursel und Falkenstein/Taunus gelegen. Es wurde vor allem durch extensiv genutzte, wechselfeuchte Wiesen (Glatthaferwiesen, Pfeifengraswiesen, Rotschwengel-Rotstraußgras-Gesellschaften, Seggenriede, Röhrichte), kleinere vom Wild beweidete Wiesen und Wiesenbrachen sowie verbuschte Zonen (Ohrweidengebüsch) geprägt. Die Randbereiche waren bewaldet (SCHUMACHER & SONNTAG 1988).

### **3.2.5 „Helbigshainer Wiesen“ („Opelzoo“)**

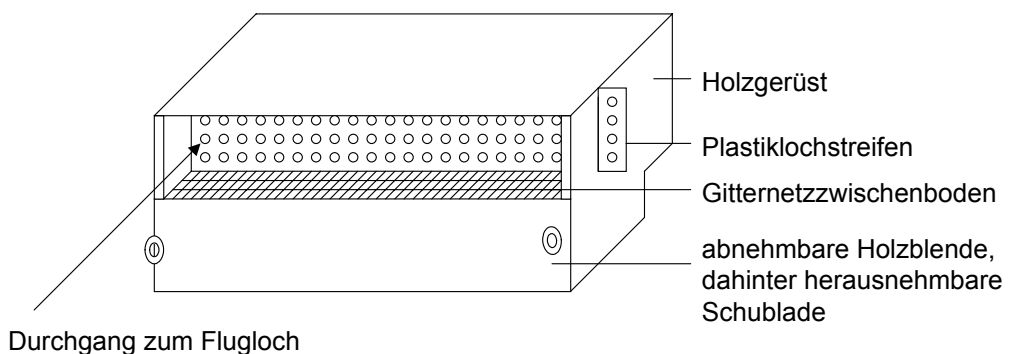
Die „Helbigshainer Wiesen“ befanden sich nördlich von Kronberg/Taunus. Der Großteil des Gebietes wurde als einschürige Düngemähwiese (Glatthaferwiesen, kleine Bestände von Pfeifengraswiesen) extensiv bewirtschaftet. Teile der Fläche waren mehr oder weniger lange brachliegendes Grünland, überwiegend feuchter/nasser und wechselfeuchter Standorte (nasse Staudenfluren, Nass- und Riedwiesen) oder von Gehölzen bestanden (Schlehen-, Brombeer- und Himbeergebüsche, Straßenbegleitpflanzungen; NAWRATH 1996).

Für die Untersuchungen wurden die 5 Standplätze durch kleinflächige Mahd an den Stellplätzen der Völker vorbereitet. In den drei Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 Untersuchungsjahren wurden die gleichen Standplätze verwendet.

## **3.3 Pollenfallen**

Zur Ermittlung der Ressourcennutzung und des Sammelverhaltens der Unterarten der Honigbiene sollte der Polleneintrag der Unterarten erfasst werden. Dazu

wurden Nachbauten der handelsüblichen Pollenfallen verwendet, die am Flugloch der Bienenstöcke angebracht werden. Die Pollenfallen bestanden aus einem Holzgerüst, Gitternetzzwischenboden, einer Schublade hinter einer Blende und einem Plastiklochstreifen (Abb.4). Die Bienen mussten beim Verlassen des Bienenstockes und beim Zurückkehren den Lochstreifen passieren. Die Löcher darin sollten so groß sein, dass die Bienen ohne Schwierigkeiten hindurch passten. Trugen sie Pollenladungen, wurden diese abgestreift und fielen durch das Gitternetz in die Schublade. Diese konnte mit den Pollenladungen entnommen werden. Die Lochstreifen wurden nur an den Probetagen eingesetzt, so dass die Bienen an allen anderen Tagen ungehindert ein- und ausfliegen konnten. Das Holzgerüst verblieb am Bienenstock.



**Abb. 4.** Schematische Darstellung einer Pollenfalle

### 3.3.1 Lochgrößentests

Wegen unterschiedlicher morphologischer Eigenschaften der zu untersuchenden Unterarten wurden die Löcher der Körpergröße angepasst. Das diente dazu, dass für alle Unterarten der abgestreifte Anteil an Pollenladungen ähnlich war. Um die Versorgung der Bienen mit Pollen zu gewährleisten, sollten 30 bis 50% des Polleneintrags abgestreift werden.

Um das für die zu untersuchenden Unterarten zu erreichen, wurden jeweils verschiedene Lochgrößen in Vorversuchen auf die Zahl der abgestreiften Pollenladungen durch das Abzählen der Ladungen von 100 pollenbeladenen Bienen getestet. Erreichte diese Zahl 60 bis 100 (30% bis 50% bei zwei Pollenladungen pro Sammlerin), waren die Lochstreifen geeignet. Da sich *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* in der Körpergröße sehr ähnlich sind (RUTTNER 1988,

1992), fanden die Tests als Maß für beide Unterarten nur für *Apis mellifera carnica* (N=25) statt. Die Ergebnisse wurden für *Apis mellifera ligustica* übernommen. Die Resultate der geeigneten Lochgrößen zeigt Tab. 1. Für die Unterarten *Apis mellifera mellifera* (N=28), *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* wurden Lochgrößen von 5,0 mm, für *Apis mellifera capensis* (N=22) von 4,8 mm Durchmesser verwendet. Die Daten der Zählung der abgestreiften Pollenladungen der drei in die Vorversuche einbezogenen Unterarten wurden mittels einer einfaktoriellen ANOVA auf Unterschiede getestet ( $F=0,227$ ,  $N=75$ ,  $P=0,797$ )

**Tab. 1.** Verwendete Lochdurchmesser und Anteile der abgestreiften Pollenladungen mit Standardabweichungen

Unterart	Lochdurchmesser (mm)	Durchschnittlicher Anteil abgestreifter Pollenladungen (%)
<i>cap</i>	4,8	39,8 ±8,8
<i>carn</i>	5,0	41,4 ±8,2
<i>mell</i>	5,0	40,4 ±7,5

### 3.4 Erstellen der Versuchsvölker

Das Institut für Bienenkunde in Oberursel verfügt seit mehreren Jahren über Völker der vier Unterarten, die durch Nachzucht sowie Beschaffung neuer Königinnen aus den Ursprungsgebieten erhalten werden.

Im Rahmen der Königinnenzucht wurden jedes Jahr im Mai/Juni Königinnen der einzelnen Unterarten nachgezogen und mit Ausnahme von *Apis mellifera carnica* mit dem Sperma von Drohnen, die ebenfalls den einzelnen Unterarten zuzuordnen waren, instrumentell besamt. Die nachgezogenen Königinnen von *Apis mellifera carnica* wurden zur Begattung jeweils im Mai/Juni auf die Belegstelle im Taunus (Saalburg) gebracht. Dort war sichergestellt, dass sie durch Drohnen von *Apis mellifera carnica* begattet wurden.

Die Königinnen der einzelnen Unterarten wurden in die vorgesehenen Bienenvölker eingesetzt. Die Völker standen nach ca. 4 bis 6 Wochen für die Versuche zur Verfügung, wenn das Volk nur noch aus Nachkommen der neuen Königin bestand.

Ab September/Oktober wurden die überwinterrungsfähigen Unterarten *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* unter imkerlicher Kontrolle bis zum Frühjahr belassen. Da die Bienen von *Apis mellifera capensis*



am Taunus nicht überwinterungsfähig sind, wurden die Königinnen in *Apis mellifera carnica* - Völker zur Überwinterung gegeben.

Nach der Überwinterung fand eine Kontrolle der Völker jeweils auf Stärke, Brut-situation und Zustand der Königin sowie ggf. das Einsetzen einer neuen Königin statt. Zu Beginn der Versuche wurden die Völker so vorbereitet, dass sie eine einheitliche Stärke von 7 bis 8 mit Bienen besetzten Waben und 3 Brutwaben hatten. Weiterhin erhielten alle *Apis mellifera mellifera*-Völker einen roten, alle *Apis mellifera carnica*-Völker einen blauen, alle *Apis mellifera ligustica*-Völker einen gelben und alle *Apis mellifera capensis*-Völker einen weißen Unterboden, in dem sich das Flugloch befand. Das diente der leichteren Handhabung der Völker und der besseren Orientierung für die Bienen (vgl. RUTTNER 1992).

Die fünf Standplätze am Südostrand des Taunus wurden mit jeweils vier Völkern, eins pro Unterart, besetzt. Im dritten Untersuchungsjahr standen nur 3 Völker von *Apis mellifera capensis* zu Verfügung. Demnach wurden 2000 an zwei Standplätzen (Bangert, Hünenbergwiese) nur die drei Völker der anderen Unterarten aufgestellt. Unter Ausnutzung von Bäumen und Büschen sowie unterschiedlicher Ausrichtung der Fluglöcher fand eine Anordnung Anwendung, die eine direkte Interaktion z.B. durch Verflug zwischen den Bienenvölkern weitgehend ausschloss (vgl. JAY 1966, 1968). Aufgrund der stärkeren Neigung zum Verflug von *Apis mellifera ligustica* (ACCORTI 1992, RUTTNER 1992) standen deren Völker weiter entfernt. Die Befestigung der Pollenfallen ohne die Lochstreifen und Schubladen an den Fluglöchern der Bienenstöcke fand zwei Tage nach dem Aufstellen der Bienenvölker statt. Sie verblieben über den gesamten Versuchszeitraum an den Bienenstöcken.

### **3.5 Probennahme der Pollenproben**

#### **3.5.1 1998, 1999 und 2000**

Die Gewinnung der Pollenproben erfolgte in den drei aufeinanderfolgenden Jahren 1998, 1999 und 2000 mit Ausnahme der Rotationsversuche 1999 (vgl. Abschn. 3.5.2) im Mindestabstand von 6 Tagen an möglichst niederschlagsfreien, sonnigen Tagen (Mindesttemperaturen ca. 20°C) jeweils von 8 Uhr am Morgen bis mindestens 16 Uhr am Nachmittag. Dazu wurden morgens die Plastiklochstreifen seitlich in die Pollenfallen eingeschoben und die Schubladen einge-

setzt. Am Abend fand die Entnahme der Pollenproben in Form der durch das Gitternetz in die Schublade gefallenen Pollenladungen statt.

Die Leerungstage der drei Untersuchungsjahre sind in Tab. 2 dargestellt. Der Beginn der Untersuchungen ergab sich aus den Witterungsbedingungen und dem abzusehenden Ende der wichtigsten sogenannten Massentrachten, wie Obstblüte, Raps oder Edelkastanie sowie dem Zeitpunkt der Bereitstellung der Völker. Die Untersuchungen wurden je nach Witterungsverhältnissen Ende August bis Mitte September beendet.

**Tab. 2.** Leerungsdaten der Pollenfallen 1998, 1999 und 2000

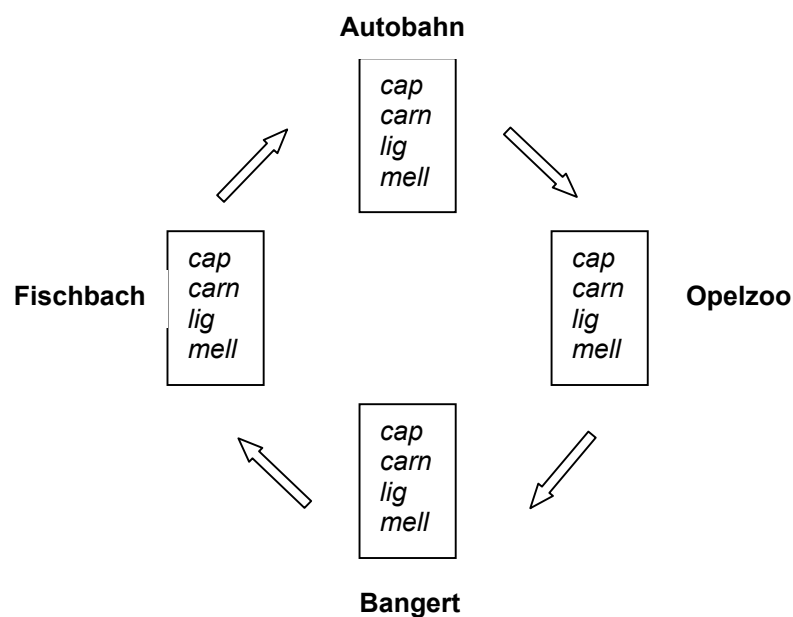
1998	1999	2000
13.07.	15.06.	06.07.
19.07.	24.06.	20.07.
28.07.	25.06.	27.07.
04.08.	26.06.	06.08.
10.08.	08.07.	13.08.
17.08.	09.07.	21.08.
25.08.	10.07.	30.08.
31.08.	11.07.	11.09.
	19.07.	18.09.
	02.08.	
	03.08.	
	04.08.	
	05.08.	
	06.08.	
	16.08.	
	30.08.	
	31.08.	
	01.09.	
	02.09.	
	03.09.	

Im dritten Untersuchungsjahr 2000 wurden im August 2000 je 3 Pollenproben von zwei *Apis mellifera mellifera*-Völkern im Ursprungsgebiet der Unterart in Südnorwegen (Flekkefjord) genommen.

### 3.5.2 Rotationsversuche 1999

Um die Variabilität im Polleneintrag zwischen Völkern einer Unterart ermitteln zu können, wurden die Völker 1999 von vier Standplätzen in vier Zeiträumen so

„gewandert“ (rotiert), dass sie sich jeweils nur einen Tag an einem Standplatz und am Folgetag an einem neuen Standplatz befanden. Das bedeutete das Einschleusen der Plastiklochstreifen in die Pollenfallen am Morgen des ersten Tages der Rotationsversuche, das Ausleeren der Pollenfallen und den Transport der Völker jeweils eines Standplatzes zum nächstgelegenen Standplatz am Abend des gleichen Tages. Die Pollenfallen verblieben an den Völkern. Am folgenden Tag erfolgte wiederum am Abend die Entleerung der Pollenfallen und die Völker wurden zum nächstliegenden Standort transportiert. Der kurze Zeitraum zum „Wandern“ wurde gewählt, um eine möglichst geringe Veränderung des Pollenangebots vorzufinden. Um abzuschätzen, wie die Völker auf diese Transporte reagierten, wurden vom 24. bis 26. Juni 1999 vor Beginn der eigentlichen Rotationsversuche die Völker von jeweils zwei Standorten verstellt. Eine Beeinträchtigung der Bienen, die aus einer möglichen Abnahme der Menge des eingetragenen Pollens abgeleitet wurde, war nicht feststellbar. Somit fand die Durchführung der Versuche wie beschrieben statt (vgl. dazu Abschn. 5.2.2. und Anhang Tab. A 5.2.2). Die Rotationen fanden dreimal an drei bzw. vier aufeinanderfolgenden Tagen vom 08. bis 11. Juli, vom 02. bis 06. August und vom 30. August bis 03. September statt. Das Prinzip der Rotation für einen Rotationstag verdeutlicht Abb. 5. Die Termine der Probennahme sind unter Angabe der Standorte und Volksnummern im Anhang (Tab. A 3.5.2) aufgeführt.



**Abb. 5.** Prinzip der Rotation an einem Tag in den drei Rotationszeiträumen 1999 an drei bzw. vier aufeinanderfolgenden Tagen

### 3.6 Bearbeitung der Proben und Determination der Pollen

Die Pollenproben wurden nach der Entnahme aus der Schublade nach Farben sortiert und mindestens 7 Tage an der Luft getrocknet. Danach wurde jede einzelne Farbfraktion der verschiedenen Proben gewogen. Das Wiegen der Farbfraktionen stellte die eigentliche Quantifizierung des Polleneintrags dar. Aus der Summe der Gewichte der einzelnen Farbfraktionen ergab sich das Gesamtgewicht einer Pollenprobe. Die Determination der Pollentypen fand mit Hilfe mikroskopischer Präparate für jede einzelne Farbfraktion statt. Das Anfertigen der Präparate erfolgte, indem zunächst die einzelnen Farbfraktionen mit Wasser und etwas Spülmittel (ein bis zwei Tropfen) aufgeschwemmt wurden. Das Spülmittel diente dem Lösen möglicher Ölfilme um die Pollen. Nach dem vollständigen Auflösen der Pollenladungen wurden drei bis vier Ausstriche der Suspension (je nach Dichte der Pollen in der Wasserlösung) auf Objektträger gegeben und gleichmäßig verteilt. Die Zahl der Objektträger pro Farbfraktion richtete sich nach der Menge der dazugehörigen Pollenladungen. Bei einzelnen oder nur wenigen Pollenladungen wurde nur ein Objektträger angefertigt, bei größeren bzw. heterogen wirkenden Farbfraktionen (durch Farbveränderungen nach dem Trocknen oder bei Mischladungen, die mehrfarbig waren) zwei bis drei. Die Objektträger mit den verteilten Pollen wurden auf einer Heizplatte bei einer Temperatur von ca. 30°C getrocknet (LOUVEAUX et al. 1978). Danach erfolgte die Einbettung der Pollen in durch Erwärmung (40°C) verflüssigter Glyceringelatine, deren Herstellung sich nach der Methode von KAISER (ROMEIS 1948) richtete. Ein Teil der Pollen wurde mittels basischem Fuchsin (Fuchsin HB; Lösung zur Färbung hergestellt nach ROMEIS 1948) in der Glyceringelatine gefärbt.

Die Bestimmung der Pollen und die Einteilung in Pollentypen erfolgte lichtmikroskopisch bei 400- bis 1000-facher Vergrößerung. Die Pollentypen wurden Pflanzenarten, Pflanzengattungen, Pflanzenfamilien, Pollentyp-Formen oder Pollentyp-Gruppen zugeordnet. Als Bestimmungshilfen dienten Vergleichspräparate (vgl. Abschn. 3.7.1, Pollenvergleichssammlung der Landesanstalt für Bienenkunde der Universität Hohenheim/Stuttgart) und die nachfolgend aufgeführte Literatur zur Pollen- und Pflanzendetermination (ARMBRUSTER & OENIKE 1929a, ARMBRUSTER & OENIKE 1929b, ARMBRUSTER & JACOBS 1934/5, ZANDER 1935, 1937, 1941, 1949, 1951, BEUG 1961, EISENHUT 1961, ERDTMANN 1966, KAPP 1969, HODGES 1974, GRAF 1981, SAWYER 1981, ROTHMALER 1987, 1988, HESSE 1990, BRICKEL 1994, HABERER 1996). Die Einteilung der Pollen in Pollentypen

unterlag vor allem dem Kriterium, den Ansprüchen der vorliegenden Arbeit zu genügen. Danach war es nicht notwendig, die Pollen in allen Fällen bis zur Pflanzenart zu bestimmen. Die Unterteilung von Pollenfomen einer Pflanzenfamilie in Typen beruhte im wesentlichen auf der Einteilung nach ZANDER (1935). Dem Farbvergleich der Pollenladungen dienten Angaben in HODGES (1974) und PRITSCH (1985).

Handelte es sich bei den Präparaten um reine Proben mit nur einem Pollentyp, konnte aus dem Gewicht der reinen Farbfraction und dem Gesamtgewicht der Pollenprobe der prozentuale Anteil dieses Pollentyps an der Probe ermittelt werden. Bei Mischpräparaten wurden bis zu zehnmal 300 Pollen ausgezählt. Konnten nur vereinzelt fremde Pollentypen in den Präparaten gefunden werden, galt das als Verschmutzung (z.B. Abrieb von anderen Ladungen) und wurde als reine Probe angesehen. Die prozentualen Anteile der einzelnen Pollentypen in den Mischpräparaten wurden dann unter Berücksichtigung ihres Volumens (BIESMEIJER & SOMMEIJER 1992) auf das Gewicht der Farbfraction umgerechnet. Die Berechnung des Volumens der Pollen erfolgte mit Hilfe der Formeln für Kugeln oder Ellipsoide, nachdem die Pollentypen (N=10) mittels eines Okularmikrometers vermessen wurden.

### **3.7 Begleituntersuchungen**

#### **3.7.1 Pollenvergleichssammlung**

Während der Untersuchungszeiträume 1998, 1999 und 2000 wurden an den verschiedenen Standplätzen von blühenden Pflanzen Blütenproben genommen. Zusätzlich erfolgte die Gewinnung von Blütenproben kontinuierlich während der gesamten Vegetationsperiode über die Fläche der Standplätze hinaus und aus Gärten. Die Blütenproben dienten der Anfertigung von Vergleichspräparaten nach der Methode von LOUVEAUX et al. (1978). Dazu wurde der Pollen mit Äther wiederholt aus den Blüten ausgewaschen und der Äther dekantiert. Nach dem Trocknen der ausgewaschenen Pollen erfolgte die Überführung auf einen Objektträger. Die Zugabe von einem Tropfen 20%iger Fructoselösung erleichterte die Überführung und beschleunigte die Quellung der Pollenkörner. Das Präparat wurde wiederum getrocknet und danach in Glyceringelatine (ggf. gefärbt mit Fuchsin HB) eingebettet (vgl. Abschn. 3.6, LOUVEAUX et al. 1978). Bei Staubge

fäßen mit leicht herausfallenden Pollenkörnern fand ein direktes Ausschütteln der Pollen auf einen Objektträger und die beschriebene Einbettung statt.

### **3.7.2 Erfassung abiotischer Messdaten**

An den Probetagen 1998, 1999 und 2000 wurden abiotische Daten mit Data Loggern (HOBO H8 Pro Series) an den Standplätzen erhoben. Die Data Logger waren so programmiert, dass jeweils im Abstand von 10 Minuten eine Messung der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur durchgeführt und gespeichert wurde. Die Daten konnten mit Hilfe der dazugehörigen Software (Box Car Pro für Windows Version 3.5) ausgelesen und im Programm Excel 97 für Windows bearbeitet werden.

### **3.7.3 Begleitende Arbeiten an den Bienenvölkern**

In den Versuchszeiträumen der drei Untersuchungsjahre wurden die Völker auf Stärke in Form der Anzahl besetzter Waben, Brut- und Futtersituation sowie Zustand der Königin kontrolliert. Die Daten für die Abschätzung der Volkstärke und der Brut sind in den Tab. 3 bis 5 dargestellt. Futter (Apiinvert ®; Südzucker Artikel Nr. 6618) wurde jeweils bei Bedarf zugegeben. Die Brutmessung bezog sich auf die verdeckelte Brut (bessere Messbarkeit als offene Brut; vgl. dazu Abschn. 5.3.2). Dabei wurde die Höhe und Breite der Fläche mit verdeckelter Brut mittels eines Zollstockes vermessen. Die Flächenberechnung erfolgte mit der Formel für eine Ellipse. Lücken im Brutnest oder ungleichmäßige Verteilung der verdeckelten Brut auf der Wabe führten zu einer Verkürzung der Seitenkanten für die Berechnung der Fläche, indem die Länge der Brutunterbrechung jeweils von den Gesamtlängen der Seitenkanten der Brutfläche abgezogen wurde. Am Ende des Versuchszeitraumes 2000 wurden von jeweils einem Volk pro Unterart Bienenproben (ca. 30 Arbeiterinnen) genommen. Damit erfolgte über die Messung verschiedener Unterart-spezifischer Parameter (Länge des Rüssels und der Vorderflügel, Cubitalindex, Färbung des 3. und 4. Tergits) eine Kontrolle der Zugehörigkeit zur Unterart (Anh. Tab. A 3.7.3).

**Tab. 3 bis 5.** Daten der Messung der Volkstärke und der Fläche der verdeckelten Brut

**Tab. 3.** 1998

1998	
Volkstärke	Brut
06.07.	06.07.
15.07.	15.07.
22.07.	22.07.
29.07.	29.07.
05.08.	05.08.
12.08.	12.08.
19.08.	19.08.
26.08.	26.08.
02.09.	02.09.

**Tab. 4.** 1999

1999	
Volkstärke	Brut
31.05.	31.05.
14.06.	14.06.
23.06.	23.06.
29.06.	
13.07.	13.07.
29.07.	
10.08.	10.08.
07.09.	07.09.

**Tab. 5.** 2000

2000	
Volkstärke	Brut
11.07.	11.07.
26.07.	
07.08.	07.08.
28.08.	28.08.
20.09.	20.09.

## 3.8 Auswertungsmethoden

### 3.8.1 Aufbereitung der Daten

Die Gewichte der einzelnen Pollentypen pro Probe wurden in prozentuale Anteile umgerechnet, wobei das Gesamtgewicht einer Probe 100% entsprach. Das diente dazu, Proben mit unterschiedlichen Gesamtgewichten und die in ihnen enthaltenen Mengen pro Pollentyp besser vergleichen zu können. Die Auswertung der Pollentypen basiert zu einem Großteil auf diesen relativen Häufigkeiten.

### 3.8.2 Multivariate Analysemethoden

#### 3.8.2.1 Einführung

Zur Gesamtanalyse des Polleneintrags der vier Unterarten, d.h. aller relativen Häufigkeiten der Pollentypen pro Pollenprobe wurden multivariate Ordinationsverfahren verwendet (JONGMAN et al. 1987, DIGBY & KEMTON 1991, TER BRAAK & SMILAUER 1998). Sie dienen dazu, Informationen aus dem Polleneintrag ohne und in Abhängigkeit verschiedener Variablengruppen (Datum, Standort, Unterart, vgl. Abb. 6) zu gewinnen und mögliche Ordnungskriterien zu erkennen, indem die Daten in vereinfachter Form in einem Raum mit n Dimensionen geordnet und dargestellt wurden. In die multivariaten Analysen gingen die logarithmisch trans

formierten relativen Häufigkeiten für die einzelnen Pollentypen ein, die wie folgt ermittelt wurden:

transformierte relative Häufigkeit =  $\ln(\text{relative Häufigkeit} + 1)$ .

Diese Transformation wurde gewählt, um den Unterschied zwischen extrem hohen und extrem niedrigen Werten, die trotzdem eine analytische Bedeutung besitzen können, zu relativieren und so zu vermeiden, dass sehr hohe relative Häufigkeiten überproportional die Analysen bestimmen. Um abzusichern, dass die so transformierten Daten aussagefähig für die erhobenen Rohdaten waren, wurde im Rahmen der Varianzpartitionierung (vgl. Abschn. 3.8.2.5) ein Vergleich zu den untransformierten Ausgangsdaten durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. A 3.8.2.1 im Anhang aufgeführt.

Bei den Ordinationsverfahren werden zwei Modelle unterschieden. Das erste beruht auf einem annähernd linearen Verhalten der Daten im Raum und findet mit der Hauptkomponentenanalyse (PCA) und der Redundanzanalyse (RDA) Anwendung. Bei unimodalen Verhältnissen wird eine Korrespondenzanalyse (CA) und eine Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) angewendet. Um festzustellen, welches Modell die Daten am besten beschreibt, wurde zu Beginn der Analysen eine „Detrended“ Korrespondenzanalyse (DCA) durchgeführt. Dabei wurden die Längen der Ordinationsachsen berechnet („length of gradient“). Waren diese Werte für die ersten Achsen kleiner 1,5, konnten die Daten am besten mit einem linearen Modell, bei Werten zwischen 1,5 und 2 sowohl mit einem linearen, als auch mit einem unimodalen Modell und bei Werten größer 2 mit einem unimodalen Modell beschrieben werden. Die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten bewirkten alle Werte größer als 2. Aus diesem Grund wurden die Korrespondenzanalyse (CA) und die Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) verwendet. Nur im Falle des sogenannten „horse-shoe“-Effektes bei einer CA fand die DCA Anwendung. Bei diesem Effekt ist der Gradient auf der 1. Achse bei der CA so groß, dass er sich auf die 2. Achse auswirkt und eine hufeisenförmige Punktwolke entsteht. Durch eine DCA werden die Achsenverzerrungen durch Einteilung der Achse in Segmente entzerrt und die Rangwerte entsprechend dargestellt.

### **3.8.2.2 Korrespondenzanalyse (CA)**

Die CA ist ein indirektes Verfahren der Ordination, wobei die Daten unabhängig von den „Umweltvariablen“ (hier: Standort, Leerungsdatum und Unterart bzw.

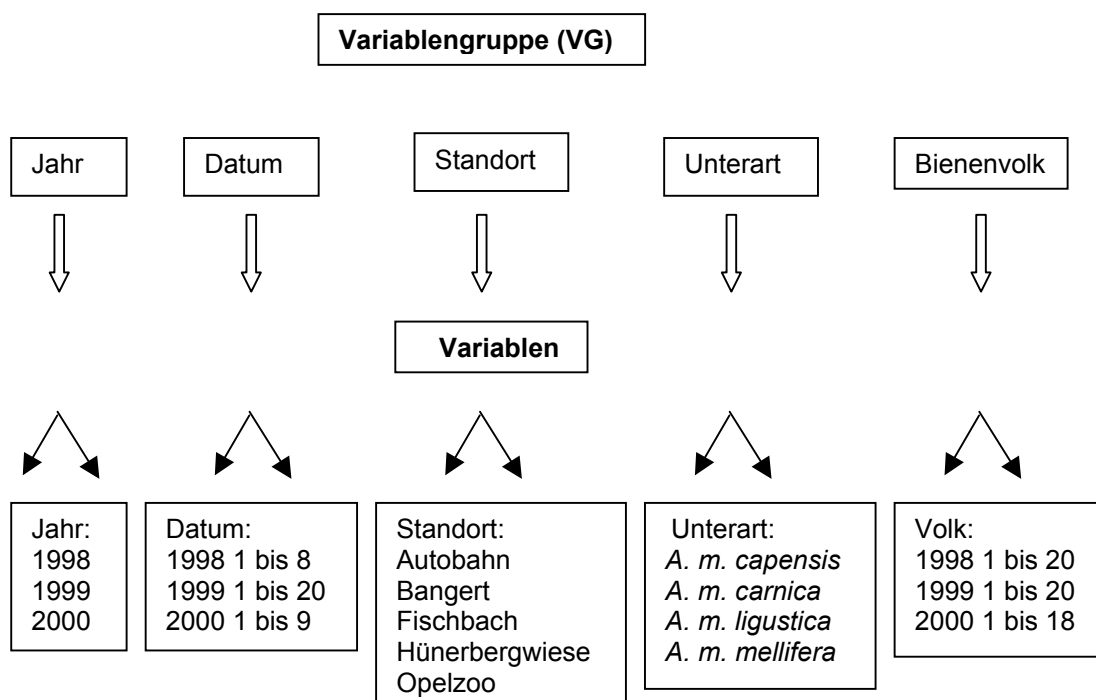


1999 zzgl. Bienenvolk) geordnet werden. Das Prinzip der CA beruht auf der größtmöglichen Trennung der Daten entlang theoretischer Variablen, die als Ordinationsachsen dargestellt werden. An der 1. Achse liegt die maximale Varianz des Datensatzes, an der zweiten die nicht mit der 1. Achse korrelierte maximale Restvarianz usw. an. Bei diesem Verfahren werden  $n$  Achsen konstruiert, die jeweils senkrecht aufeinander stehen und nicht miteinander korrelieren. Es können im  $n$ -dimensionalen Raum die Daten der Pollentypen und die der Pollenproben als Rangwerte dargestellt werden. Die Darstellung beider Datengruppen in einem Diagramm wird als Biplot bezeichnet. Die mit den Ordinationsdiagrammen angegebenen Eigenwerte der Achsen sind ein Maß für die Varianz, die durch die Achsen beschrieben wird. Da es im Rahmen dieser Arbeit um die mögliche Unterscheidung der Unterarten der Honigbiene geht, wurden die Rangdatenpunkte der Pollentypen nach der Modellberechnung nachträglich in den graphischen Darstellungen unterdrückt. Es wurden nur die Rangwerte der Proben dargestellt, denen die Unterart zugeordnet werden konnte. Ein möglicher Zusammenhang zwischen einzelnen Pollentypen und einer oder mehrerer der Unterarten sollte in den Einzelanalysen der Pollentypen mit Hilfe von Varianzanalysen ermittelt werden (vgl. Abschn. 3.8.4).

### 3.8.2.3 Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA)

Die CCA als kanonische Form der Ordination verbindet die indirekte Ordination (CA) mit Aspekten der Regression. Bei der CCA fließen die Variablen der Variablengruppen Datum, Standort und Unterart (Abb. 6) in die Berechnung ein und ihr Einfluss wird graphisch dargestellt. Dabei wird versucht, Muster in der Variation des Polleneintrags zu finden, die am besten durch die Variablen beschrieben werden. Die Darstellungsform der CCA ist ein Triplot mit den Rangdaten für die Pollentypen und Pollenproben als Punkte wie bei der CA sowie den Variablen als Pfeile. Je kleiner der Winkel eines Variablenpfeils zur ersten Achse und je länger er im Vergleich zu den anderen Pfeilen ist, umso größer ist der Anteil der Varianz, der durch diese Variable beschrieben wird. Korrelieren zwei Variablen sehr stark miteinander, ist es nicht zulässig beide Variablen in die Analyse einzubeziehen. Die Auswahl von Variablen, die signifikant und verschieden voneinander zur Varianz des Datensatzes beitragen, erfolgte durch die „forward selection“. Nicht signifikante Variablen flossen nicht in die Analysen ein. Des Weiteren werden maximal nur  $(n-1)$  Variablen (Anzahl der Freiheitsgrade) einer Variablen

gruppe einbezogen. Trugen alle Variablen einer Variablengruppe signifikant zur Varianz des Datensatzes bei, konnte davon ausgegangen werden, dass die jeweils durch  $(n-1)$  abgezogene Variable anders als die anderen Variablen zu den dargestellten Achsen steht. Infolge der großen Datenmengen wurden die Ordinationsplots für die drei Untersuchungsjahre getrennt dargestellt. Dadurch konnten die einzelnen Jahre als Variablen nicht graphisch abgebildet werden. Da für die Darstellung 1999 alle Daten verwendet wurden, fand das Bienenvolk als Variable keine Berücksichtigung. Die Variablengruppen Jahr und Bienenvolk wurden in den Analysen für die Varianzpartitionierung einbezogen (vgl. Abschn. 3.8.2.5). Bei der CCA fand wie bei der CA in den graphischen Darstellungen eine nachträgliche Unterdrückung der Rangwerte der Pollentypen statt. Für jede CCA wurde ein Test auf Signifikanz des gesamten Modells durchgeführt (MONTE-CARLO-Test mit 199 Permutationen).



**Abb. 6.** Aufteilung der Variablengruppen in Variablen

### 3.8.2.4 Kovariablenanalyse als Form der CCA

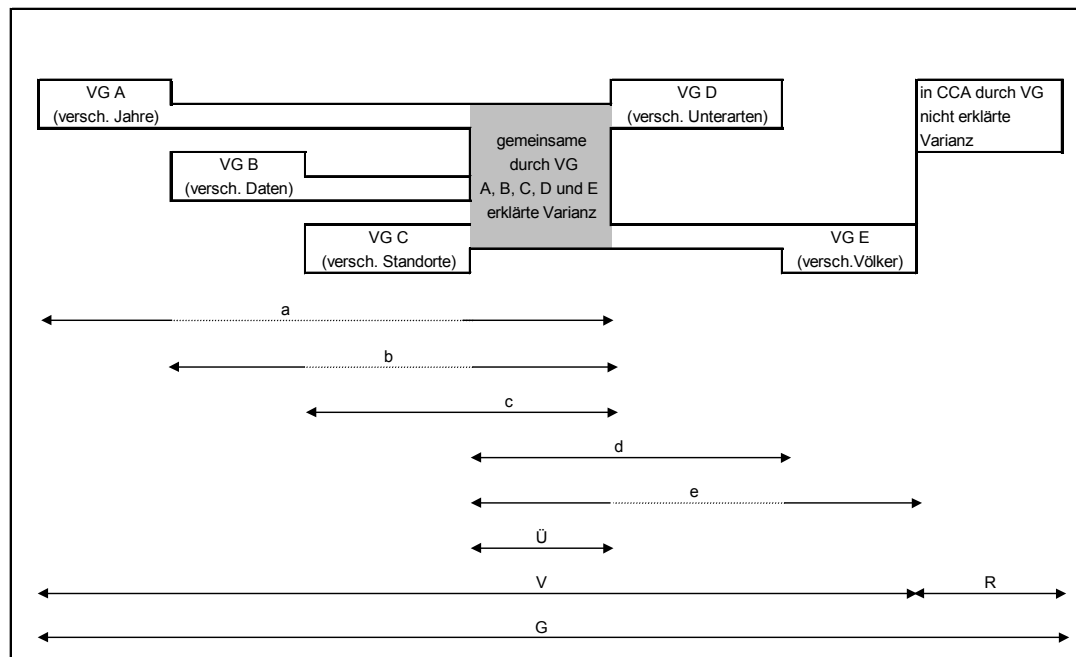
Die CCA kann so durchgeführt werden, dass eine Variablengruppe mit ihren Variablen berücksichtigt wird und die anderen Variablengruppen als Kovariablen in

die Analyse einfließen. Dadurch werden die Eigenwerte der Achsen nur für die ausgewählte Variable unter Einfluss der Kovariablen berechnet. Die Kovariablenanalyse war Teil der Varianzpartitionierung (Abschn. 3.8.2.5).

### 3.8.2.5 Varianzpartitionierung

Die Varianzpartitionierung ist ein Verfahren, bei dem verschiedene Analysen nacheinander durchgeführt und die jeweiligen Summen der Eigenwerte der  $n$  Achsen bestimmt werden, die die Varianz zum Ausdruck bringen. Ziel ist es, aus den Summen der Eigenwerte die Anteile an der Variabilität des Datensatzes der verschiedenen Variablengruppen zu schätzen (BORCARD et al. 1992). Dabei konnte im Gegensatz zu den graphischen Darstellungen das Jahr bei der Analyse aller Daten der drei Untersuchungsjahre als Variablengruppe und für die Rotationsdaten 1999 das Bienenvolk einbezogen werden. Nachfolgend werden die aufeinanderfolgenden Analysen zur Varianzpartitionierung aufgeführt und schematisch dargestellt (Abb. 7).

1. CA zur Ermittlung der gesamten, durch die Ordination erklärten Varianz der Pollenprobendaten ( $G$ ),
2. CCA mit allen signifikanten Variablen zur Erfassung der Varianz, die durch alle signifikanten Variablen der Variablengruppen Jahr (bei der Gesamtanalyse aller Daten), Datum, Standort und Unterart sowie Bienenvolk (bei den Rotationsversuchen) erklärt wird ( $V$ ),
3. Ermittlung der Varianz der Variablengruppe Jahr ( $A$ ), Datum ( $B$ ), Standort ( $C$ ), Unterart ( $D$ ) und Bienenvolk ( $E$ ) mittels CCA jeweils separat,
4. Ermittlung der Varianz der Variablengruppe Jahr ( $a$ ), Datum ( $b$ ), Standort ( $c$ ), Unterart ( $d$ ) und Bienenvolk ( $e$ ) unter Einbeziehung der jeweils übrigen Variablen als Kovariablen,
5. Berechnung der Überschneidung der Varianz:  $\ddot{U} = (A+B+C+D+E)-V$ ,
6. Berechnung der Restvarianz, die nicht durch die erfassten Variablen erklärt wird:  $R = G-V$ ,
7.  $a, b, c, d, e, \ddot{U}$  und  $R$  werden in Prozent ( $G = 100\%$ ) umgerechnet.



**Abb. 7.** Schema der Varianzpartitionierung; Abkürzungen siehe Auflistung oben

Hinweis: Es wird das Prinzip der Varianzpartitionierung dargestellt. Ein Zusammenhang zwischen der Länge der Vektoren und den Varianzanteilen besteht nicht. Eine Überschneidung besteht theoretisch zwischen allen Variablengruppen. Wegen einer besseren Übersichtlichkeit wurde die Überschneidung nur in der Mitte dargestellt. Die schmalen Balken ohne Beschriftung und die gestrichelten Linien stellen eine Unterbrechung der Varianzanteile dar und bedeuten lediglich die Verbindung zum Überschneidungsbereich Ü. Die Varianzanteile beziehen sich jeweils nur auf die vollen Linien. Die Leserichtung der Vektoren für die Varianzanteile a bis e ist im Schema von links oben (a) nach links unten (c) und von rechts oben (d) nach rechts unten (e).

### 3.8.3 Berechnung von Kenngrößen des Polleneintrags

Die Dominanzstruktur des Polleneintrags wurde mit den relativen Häufigkeiten der Pollentypen ermittelt, in dem diese, sortiert nach der Höhe der Werte der verschiedenen Pollentypen pro Probe, graphisch dargestellt wurden. Entsprechend der relativen Häufigkeiten konnte eine Zuordnung zu Dominanzstufen nach SCHIEMENZ (MÜLLER 1991) erfolgen. Die Zuordnung der relativen Häufigkeiten zu den Dominanzstufen ist in Tab. 6 aufgeführt. Die Anzahl der Pollentypen der einzelnen Dominanzstufen wurde zwischen den Unterarten verglichen.

**Tab. 6.** Dominanzstufen nach SCHIEMENZ

Prozent	Dominanzstufe
< 1,00	subrezedent
1,00 - 3,99	rezedent
4,00 - 15,99	subdominant
16,00 - 35,99	dominant
36,00 -100,00	eudominant

Zur Charakterisierung der Diversitätsverhältnisse ( $\alpha$ -Diversität) fand der Index nach MACARTHUR (1965; in KREBS 1989) auf der Grundlage des SHANNON-WIENER-Index und die Evenness nach BUZAS & GIBSON (1969; in KREBS 1989) Anwendung.

$$H_{SW} = \text{Diversität nach SHANNON-WIENER} \quad H_{SW} = \sum_{i=1}^S (p_i)(\ln p_i) \quad [1]$$

$$N_1 = \text{Diversität nach MACARTHUR} \quad N_1 = e^{H_{SW}} \quad [2]$$

$$E = \text{Evenness nach BUZAS & GIBSON} \quad E = \frac{N_1}{S} \quad [3]$$

S = Anzahl der Pollentypen

i = i-ter Pollentyp

$p_i$  = relative Häufigkeit des i-ten Pollentyps

$$\text{(entspr. Gewicht i-ter Pollentyp (g)/Gesamtgewicht der Pollenprobe (g) = } \frac{g_i}{G} \text{ )}$$

Die Beschreibung der Änderung der Zusammensetzung der Pollenproben der Unterarten aus Pollentypen im Jahresverlauf erfolgte mit Pollentyp-Turnover-Raten (nach Arten-Turnover Rate; MÜHLENBERG 1993). Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Daten verschiedener Jahre mit unterschiedlichen Leerungsdaten der Pollenfallen wurden als Zeiteinheit Tagesdekaden gewählt.

$$T = \text{Pollentyp-Turnover-Raten} \quad T_{I \text{ zu } II} = (J+E) / (S_I+S_{II}) \quad [4]$$

J = Zahl der Pollentypen, die zwischen Dekade I und II hinzugekommen sind

E = Zahl der Pollentypen, die zwischen Dekade I und II verschwunden sind

$S_I$  = Zahl der Pollentypen in Dekade I

$S_{II}$  = Zahl der Pollentypen in Dekade II

Zur Ermittlung der Ähnlichkeit zweier Proben auf rein qualitativer Basis wurde der Gemeinschaftskoeffizient nach SOERENSEN (in MÜLLER 1991) berechnet. Um quantitative Aspekte einzubeziehen, kam die prozentuale Nischenüberlappung nach RENKONEN (1938; in KREBS 1989, MÜLLER 1991) zur Anwendung.

$$S = \text{Gemeinschaftskoeffizient nach SOERENSEN} \quad S = \frac{2c}{2c + a + b} \quad [5]$$

**R = Prozentuale Nischenüberlappung**

$$\text{(RENKONEN- Zahl)} \quad R = \sum_{n=1}^S D_{i \min} \quad [6]$$

a = Anzahl der Pollentypen ausschließlich in Pollenprobe 1

b = Anzahl der Pollentypen ausschließlich in Pollenprobe 2

c = Anzahl der gemeinsamen Pollentypen von Pollenprobe 1 und 2

$D_i$  = relative Häufigkeit des i-ten Pollentyps mit  $D_i = \frac{g_i}{G} * 100\%$

( $g_i$  = Gewicht i-ter Pollentyp, G = Gesamtgewicht der Pollenprobe)

### 3.8.4 Statistische Verfahren zum Vergleich der Parameter und Kenngrößen des Polleneintrags

Der Vergleich des Polleneintrags wurde mit unterschiedlichen Methoden vorgenommen. Die meisten zu vergleichenden Stichproben (z.B. relative Häufigkeiten der verschiedenen Pollentypen, berechnete Kenngrößen des Polleneintrags pro Unterart) stammten nicht aus normal verteilten Grundgesamtheiten. Die Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte mit dem KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test (KOLMOGOROV 1941, SMIRNOV 1948; in SACHS 1984a) bei mehr als 50 Fällen und mit dem SHAPIRO-WILK-Test (SHAPIRO & WILK 1965; in SACHS 1984a) bei weniger als 50 Fällen. Zur Ermittlung von signifikanten Unterschieden zwischen mehr als zwei Stichproben fand die Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS 1952; in SACHS 1984a, BORTZ et al. 1990, SOKAL & ROHLF 1995) Verwendung. Bei mehrfachen Analysen, z.B. bei dem Vergleich der relativen Häufigkeiten jedes einzelnen Pollen- oder Blütentyps zwischen den Unterarten, wurde eine Korrektur des Signifikanzniveaus (BONFERRONI, Faktoren im Anhang Tab. A 3.8.4.1 bis Tab. A 3.8.4.3) nach der Kombination der P-Werte jedes einzelnen Pollen- oder Blütentyps aus den Vergleichen verschiedener Jahre (FISCHER's combination procedure

in SACHS 1984b; Formel [7]) durchgeführt. Um festzustellen, zwischen welchen Unterarten signifikante Unterschiede vorlagen, fanden paarweise Vergleiche nach CONOVER (1971, 1980; in BORTZ et al. 1990; Formel [8]) statt. Bei normal verteilten Daten kam zur Erfassung signifikanter Unterschiede zwischen mehr als zwei Stichproben eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit dem nachfolgenden Mehrfachvergleich nach DUNCAN zur Anwendung.

Der Vergleich von einzelnen Daten untereinander, wie z.B. der Summen des Pollengewichts oder der Summen der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Jahr oder Standort, erfolgte mit dem  $\chi^2$ -Test (Formel [9]).

Zur Klärung des Zusammenhangs zwischen abiotischen Faktoren, Brutmenge, Volkstärke und eingetragener Pollenmenge sowie zwischen Pollenmenge und Anzahl verschiedener Pollentypen diente der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN oder die partielle Korrelationsanalyse mit den Rangwerten der entsprechenden Daten.

**FISCHER's combination procedure** 
$$\chi^2_{2n,\alpha} = -2 \sum_{n=1}^i \ln P_i \quad [7]$$

#### Paarweise Vergleiche nach CONOVER

$$\Delta \overline{R}_{crit} = t_{(n-k, \alpha/2)} \sqrt{\frac{N*(N+1)}{12} \frac{N-1-\chi^2}{N-k}} \sqrt{\frac{1}{N_j} + \frac{1}{N_i}} \quad [8]$$

$\Delta \overline{R}_{crit}$  = kritische Differenz der mittleren Ränge der Stichproben j und i

$t_{(N-k, \alpha/2)}$  = kritischer t-Wert für N-k Freiheitsgrade und  $\alpha$

$$N = \sum_{n=1}^j N_j$$

$N_j$  = Stichprobenumfang der Stichprobe j

k = Anzahl der Stichproben

$\chi^2$  = in der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) berechneter  $\chi^2$ -Wert

$\chi^2 = \text{Test}$  
$$\chi^2 = \frac{B - E}{E^2} \quad [9]$$

B = Beobachtungswert

E = Erwartungswert

### 3.9 Verwendete Software

Die Verwaltung der Daten erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel 97 (Microsoft Corporation USA) für Windows. Die Tabellen und ein Teil der Diagramme wurden ebenfalls mit diesem Programm erstellt. Für die Anfertigung weiterer Grafiken fand SPSS 8.0 und 10.1 für Windows (SPSS Incorporation USA) Verwendung, mit dem ebenfalls die Varianz- und Korrelationsanalysen durchgeführt wurden. Für die multivariate Statistik und die dazugehörigen Abbildungen wurde das Programm Canoco für Windows 4.0 (von TER BRAAK & SMILAUER 1998) verwendet. Die Textverarbeitung erfolgte mit Hilfe von Microsoft Word 97 für Windows (Microsoft Corporation USA).

Zum Auslesen der mit Hilfe der Date Logger (HOBO H8 Pro Series) gemessenen Daten der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit kam das Programm Box Car Pro für Windows Version 3.5 (1998 Onset Computer Corporation) zur Anwendung



## 4 Ergebnisse

### 4.1 Gesamtüberblick

Um einen Überblick über den gesamten Polleneintrag der untersuchten Honigbienen zu erhalten, werden im ersten Teil der Auswertung die Daten aller drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000 zusammengefasst vorgestellt.

#### 4.1.1 Der Polleneintrag der drei Untersuchungsjahre

In den drei Untersuchungsjahren wurde ein Probenumfang von 647 Pollenproben mit einem Gesamtgewicht von 4008,3 g Pollen erreicht. Insgesamt konnten 214 verschiedene Pollentypen nachgewiesen werden. Die Pollentypen sind entweder Pflanzenarten, Pflanzenfamilien oder Pflanzengruppen (Pollentyp-Formen und Pollentyp-Gruppen) zugeordnet worden (vgl. Abschn. 10). Daneben wurden 5 Gruppen von verschiedenen Pilzsporen oder Pilzelementen (nicht näher bestimmte Pilzbestandteile), einmal Farnsporen und Ladungen aus Schmutzpartikeln nachgewiesen. Zur Vereinfachung wurden diese rechnerisch mit zu den Pollentypen gezählt, so dass sich eine Gesamtzahl von 221 verschiedenen Pollentypen (im weiteren Sinne) ergab.

Die Pollentypen können sogenannten Nachweiskategorien (Tab. 7) zugeordnet werden. Nachweiskategorien sollen eine Einteilungsmöglichkeit darstellen, die sich nach der Anzahl der Nachweise pro Untersuchungsjahr richtet. In welcher Menge der entsprechende Pollentyp in den Proben nachgewiesen wurde, spielt dabei keine Rolle. Daraus ergibt sich die ebenfalls in Tab. 7 dargestellte jeweilige Anzahl von Pollentypen pro Nachweiskategorie und der dazugehörige prozentuale Anteil an den insgesamt pro Jahr nachgewiesenen Pollentypen. 1998 wurden mit 55,2% über die Hälfte der Pollentypen einmal, selten oder gelegentlich nachgewiesen. 1999 waren es 45,8% und 2000 41,5%.

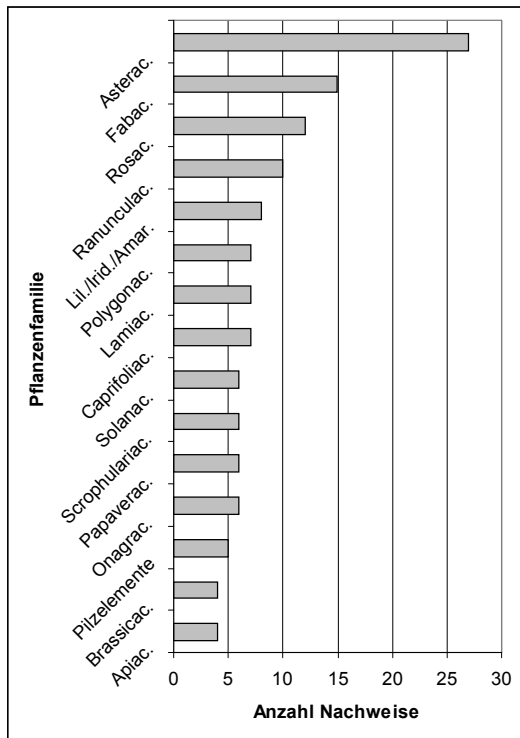
**Tab.7.** Nachweiskategorien unter Angabe der Anzahl der jeweils dazugehörigen Pollentypen sowie den prozentualen Anteilen an der Gesamtzahl der Pollentypen pro Untersuchungsjahr

N Nachweise	Kategorie	N / % Pollentypen					
		1998		1999		2000	
		N	%	N	%	N	%
1	einmal	25	19,7	21	13,4	20	13,2
2 bis 5	selten	33	26,0	39	24,8	25	16,5
6 bis 10	gelegentlich	12	9,5	12	7,6	18	11,8
11 bis 30	häufig	26	20,5	30	19,1	38	25,0
größer 30	sehr häufig	31	24,4	55	35,0	51	33,6

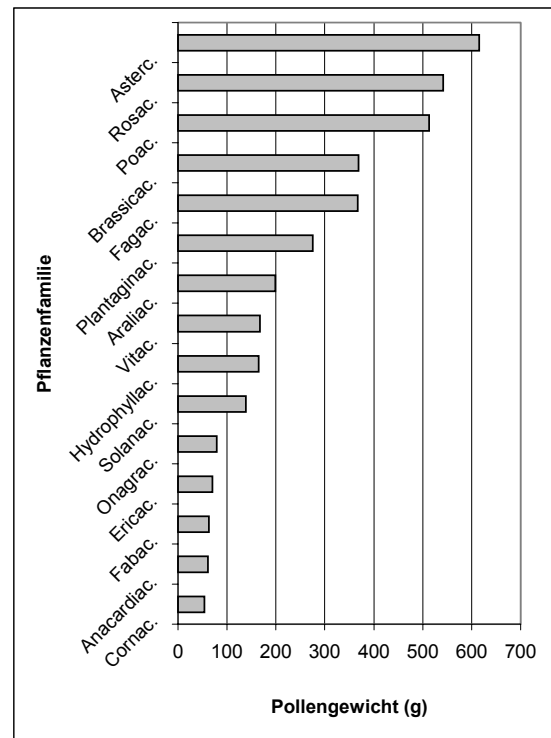
Die verschiedenen Pollentypen sind mit der Zuordnung der Pflanzenfamilie bzw. Familiengruppe und ihren saisonalen Nachweiszeiträumen, der Anzahl ihrer Nachweise mit Zuordnung zu der Nachweiskategorie (vgl. Tab. 7) und dem prozentualen Probenzahlanteil pro Untersuchungsjahr im Anhang (Tab. A 4.1.1) aufgeführt .

Insgesamt wurden Pollen von 70 Pflanzenfamilien und einer Familiengruppe (Liliaceae, Iridaceae und Amaryllidaceae, wobei näher bestimmte Pollentypen aus der Familie Liliaceae extra aufgeführt wurden) determiniert, 41 davon nur mit einem Vertreter. Die dominanten Pflanzenfamilien hinsichtlich der Anzahl verschiedener Pollentypen (Abb. 8; Auflistung bis minimal 4 Pollentypen) waren Asteraceae mit 27, Fabaceae mit 15, Rosaceae mit 12, Ranunculaceae mit 10, Caprifoliaceae mit 7, Liliaceae mit 7 (mit Familiengruppe 8), Lamiaceae mit 7 und Polygonaceae ebenfalls mit 7 verschiedenen Pollentypen. 14 Pollentypen konnten nicht näher determiniert und einer Pflanzenkategorie (Pflanzenart, -familie oder -gruppe) zugeordnet werden und laufen unter "unbekannt". Die dominanten Pflanzenfamilien hinsichtlich des eingetragenen Pollengewichts waren Asteraceae mit 615,4g, Rosaceae mit 541,9g, Poaceae mit 512,8g, Brassicaceae mit 369,3g, Fagaceae mit 367,2g, Plantaginaceae mit 274,8g, Araliaceae mit 198,6g, Vitaceae mit 167,3g, Hydrophyllaceae mit 164,7g und Solanaceae mit 138,3g in allen drei Untersuchungsjahren (Abb. 9). In Abb. 9 sind noch weitere Familien bis zu einer Gewichtsgrenze von ca. 50g dargestellt.

Von den insgesamt 221 verschiedenen Pollentypen kamen 86 in allen drei, 43 in zwei Untersuchungsjahren und 92 entweder nur 1998, 1999 oder 2000 vor.



**Abb.8.** Häufige Pflanzenfamilien hinsichtlich der Anzahl verschiedener Pollentypen



**Abb.9.** Häufige Pflanzenfamilien hinsichtlich der eingetragenen Pollenmenge

Die häufigsten Pollentypen der drei Untersuchungsjahre sind mit ihrem Gewicht und den prozentualen Anteilen insgesamt sowie ihren Durchschnittswerten für das Gewicht und den prozentualen Anteil pro Pollenprobe in Tab. 8 aufgelistet. Es sind Pollentypen, die entweder über einen kürzeren Zeitraum sehr ergiebig (z.B. *Zea mays*, *Castanea sativa*) oder nahezu regelmäßig, aber in geringerer Menge in den Proben vertreten waren (z.B. Asteraceae Form T, *Plantago spec.*, *Trifolium repens*; vgl. Anh. Tab. A 4.1.1). Von diesen 26 Hauptpollentypen stammen 3612,5g des Gesamteintrages über alle drei Jahre, was einem Anteil von ca. 90% entspricht. Demnach wurde von rund 12% (26 von insgesamt 221 Pollentypen) der Pollentypen der größte Teil der Gesamtmenge des Pollens eingetragen.

**Tab.8.** Häufige Pollentypen aller drei Untersuchungsjahre unter Angabe der Pollenmenge (g) und den prozentualen Anteilen insgesamt und im Durchschnitt pro Pollenprobe

Pollentyp	Gesamtwerte		Durchschnittliche Werte pro Pollenprobe (bei N=647)	
	Gewicht (g)	Anteil (%)	Gewicht (g)	Anteil (%)
<i>Zea mays</i>	489,0	12,2	0,8	9,6
Brassicaceae (1)	368,9	9,2	0,6	3,0
<i>Castanea sativa</i>	366,0	9,1	0,6	5,5
Asteraceae Form T	338,9	8,5	0,5	9,9
Rosaceae	326,3	8,1	0,5	6,1
<i>Plantago spec.</i>	274,9	6,9	0,4	8,0
<i>Hedera helix</i>	179,2	4,5	0,3	4,5
Vitaceae	167,3	4,2	0,3	4,3
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	164,7	4,1	0,3	3,9
<i>Filipendula ulmaria</i>	152,1	3,8	0,2	5,5
<i>Lycium spec.</i>	120,5	3,0	0,2	3,0
Asteraceae Form A	107,8	2,7	0,2	2,3
Ericaceae	70,2	1,8	0,1	2,0
Anacardiaceae	60,8	1,5	0,1	0,3
<i>Epilobium angustifolium</i>	60,3	1,5	0,1	4,1
<i>Cornus spec.</i>	54,3	1,4	0,1	1,6
<i>Trifolium repens</i>	49,2	1,2	0,1	2,1
Chenopodiaceae	42,1	1,0	0,1	0,7
Aster - Form	39,1	1,0	0,1	1,5
Rosaceae (Kleinform)	33,7	0,8	0,1	0,9
<i>Sanguisorba officinalis</i>	29,2	0,7	0,0	1,2
<i>Bryonia spec.</i>	27,4	0,7	0,0	1,8
Poaceae	23,8	0,6	0,0	0,4
<i>Helianthus</i> - Form	22,3	0,6	0,0	0,7
Asteraceae Form S	22,3	0,6	0,0	1,2
<i>Colchicum autumnale</i>	22,2	0,6	0,0	1,7

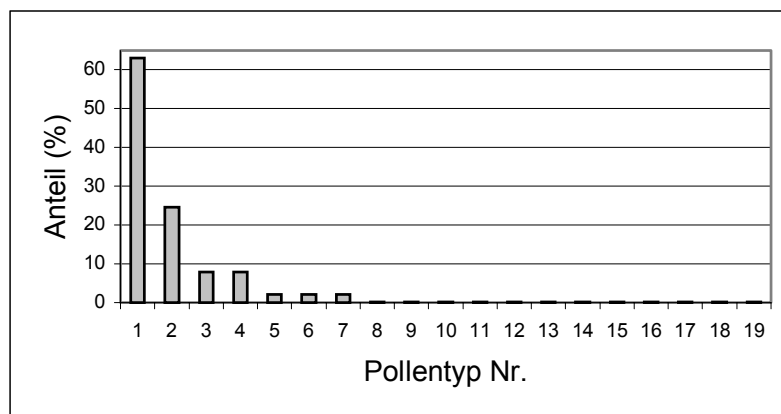
#### 4.1.2 Werte des Polleneintrags für eine durchschnittliche Pollenprobe

##### 4.1.2.1 Pollenmenge und Anzahl verschiedener Pollentypen

Wird der Mittelwert aus den Pollenmengen pro Probe und der jeweiligen Anzahl verschiedener Pollentypen aller 647 Proben berechnet, ergibt sich für ein durchschnittliches Bienenvolk eine Pollenmenge von 6,2 g und die Anzahl von rund 19 verschiedenen Pollentypen pro Probe. Das bedeutet bei einem an den Pollenfallen abgestreiften Anteil von durchschnittlich 40% des insgesamt pro Leerungstag eingetragenen Pollens, dass ein Volk pro Leerungstag im Mittel 15,5g Pollen eintrug (vgl. Tab. 1, Abschn. 3.3.1).

#### 4.1.2.2 Dominanzstruktur des Polleneintrags

Die durchschnittliche Dominanzstruktur pro Pollenprobe ist in Abb.10 dargestellt. Werden die relativen Häufigkeiten den Dominanzstufen nach SCHIEMENZ (Tab. 6, Abschn. 3.8.3) zugeordnet, ergeben sich durchschnittlich rund 12 subrezedente, 3 rezedente, 2 subdominante Pollentypen sowie 1 dominanter und 1 eudominanter Pollentyp pro Pollenprobe. Es wird deutlich, dass sich die Honigbienen im Durchschnitt auf wenige Pollentypen konzentrieren, von denen der Großteil des eingetragenen Pollens stammt. Die meisten Pollentypen tragen nur zu einem geringen Anteil zum Gesamteintrag bei.



**Abb.10.** Durchschnittliche Dominanzstruktur einer Pollenprobe

## 4.2 Vergleich des Polleneintrags zwischen den Unterarten

Nach der Darstellung des Polleneintrags im Überblick und für eine durchschnittliche Pollenprobe folgt eine detailliertere Betrachtung. Dabei steht der Vergleich der Unterarten im Mittelpunkt der Auswertung, bei dem verschiedene Verfahren und Methoden der Auswertung angewandt werden sollen. Grundlage dieser detaillierten Betrachtung des Polleneintrags und des Vergleichs der Unterarten sind die einzelnen Pollenproben, die pro Untersuchungsjahr an einem Leerungstag, Standort und Volk einer Unterart genommen wurden. Aus den einzelnen Pollenproben abgeleitete und berechnete Werte werden jeweils als Einzeldaten bezeichnet, die zwischen den Unterarten verglichen werden. Um in einzelne Abschnitte der Auswertung einzuführen und eine Übersicht zum Thema des jeweiligen Auswertungsschrittes zu geben, werden Parameter wie z.B. Pollenmenge oder Anzahl verschiedener Pollentypen zusammengefasst.

### 4.2.1 Gesamtanalyse der Pollenproben anhand aller nachgewiesenen Pollentypen (Pollenspektren)

Ein erstes Ziel des Vergleichs der Unterarten ist es, den Polleneintrag in seiner Gesamtheit zu analysieren und nach Ordnungskriterien der Pollenprobendaten zu suchen. Dabei geht es vor allem darum, eine mögliche Unterschiedlichkeit der Pollenspektren der vier Unterarten zu erfassen. Des Weiteren sollen Variablen in die Analysen einbezogen und deren Einfluss auf den Polleneintrag anhand der Anteile an der Varianz geschätzt werden. In Abschn. 3.8.2 wurden die dafür geeigneten Ordinationsverfahren vorgestellt. Aufgrund der Gradientenlänge der 1. Achse kamen die Korrespondenzanalyse (CA) als indirektes Verfahren zur Analyse der Pollenproben- und Pollentypendaten und die Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) als direktes Verfahren der Ordination, welches den Einfluss von Variablen einbezieht, für fast alle Datensätze in Frage. Im dritten Untersuchungsjahr wurde bei der Berechnung des Modells mit den Pollenproben und Pollentypen wegen der hohen Werte für die Gradientenlänge anstelle der CA eine „Detrended“ Korrespondenzanalyse (DCA) angewandt (vgl. Abschn. 3.8.2.1).

In allen graphischen Darstellungen wurden die Rangwerte der Proben nach ihrer Unterartzugehörigkeit gekennzeichnet. Da die Anordnung der Proben anhand der Pollentypen hinsichtlich dieser Unterartzugehörigkeit im Mittelpunkt stand und die Verteilung der Pollentypen-Rangwerte und ihre Stellung zu einzelnen Proben eine

untergeordnete Rolle spielte, wurden die Punkte der Pollentypen aus den Ordinationsdiagrammen nachträglich eliminiert. Der Vergleich der einzelnen Pollentypen erfolgt in Abschn. 4.2.2.1.1. Die Interpretation der Biplots (CA und DCA) erfolgt anhand der Stellung der Datenpunkte zueinander, zu den Achsen und ihrer Entfernung vom Koordinatenursprung. Je näher sich die Rangwerte der Pollenproben Daten stehen, desto ähnlicher sind sich die Proben aufgrund der nachgewiesenen Pollentypen und je weiter sie vom Koordinatenursprung und je näher sie zu den Achsen liegen, desto mehr Variabilität wird durch sie ausgedrückt. Die Triplots als Darstellungsform der CCA werden in ähnlicher Weise nach der Stellung der Datenpunkte und der Pfeile zu den Achsen und zueinander sowie nach der Länge der Pfeile und der Entfernung der Datenpunkte vom Koordinatenursprung interpretiert. Stellt man sich die Rangwerte der Proben ebenfalls als Pfeile aus dem Koordinatenursprung vor, kann der Zusammenhang zwischen Pollenproben und Variablen abgelesen werden. Weisen beide Pfeile in eine Richtung, sind sie positiv miteinander korreliert. Weisen sie in entgegengesetzte Richtungen, sind sie dagegen negativ korreliert. Bilden die Pfeile einen rechten Winkel, besteht kein Zusammenhang. Je kleiner der Winkel eines Variablenpfeils zur ersten Achse und je länger er im Vergleich zu den anderen Pfeilen ist, umso größer ist der Anteil der Varianz, der durch diese Variable beschrieben wird.

Neben der graphischen Darstellung der Pollenproben Daten mit ihrer Unterartzugehörigkeit und den Variablen war der exakte Einfluss der Variablengruppen (Untersuchungsjahr, Leerungsdatum, Standort, Unterart) von besonderem Interesse. Mit den beschriebenen Ordinationsmodellen wurden jeweils Eigenwerte der erstellten Achsen berechnet, die Ausdruck für die Varianz innerhalb des Modells sind. Mit Hilfe dieser Eigenwerte konnte nach der schrittweisen Berechnung der Eigenwerte des gesamten Datensatzes mit allen Variablen und nacheinander der einzelnen Variablengruppen der Varianzanteil jeder Variablengruppe, die Überschneidung der Varianz der Variablengruppen sowie die nicht durch die Variablengruppen erklärte Restvarianz geschätzt werden. Das detaillierte Prinzip der Varianzpartitionierung wurde in Abschn. 3.8.2.5 dargestellt. Für die Varianzpartitionierung fand die Durchführung der Analysen neben den einzelnen Betrachtungen der drei Untersuchungsjahre mit allen Daten, d.h. den 647 Pollenproben und 221 Pollentypen, statt. Das diente der Ermittlung des Einflusses des Jahres auf den Polleneintrag.

Im zweiten Untersuchungsjahr wurden innerhalb von drei Zeiträumen Völker verschiedener Standorte jeweils von einem auf den anderen Tag jeweils zum nächsten Standort transportiert, um den Polleneintrag verschiedener Völker einer Unterart am gleichen Standort zu ermitteln (vgl. Abschn. 3.5.2). Ziel war es, den Einfluss der Völ

ker auf den Polleneintrag zu erfassen. Auf diese Pollenproben der drei sogenannten Rotationszeiträume wurden die gleichen Ordinationsmodelle zur Varianzpartitionierung angewandt wie auf die gesamten Datensätze der drei Untersuchungsjahre. Zusätzlich zu den Variablengruppen Leerungsdatum, Standort und Unterart konnte die Variablengruppe Volk berücksichtigt werden. Die Ergebnisse dieser Analysen werden im Anschluss an die Varianzpartitionierung der drei Untersuchungsjahre und der zusammengefassten Daten aller Jahre vorgestellt.

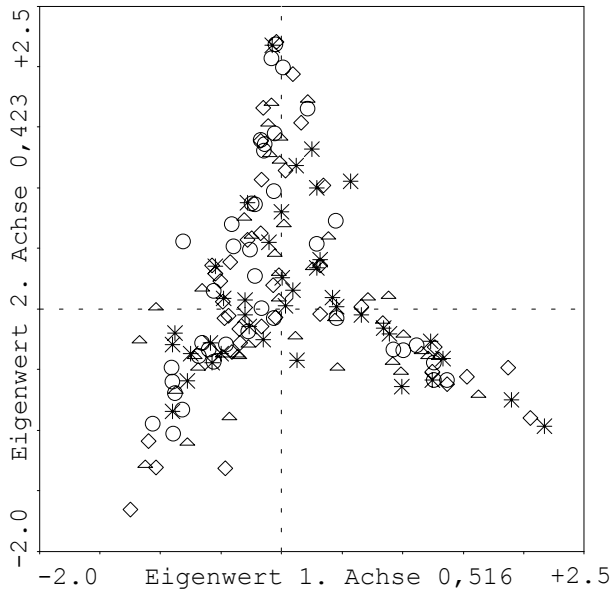
In den folgenden Abschnitten sollen die Pollenprobendaten der Untersuchungsjahre 1998 und 1999 mittels einer CA, des Jahres 2000 mittels einer DCA als indirekte Verfahren und für die drei Untersuchungsjahre mittels einer CCA mit den Variablen Datum, Standort und Unterart als direkte Verfahren der Ordination entlang der 1., 2. und 3. Achsen graphisch abgebildet werden. Danach werden die Ergebnisse der Varianzpartitionierung vorgestellt.

#### **4.2.1.1 Analyse des Polleneintrags mit indirekten Verfahren der Ordination (CA, DCA)**

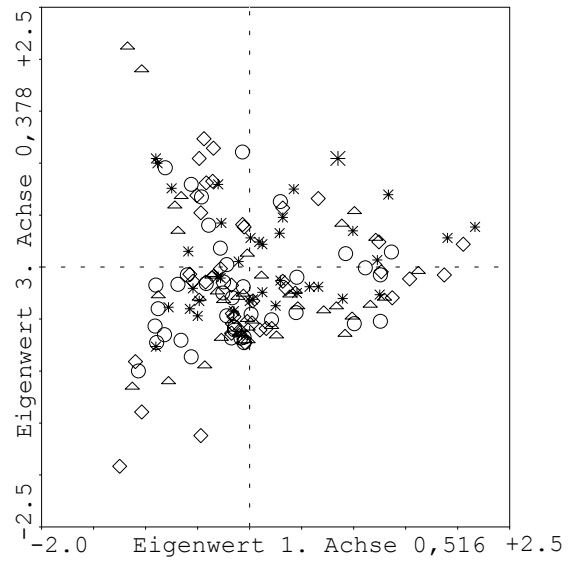
Die Abbildungen 11, 12 und 13 zeigen die Anordnung der Pollenproben entlang der 1. und 2. (a) sowie der 1. und 3. (b) Achse für die drei Untersuchungsjahre. Im Anhang (Tab. A 4.2.1.1.1 bis A 4.2.1.1.3) sind die Kenngrößen der Modelle für 1998, 1999 und 2000 aufgeführt.

In keinem der Untersuchungsjahre kommt es zu einer Gruppierung der Pollenproben nach den Unterarten. Die Rangwerte der Pollenproben liegen meist, insbesondere 1999, dicht beieinander. Das lässt auf eine geringe Differenzierung der Pollenproben zwischen den Unterarten schließen. Einzelne Rangwerte der Proben befinden sich am Rand oder außerhalb der Punktwolke. Diese sind jedoch keiner einheitlichen Unterart zuzuordnen. Nur im dritten Untersuchungsjahr ist eine Konzentration von einem Teil der *Apis mellifera mellifera*-Proben entlang der 1. und 3. Achse auf einer Seite der Punktwolke zu erkennen. Letzteres führt nicht zu einer Abgrenzung des gesamten Polleneintrags dieser Unterart. Nach den Ergebnissen kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Polleneintrag der untersuchten Unterarten in seiner Gesamtheit pro Untersuchungsjahr jeweils durch verschiedene Pollentypen charakterisiert wurde, so dass es zu einer Unterscheidung der Pollenspektren führte. Somit stimmten die Pollenspektren der untersuchten Unterarten in den drei Untersuchungsjahren weitgehend überein.

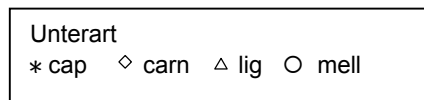




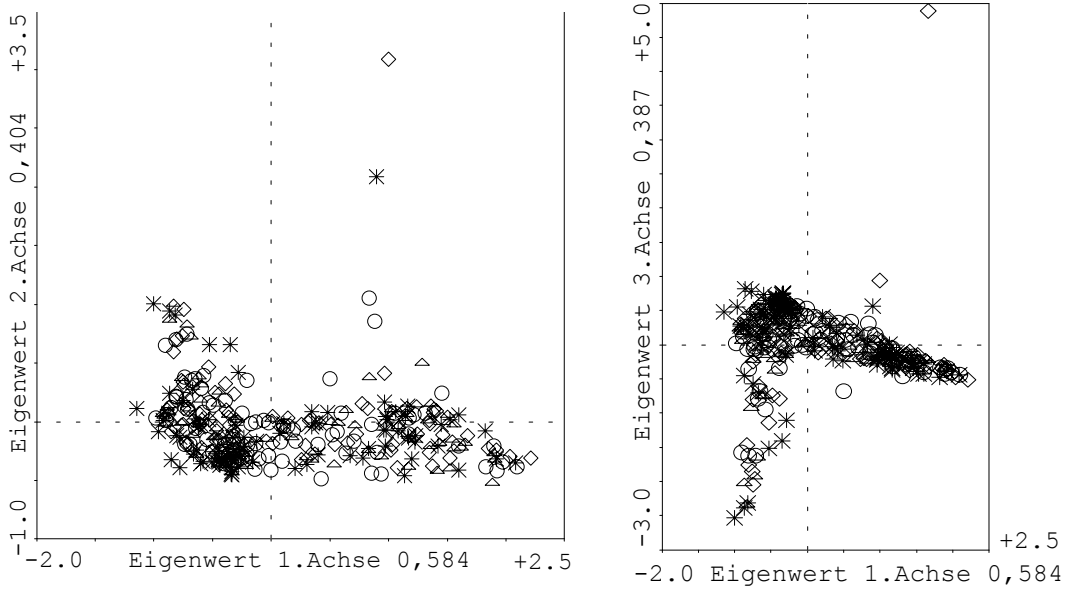
a) CA Ordinationsdiagramm Achse  
1 und 2



b) CA Ordinationsdiagramm Achse  
1 und 3

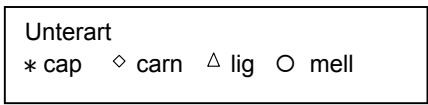


**Abb.11.** Korrespondenzanalyse (CA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen 1998

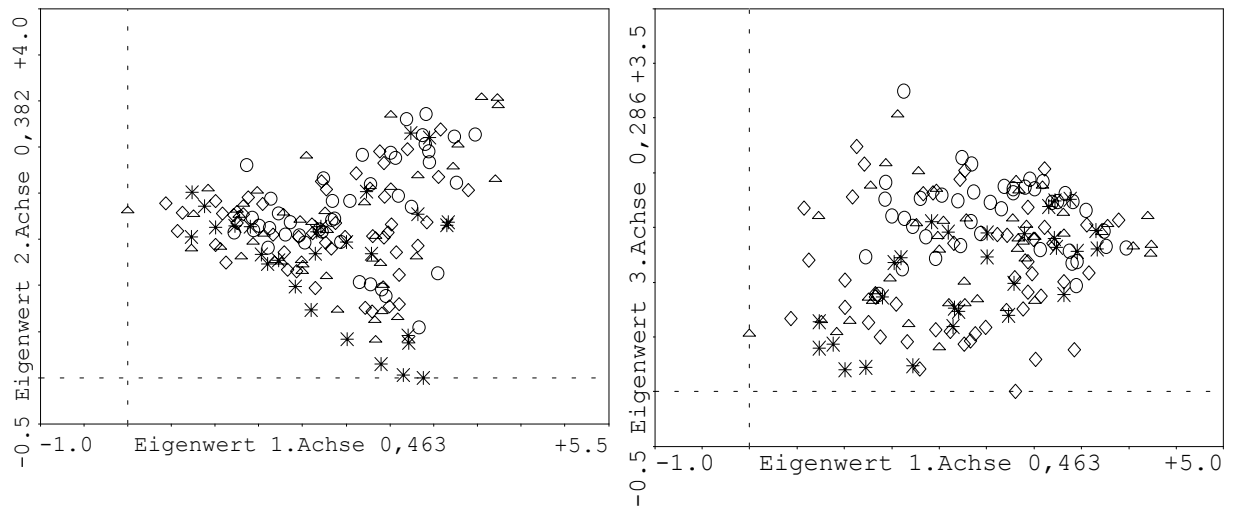


a) CA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2

b) CA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

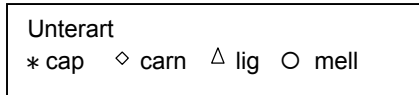


**Abb.12.** Korrespondenzanalyse (CA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen 1999



a) DCA Ordinationsdiagramm Achse  
1 und 2

b) DCA Ordinationsdiagramm Achse  
1 und 3



**Abb.13.** „Detrended“ Korrespondenzanalyse (DCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen 2000

#### 4.2.1.2 Analyse des Polleneintrags für 1998, 1999 und 2000 unter Einfluss verschiedener Variablen mit direkten Verfahren der Ordination (CCA)

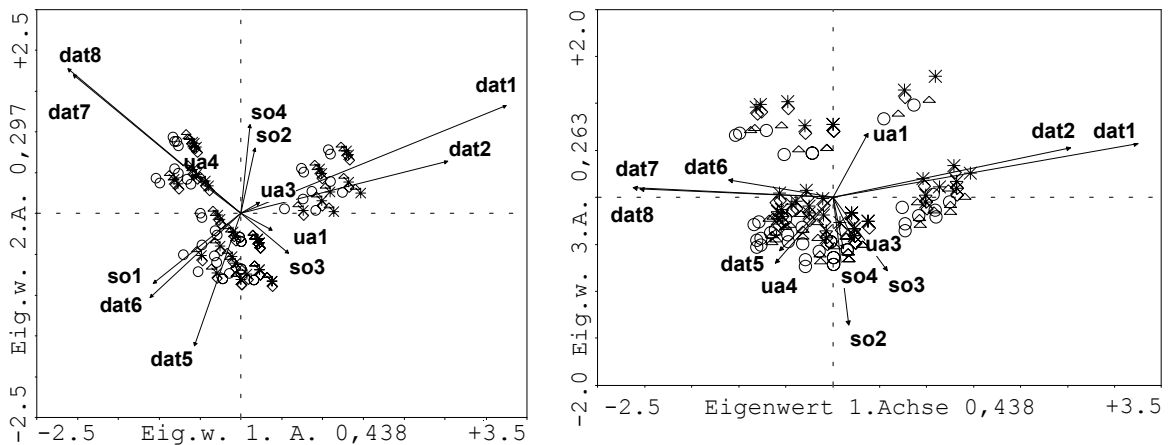
Faktoren, die den Polleneintrag beeinflussen können, sind die Untersuchungsjahre, die Leerungsdaten und damit die Zeit innerhalb der Vegetationsperiode, die Standorte und möglicherweise die Unterarten (vgl. Abschn. 1.4). Die Variablengruppen, durch die getrennte Darstellung der Untersuchungsjahre mit Ausnahme der Variablengruppe Jahr (vgl. Abschn. 3.8.2.3, Abb. 6) und von ihnen nur die jeweils signifikanten und (n-1) Variablen (mittels der „forward selection“ überprüft; vgl. Abschn. 3.8.2.3), wurden in die nachfolgenden Kanonischen Korrespondenzanalysen einbezogen.

Abb.14 stellt die Ergebnisse der CCA für 1998, Abb. 15 für 1999 und Abb. 16 für 2000 dar. Die Tabellen im Anhang A 4.2.1.2.1 bis A 4.2.1.2.3 zeigen die Kenngrößen

der Modelle, die Tabellen A 4.2.1.2.4 bis A 4.2.1.2.6 die signifikanten Variablen und die Tabellen A 4.2.1.2.7 bis A 4.2.1.2.9 die gewichteten Korrelationsmatrizes der Variablen für die drei Untersuchungsjahre.

### 1998

1998 sind die Pfeile der Leerungsdaten 1 und 2 (13. und 19. Juli) sowie 7 und 8 (25. und 31. August) im Vergleich zu den anderen Variablenpfeilen sehr lang (Abb. 14). Die Vektoren von Datum 1 und 2 sind am stärksten mit der 1. und die von Datum 7 und 8 mit der 3. Achse korreliert (vgl. Anh. Tab. A 4.2.1.2.7). Der Anteil der Varianz, der durch die Anfangs- und Endleerungsdaten 1998 verursacht wird, ist im Vergleich zu den anderen Variablen am größten und steht entgegengesetzt zueinander. Durch die entgegengesetzten Richtungen, in die die Pfeile weisen, wird die Unterschiedlichkeit des Polleneintrags zu Beginn und am Ende der Versuche deutlich. Mit Datum 1 und 2 korrelieren ein Teil der Probenrangwerte, die sich damit von den anderen Proben absetzen. Sie sind allen vier Unterarten zuzuordnen, eine Abweichung von Proben einer der Unterarten tritt nicht auf. Der Einfluss der dazwischen liegenden Leerungsdaten ist weniger bedeutend. Die Standortvektoren sind unterschiedlich im Raum angeordnet, wobei Standort 1 (Autobahn) und 3 (Fischbach) am nächsten zur ersten Achse liegen (vgl. Tab. A 4.2.1.2.7). Standort 1 hat den längeren Vektor und trägt unter den Standorten am stärksten zur Variabilität des Datensatzes bei. Die Pfeile der Standorte 2 (Bangert) und 4 (Hünerbergwiese) liegen am dichtesten beieinander. Diese Standorte waren sich demnach hinsichtlich des Polleneintrags am ähnlichsten. Die Unterartenvektoren zeigen ebenfalls ein unterschiedliches Verhalten im Ordinationsraum. Sie stellen im Vergleich zu den anderen in die Ordination einbezogenen Variablen die Variablen dar, die den geringsten Einfluss auf den Polleneintrag besitzen. Die Vektoren der Unterart 1 (*Apis mellifera capensis*) und 4 (*Apis mellifera mellifera*) sind am längsten und weisen in entgegengesetzte Richtungen. Diese beiden Unterarten trugen demnach unter den Unterarten am stärksten und unterschiedlich voneinander zur Variabilität des Polleneintrags bei. Die ebenfalls in die Analyse einbezogene *Apis mellifera ligustica* zeigte unter den Unterarten den geringsten Einfluss auf den Polleneintrag.



a) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2

b) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

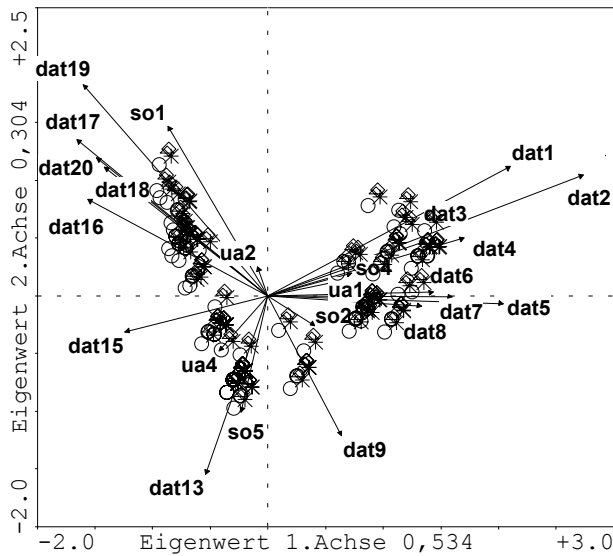
Unterart		
* cap   ◇ carn   △ lig   ○ mell		
Variablen		
<b>Dat 1 bis 8</b>	<b>SO 1 bis 5</b>	<b>UA 1 bis 4</b>
Datum	Standort	Unterart
1998 Leerungstage 13.07. bis 31.08.	1 Autobahn	1 <i>Apis mellifera capensis</i>
	2 Bangert	2 <i>Apis mellifera carnica</i>
	3 Fischbach	3 <i>Apis mellifera ligustica</i>
	4 Hünenbergwiese	4 <i>Apis mellifera mellifera</i>
	5 Opelzoo	

**Abb.14.** Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen sowie die signifikanten Variablen der Variablen Gruppen Datum, Standort und Unterart 1998

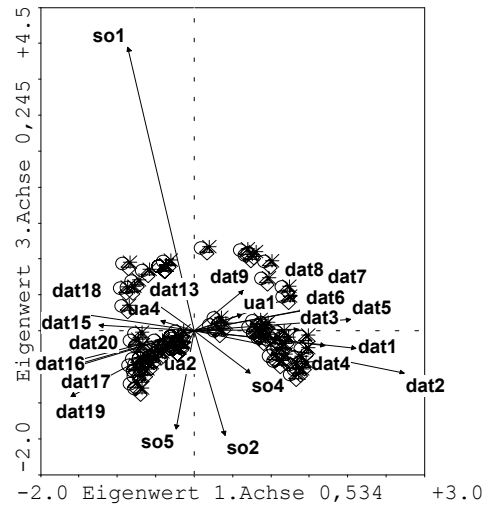
1999

Im zweiten Untersuchungsjahr 1999 (Abb. 15) wird bezüglich der Leerungsdaten eine ähnliche Tendenz wie 1998 deutlich (Anh. Tab. A 4.2.1.2.8). Die Daten zu Beginn der Untersuchungen, Datum 1 und 2 (15. und 24. Juni) und am Ende, Datum 16 bis 20 (30., 31. August und 1., 2., 3. September) weisen die längsten Vektoren auf und stehen entgegengesetzt zueinander. Diesen Daten sind jeweils Pollenprobencluster zuzuordnen, die sich demnach durch die Pollentypen zu Beginn und zum Ende der Versuche 1999 charakterisieren lassen. Eine stärkere positive Korrelation zur 1. Achse

zeigen insbesondere die Leerungsdaten 5 bis 8 (8., 9., 10., 11. Juli) und eine negative Leerungsdatum 15 (16. August). Längere Vektoren und eine engere Beziehung zur 2. Achse haben Datum 9 (19. Juli) und Datum 13 (5. August). Bei den Standorten ist der Einfluss des Standortes 1 (Autobahn) hervorzuheben. Der Vektor ist länger als der aller anderen Variablen und korreliert positiv mit der 3. Achse. Dieser Standort war demzufolge derjenige, der unter den signifikanten Standorten am meisten zur Varianz des Polleneintrags beitrug. Die Vektoren der anderen in das Modell einbezogenen Standorte (2: Bangert, 4: Hünenbergwiese, 5: Opelzoo) stehen entgegengesetzt zu dem der Autobahn. Die Vektoren der Unterarten weisen in unterschiedliche Richtungen, von denen die Unterarten 1 (*Apis mellifera capensis*) und 4 (*Apis mellifera mellifera*) ungefähr gleich lange Pfeile aufweisen. Unterart 1 korreliert jedoch deutlich mit der 1. Achse und bewirkt somit den größeren Teil der Varianz unter den Unterarten. Unterart 4 bestimmt mit einem längeren Vektor als Unterart 2 (*Apis mellifera carnica*) den zweitgrößten Anteil der Varianz der Unterarten.



a) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2



b) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

Unterart		
* cap	◇ carn	△ lig
Variablen		
<b>Dat 1 bis 20</b>	<b>SO 1 bis 5</b>	<b>UA 1 bis 4</b>
Datum	Standort	Unterart
1999 Leerungstage 15.06. bis 03.09.	1 Autobahn	1 <i>Apis mellifera capensis</i>
	2 Bangert	2 <i>Apis mellifera carnica</i>
	3 Fischbach	3 <i>Apis mellifera ligustica</i>
	4 Hünenbergwiese	4 <i>Apis mellifera mellifera</i>
	5 Opelzoo	

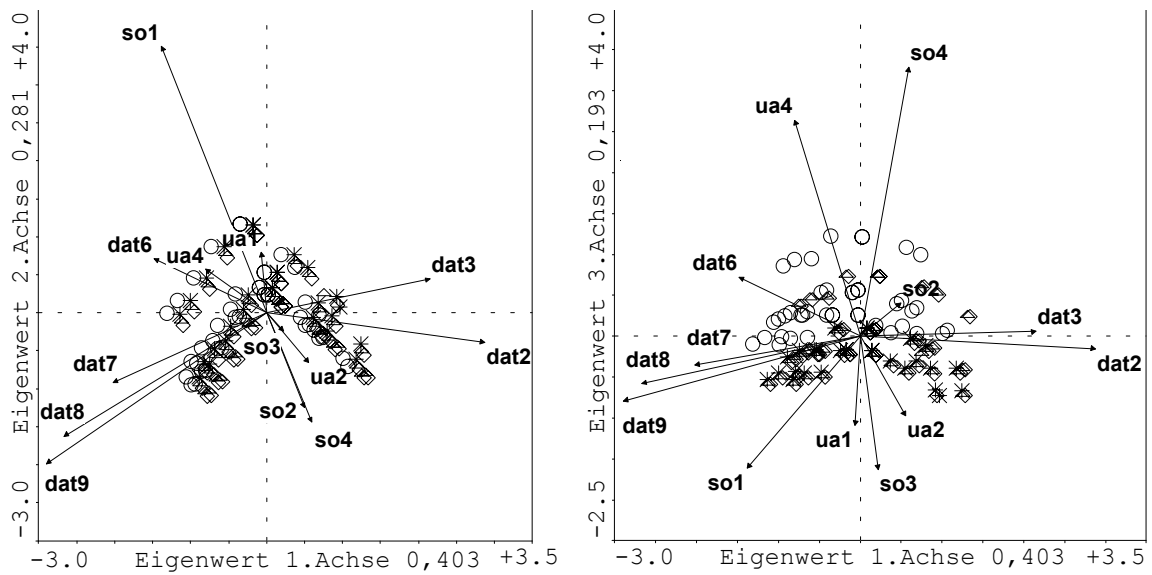
**Abb.15.** Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen sowie die signifikanten Variablen der Variablengruppen Datum, Standort und Unterart 1999

2000

Im Jahr 2000 (Abb. 16) bestimmt wiederum der Zeitpunkt der Probennahme die höchste Variabilität des Datensatzes, wobei wie in den vorangegangenen beiden Untersuchungsjahren die Proben am Anfang (Datum 2: 20.Juli und Datum 3: 27. Juli) und am Ende (Datum 7: 30. August, Datum 8: 11. September, Datum 9: 18. September) der Untersuchungen entgegengesetzte Richtungen aufweisen. Dabei sind insbesondere die Leerungsdaten 2 und 3 mit der 1. Achse korreliert. Die größten Anteile an

der Varianz, die durch die Standorte verursacht werden, weisen Standort 1 (Autobahn) und Standort 4 (Hünerbergwiese) durch längere Vektoren auf. Sie stehen entgegengesetzt zueinander zwischen der 2. und 3. Achse. Der Polleneintrag an diesen Standorten unterschied sich also deutlich. Bei den Unterarten ist es *Apis mellifera mellifera* (Unterart 4), die den größten Varianzanteil im Vergleich zu den anderen Unterarten einnimmt. Sie zeigt den längsten Vektor unter denen der Unterarten nahe der dritten Achse. In Abb. b) 2000 wird eine Gruppenbildung der *Apis mellifera mellifera*-Proben deutlich (vgl. Anh. Tab. A.4.2.1.2.9). Die drei in das Modell einbezogenen Unterarten (*Apis mellifera capensis*, *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera mellifera*) stehen im dreidimensionalen Raum entgegengesetzt zueinander. Die Varianzanteile der Unterarten 1 und 2 erscheint vergleichbar.





a) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2

b) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

Unterart		
* cap	◇ carn	△ lig ○ mell
Variablen		
<b>Dat 1 bis 9</b>	<b>SO 1 bis 5</b>	<b>UA 1 bis 4</b>
Datum	Standort	Unterart
2000 Leerungstage 06.07. bis 18.09.	1 Autobahn	1 <i>Apis mellifera capensis</i>
	2 Bangert	2 <i>Apis mellifera carnica</i>
	3 Fischbach	3 <i>Apis mellifera ligustica</i>
	4 Hünenbergwiese	4 <i>Apis mellifera mellifera</i>
	5 Opelzoo	

**Abb.16.** Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen sowie die signifikanten Variablen der Variablengruppen Datum, Standort und Unterart 2000

### 4.2.1.3 Varianzanteile der Variablengruppen Jahr, Datum, Standort und Unterart

Die Anteile der Variablengruppen an der Varianz der Pollenproben- und Pollentypendatensätze der drei Untersuchungsjahre separat und in ihrer Gesamtheit wurden nach der Methode von BORCARD et al. (1992; vgl. Abschn. 3.8.2.5) geschätzt und in Tab. 9 dargestellt. Die in den Ordinationsverfahren berechneten Summen der Eigenwerte der Achsen als Grundlage der Berechnungen und die Ergebnisse der MONTE-CARLO-Tests auf Signifikanz der angewandten Kanonischen Korrespondenzanalysen sind im Anhang (Tab. A 4.2.1.3.1 und Tab. A 4.2.1.3.2) aufgeführt. Die Ergebnisse der drei Untersuchungsjahre sind sehr ähnlich. Der Zeitpunkt innerhalb der Vegetationsperiode ist im Rahmen der erklärten Varianz entscheidend für die Zusammensetzung des Polleneintrags. Die Varianzanteile bewegen sich zwischen 11,5% und 15,9%. Die Standorte haben mit ca. 4,9% bis 8,5% den zweit höchsten Anteil an der durch die drei Variablengruppen beschriebenen Varianz. Am wenigsten entscheidend für den Polleneintrag im Vergleich zum Datum und zum Standort ist die Unterart. Sie bewirkt nur einen Anteil von 2,2% bis 4,4% an der Variabilität des Polleneintrags. Die Überschneidung zwischen den Variablengruppen ist in allen drei Jahren sehr gering. Im Gegensatz dazu zeigt sich, dass der Varianzanteil, der nicht durch das Datum, den Standort oder die Unterart erklärt werden kann, hoch ist. Werden die Daten aller drei Untersuchungsjahre zusammengefasst betrachtet, ergibt sich eine ähnliche Tendenz bei den Variablengruppen Datum, Standort und Unterart. Der hier auch berechnete Einfluss des Untersuchungsjahres ist mit 1,3 % ähnlich gering dem der Unterart. Da in die Analyse nur die signifikanten Variablen einbezogen wurden und sich bei der MONTE-CARLO-Permutation die Signifikanz der Modelle bestätigte (vgl. Anh. Tab. A 4.2.1.3.2), kann bei diesen Werten von signifikanten Anteilen ausgegangen werden.

**Tab. 9.** Varianzanteile der Variablengruppen Jahr, Datum, Standort und Unterart an der Gesamtvarianz der Pollenproben- und Pollentypendatensätze sowie die Überschneidung der Varianz der Variablengruppen und die unerklärte Restvarianz (%)

	Jahr	Datum	Standort	Unterart	Überschneidung	unerklärte Restvarianz
1998	-	11,5	7,3	4,4	0,0	76,8
1999	-	15,9	4,9	2,2	0,2	76,9
2000	-	13,5	8,5	4,5	0,2	73,3
1998+1999+2000	1,3	12,1	3,0	1,4	0,8	81,5

#### **4.2.1.4 Varianzanteile der Variablengruppen Jahr, Datum, Standort, Unterart und Volk innerhalb der Rotationszeiträume 1999**

In den vorangegangenen Analysen wurde unter anderem der Einfluss der Unterart auf den Polleneintrag ermittelt. Da der Polleneintrag zwischen einzelnen Völkern der gleichen Unterart variieren kann (WADDINGTON & VISSCHER 1994, GARCIA-GARCIA et al. 1998), ist für die Untersuchungen auch der Einfluss des Volkes von Interesse. Aus diesem Grund wurde im zweiten Untersuchungsjahr eine Versuchsdurchführung gewählt, die Informationen über den Polleneintrag verschiedener Völker an einem Standort lieferte (Rotationsversuche vgl. Abschn. 3.5.2). Um den Einfluss des Volkes auf den Polleneintrag zu erfassen, wurden die Pollenprobendaten der Rotationszeiträume ebenfalls mittels der multivariaten Statistik zur Varianzpartitionierung analysiert. Die Summen der Eigenwerte der angewandten Modelle (vgl. Abschn. 3.8.2.5) als Grundlage der Schätzung befinden sich im Anhang (Tab. A 4.2.1.4.1 und A 4.2.1.4.2).

Die Ergebnisse der Varianzanteilschätzung (Tab.10) für die Variablengruppen zeigen, dass die Standorte (11,4% bis 15,3%) und die Völker (8,7% bis 19,3%) am stärksten zur Variabilität des Polleneintrags beitragen, wobei insbesondere bei dem Einfluss der Völker starke Schwankungen zwischen den drei Rotationszeiträumen deutlich werden. Das Bienenvolk trägt deutlich stärker als die Unterart (2,2% bis 3,8%) zur Varianz bei. Die Rotationen fanden an aufeinanderfolgenden Tagen statt, so dass das Datum im Vergleich zum Gesamtdatensatz 1999 von geringerer Bedeutung (4,9% bis 6,7%; vgl. Tab.9) ist. Durch die Einbeziehung der Völker in die Analysen der Rotationszeiträume verringert sich die durch die angegebenen Variablengruppen nicht erklärte Restvarianz (56,6 % bis 65,0 %) im Vergleich zu den Analysen der einzelnen Untersuchungsjahre (73,3 % bis 76,9 %, vgl. Tab. 9).

Die einzelnen Variablengruppen weisen je nach Zeitpunkt der Rotation einen unterschiedlich starken Effekt auf den Polleneintrag auf. Vom 8. Juli bis 11. Juli ist der Einfluss der Standorte auf den Polleneintrag größer als in den anderen beiden Rotationszeiträumen, wohingegen sich das Verhalten der einzelnen Bienenvölker im ersten Zeitraum hinsichtlich des Polleneintrags weniger stark unterscheidet und sie demnach einen geringeren Anteil an der Variabilität des Eintrags bewirken.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass neben dem Zeitpunkt innerhalb der Vegetationsperiode, dem Standort, der Unterart auch die verschiedenen Völker der vier Unterarten deutlichen Einfluss auf den Polleneintrag hatten.

**Tab.10.** Varianzanteile der Variablengruppen Datum, Standort, Unterart und Bienenvolk an der Gesamtvarianz der Pollenproben- und Pollentypendatensätze der Rotationszeiträume 1999 (%)

Rotationszeitraum	Datum	Standort	Unterart	Volk	Überschneidung	unerkl. Restvarianz
08.07. bis 11.07.	6,7	15,3	2,8	8,7	1,5	65,0
02.08. bis 06.08.	4,9	11,5	2,2	19,3	5,6	56,6
30.08. bis 03.09.	5,0	11,4	3,8	17,5	2,3	59,8

## 4.2.2 Vergleich des Polleneintrags der Unterarten anhand von Parametern und Kenngrößen

Im Abschnitt 4.2.1 wurde mit Hilfe einer Gesamtanalyse aller Pollenproben festgestellt, dass die Unterart zwar einen geringen aber signifikanten Einfluss auf den Polleneintrag hat. In den nächsten Schritten der Auswertung gilt zu klären, wie sich dieser Einfluss auswirkt und wo Unterschiede in den Parametern und Kenngrößen des Polleneintrags (vgl. Abschn. 1.4 und 3.8.3) zu suchen sind.

### 4.2.2.1 Parameter des Polleneintrags

#### 4.2.2.1.1 Pollentypen

Mit den vorangegangenen Ordinationsverfahren war es nicht möglich, Präferenzen von Pollentypen durch einzelne Unterarten zu ermitteln. Es trat keine Gruppierung der Pollenproben der Unterarten und demnach keine Korrelation einzelner Unterarten mit spezifischen Pollentypen auf. Aus diesem Grund wurden Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) mit den einzelnen Pollentypen pro Untersuchungsjahr durchgeführt, um einen möglichen Mehreintrag spezifischer Pollentypen durch bestimmte Unterarten zu ermitteln.

In den nächsten Abschnitten werden zur Übersicht zunächst die häufigsten Pollentypen der vier untersuchten Unterarten im Zusammenhang mit der Anzahl der verschiedenen Pollentypen, die 90 % des Eintrags ausmachten, aufgeführt. Danach werden die Pollentypen behandelt, bei denen ein signifikanter Unterschied im Eintrag zwischen den Unterarten auftrat. Mit Hilfe der paarweisen Vergleiche nach CONOVER werden die Unterarten erfasst, auf die die Unterschiede zurückzuführen waren. Die statistischen Analysen erfolgen mit den Einzeldaten pro Pollentyp, d.h. pro Untersu

chungsjahr, Leerungsdatum, Standort und Unterart. Pro Pollentyp wurden nur die Proben einbezogen, die im Zeitraum zwischen dem ersten und letzten Nachweis des jeweiligen Pollentyps genommen wurden sowie nur von den Standorten, an denen der Pollentyp in diesem Zeitraum mindestens einmal nachgewiesen wurde (vgl. Tab. A 4.1.1).

#### 4.2.2.1.1 Die häufigsten Pollentypen

Die häufigsten Pollentypen der vier untersuchten Unterarten sind in Tab. 11 aufgeführt. Es wurden solche Pollentypen berücksichtigt, die bei mindestens einer der Unterarten einen durchschnittlichen Anteil in allen Proben dieser Unterart von größer bzw. gleich 1 % hatten. Die wichtigsten Pollentypen für alle untersuchten Unterarten waren *Zea mays*, *Filipendula ulmaria*, *Plantago spec.*, Vitaceae, *Castanea sativa*, Asteraceae Form T, Rosaceae, *Hedera helix*, *Epilobium angustifolium*, Asteraceae Form A, *Phacelia tanacetifolia*, Brassicaceae sowie *Lycium spec.*. Pollentypen, die durch einen auffallend höheren Anteil bei einzelnen Unterarten hervorzuheben sind, sind *Bryonia spec.* bei *Apis mellifera capensis* sowie Ericaceae und *Cornus spec.* bei *Apis mellifera mellifera*.

**Tab. 11.** Durchschnittliche Anteile der häufigsten Pollentypen der vier untersuchten Unterarten pro Pollenprobe aller drei Untersuchungsjahre

Pollentyp / Unterart	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>Zea mays</i>	10,11	11,13	12,24	16,49
<i>Filipendula ulmaria</i>	8,02	5,93	5,78	2,3
<i>Plantago spec.</i>	6,91	8,16	6,75	8,03
Vitaceae	6,28	3,11	2,85	4,65
<i>Castanea sativa</i>	3,01	4,91	3,5	3,78
Asteraceae Form T	5,98	10,61	14,37	5,28
Rosaceae (1)	5,88	6,9	4,22	4,76
<i>Hedera helix</i>	5,31	3,68	5,62	8,31
<i>Epilobium angustifolium</i>	3,25	2,18	9,53	2,84
Asteraceae Form A	1,53	2,31	3,04	2
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	4,85	1,94	2,05	3,76
Brassicaceae (1)	3,63	2,36	1,57	1,71
<i>Lycium spec.</i>	7,01	2,29	1,81	3,01

Fortsetzung **Tab. 11.**

Pollentyp / Unterart	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>Trifolium repens</i>	2,21	2,79	1,26	0,62
Aster-Form	1,33	2,37	1,29	0,88
<i>Bryonia spec.</i>	5,35	2,26	0,46	0,18
<i>Sanguisorba officinale</i>	1,71	1,66	1,24	0,3
<i>Erodium cicutarium</i>	3,33	0,66	0,79	0,62
<i>Colchicum autumnale</i>	1,82	1,19	0,95	0,76
Apiaceae Form H	1,02	0,45	0,95	0,13
Ericaceae	0,88	2,84	0,92	4,67
<i>Datura spec.</i>	0,51	0,08	0,01	1,7
<i>Cornus spec.</i>	0,46	0,68	0,93	4,56
<i>Impatiens spec. (1)</i>	0,43	1,11	0,23	0,37
Asteraceae Form S	0,4	2,61	2,15	0,41
<i>Helianthus</i> -Form (1)	0,38	0,36	1,29	0,7
Rosaceae (Kleinform)	0,26	0,35	0,41	2,97
Senecio-Form	0,22	0,64	1,34	0,25
<i>Centaurea jacea</i>	0,19	1,11	0,74	0,05
Pilzsporen (2)	0,11	1,01	0,86	0,94
<i>Succisa spec.</i>	0,05	1,07	0,2	0,2
<i>Oenothera spec.</i>	0,01	0,04	0,04	1,42

In Tab. 12 sind die durchschnittlichen Anteile der Zahl verschiedener Pollentypen dargestellt, die 90% des Polleneintrags pro Probe ausmachen. Im Durchschnitt wurden bei den vier untersuchten Unterarten ca. 90% der eingetragenen Pollenmenge von ungefähr 23% bis 28% der Pollentypen abgedeckt. Bei diesen Daten besteht pro Untersuchungs-jahr kein signifikanter Unterschied zwischen den Unterarten ( $\chi^2$ -Test:  $\chi^2_{1998}=5,8$ ,  $\chi^2_{1999}=0,4$ ,  $\chi^2_{2000}=0,3$ , FG=3,  $P>0,05$ ). Werden die Einzeldaten pro Probe zwischen den Unterarten verglichen, ergaben sich nur 1998 signifikante Unterschiede (Tab. 13, KRUSKAL & WALLIS, vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.1.1.1.1 bis A 4.2.2.1.1.1.3), die auf geringere Werte bei *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera ligustica* zurückzuführen waren (CONOVER, Tab. 14). In den Jahren 1999 und 2000 traten keine Unterschiede zwischen den Unterarten auf.

**Tab.12.** Durchschnittlicher Anteil der Pollentypen, die 90% des Polleneintrags pro Unterart 1998, 1999 und 2000 sowie für alle drei Untersuchungs-jahre abdeckten

Jahr	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
1998	32,1	28,4	19,0	18,3
1999	27,5	31,9	28,9	28,9
2000	22,6	24,4	22,2	20,8

**Tab. 13.** Vergleich der Anteile der Anzahl der Pollentypen zwischen den Unterarten (KRUSKAL & WALLIS), die 90% der Menge des eingetragenen Pollens abdeckten für die Jahre 1998, 1999 und 2000

Jahr	P
1998	<0,001
1999	n.s.
2000	n.s.

**Tab. 14.** Einzelvergleiche (CONOVER) der Unterarten anhand der Anteile der Anzahl der Pollentypen, die 90% des Polleneintrags pro Probe abdeckten (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<b><i>cap</i></b>			**	**
<b><i>carn</i></b>			*	*
<i>lig</i>				
<i>mell</i>				

#### 4.2.2.1.1.2 Pollentypen mit signifikanten Unterschieden zwischen den Unterarten

Der Vergleich der Einzeldaten der Pollentypen zwischen den Unterarten für die drei Untersuchungsjahre erfolgte zunächst mit der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL-WALLIS, Tab. 15; Anh. Tab. A 4.2.2.1.1.2.1 bis Tab. A 4.2.2.1.1.2.3). Es kam dabei nicht in allen drei Untersuchungsjahren zu den gleichen Signifikanzwerten bei den wiederholt nachgewiesenen Pollentypen. Die nachfolgende Kombination der P-Werte der Rangvarianzanalyse der drei Untersuchungsjahre (FISCHER's combination procedure) und die Korrektur nach BONFERRONI ergab die ebenfalls in Tab. 15 dargestellten korrigierten P-Werte. Der Eintrag von 11 Pollentypen unterschied sich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 5% und von 12 Pollentypen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 1% zwischen den Unterarten. Die ausführlichen Ergebnisse dazu sind im Anhang in den Tab. A 4.2.2.1.1.2.4 aufgeführt.

**Tab. 15.** Pollentypen (i.w.S.) mit signifikanten Unterschieden (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 sowie den korrigierten P-Werten (FISCHER's combination procedure, BONFERRONI; fett gedruckte Pollentypen und P-Werte kennzeichnen die Pollentypen mit  $P_{\text{korrigiert}} < 0,01$ )

Pollentyp	P (KRUSKAL-WALLIS)			P <sub>korrigiert</sub>
	1998	1999	2000	
<i>Agrostemma githago</i>	n.s.	n.s.	0,007	n.s.
<i>Anemone spec.</i>	n.s.	n.s.	0,031	n.s.
<i>Arctium spec.</i>	0,022	n.s.	n.s.	n.s.
Asteraceae H (1)	n.s.	n.s.	0,011	n.s.
<b>Asteraceae Form S</b>	<b>0,003</b>	<b>0,019</b>	<b>0,009</b>	<b>0,005</b>
<b>Asteraceae Form T (1)</b>	<b>0,001</b>	<b>0,006</b>	<b>n.s.</b>	<b>0,005</b>
<b><i>Begonia spec.</i></b>	<b>0,003</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>n.s.</b>	<b>0,0002</b>
<i>Borago officinalis</i>	n.s.	0,011	n.s.	n.s.
Brassicaceae (1)	0,028	n.s.	<0,001	0,01005
<b><i>Bryonia spec.</i></b>	<b>0,001</b>	<b>n.s.</b>	<b>0,001</b>	<b>0,0016</b>
<i>Buddleja spec.</i>	n.s.	<0,001	n.s.	0,014
Campanulaceae	n.s.	<0,001	n.s.	n.s.
<i>Centaurea cyanus</i>	0,022	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Centaurea jacea</i>	n.s.	n.s.	<0,001	0,043
<i>Clematis</i> -Form	n.s.	0,049	0,012	n.s.
<i>Colchicum autumnale</i>	n.s.	n.s.	0,005	n.s.
<i>Convolvulus spec.</i>	n.s.	0,008	n.s.	n.s.
<b><i>Cornus spec.</i></b>	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b><math>3 \cdot 10^{-7}</math></b>
<i>Cucumis spec.</i>	n.s.	0,021	n.s.	n.s.
<i>Cucurbita spec.</i>	n.s.	0,017	n.s.	n.s.
Cupressaceae	n.s.	n.s.	0,017	n.s.
<b><i>Datura spec.</i></b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b><math>1,8 \cdot 10^{-6}</math></b>
<i>Echium vulgare</i>	n.s.	n.s.	0,043	n.s.
<i>Epilobium angustifolium</i>	<0,001	n.s.	n.s.	0,043
<i>Epilobium hirsutum</i>	n.s.	0,019	n.s.	n.s.
<b>Ericaceae</b>	<b>0,008</b>	<b>0,034</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,0004</b>
<i>Erodium cicutarium</i>	n.s.	<0,001	n.s.	0,014
<i>Fuchsia spec.</i>	n.s.	n.s.	<0,001	0,045
<i>Galeopsis spec.</i>	n.s.	0,027	n.s.	n.s.
<i>Galium spec.</i>	n.s.	n.s.	0,022	n.s.
<i>Galtonia spec.</i>	n.s.	0,007	n.s.	n.s.
<i>Hedera helix</i>	n.s.	0,019	n.s.	n.s.
<i>Helianthus</i> -Form (1)	0,01	0,002	n.s.	0,015
<i>Hibiscus spec.</i>	0,023	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Humulus</i> -Gruppe	n.s.	0,01	n.s.	n.s.
<i>Hypericum spec.</i>	n.s.	<0,001	n.s.	0,043
<i>Ilex aquifolium</i>	n.s.	n.s.	0,018	n.s.
<i>Impatiens spec.</i> (1)	n.s.	n.s.	<0,001	n.s.
<i>Impatiens spec.</i> (2)	n.s.	0,005	n.s.	n.s.
<i>Ligustrum vulgare</i>	n.s.	n.s.	0,004	n.s.
<b>Liliceae/Iridaceae/Amaryllidaceae</b>	<b>0,047</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>n.s.</b>	<b>0,0048</b>
<i>Linum spec.</i>	n.s.	0,029	n.s.	n.s.
<i>Lonicera spec.</i> (1)	0,04	0,003	n.s.	n.s.



Fortsetzung Tab. 15.

Pollentyp	P (KRUSKAL-WALLIS)			P <sub>korrigiert</sub>
	1998	1999	2000	
<i>Lotus spec.</i>	n.s.	0,005	n.s.	n.s.
<i>Lycium spec.</i>	0,005	n.s.	n.s.	n.s.
<b><i>Malva spec.</i></b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>n.s.</b>	<b>6,9*10<sup>-6</sup></b>
<i>Melilotus spec.</i>	n.s.	n.s.	0,05	n.s.
<b><i>Oenothera spec.</i></b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>1,9*10<sup>-8</sup></b>
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	n.s.	0,005	0,03	n.s.
Pilzsporen (1)	n.s.	n.s.	0,002	n.s.
Pilzsporen (2)	<0,001	0,041	n.s.	0,0124
<i>Potentilla spec.</i>	n.s.	n.s.	0,041	n.s.
Rosaceae	n.s.	0,003	n.s.	n.s.
<b>Rosaceae (Kleinform)</b>	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>3*10<sup>-7</sup></b>
<i>Sanguisorba officinalis</i>	n.s.	n.s.	0,013	n.s.
Saxifragaceae	n.s.	0,014	n.s.	n.s.
<i>Succisa pratensis</i>	n.s.	0,026	n.s.	n.s.
<i>Symphoricarpos spec.</i>	n.s.	n.s.	<0,001	n.s.
<b><i>Trifolium repens</i></b>	<b>n.s.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>2,1*10<sup>-5</sup></b>
<i>Tropaeolum majus</i>	0,003	0,06	0,019	0,043
unbekannt (6)	n.s.	n.s.	0,009	n.s.
<i>Viburnum-Form</i>	n.s.	0,01	0,001	0,011
Vitaceae	0,041	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 16 zeigt die Pollentypen, die sich mit  $P < 0,01$  zwischen den Unterarten unterschieden sowie die Unterarten, die in den drei Untersuchungsjahren signifikant höhere Einträge aufwiesen. Bei den meisten der höher signifikanten Pollentypen trug *Apis mellifera mellifera* die jeweils größeren Anteile ein. Nur *Asteraceae* Form S, *Asteraceae* Form T und *Trifolium repens* wurden hauptsächlich von *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* häufiger genutzt. *Apis mellifera capensis* wies sowohl bei von *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* (*Asteraceae* Form T, *Trifolium repens*) als auch von *Apis mellifera mellifera* verstärkt eingetragenen Pollentypen ebenfalls einen Mehreintrag auf. Pollen von *Bryonia spec.* wurde im wesentlichen von *Apis mellifera capensis* mehr ausgebeutet. Die detaillierten paarweisen Vergleiche (CONOVER) für alle drei Untersuchungsjahre befinden sich im Anhang (Tab. A 4.2.2.1.1.2.5 bis Tab. A 4.2.2.1.1.2.7).

**Tab. 16.** Pollentypen mit signifikanten Unterschieden ( $P < 0,01$ ) zwischen den Unterarten unter Angabe der Unterarten, die signifikant häufiger als alle anderen Unterarten oder ein Teil von ihnen den jeweiligen Pollentyp eintrugen

Pollentyp	$P_{\text{korr}}^{\text{korrigiert}}$	Mehreintrag durch:		
		1998	1999	2000
Asteraceae Form S	0,005	<i>carn, lig</i>	<i>carn</i>	<i>carn, lig</i>
Asteraceae Form T (1)	0,005	<i>lig</i>	<i>cap, carn, lig</i>	<i>n.s.</i>
<i>Begonia spec.</i>	0,0002	<i>mell</i>	<i>mell</i>	<i>n.s.</i>
<i>Bryonia spec.</i>	0,00155	<i>cap</i>	<i>n.s.</i>	<i>cap, carn</i>
<i>Cornus spec.</i>	$3 \cdot 10^{-7}$	<i>mell</i>	<i>mell</i>	<i>mell</i>
<i>Datura spec.</i>	$1,8 \cdot 10^{-6}$	<i>mell</i>	<i>cap, mell</i>	<i>mell</i>
Ericaceae	0,0004	<i>mell</i>	<i>mell</i>	<i>mell</i>
Liliaceae/Iridaceae/Amaryllidaceae	0,0048	<i>n.s.</i>	<i>mell</i>	<i>n.s.</i>
<i>Malva spec.</i>	$6,9 \cdot 10^{-6}$	<i>mell</i>	<i>mell</i>	<i>n.s.</i>
<i>Oenothera spec.</i>	$1,9 \cdot 10^{-8}$	<i>mell</i>	<i>mell</i>	<i>mell</i>
Rosaceae (Kleinform)	$3 \cdot 10^{-7}$	<i>mell</i>	<i>mell</i>	<i>mell</i>
<i>Trifolium repens</i>	$2,1 \cdot 10^{-5}$	<i>n.s.</i>	<i>cap, carn</i>	<i>cap, carn, lig</i>

#### 4.2.2.1.2 Blütentypen

Wie in Abschnitt 4.2.2.1.1.2 gezeigt, konnte ein signifikanter Mehreintrag einzelner Pollentypen durch verschiedene Unterarten nachgewiesen werden. Ob sich der Mehreintrag auf die Blütenform zurückführen lässt, ist dabei nicht feststellbar. Aus diesem Grund sollen in diesem Abschnitt die Pollentypen in Blütentypen unterteilt und wie bei den Pollentypen die Rangvarianzanalysen, die Kombination der daraus ermittelten Signifikanzen der drei Untersuchungsjahre (FISCHER's combination procedure) und die Korrektur der Signifikanzen (BONFERRONI) durchgeführt werden. Damit sollen mögliche Präferenzen bestimmter Blütentypen durch einzelne Unterarten aufgeklärt werden. Zur Rangvarianzanalyse der Blütentypen werden die Daten der drei Untersuchungsjahre getrennt betrachtet. Die paarweisen Vergleiche (CONOVER) der nach der Korrektur des P-Wertes zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlichen Blütentypen erfolgen mit den zusammengefassten Daten aller drei Untersuchungsjahre.

##### 4.2.2.1.2.1 Zuordnung der Pollentypen zu Blütentypen

Die Pollentypen wurden mit Hilfe ihrer Zuordnung zu Pflanzenarten, -familien oder -gruppen in Anlehnung an KUGLER (1970) in Blütentypen unterteilt. Die Einteilung nach KUGLER (1970) richtet sich im wesentlichen nach dem Blütenbau, der Nektarzu-

gänglichkeit und -abscheidung sowie der Bestäubung der Blüten. Diese Einteilung wurde weitgehend übernommen. In der Literatur nicht erwähnte von den Pollentypen abgeleitete Pflanzenarten, Pflanzengattungen oder -familien wurden entsprechend der Anordnung der Staubgefäße oder der Nektarzugänglichkeit den Typen nach KUGLER (1970) zugewiesen. Letzteres sollte als grobe Zuordnung gelten, die den Ansprüchen der vorliegenden Arbeit genügt. Blütentypen, denen nur ein Pollentyp zuzuordnen war, wurden nicht zwischen den Unterarten verglichen, da der Vergleich schon über den Pollentyp durchgeführt wurde. Eine allgemeine Beschreibung der einbezogenen Blütentypen sowie die Pollentypen und ihre Blütentypen befinden sich im Anhang (Tab. A 4.2.2.1.2.1.1 und A 4.2.2.1.2.1.2). Es erfolgte nur eine Zuordnung der Pollentypen zu Blütentypen und deren Analyse, bei denen ein Blütentyp nachvollziehbar war. Unbekannte Pollentypen sowie solche, bei denen ein Blütentyp nicht feststellbar war, wurden nicht berücksichtigt. Um die Ergebnisse übersichtlicher wiedergeben zu können, wurden für die tabellarische Darstellung die Grundformen der Blütentypen verwendet. Die Ergebnisse der Analyse der detaillierten Blütentypen werden zur näheren Erklärung herangezogen. Die Grundformen der Blütentypen sind Glocken-, Korb-, Scheiben-, Schmetterlings-, Stielteller-, Trichter- und Lippenblumen. Gräser (Poaceae) bilden einen weiteren Blütentyp, der in der Arbeit von KUGLER (1970) nicht erwähnt wird. Sporen und Pilzelemente werden ebenfalls als „Blütentyp“ zusammengefasst, so dass sich die Blütentypen und ihre Grundformen (i.w.S.) ergeben.

#### **4.2.2.1.2.2 Vergleich der Blütentypen zwischen den Unterarten**

Die Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS), der Kombination der P-Werte (FISCHER's combination procedure) und der Korrektur der P-Werte nach BONFERRONI für die Grundformen der Blütentypen (i.w.S.) sind in Tab. 17 dargestellt. Die Ergebnisse der detaillierten Blütentypen (i.w.S.) befinden sich im Anhang (Tab. A 4.2.2.1.2.2.1). Bei den Korbblumen, Schmetterlingsblumen, Stieltellerblumen und Sporen/unbestimmten Pilzelementen wurden signifikante Unterschiede zwischen den Unterarten auf dem 1%-Niveau nachgewiesen. Auf welche Unterarten die Unterschiede jeweils zurückzuführen waren, zeigen die Tabellen 18 bis 21. Die zu den Korbblumen zählenden Pollentypen, insbesondere die den Blütenständen nur mit Röhrenblüten und nur mit Zungenblüten (vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.1.2.2.2) zuzurechnen waren, wurden signifikant häufiger von den Unterarten *Apis mellifera ligustica* und *Apis mellifera carnica* als Pollenquelle genutzt (Tab. 18). Pollen von sogenannten Schmetterlingsblumen, insbesondere von denen mit Klappeinrichtung (Anh. Tab. A

4.2.2.1.2.2.2.; z.B. *Trifolium repens*) wurden besonders von *Apis mellifera mellifera* im Vergleich zu den anderen Unterarten signifikant weniger ausgebeutet (Tab. 19). Von sogenannten Stieltellerblumen (z.B. *Oenothera spec.*) dagegen nutzte *Apis mellifera mellifera* den Pollen signifikant häufiger (Tab. 20; vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.1.2.2.2). Pilzsporen und unbestimmte Pilzelemente trug besonders *Apis mellifera ligustica* im Gegensatz zu allen anderen Unterarten verstärkt ein. Der Eintrag durch *Apis mellifera capensis* war besonders gering, so dass es auch zu einem signifikanten Unterschied zu *Apis mellifera carnica* kam (Tab. 21).

**Tab. 17.** Blütentypen (i.w.S.) mit signifikanten Unterschieden zwischen den Unterarten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 unter Angabe der P-Werte (KRUSKAL & WALLIS) sowie den nachfolgend korrigierten (FISCHER'S combination procedure, BONFERRONI) P-Werten

Grundformen der Blütentypen (i.w.S.)	P (KRUSKAL-WALLIS)			P <sub>korrigiert</sub>
	1998	1999	2000	
Glockenblumen	n.s.	n.s.	n.s.	>4,5
<b>Korbblumen</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,054</b>	<b>0,002</b>	<b>1,8*10<sup>-4</sup></b>
Scheibenblumen	n.s.	n.s.	n.s.	>4,5
<b>Schmetterlingsblumen</b>	n.s.	<b>0,0005</b>	<b>0,0005</b>	<b>4,1*10<sup>-5</sup></b>
<b>Stieltellerblumen</b>	<b>0,016</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,0005</b>	<b>2,7*10<sup>-5</sup></b>
Trichterblumen	n.s.	0,046	n.s.	0,45
Lippenblumen	0,06	0,03	n.s.	0,45
Poaceae	n.s.	n.s.	0,043	0,45
<b>Sporen/unbestimmte Pilzelemente</b>	<b>0,0005</b>	n.s.	n.s.	<b>0,009</b>

**Tab. 18 bis 21.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der relativen Häufigkeiten der Blütentypen (i.w.S.; fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

**Tab. 18.** Korbblumen

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<b><i>carn</i></b>	**			**
<b><i>lig</i></b>	**			**
<i>mell</i>				

**Tab. 19.** Schmetterlingsblumen

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<b><i>cap</i></b>				**
<b><i>carn</i></b>			*	**
<b><i>lig</i></b>				**
<i>mell</i>				

Tab. 20. Stieltellerblumen

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<i>lig</i>				
<i>mell</i>	**	**	**	

Tab. 21. Sporen/unbestimmte Pilzelemente

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>	*			
<i>lig</i>	**	*		**
<i>mell</i>				

#### 4.2.2.1.3 Pollenmenge

Die Pollenmenge ist ein wichtiger Parameter des Polleneintrags. Sie kann von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden. Zum einen schwankt sie infolge von Unterschieden im Pollenangebot zwischen verschiedenen Untersuchungsjahren, im Jahresverlauf und an verschiedenen Standorten. Daneben wird der Eintrag vom Bienenvolk in Abhängigkeit von der Brutmenge, vom Pollenvorrat, den leeren Zellen im Volk sowie der Volkstärke selbst bestimmt (vgl. Abschn. 1.4). Das Pollenangebot und der Eintrag sowie die Entwicklung des Volkes wird von den Witterungsbedingungen beeinflusst. In den nächsten Abschnitten soll auf die genannten Faktoren eingegangen werden und vor diesem Hintergrund der Einfluss der Unterart auf die Pollenmenge geklärt werden.

##### 4.2.2.1.3.1 Einfluss der Untersuchungsjahre, Standorte und des Jahresverlaufs auf die eingetragene Pollenmenge

In der Tabellenübersicht (Tabellenübersicht: Tab. 23 bis 26) sind die Mengen des eingetragenen Pollens zusammen mit der Probenzahl und den sich daraus ergebenden durchschnittlichen Pollenmengen pro Probe der drei Untersuchungsjahre, der verschiedenen Standorte und der Tagesdekaden, also für den Jahresverlauf 1998, 1999 und 2000 gemeinsam dargestellt. Dekaden als Ausdruck für den Verlauf der Vegetationsperiode wurden gewählt, um den ungleichen Leerungstagen der Pollenfallen in den drei Untersuchungsjahren Rechnung zu tragen (vgl. Tab. 2). Die Zuordnung der Leerungsdaten zu Dekaden ist in Tab. 22 dargestellt. Bei 31 Tagen eines Monats wurde der letzte Tag der vorhergehenden Dekade zugeordnet, d.h. der 31. August wurde zur dritten Augustdekade gezählt.

**Tab. 22.** Zuordnung der Leerungsdaten zu Tagesdekaden 1998, 1999 und 2000

Dekade / Jahr	1998	1999	2000
II Juni		15.06.	
III Juni		24.06., 25.06., 26.06.	
I Juli		08.07., 09.07., 10.07.	06.07.
II Juli	13.07., 19.07.	11.07., 19.07.	20.07.
III Juli	28.07.		27.07.
I August	04.08., 10.08.	02.08., 03.08., 04.08., 05.08., 06.08.	06.08.
II August	17.08.	16.08.	13.08.
III August	25.08., 31.08.	30.08., 31.08.	21.08., 30.08.
I September		01.09., 02.09., 03.09.	
II September			11.09., 18.09.

Der Vergleich des Pollengewichts zwischen den drei Untersuchungsjahren zeigte 1998 und 2000 ein geringeres Gesamtgewicht als im Jahr 1999. 1998 war das sowohl auf die geringere Probenzahl, als auch auf geringere Pollenmengen pro Probe zurückzuführen. Im dritten Untersuchungsjahr 2000 wurde mehr als das Doppelte an Pollen pro Probe erreicht. 1999 und 2000 beruhte der Unterschied im wesentlichen auf der geringeren Probenzahl 2000, da die Gewichte pro Probe nicht so deutlich wie bei dem vorhergehenden Vergleich differierten. Auch bei den Standorten schwankten die Gesamtmengen des Pollens. Pro Pollenprobe lagen an den Standorten Bangert und Opelzoo die geringsten Werte vor. Im Jahresverlauf kam es bei den zusammengefassten Daten ebenfalls zu deutlichen Unterschieden zwischen den Dekaden. Im Juni und Ende Juli wurde der meiste Pollen pro Probe eingetragen. Die Abbildungen im Anhang zeigen die Summen der Pollenmengen pro Dekade für die drei Untersuchungsjahre (Anh. Abb. AA 4.2.2.1.3.1.1) sowie die Verteilung der Pollenmenge pro Probe im Verlauf der Untersuchungen für 1998, 1999 und 2000 (Anh. Abb. AA 4.2.2.1.3.1.2). Die Summen der Pollenmengen pro Standort sind im Anhang in Abb. AA 4.2.2.1.3.1.3 sowie die Verteilung der Pollenmengen pro Probe an den Standorten in Abb. AA 4.2.2.1.3.1.4 dargestellt. Die detaillierten Vergleiche der Pollenmengen pro Probe (KUSKAL & WALLIS, CONOVER) befinden sich ebenfalls im Anhang (Jahresvergleich Tab. A 4.2.2.1.3.1.1 und Tab. A 4.2.2.1.3.1.2, Standortvergleich Tab. A 4.2.2.1.3.1.3 bis Tab. A 4.2.2.1.3.1.7, Dekadenvergleich Tab. A 4.2.2.1.3.1.8 bis Tab. A 4.2.2.1.3.1.12).

**Tabellenübersicht: Tab. 23 bis 26**

**Tab. 23.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahren

**Tab. 24.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 25.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe an den verschiedenen Standorten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 26.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe im Jahresverlauf unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 23**

Gesamtgewicht (g)	Probenzahl	g/Probe
4008,3	647	6,2

**Tab. 24**

Jahr	Gewicht (g)	N Proben	g/Probe
1998	556,6	155	3,6
1999	2177,7	332	6,6
2000	1274,0	160	8,0

**Tab. 25**

Standort	Gewicht (g)	N Proben	g/Probe
Autobahn	957,1	143	6,7
Bangert	634,4	135	4,7
Fischbach	982,1	140	7,0
Hünerbergwiese	599,2	85	7,1
Opelzoo	835,5	144	5,8

**Tab. 26**

Dekade	Gewicht (g)	N Proben	g/Probe
Juni II	429,1	20	21,5
Juni III	691,4	36	19,2
Juli I	258,6	68	3,8
Juli II	386,7	91	4,2
Juli III	375,1	37	10,1
August I	820,7	142	5,8
August II	279,7	58	4,8
August III	444,0	111	4,0
September I	98,9	48	2,1
September II	224,6	36	6,2

#### 4.2.2.1.3.2 Einfluss der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit auf die eingetragene Pollenmenge

##### Gesamtbetrachtung

Bei schlechten Witterungsverhältnissen, d.h. bei niedrigen Temperaturen unter 12°C bis 14°C (WINSTON 1987) und Regen (RIESSBERGER & CRAILSHEIM 1997) reduzieren die Bienen die Sammelflüge oder stellen sie ganz ein. Somit kommt es bei schlechter Witterung zu einer Reduzierung des Polleneintrags. Während der Untersuchungen wurde darauf geachtet, dass die Leerungstage der Pollenfallen sonnige und niederschlagsfreie Tage mit Temperaturen um 20°C und mehr waren. Da es jedoch zu lokal begrenzten Regenschauern im Untersuchungsgebiet und einem damit verbundenen Temperaturrückgang kommen konnte, wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit an den 5 Standorten an den Probetagen von 8 Uhr am Morgen bis zur Leerung ab ca. 16 Uhr am Nachmittag gemessen. Die Durchschnittswerte für die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit an den Probetagen für die drei Untersuchungsjahre sind in Tab. 27 dargestellt. Die Temperatur lag im Durchschnitt um 20°C und die relative Luftfeuchtigkeit 1998 bei 60,6 % und 1999 bei 62,0 %. 2000 war sie um mehr als 10 % höher mit 73,7 %.

**Tab. 27.** Durchschnittliche Werte der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit (RH) an den Probetagen 1998, 1999 und 2000 mit Standardabweichungen

Jahr	Durchschnittswerte	
	Temperatur (°C)	RH (%)
1998	19,6 ±4,7	60,6 ±16,6
1999	21,0 ±3,7	62,0 ±19,7
2000	19,1 ±3,6	73,7±16,5

Der Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Temperatur sowie zwischen eingetragener Pollenmenge und relativer Luftfeuchtigkeit wurde unter Berücksichtigung der gegenseitigen Abhängigkeit der beiden abiotischen Faktoren mittels des partiellen Korrelationskoeffizienten ( $r$ ;  $N=587$ ) ermittelt (Tab. 28). Um den nicht normal verteilten Daten Rechnung zu tragen, wurden dazu die Rangwerte der Daten verwendet. Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Temperatur und der eingetragenen Pollenmenge, wenn die relative Luftfeuchtigkeit als Kofaktor einbezogen wurde. Der Zusammenhang zwischen eingetragener Pollen



menge und relativer Luftfeuchtigkeit war unter Einbeziehung der Temperatur mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $P < 0,01$  negativ.

**Tab. 28.** Partielle Korrelationskoeffizienten (  $r$  ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Temperatur unter Zusammenfassung der Daten der Untersuchungsjahre

Pollenmenge zu:	r	P
Temperatur (°C)	0,041	n.s.
rel. Luftfeuchte (%)	-0,119	0,004

### Vergleich des Einflusses der Witterung auf den Polleneintrag pro Unterart

Bei der Gesamtbetrachtung der Daten konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Pollenmenge und Temperatur unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit sowie ein negativer Zusammenhang der eingetragenen Pollenmenge und der relativen Luftfeuchtigkeit unter Berücksichtigung der Temperatur aufgezeigt werden. Nun gilt es zu klären, ob alle Unterarten in gleicher Weise reagieren. Dafür wurden die Untersuchungsjahre getrennt betrachtet und die Pollenmengendaten pro Leerung sowie die abiotischen Daten an den verschiedenen Standorten herangezogen. In keinem der Untersuchungsjahre waren die Temperaturschwankungen groß genug, dass es unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit zu einem signifikanten Zusammenhang mit der Pollenmenge bei einer der Unterarten führte. Die negative Korrelation zwischen eingetragener Pollenmenge und relativer Luftfeuchtigkeit wurde 1998 und 1999 bei einem Teil der Unterarten bestätigt. 1998 reagierten *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera ligustica* mit einem abnehmenden Eintrag auf höhere Luftfeuchtigkeit und 1999 waren es *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera carnica*. *Apis mellifera mellifera* war die einzige Unterart, bei der dieser negative Zusammenhang in keinem der Untersuchungsjahre nachzuweisen war (Tab. 29).

**Tab. 29.** Partielle Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Temperatur unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit sowie zwischen Pollenmenge und relativer Luftfeuchtigkeit unter Berücksichtigung der Temperatur für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

Pollen- menge zu:	1998				1999				2000			
	<i>cap</i> N= 32	<i>carn</i> N= 29	<i>lig</i> N= 33	<i>mell</i> N= 33	<i>cap</i> N= 80	<i>carn</i> N= 80	<i>lig</i> N= 80	<i>mell</i> N= 80	<i>cap</i> N= 25	<i>carn</i> N= 39	<i>lig</i> N= 39	<i>mell</i> N= 37
Temperatur (°C)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
rel. Luftfeuchtigkeit (%)	$r=-0,426$ $P=0,017$	n.s.	$r=-0,436$ $P=0,013$	n.s.	$r=-0,303$ $P=0,001$	$r=-0,432$ $P=<0,001$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

#### 4.2.2.1.3.3 Einfluss des Bienenvolkes auf die eingetragene Pollenmenge

##### Gesamtbetrachtung

Neben den aufgezeigten Unterschieden in der eingetragenen Pollenmenge zwischen den Untersuchungsjahren, den Standorten, den Abschnitten innerhalb der Vegetationsperiode sowie dem Einfluss der Witterungsverhältnisse gibt es noch weitere Faktoren, die Schwankungen in der Menge des eingetragenen Pollens hervorrufen. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Pollenmenge im Volk, der Brut im Volk sowie der Volkstärke und der eingetragenen Pollenmenge (FREE 1967, JAYCOX 1970, HELLMICH & ROTHENBUHLER 1986b, FEWELL & WINSTON 1990, 1992, ECKERT et al. 1994, SEELEY 1997, DRELLER et al. 1999).

Die Brutmenge in Form der verdeckelten Brut und die Volkstärke in Form der besetzten Waben wurden in allen drei Untersuchungsjahren begleitend zu der Entnahme von Pollenproben in Abständen von zwei bis vier Wochen gemessen (vgl. Abschn. 3.7.3.).

Zur Ermittlung eines möglichen Zusammenhangs während der Untersuchungen zwischen der eingetragenen Pollenmenge und der Brut bzw. der Volkstärke, wurden die Brut- und Volkstärkewerte dem nächstgelegenen Tag einer Pollenprobennahme zugeordnet. Leerungsdaten, denen keine Brut- oder Volkstärkemessung zugeordnet werden konnten, wurden nicht in die Analysen einbezogen.

Für die Korrelationsanalysen wurden die Einzeldaten der drei Untersuchungsjahre zusammen betrachtet. Zunächst wurde der Zusammenhang zwischen der eingetragenen Pollenmenge und der Brut sowie zwischen der eingetragenen Pollenmenge und der Volkstärke separat ermittelt. Da es sich nicht um normal verteilte Daten han

delte, kam der Korrelationskoeffizient nach SPEARMAN ( $r_s$ ; Zusammenhang Pollenmenge-Brut  $N=312$ , Zusammenhang Pollenmenge-Volkstärke  $N=358$ ) zur Anwendung. Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen sind in Tab. 30 dargestellt. Zwischen der Pollenmenge und der Brut sowie der Pollenmenge und der Volkstärke konnte ein schwacher positiver Zusammenhang mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1 % festgestellt werden.

**Tab. 30.** Korrelationskoeffizienten nach SPEARMAN ( $r_s$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brut sowie eingetragener Pollenmenge und Volkstärke unter Zusammenfassung der Daten der Untersuchungsjahre

Pollenmenge zu:	r	P
Brut	0,318	<0,001
Volkstärke	0,295	<0,001

Da sich Volkstärke und Brutmenge gegenseitig beeinflussen können, wurden im nächsten Schritt partielle Korrelationsanalysen ( $r$ ; Zusammenhang Pollenmenge-Brut  $N=312$ , Zusammenhang Pollenmenge-Volkstärke,  $N=358$ ) durchgeführt. Die Kovariable für den Zusammenhang Pollenmenge - Brut war die Anzahl besetzter Waben und für den Zusammenhang Pollenmenge - Anzahl besetzter Waben die Brut. Um den nicht normal verteilten Daten Rechnung zu tragen, wurden hierzu die Rangdaten verwendet. Die Ergebnisse sind in Tab. 31 dargestellt. Auch unter Berücksichtigung der jeweils anderen Größe besteht ein signifikant schwacher positiver Zusammenhang zwischen der eingetragenen Pollen- und der Brutmenge sowie der eingetragenen Pollenmenge und der Volkstärke.

**Tab. 31.** Partielle Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brut unter Berücksichtigung der Volkstärke sowie zwischen eingetragener Pollenmenge und Volkstärke unter Berücksichtigung der Brut unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Pollenmenge zu:	r	P
Brut	0,271	<0,001
Volkstärke	0,192	0,001

### Vergleich der Brutmenge und der Anzahl besetzter Waben zwischen den Unterarten

Wie oben gezeigt, bestand bei den vorliegenden Daten ein schwacher positiver Zusammenhang zwischen der eingetragenen Pollenmenge und der Brutmenge im Volk sowie der Pollenmenge und der Volkstärke, wenn alle Daten in die Analyse einbezogen werden. Diese Zusammenhänge konnten für die Unterarten in den drei Untersuchungsjahren nur in wenigen Fällen bestätigt werden (Tab. 32). Die signifikant positive partielle Korrelation zwischen eingetragener Pollenmenge und Brutmenge trat nur 1999 bei *Apis mellifera capensis* sowie 2000 bei *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera mellifera* auf. Ein positiver Zusammenhang zwischen Volkstärke und Pollenmenge unter Berücksichtigung der Brutmenge war bei keiner der Unterarten in den drei Untersuchungsjahren nachzuweisen.

**Tab. 32.** Partielle Korrelationskoeffizienten (  $r$  ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brutmenge unter Berücksichtigung der Anzahl besetzter Waben und zwischen Pollenmenge und Anzahl besetzter Waben unter Berücksichtigung der Brutmenge für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

	1998				1999				2000			
	<i>cap</i> N= 38	<i>carn</i> N= 36	<i>lig</i> N= 40	<i>mell</i> N= 40	<i>cap</i> N= 22	<i>carn</i> N= 22	<i>lig</i> N= 22	<i>mell</i> N= 22	<i>cap</i> N= 12	<i>carn</i> N= 20	<i>lig</i> N= 20	<i>mell</i> N= 20
Pollenmenge zu:												
Brut	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=0,521 P=0,015	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=0,645 P=0,003	n.s.	r=0,591 P=0,008
Volkstärke	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Obwohl sich bei der Betrachtung der Unterarten in den drei Untersuchungsjahren der Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brutmenge sowie zwischen Pollenmenge und Volkstärke nicht ergab, gilt es vor dem Hintergrund der nachgewiesenen Unterschiede in der eingetragenen Pollenmenge zwischen den Unterarten, Unterschiede in der Brutmenge und in der Volkstärke zwischen den Unterarten zu suchen. Die Mittelwerte der Fläche der verdeckelten Brut für die drei Untersuchungsjahre sind im Anhang in Abb. AA 4.2.2.1.3.3.1 bis 4.2.2.1.3.3.3 und die der Anzahl besetzter Waben in Abb. AA 4.2.2.1.3.3.4 bis 4.2.2.1.3.3.6 dargestellt. Wie Tab. 33 verdeutlicht (KRUSKAL & WALLIS; vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.1.3.3.1 und Tab. A 4.2.2.1.3.3.2), entwickelten sich die Völker der vier Unterarten im Verlauf der Untersuchungen unterschiedlich. 1998 und 1999 wiesen sie signifikant verschiedene Brut

mengen und eine unterschiedliche Anzahl besetzter Waben auf. 2000 unterschied sich nur die Zahl der besetzten Waben (Volkstärke).

**Tab. 33.** P-Werte (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Brutmenge und Volkstärke zwischen den Unterarten 1998, 1999 und 2000

	Brutmenge	Volkstärke
1998	<0,001	<0,001
1999	0,007	<0,001
2000	n.s.	0,004

Welche Unterarten sich hinsichtlich Brutmenge und Anzahl besetzter Waben signifikant unterschieden, ist in den Tab. 34 bis 39 aufgeführt. 1998 waren die Völker von *Apis mellifera mellifera* brutreicher und stärker als alle anderen drei Unterarten. Die Völker von *Apis mellifera ligustica* wiesen mehr Brut und Bienen auf als *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera carnica*. 1999 hatte *Apis mellifera mellifera* signifikant weniger Brut als alle anderen Unterarten. Die Volkstärke von *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera ligustica* war 1999 geringer als die von *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera carnica*. Im dritten Untersuchungsjahr bestand in der Brutmenge kein Unterschied zwischen den Unterarten, obwohl *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* stärkere Völker insbesondere als *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera capensis* vorwiesen.

**Tab. 34 bis 36.** Vergleich der Brutmengen zwischen den Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 37 bis 39.** Vergleich der Anzahl zwischen besetzter Waben zwischen den Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

(Einzelvergleiche nach CONOVER, fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen jeweils die höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

**Tab. 34.** Brutmengen 1998

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<i>lig</i>	**	**		
<i>mell</i>	**	**	*	

**Tab. 37.** Anzahl besetzter Waben 1998

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<i>lig</i>	**	**		
<i>mell</i>	**	**	*	

Tab. 35. Brutmengen 1999

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				**
<i>carn</i>				**
<i>lig</i>				*
<i>mell</i>				

Tab. 38. Anzahl besetzter Waben 1999

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>			*	**
<i>carn</i>				**
<i>lig</i>				
<i>mell</i>				

Tab. 36. Brutmengen 2000

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<i>lig</i>				
<i>mell</i>				

Tab. 39. Anzahl besetzter Waben 2000

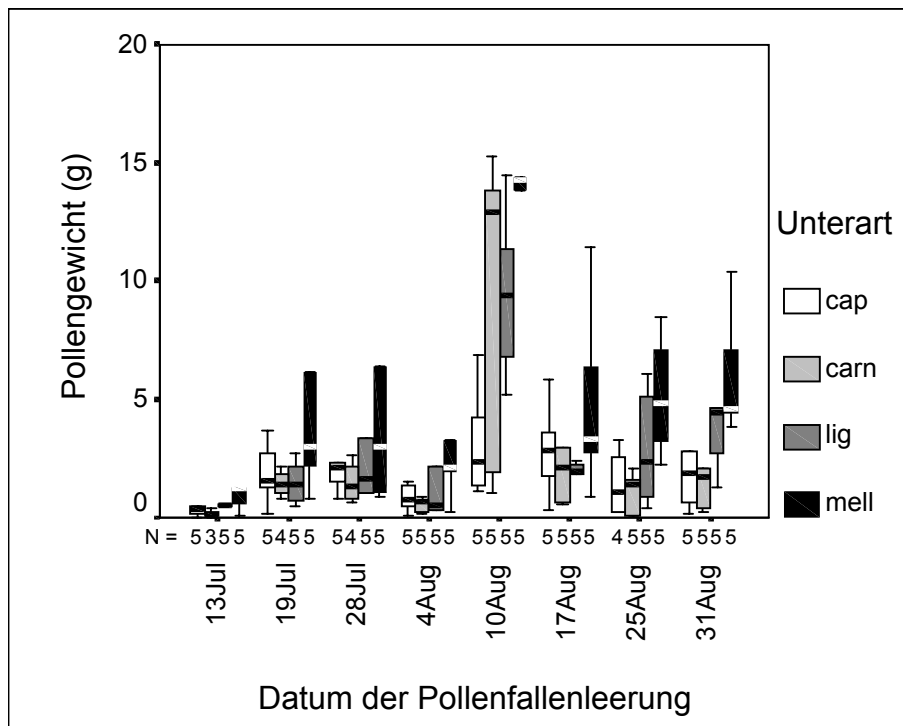
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>	*			**
<i>lig</i>				*
<i>mell</i>				

#### 4.2.2.1.3.4 Einfluss der Unterart auf die eingetragene Pollenmenge

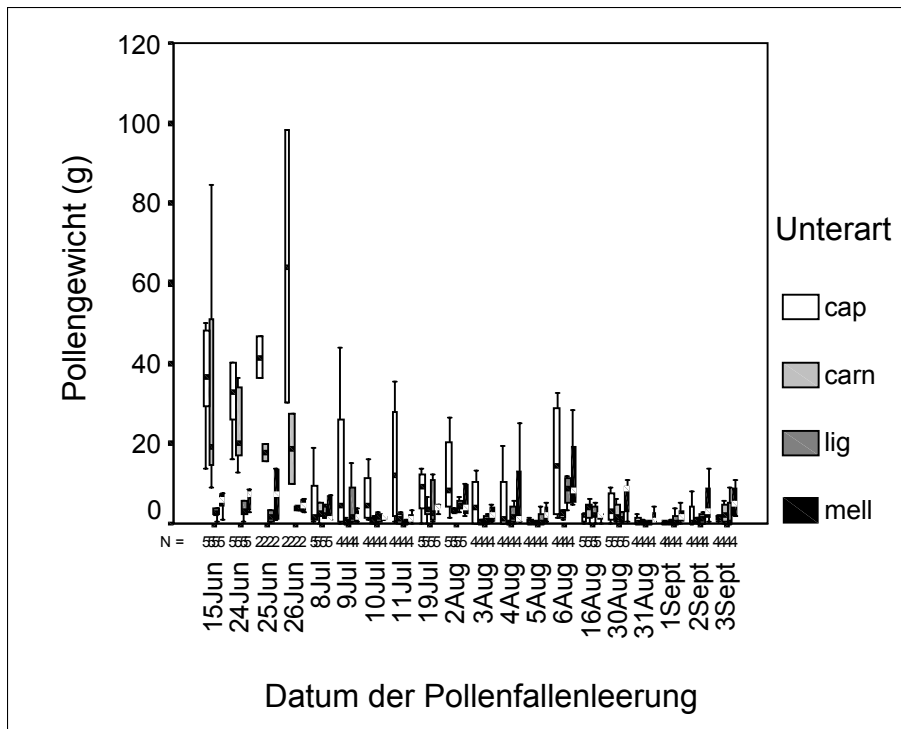
Unter den in den Abschnitten 4.2.2.1.3.1 bis 4.2.2.1.3.3 beschriebenen Schwankungen des Polleneintrags und der Einflussgrößen auf den Polleneintrag gilt es zu klären, ob sich der Polleneintrag auch zwischen den vier untersuchten Unterarten unterscheidet. Insgesamt hatten die vier Unterarten die in Tab. 40 gezeigten Pollenmengen eingetragen. Diese Daten unterscheiden sich signifikant auf dem 1%-Niveau ( $\chi^2$ -Test:  $\chi^2=170,6$ , FG=3,  $P<0,01$ ). Die ebenfalls in Tab. 40 gezeigten Medianwerte der Gewichte pro Pollenproben dagegen unterscheiden sich zwischen den Unterarten nicht signifikant ( $\chi^2$ -Test:  $\chi^2=0,8$ , FG=3,  $P>0,05$ ). Zusätzlich zum Median der Gewichte werden die Percentile (95%) und die Minimal- und Maximalwerte angegeben. Der weitere Vergleich der eingetragenen Pollenmenge zwischen den Unterarten in den drei Untersuchungsjahren soll mit den Einzeldaten pro Probe, also pro Untersuchungsjahr, Datum, Standort und Unterart mit der parameterfreien Rangvarianzanalyse vorgenommen werden. Die Verteilung der Daten pro Probe und Jahr wird in den Abbildungen 17 bis 19 gezeigt. Darin werden die Extremwerte, verbunden mit sehr starken Schwankungen im Jahresverlauf und zwischen den Unterarten, deutlich (vgl. Tab. 40).

**Tab. 40.** Eingetragene Pollenmengen der Unterarten insgesamt und deren Medianwerte unter Angabe der Percentile (95%) sowie der Minimal- und Maximalwerte pro Pollenprobe

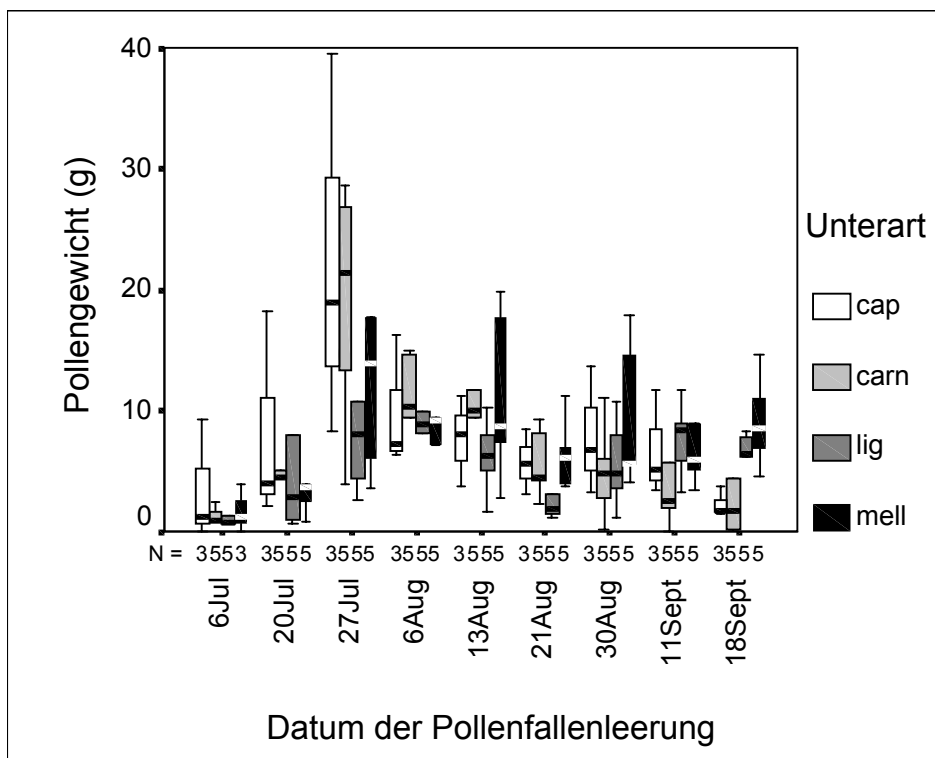
Unterart	Gesamtgewicht (g)	Gewicht pro Pollenprobe (g)
<i>cap</i>	1293,8	2,7 (39,8; min<0,01; max = 98,2)
<i>carn</i>	920,5	2,0 (21,4; min<0,01; max =84,6)
<i>lig</i>	728,0	2,4 (13,2; min<0,01; max =40,5)
<i>mell</i>	1066,0	4,0 (21,5; min<0,01; max =45,8)



**Abb. 17.** Verteilung der Mengen des eingetragenen Pollens pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1998



**Abb. 18.** Verteilung der Mengen des eingetragenen Pollens pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1999



**Abb. 19.** Verteilung der Mengen des eingetragenen Pollens pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 2000



Die Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS; vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.1.3.4) der einzelnen Probanden für 1998, 1999 und 2000 zeigt Tab. 41 und die der paarweisen Vergleiche (CONOVER) Tab. 42 und 43. 1998 und 1999 traten signifikante Unterschiede in der Pollenmenge zwischen den Unterarten mit  $P < 0,01$  auf. Im dritten Untersuchungsjahr unterschied sich die Menge des eingetragenen Pollens nicht. Nach den paarweisen Vergleichen war dieser Unterschied 1998 auf einem höheren Eintrag durch *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera ligustica* im Vergleich zu *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera carnica* zurückzuführen. 1999 trugen wiederum die *Apis mellifera mellifera* - Völker und daneben die von *Apis mellifera capensis* den meisten Pollen ein und es ergaben sich signifikante Unterschiede zu *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica*.

**Tab. 41.** P-Werte für den Vergleich der eingetragenen Pollenmenge zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000

Jahr	P
1998	<0,001
1999	0,006
2000	n.s.

**Tab. 42.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Menge des eingetragenen Pollens für das Jahr 1998 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<b><i>lig</i></b>	*	*		
<b><i>mell</i></b>	**	**	*	

**Tab. 43.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Menge des eingetragenen Pollens für das Jahr 1999 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<b><i>cap</i></b>		*	**	
<i>carn</i>				
<i>lig</i>				
<b><i>mell</i></b>		**	**	

#### 4.2.2.1.3.5 Gewicht von Pollenladungen ausgewählter Pollentypen

Aufgrund unterschiedlicher morphologischer Merkmale (vgl. Abschn. 3.1. und Tab. A 3.7.3) könnte es zu Unterschieden in der Größe der Pollenladungen kommen. Die Größe der Pollenladungen könnte sich wiederum auf das Gesamtgewicht des eingebrachten Pollens pro Pollenprobe und Unterart auswirken. Aus diesem Grund wurden 1999 im Juni von 5 Farbfraktionen jeweils eines Probenortes je 20 Pollenladungen pro Unterart einzeln gewogen und determiniert. Dabei konnten nur solche Pollenladungen verwendet werden, von denen eine ausreichende Menge bei allen vier untersuchten Unterarten vorhanden war. Es handelte sich um Asteraceae Form A, Brassicaceae, *Castanea sativa*, *Filipendula ulmaria* und Rosaceae (1).

Die Gewichte der ausgewählten Pollenladungen ergaben für alle ausgewählten Pollentypen gemeinsam keinen signifikanten Unterschied zwischen den Unterarten (KRUSKAL & WALLIS; Anhang Tab. A 4.2.2.1.3.5.1). Erst der Vergleich der Unterarten für die einzelnen Pollentypen (einfaktorielle ANOVA, DUNCAN; Anhang Tab. A 4.2.2.1.3.5.2 bis Tab. A 4.2.2.1.3.5.5) führte zu Unterschieden. Bei den Brassicaceae trug *Apis mellifera mellifera* signifikant kleinere Ladungen ein als die anderen Unterarten. Bei *Filipendula ulmaria* hatten *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* und bei Rosaceae (1) meist *Apis mellifera capensis* leichtere und damit kleinere Pollenladungen (Tab. 44). Die Gewichte der Pollenladungen von Asteraceae Form A und *Castanea sativa* unterschieden sich nicht zwischen den Unterarten.

**Tab. 44.** Vergleich des Gewichts von Pollenladungen ausgewählter Pollentypen zwischen den Unterarten (KRUSKAL-WALLIS, einfaktorielle ANOVA, DUNCAN; fett gedruckte Unterarten kennzeichnen jeweils höhere Gewichte)

	gesamt	Asterac.Form A	Brassicaceae	<i>Cast.sativa</i>	<i>Filip.ulmaria</i>	Rosaceae (1)
P	n.s.	n.s	0,018	n.s.	<0,001	<0,001
paarw. Vgl.			<b>cap,carn,lig/mell</b>		<b>cap/carn,lig mell/carn,lig</b>	<b>lig/cap,carn carn,mell/cap</b>

#### **4.2.2.1.4 Anzahl verschiedener Pollentypen**

Wie bei dem Vergleich der eingetragenen Pollenmenge wird auch die Anzahl verschiedener Pollentypen zunächst in einer Übersicht für die Untersuchungsjahre, die Standorte und die Dekaden jeweils zusammengefasst dargestellt. Danach werden die Unterarten hinsichtlich der Zahl verschiedener Pollentypen verglichen.

##### **4.2.2.1.4.1 Einfluss der Untersuchungsjahre, Standorte und des Jahresverlaufs auf die Anzahl verschiedener Pollentypen**

Die Gesamtzahl von 221 verschiedenen Pollentypen verteilt sich unterschiedlich auf die Jahre, die Standorte und den Jahresverlauf (Tabellenübersicht: Tab. 45 bis 48). 1998 wurden im Vergleich zu 1999 und 2000 weniger verschiedene Pollentypen nachgewiesen. Dieser Unterschied ist nicht signifikant ( $\chi^2$ -Test:  $\chi^2=3,6$ , FG=2,  $P>0,05$ ). Die Standorte Autobahn, Fischbach und Opelzoo wiesen zwar wie bei den Gewichten (Ausnahme Obelzoo) auch in der Anzahl verschiedener Pollentypen etwas höhere Werte auf, was bei den zusammengefassten Daten nicht zu einem signifikanten Unterschied führte ( $\chi^2$ -Test:  $\chi^2=3,8$ , FG=4,  $P>0,05$ ). Der Vergleich der Übersichtsdaten für den Jahresverlauf zeigt, dass im gesamten Monat August (Dekadenzuordnung siehe Tab. 22) Pollen von den meisten verschiedenen Pflanzenarten, Pflanzengattungen, -familien oder -gruppen eingetragen wurden (Abb. 21;  $\chi^2$ -Test:  $\chi^2=115,0$  FG=9,  $P<0,01$ ). Die Analyse der Einzeldaten pro Probe (KUSKAL & WALLIS, CONOVER) verdeutlichen signifikante Unterschiede sowohl zwischen den Untersuchungsjahren als auch zwischen den Standorten und Dekaden auf dem 1%-Niveau (Jahresvergleich Tab. A 4.2.2.1.4.1.1 und Tab. A 4.2.2.1.4.1.2, Standortvergleich Tab. A 4.2.2.1.4.1.3 bis Tab. A 4.2.2.1.4.1.7, Dekadenvergleich Tab. A 4.2.2.1.4.1.8 bis Tab. A 4.2.2.1.4.1.12). Die Anzahl der Pollentypen sind für den Jahresverlauf und die Standorte sowie für die Darstellung der Verteilung der Werte pro Probe in den Abbildungen im Anhang (Anh. Abb. AA 4.2.2.1.4.1.1 bis Abb. AA 4.2.2.1.4.1.4) graphisch dargestellt.

**Tabellenübersicht: Tab. 45 bis 48**

**Tab. 45.** Anzahl verschiedener Pollentypen insgesamt

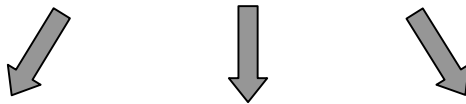
**Tab. 46.** Anzahl verschiedener Pollentypen in den drei Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 47.** Anzahl verschiedener Pollentypen an den Standorten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 48.** Anzahl verschiedener Pollentypen im Jahresverlauf unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 45**

N Pollentypen (ges.)
221

**Tab. 46**

Jahr	N Pollentypen
1998	127
1999	157
2000	152

**Tab. 47**

Standort	N Pollentypen
Autobahn	163
Bangert	143
Fischbach	150
Hünerbergw.	132
Opelzoo	155

**Tab. 48**

Dekade	N Pollentypen
Juni II	58
Juni III	57
Juli I	76
Juli II	115
Juli III	106
August I	148
August II	134
August III	160
September I	79
September II	98

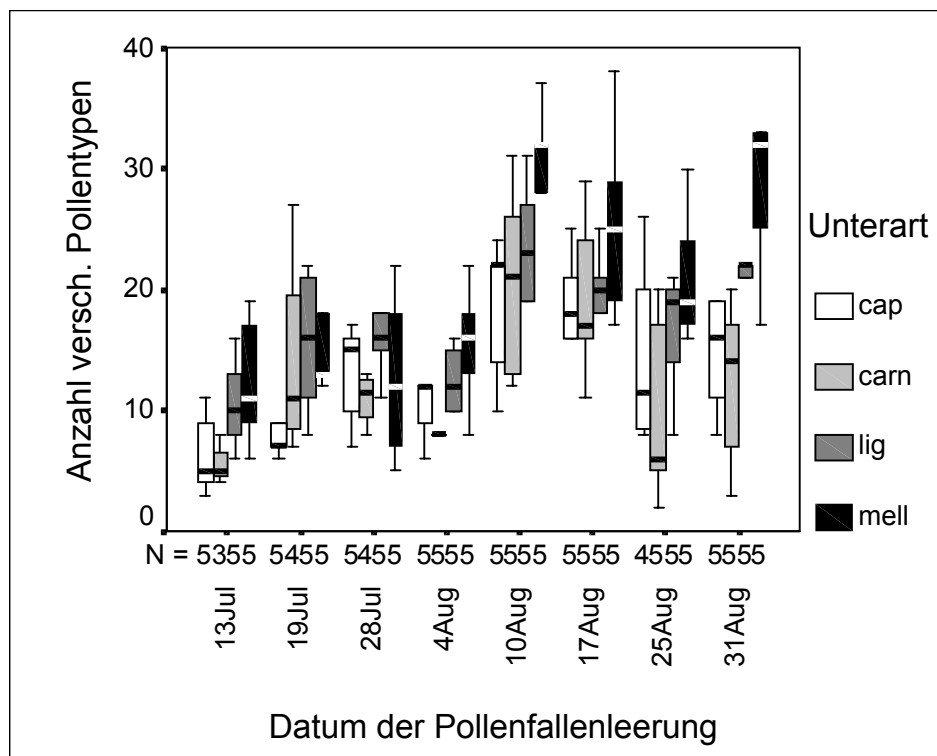
#### 4.2.2.1.4.2 Einfluss der Unterarten auf die Anzahl verschiedener Pollentypen

Wie das Pollengewicht, soll auch die Anzahl der nachgewiesenen Pollentypen zwischen den Unterarten untersucht werden. Die zusammengefassten Werte der Pollentypenanzahl pro Unterart zeigt Tab. 49. Sowohl bei den Gesamtwerten als auch bei den Medianen der Werte pro Probe besteht zwischen den Unterarten kein signifikanter Unterschied ( $\chi^2$ -Test:  $\chi^2=1,1$ , FG=3,  $P>0,05$ ). Zusätzlich zu den Medianen wurden die Percentile (95%) sowie die Minimal- und Maximalwerte der verschiedenen Pollentypen pro Probe angegeben. Die Abbildungen 20 bis 22 zeigen die Verteilung der Daten für die vier Unterarten jeweils im Jahresverlauf 1998, 1999 und

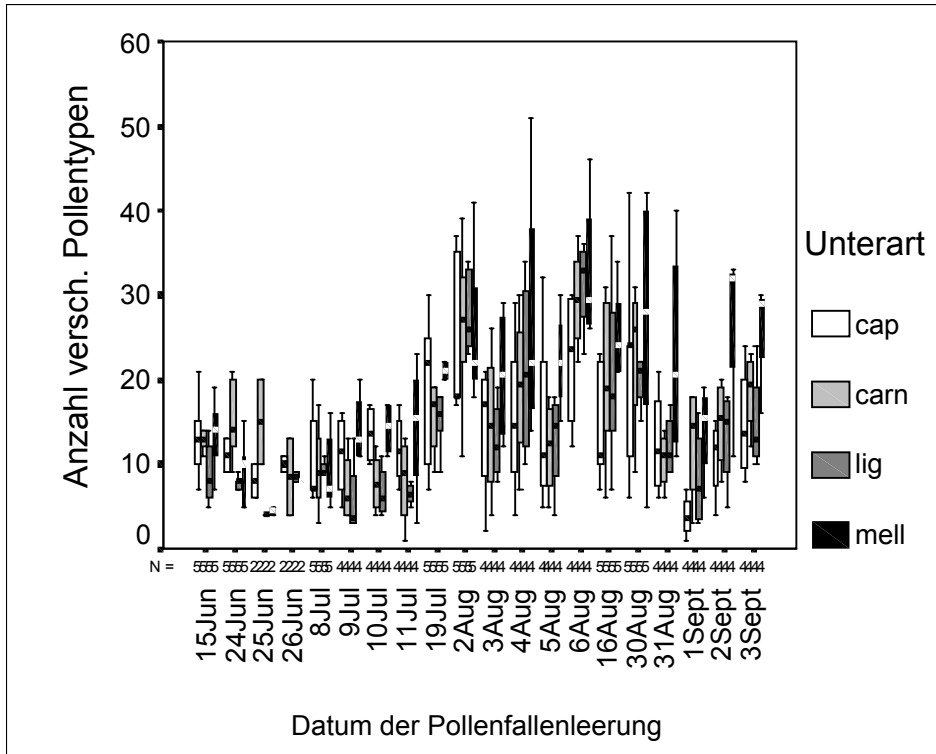
2000. Die Anzahl der eingetragenen verschiedenen Pollentypen waren an den Standorten (in Form der Streuung der Werte der Unterart zu den einzelnen Leerungsdaten) sowie im Jahresverlauf (Werte entlang der x-Achse) starken Schwankungen ausgesetzt.

**Tab. 49.** Gesamtzahlen und Medianwerte verschiedener Pollentypen pro Unterart unter Angabe der Percentile (95%) sowie der Minimal- und Maximalwerte pro Pollenprobe pro Pollenprobe

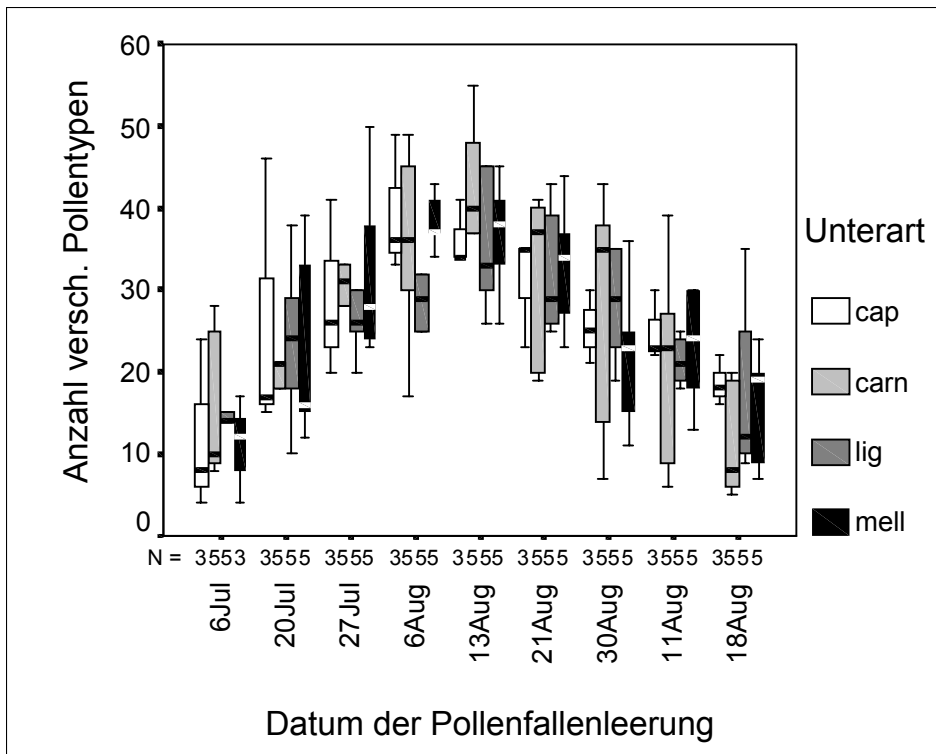
Unterart	N Pollentypen insgesamt	N Pollentypen pro Probe
<i>cap</i>	157	15 (35,5; min=1; max=49 )
<i>carn</i>	164	14 (40,8; min=1; max=55)
<i>lig</i>	158	16 (36,6; min=3; max=59)
<i>mell</i>	174	19 (41,0; min=3; max=51)



**Abb. 20.** Verteilung der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1998



**Abb. 21.** Verteilung der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1999



**Abb. 22.** Verteilung der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 2000

Um Unterart-spezifische Effekte ermitteln zu können, sollen wiederum die Daten pro Pollenprobe herangezogen werden. Die Analyse (KRUSKAL & WALLIS; vgl. Anh. Tab. 4.2.2.1.4.2) der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Untersuchungsjahr zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Unterarten in den ersten beiden Untersuchungsjahren (Tab. 50). Im Jahr 2000 konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. 1998 beruhte der Unterschied auf der höheren Zahl verschiedener Pollentypen bei *Apis mellifera ligustica* und *Apis mellifera mellifera* im Vergleich zu *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera carnica* (Tab. 51; CONOVER). 1999 nutzte *Apis mellifera mellifera* mehr verschiedene Pollentypen als alle anderen drei Unterarten (Tab. 52, CONOVER).

Diese Ergebnisse sind mit Ausnahme von 1999 (Abweichung bei *Apis mellifera capensis*) gleich denen des Gewichtungsvergleichs zwischen den Unterarten.

**Tab. 50.** P-Werte (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000

Jahr	P
1998	<0,001
1999	0,002
2000	0,978

**Tab. 51.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Anzahl verschiedener Pollentypen im Jahr 1998 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<b><i>lig</i></b>	*	**		
<b><i>mell</i></b>	**	**		

**Tab. 52.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Anzahl verschiedener Pollentypen im Jahr 1999 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<i>lig</i>				
<b><i>mell</i></b>	**	*	**	

#### **4.2.2.2 Kenngrößen des Polleneintrags**

Als Kenngrößen des Polleneintrags werden die Größen bezeichnet, die sich aus den Pollenmengen pro Pollenprobe, den relativen Häufigkeiten der Pollentypen pro Pollenprobe und/oder der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe oder durch den Vergleich zweier Proben berechnen lassen (vgl. Abschn. 3.8.3). Sie bieten eine Möglichkeit, den Polleneintrag vor dem Hintergrund starker Schwankungen in der eingetragenen Pollenmenge und in der Anzahl verschiedener Pollentypen auf einer standardisierten Ebene zu vergleichen.

##### **4.2.2.2.1 Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Anzahl verschiedener Pollentypen**

Aufgrund der ähnlichen Ergebnisse aus dem Vergleich der eingetragenen Pollenmenge und der Anzahl verschiedener Pollentypen ist ein Zusammenhang zwischen der Pollenmenge und Zahl der Pollentypen zu vermuten. Der Zusammenhang soll in den beiden folgenden Abschnitten auf der Grundlage der Einzeldaten der drei Untersuchungsjahre und für die Unterarten im einzelnen dargestellt werden.

###### **4.2.2.2.1.1 Gesamte Datengrundlage**

Der Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Anzahl verschiedener Pollentypen in den drei Untersuchungsjahren wurde mit den Einzeldaten pro Pollenprobe ermittelt (Rangkorrelationsanalyse nach SPEARMAN). Die Ergebnisse sind in Tab. 53 dargestellt. In allen drei Untersuchungsjahren bestand eine schwache bis starke positive Korrelation (Zuordnung nach KÖHLER et al. 1996) zwischen der eingetragenen Pollenmenge und der Anzahl verschiedener Pollentypen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 1% (N=647). Für die erhobenen Daten galt demzufolge im wesentlichen, je höher die Eintragsmenge war, desto mehr verschiedene Pollentypen wurden genutzt.



**Tab. 53.** Rangkorrelationskoeffizienten (SPEARMAN;  $r_s$ ) und P-Werte für den Zusammenhang Pollengewicht und Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe in den Jahren 1998, 1999 und 2000

Jahr	$r_s$	P
1998	0,748	<0,001
1999	0,427	<0,001
2000	0,627	<0,001

#### 4.2.2.2.1.2 Klärung des Zusammenhangs für die Unterarten

Wie eben gezeigt, bestand in allen drei Untersuchungsjahren eine positive Korrelation zwischen eingetragener Pollenmenge und der Anzahl verschiedener Pollentypen. Ob der Polleneintrag aller untersuchten Unterarten diesem Zusammenhang folgt, soll an dieser Stelle geklärt werden. Die Ergebnisse für die vier Unterarten pro Untersuchungsjahr zeigt unter Angabe der Stichprobengröße (N) Tab. 54. Alle untersuchten Unterarten wiesen in den drei Jahren das gleiche Verhalten auf. Je mehr Pollen eingetragen wurden, desto mehr verschiedene Pollentypen waren enthalten. Der Zusammenhang ist jeweils mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 1% signifikant. Werden die Korrelationskoeffizienten auf Unterschiede zwischen den Unterarten getestet (einfaktorielle ANOVA;  $F=0,549$ ,  $N=12$ ,  $P=0,663$ ), ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Unterarten. Demnach verhielten sich die Unterarten hinsichtlich des ermittelten Zusammenhangs nicht unterschiedlich.

**Tab. 54.** Rangkorrelationskoeffizienten (SPEARMAN;  $r_s$ ) und P-Werte für die Korrelation Pollengewicht und Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

	1998		1999		2000	
	$r_s$ (N)	P	$r_s$ (N)	P	$r_s$ (N)	P
<i>cap</i>	0,753 (39)	<0,001	0,471 (83)	<0,001	0,506 (27)	0,007
<i>carn</i>	0,765 (36)	<0,001	0,398 (83)	<0,001	0,834 (45)	<0,001
<i>lig</i>	0,711 (40)	<0,001	0,445 (83)	<0,001	0,461 (45)	0,001
<i>mell</i>	0,589 (40)	<0,001	0,390 (83)	<0,001	0,507 (43)	0,001

#### 4.2.2.2 Dominanzstruktur des Polleneintrags

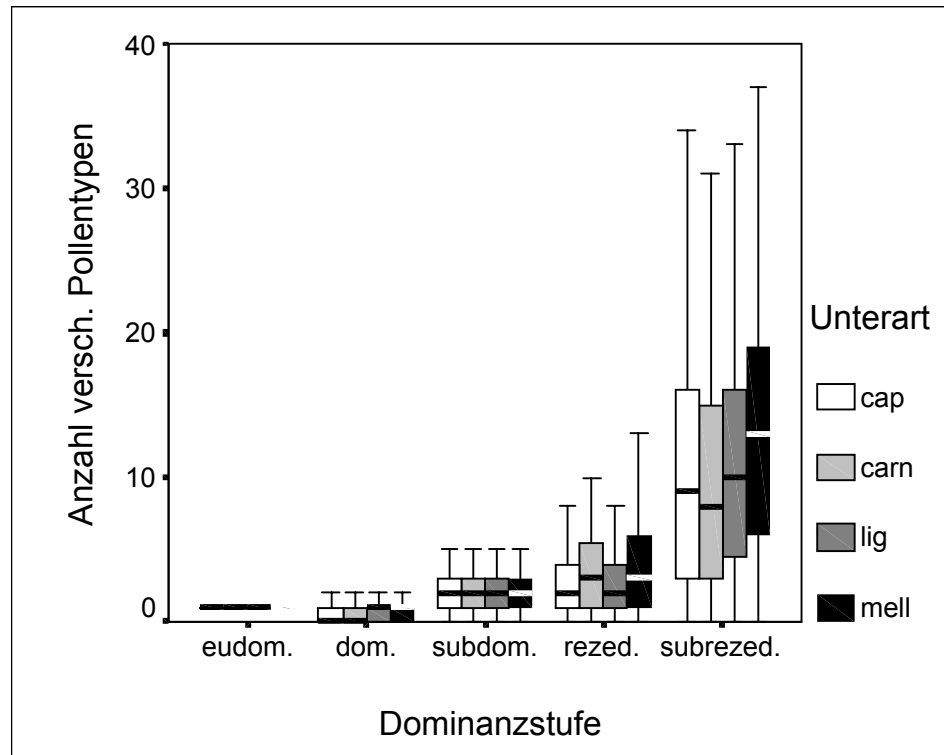
Wie schon in Abschn. 4.1.2.2 unter der Zusammenfassung aller Daten gezeigt, dominierten in einer Pollenprobe nur wenige Pollentypen. Der Großteil der Pollentypen in einer Probe trug nur zu einem geringeren Teil zur Eintragsmenge bei. In diesem Abschnitt wird die Dominanzstruktur des Polleneintrags der Unterarten für alle drei Untersuchungsjahre pro Probe verglichen. Damit soll geklärt werden, ob es trotz der für die Honigbienen typischen Konzentration auf sehr ergiebige Pollenquellen zu Abweichungen der Unterarten bei einzelnen Dominanzstufen kam.

Zur Übersicht werden zunächst die Durchschnittswerte der Dominanzstufen nach SCHIEMENZ (MÜLLER 1991) für die vier Unterarten dargestellt (Tab. 55). Ein signifikanter Unterschied besteht bei diesen Werten zwischen den Unterarten nicht ( $\chi^2$ -Test: eudominant  $\chi^2=0,0086$ , dominant  $\chi^2=0,0097$ , subdominant  $\chi^2=0,059$ , rezedent  $\chi^2=0,188$ , surezedent  $\chi^2=0,802$ , FG=3,  $P>0,05$ ).

**Tab. 55.** Durchschnittswerte der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Dominanzstufe für die Unterarten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Unterart	eudominant	dominant	subdominant	rezedent	subrezedent
<i>cap</i>	0,9	0,8	2,0	2,7	10,1
<i>carn</i>	0,9	0,7	2,3	3,6	10,5
<i>lig</i>	0,9	0,8	2,0	3,0	11,4
<i>mell</i>	0,8	0,8	2,4	3,6	14,0

Für die genauere Auswertung wurden die Einzeldaten pro Probe, d.h. die Anzahl der Pollentypen der einzelnen Dominanzstufen pro Pollenprobe, herangezogen. Die Verteilung dieser Daten zeigt Abb. 23.



**Abb. 23.** Verteilung der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Dominanzstufe und Unterart für alle drei Untersuchungsjahre

Die Analyse (KRUSKAL-WALLIS, vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.2.2.1, Tab. A 4.2.2.2.2.3, Tab. A 4.2.2.2.2.7, Tab. A 4.2.2.2.2.8) der Einzeldaten der Werte für die Anzahl verschiedener Pollentypen pro Dominanzstufe und die paarweisen Vergleiche (CONOVER; vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.2.2.2, Tab. A 4.2.2.2.2.4 bis Tab. A 4.2.2.2.2.6, Tab. A 4.2.2.2.2.9 und Tab. A 4.2.2.2.2.10) ergeben die in den Tab. 56 und 57 aufgeführten Ergebnisse. 1998 und 1999 konnten im Gegensatz zum dritten Untersuchungsjahr Unterschiede bei mindestens einer der Dominanzstufen nachgewiesen werden. 2000 traten keinerlei Unterschiede zwischen den Unterarten in den Dominanzstufen auf. Die Anzahl eudominanter und dominanter Pollentypen unterschied sich in keinem der Untersuchungsjahre und nicht bei der Gesamtbewertung der drei Jahre 1998, 1999 und 2000 signifikant zwischen den Unterarten (Tab. 56). Nur 1999 traten signifikante Unterschiede in der Zahl subdominanter Pollentypen auf, die auf höheren Werten bei *Apis mellifera carnica* sowie *Apis mellifera mellifera* beruhten (Tab. 57). Die Zahl der rezedenten Pollentypen war ebenfalls 1999 und auch in allen Untersuchungsjahren verschieden, wobei die Unterschiede auf die gleichen Unterarten wie bei den subdominanten Pollentypen zurückzuführen waren. Bei den subrezedenten Pollentypen zeigt sich ein einheitlicheres Bild. Mit Ausnahme von 2000 nutzten die Unterarten eine un

terschiedliche Anzahl von subrezedenten Pollentypen, also mit einem Anteil geringer 1% am Gesamteintrag pro Probe. Im wesentlichen wurden diese Unterschiede durch *Apis mellifera mellifera* hervorgerufen. Nur im ersten Untersuchungsjahr hatte auch *Apis mellifera ligustica* signifikant mehr subrezedente Pollentypen als *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera carnica*.

Das in Abschnitt 4.1.2.2 dargestellte Ergebnis für *Apis mellifera* konnte für alle untersuchten Unterarten bestätigt werden. Sie deckten ihren Pollenbedarf mit wenigen häufigen Pollentypen (eudominante und dominante Pollentypen). Unterschiede in deren Anzahl zwischen den Unterarten gab es nicht. Kam es zu Unterschieden in der Zahl der Pollentypen pro Probe, waren diese auf Pollentypen mit einem geringeren Anteil am Gesamteintrag zurückzuführen (vgl. Abschn. 4.2.2.1.4.2).

**Tab. 56.** Signifikanzen der Dominanzstufen (KRUSKAL & WALLIS ) für die Jahre 1998, 1999, 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr	eudominant	dominant	subdominant	rezedent	subrezedent
1998	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0,001
1999	n.s.	n.s.	0,005	<0,001	0,017
2000	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1998+1999+2000	n.s.	n.s.	n.s.	0,007	<0,001

**Tab. 57.** Paarweise Vergleiche der Unterarten (CONOVER;  $P < 0,05$ ) anhand der Dominanzstufen mit signifikanten Unterschieden zwischen den Unterarten in den Jahren 1998, 1999, 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Unterarten kennzeichnen jeweils die höheren Werte)

Jahr	subdominant	rezedent	subrezedent
1998			<b>lig,mell-cap,carn</b>
1999	<b>carn-lig</b> <b>mell-cap,lig</b>	<b>carn-cap,lig</b> <b>mell-cap,lig</b>	<b>mell-cap,carn,lig</b>
1998,1999 und2000		<b>carn-cap</b> <b>mell-cap</b>	<b>mell-cap,carn,lig</b>

#### 4.2.2.2.3 Diversität und Evenness

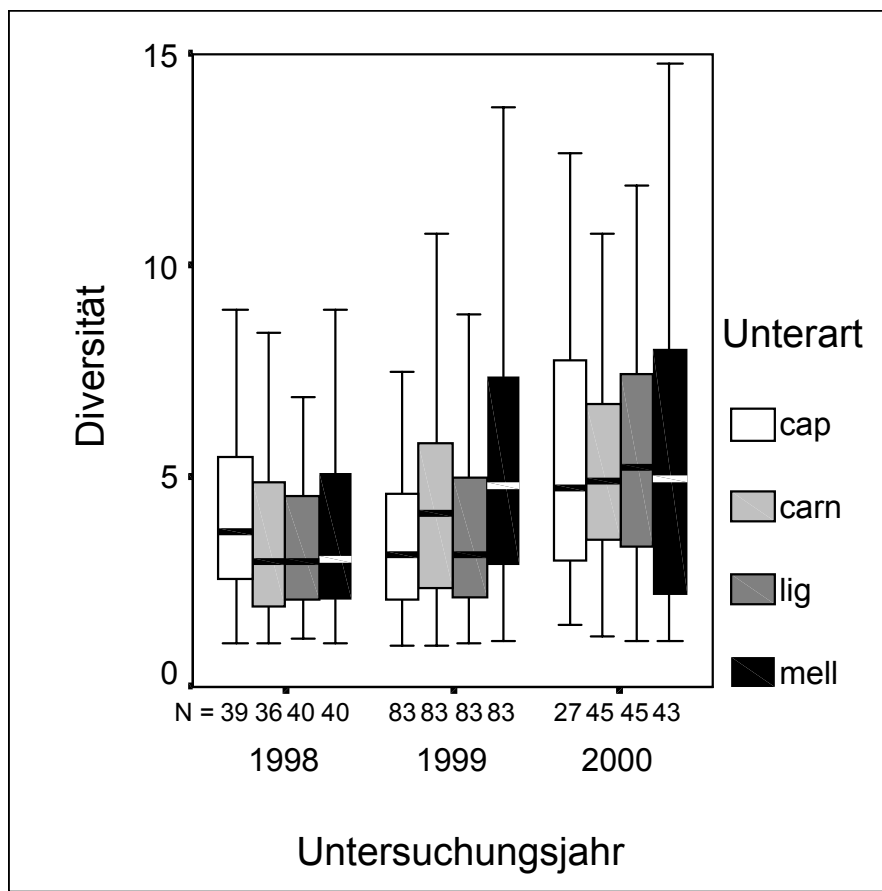
Der Diversität nach MACARTHUR und der Evenness nach BUZAS & GIBSON liegen sowohl die relativen Häufigkeiten, die sich aus den Pollenmengen der einzelnen Pollentypen pro Pollenprobe ergeben, als auch die Pollentypzahlen zugrunde (vgl. Abschn. 3.8.3 Formel [2] und [3]). Ob es bei den beiden Indices zu Unterschieden

zwischen den Unterarten kommt, soll in diesem Abschnitt geklärt werden. Die graphische Darstellung erfolgt für die drei Untersuchungsjahre in einer Abbildung, die statistische Analyse für 1998, 1999 und 2000 in separaten Tabellen.

#### **4.2.2.2.3.1 Diversität nach MACARTHUR (1965)**

Abb. 24 zeigt, dass die Diversitätswerte 1998, 1999 und 2000 zwischen den Unterarten variierten. Der Vergleich der Diversität ergab 1999 eine breitere Streuung zwischen den Unterarten als in den anderen beiden Untersuchungsjahren. Ein signifikanter Unterschied konnte nur 1999 im Gegensatz zu den anderen beiden Untersuchungsjahren und der Gesamtbetrachtung aller drei Jahre nachgewiesen werden (KRUSKAL & WALLIS; vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.2.3.1; Tab. 58). Dieser Unterschied beruhte auf höheren Werten bei *Apis mellifera carnica* gegenüber *Apis mellifera capensis* sowie *Apis mellifera mellifera* gegenüber *Apis mellifera capensis* und *Apis mellifera ligustica* (CONOVER, Tab. 59).

Die Verteilung der Werte der Diversität im Jahresverlauf der drei Untersuchungsjahre (Abb. AA 4.2.2.2.3.1.1) und an den verschiedenen Standorten (Abb. AA 4.2.2.2.3.1.2) ist im Anhang graphisch dargestellt. Im Jahresverlauf wurden die höchsten Diversitätswerte des Polleneintrags Ende Juli bis Mitte August erreicht. Bei den Standorten sind der Standort Autobahn, Fischbach und Opelzoo mit einem diverseren Polleneintrag als die beiden anderen Standorte hervorzuheben.



**Abb. 24.** Verteilung der Diversitätswerte (MACARTHUR) für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 58.** Vergleich der Diversitätswerte (MACARTHUR) zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten aller drei Untersuchungsjahre (KRUSKAL & WALLIS)

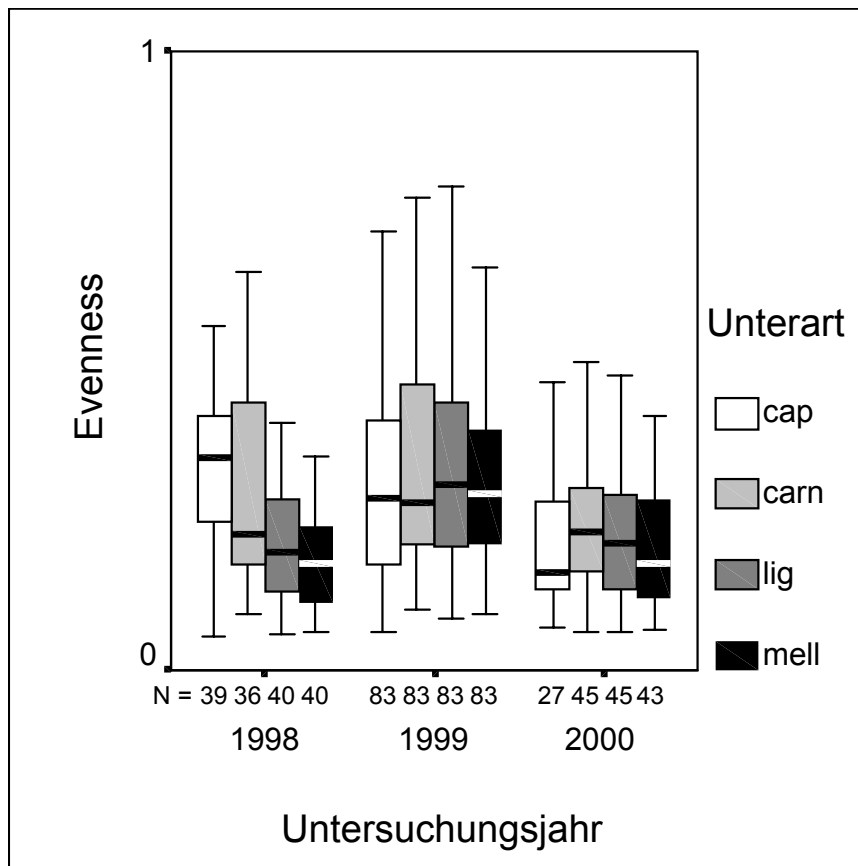
Jahr	P
1998	n.s
1999	<0,001
2000	n.s.
1998,1999 und 2000	n.s.

**Tab. 59.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Diversität (MACARTHUR) zwischen den Unterarten im Jahr 1999 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<b><i>carn</i></b>	*			
<i>lig</i>				
<b><i>mell</i></b>	**		**	

#### 4.2.2.2.3.2 Evenness nach BUZAS & GIBSON (1962)

Im Gegensatz zur Diversität zeigten die Werte der Evenness 1998 die größte Streuung zwischen den Unterarten im Vergleich zu den Jahren 1999 und 2000 (Abb. 25). Die Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS; vgl. Anh. Tab. A 4.2.2.2.3.2; Tab. 60) verdeutlichen, dass es sich nur 1998 um signifikante Unterschiede zwischen den Unterarten handelte. Wurden die Daten aller drei Untersuchungsjahre zusammen analysiert, ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Unterarten. Zwischen welchen Unterarten sich der Index 1998 unterschied, dokumentiert Tab. 61. Die Evennesswerte der südafrikanischen Unterart *Apis mellifera capensis* und der südosteuropäischen Unterart *Apis mellifera carnica* waren 1998 signifikant höher als bei den anderen beiden untersuchten Unterarten. Die Verteilung der Werte der Evenness im Jahresverlauf der drei Untersuchungsjahre (Abb. AA 4.2.2.2.3.2.1) und an den verschiedenen Standorten (Abb. AA 4.2.2.2.3.2.2) ist im Anhang graphisch dargestellt. Die Evenness war Ende Juli für alle drei Jahre am geringsten. Der Standort Fischbach wies im Vergleich zu den anderen Standorten 1998, 1999 und 2000 geringere Werte auf.



**Abb. 25.** Verteilung der Evennesswerte (BUZAS & GIBSON) für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 60.** Vergleich der Evennesswerte (BUZAS & GIBSON) zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten aller drei Untersuchungsjahre (KRUSKAL & WALLIS)

Jahr	P
1998	<0,001
1999	n.s.
2000	n.s.
1998,1999 und 2000	n.s.



**Tab. 61.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Evenness (BUZAS & GIBSON) zwischen den Unterarten im Jahr 1998 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<b><i>cap</i></b>			**	**
<b><i>carn</i></b>			*	**
<i>lig</i>				
<i>mell</i>				

#### 4.2.2.2.4 Pollentypen-Turnover-Raten

Eine Möglichkeit, den Wechsel der Zusammensetzung des Polleneintrags aus Pollentypen zu ermitteln, ist die Berechnung der Turnover-Rate, die rechnerisch der Arten-Turnover-Rate (MÜHLENBERG 1993) entspricht (Abschn. 3.8.3, Formel [4]). Sie soll auf den Wechsel der Pollentypen von einer Tagesdekade zur nächsten pro Unterart bezogen werden. Dekaden wurden gewählt, um die verschiedenen Untersuchungsjahre mit den unterschiedlichen Leerungsdaten miteinander vergleichen zu können. Der Vergleich der Turnover-Raten zwischen den Unterarten soll zeigen, ob sie hinsichtlich ihrer Flexibilität, sich auf die Veränderung der Vegetation und damit der Veränderung des Pollenangebots einzustellen, unterschieden.

Die Turnover-Raten für 1998 und 2000 sind in Tab. 62 dokumentiert. Für 1999 wurden keine Turnover-Raten berechnet, da fast alle Völker durch die Rotation (vgl. Abschn. 3.5.2) bei vielen Pollenfallenleerungen auf unterschiedlichen Standorten beprobt wurden. Eine Berechnung vergleichbarer Turnover-Raten wie 1998 und 2000 war dadurch nicht möglich.

Wurden die Werte für den Pollentypen-Turnover der vier Unterarten pro Dekadenwechsel für 1998 (einfaktorielle ANOVA:  $F=1,920$ ,  $N=16$ ,  $P=0,180$ ) und 2000 (KRUSKAL & WALLIS:  $\chi^2=3,9$ ,  $N=24$ ,  $P=0,267$ ) sowie für beide Untersuchungsjahre gemeinsam verglichen (einfaktorielle ANOVA:  $F=0,142$ ,  $N=40$ ,  $P=0,934$ ), ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Unterarten. Somit ist die mit diesem Index messbare Fähigkeit der Unterarten, sich auf Veränderungen der Vegetation einzustellen, nicht unterschiedlich.

**Tab. 62.** Pollentypen-Turnover-Raten der Unterarten in den Jahren 1998 und 2000

Dekade → Dekade	1998				2000			
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
IJuli → IIJuli					0,427	0,32	0,368	0,436
IIJuli → IIIJuli	0,27	0,46	0,316	0,35	0,204	0,18	0,216	0,221
IIIJuli → IAug	0,264	0,4	0,385	0,394	0,296	0,252	0,246	0,224
IAug → IIAug	0,216	0,287	0,273	0,248	0,241	0,173	0,141	0,203
IIAug → IIIAug	0,37	0,396	0,34	0,285	0,279	0,165	0,176	0,203
IIIAug → IISept					0,29	0,243	0,188	0,236

#### 4.2.2.2.5 Ähnlichkeit des Polleneintrags (Nischenüberlappung)

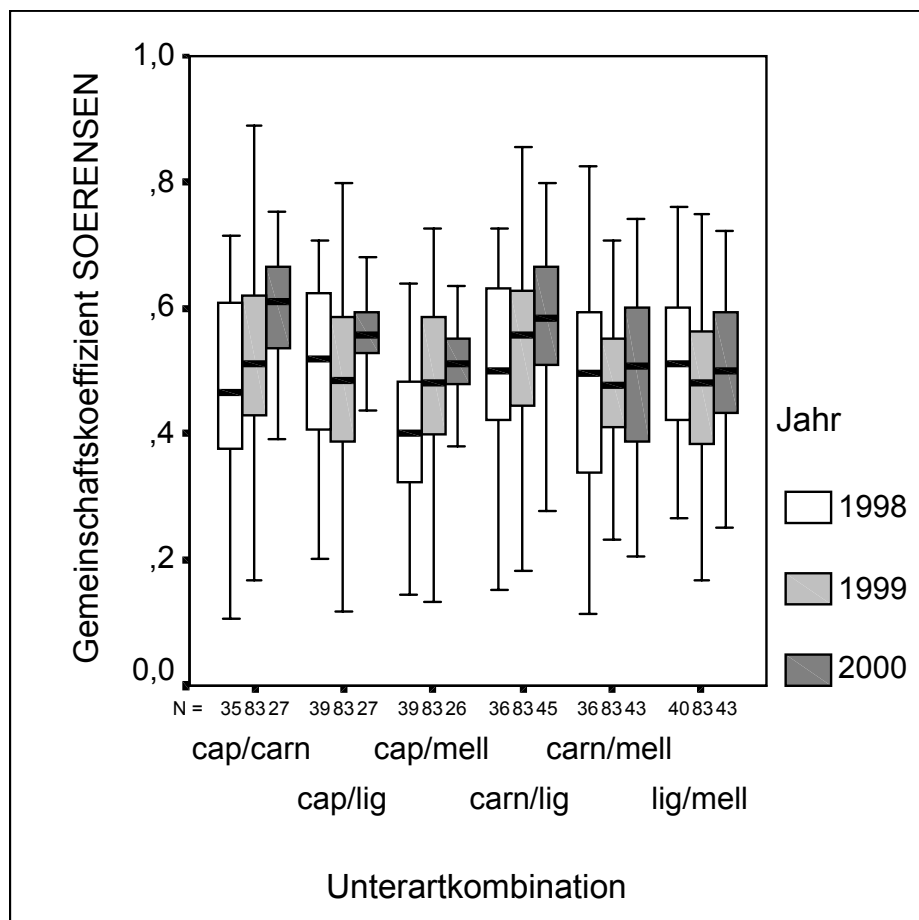
In den bisherigen Auswertungsschritten wurden Größen des Polleneintrags für die einzelnen Unterarten ermittelt und miteinander verglichen. In diesem Abschnitt sollen Werte berechnet werden, die ein Maß der Ähnlichkeit des Polleneintrags jeweils zweier Unterarten darstellen. Dafür fanden zwei verschiedene Indices der Nischenüberlappung Anwendung (vgl. Abschn. 3.8.3).

Der Gemeinschaftskoeffizient nach SOERENSEN beruht auf der Bewertung der gemeinsamen und unterschiedlichen Pollentypen zweier Unterarten ohne Einbeziehung der jeweiligen relativen Häufigkeiten, also auf rein qualitativer Basis. Er kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Der zweite Index (Prozentuale Nischenüberlappung nach der RENKONEN-Zahl) berechnet sich aus der Summe der jeweils kleineren relativen Häufigkeit gemeinsamer Pollentypen pro Probe. Die minimale Ähnlichkeit ist 0% und 100% entsprechen einer vollständigen Übereinstimmung der Anteile der Pollentypen der verglichenen Pollenproben (Abschn. 3.8.3, Formel [5] und [6]).

Die Indices der Nischenüberlappung wurden mit den Einzeldaten, d.h. mit den Daten aus einer Pollenprobe pro Untersuchungsjahr, Probendatum, Standort und Unterart ermittelt. Die Berechnung erfolgte jeweils für zwei Unterarten (eine Unterartenkombination). Um festzustellen, ob sich zwei Unterarten ähnlicher sind als jeweils andere Paarungen, wurden die Werte der Nischenüberlappung der Unterartenkombinationen nachfolgend analysiert (KRUSKAL & WALLIS) und bei signifikanten Unterschieden paarweise verglichen (CONOVER).

#### 4.2.2.2.5.1 Gemeinschaftskoeffizient nach SOERENSEN

Die Verteilung der Werte des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN ist in Abb. 26 für die verschiedenen Unterartkombinationen der drei Untersuchungsjahre dargestellt. Die höchsten Werte wurden von der Unterartkombination *Apis mellifera carnica*/*Apis mellifera ligustica* sowie z.T. von *Apis mellifera capensis*/*Apis mellifera carnica* und die niedrigsten von den drei Kombinationen mit *Apis mellifera mellifera* erreicht.



**Abb. 26.** Verteilung der Werte des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN pro Pollenprobe unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Die Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN unterschieden sich signifikant zwischen den Unterartenkombinationen 1999 mit  $0,01 < P < 0,05$  sowie 1998 und 2000 mit  $P < 0,01$  (KRUSKAL & WALLIS; Anh. Tab. A 4.2.2.2.5.1; Tab. 63). Wurden die drei Untersuchungsjahre zusammengefasst, ergab sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Unterartenkombinationen auf dem 1% - Niveau.

Die Ergebnisse der paarweisen Analysen nach CONOVER für 1998, 1999 und 2000 im einzelnen und für alle Daten der drei Untersuchungsjahre sind in den Tabellen 64 bis 67 dargestellt. Wenn es zu signifikanten Unterschieden zwischen den Unterartenkombinationen kam, waren diese auf niedrigere Werte der Ähnlichkeit der Kombinationen mit *Apis mellifera mellifera* zurückzuführen. Die geringste Überschneidung bei den nachgewiesenen Pollentypen zeigte sich bei *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera capensis*.

**Tab. 63.** Vergleich (KRUSKAL & WALLIS) der Werte des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN zwischen den Unterartkombinationen für die Jahre 1998, 1999, 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr	P
1998	0,008
1999	0,036
2000	0,001
1998, 1999 und 2000	<0,001

**Tab. 64.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN für das Jahr 1998 (\*0,01<P<0,05; \*\*P<0,01; fett gedruckte Unterartkombinationen in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte)

	<i>cap/carn</i>	<i>cap/lig</i>	<i>cap/mell</i>	<i>carn/lig</i>	<i>carn/mell</i>	<i>lig/mell</i>
<b><i>cap/carn</i></b>			*			
<b><i>cap/lig</i></b>			**			
<i>cap/mell</i>						
<b><i>carn/lig</i></b>			**			
<b><i>carn/mell</i></b>			*			
<b><i>lig/mell</i></b>			**			

**Tab. 65.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN für das Jahr 1999 (\*0,01<P<0,05; \*\*P<0,01; fett gedruckte Unterartkombinationen in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte)

	<i>cap/carn</i>	<i>cap/lig</i>	<i>cap/mell</i>	<i>carn/lig</i>	<i>carn/mell</i>	<i>lig/mell</i>
<b><i>cap/carn</i></b>						
<b><i>cap/lig</i></b>						
<i>cap/mell</i>						
<b><i>carn/lig</i></b>			*			*
<b><i>carn/mell</i></b>						
<b><i>lig/mell</i></b>						

**Tab. 66.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN für das Jahr 2000 (\* $0,01 < P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; fett gedruckte Unterartkombinationen in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte)

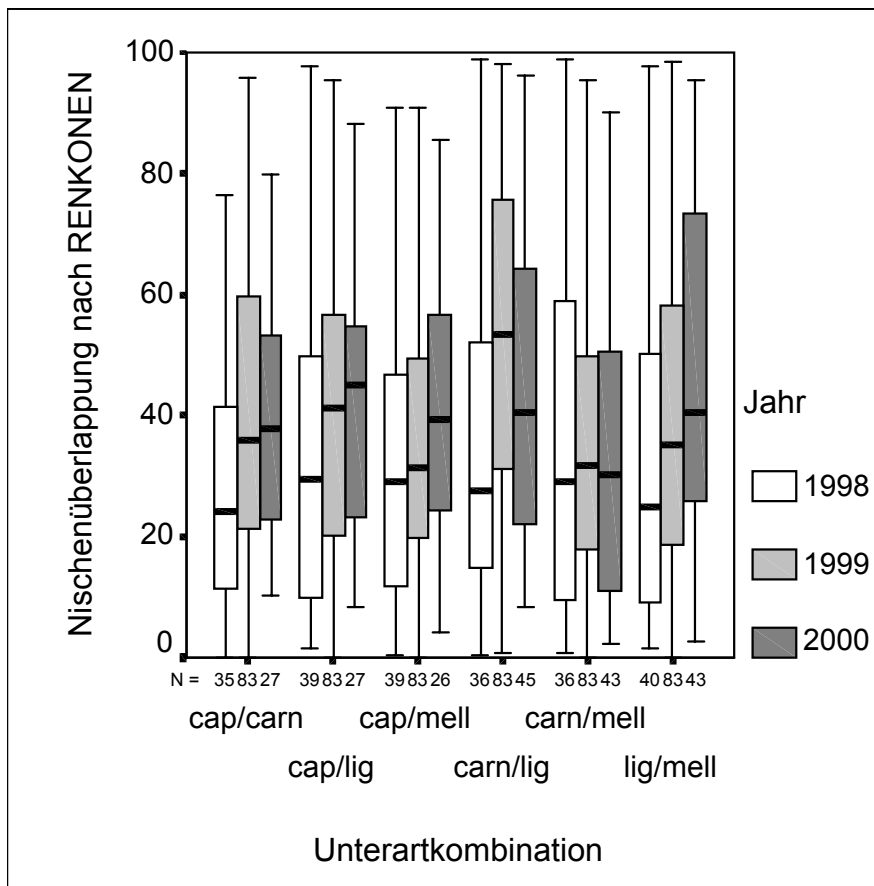
	<i>cap/carn</i>	<i>cap/lig</i>	<i>cap/mell</i>	<i>carn/lig</i>	<i>carn/mell</i>	<i>lig/mell</i>
<b><i>cap/carn</i></b>			**		**	**
<b><i>cap/lig</i></b>			*		*	
<i>cap/mell</i>						
<b><i>carn/lig</i></b>			**		**	**
<b><i>carn/mell</i></b>						
<b><i>lig/mell</i></b>						

**Tab. 67.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (\* $0,01 < P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; fett gedruckte Unterartkombinationen in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte)

	<i>cap/carn</i>	<i>cap/lig</i>	<i>cap/mell</i>	<i>carn/lig</i>	<i>carn/mell</i>	<i>lig/mell</i>
<b><i>cap/carn</i></b>			**		*	*
<b><i>cap/lig</i></b>			*			
<i>cap/mell</i>						
<b><i>carn/lig</i></b>			**		**	**
<b><i>carn/mell</i></b>						
<b><i>lig/mell</i></b>						

#### 4.2.2.2.5.2 Prozentuale Nischenüberlappung nach RENKONEN

Die Verteilung der Werte der prozentualen Nischenüberlappung nach RENKONEN sind in Abb. 27 für die verschiedenen Unterartkombinationen der drei Untersuchungsjahre dargestellt. Darin zeigt sich, dass es bei fast allen Unterartkombinationen zu minimalen Werten von 0% bis nahezu einer vollständigen Übereinstimmung des Polleneintrags pro Probe (100%) kam. Letzteres war besonders bei Proben mit sehr geringem Umfang und dementsprechend wenig verschiedenen Pollentypen der Fall.



**Abb. 27.** Verteilung der Werte der prozentualen Nischenüberlappung nach RENKONEN pro Pollenprobe unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Die prozentuale Nischenüberlappung unterschied sich 1999 zwischen den Unterarten mit  $P < 0,01$  und bei der Bewertung aller drei Untersuchungsjahre mit  $0,01 < P < 0,05$  signifikant voneinander (KRUSKAL-WALLIS). 1998 und 2000 bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Unterartenkombinationen (Anh. Tab. A 4.2.2.2.5.2., Tab. 68). Die Ergebnisse der nachfolgenden paarweisen Vergleiche (CONOVER) für 1999 und aller drei Jahre zeigen Tab. 69 und 70. Die Unterschiede beruhten auf der größeren Überschneidung des Polleneintrags bei den Unterarten *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* im Vergleich zu allen anderen Kombinationen mit Ausnahme von *Apis mellifera capensis*/*Apis mellifera ligustica* bei den Gesamtdaten der drei Untersuchungsjahre.

**Tab. 68.** Vergleich (KRUSKAL & WALLIS) der Werte der Nischenüberlappung nach RENKONEN zwischen den Unterartkombinationen für die Jahre 1998, 1999, 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr	P
1998	n.s.
1999	0,004
2000	n.s.
1998, 1999 und 2000	0,018

**Tab. 69.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand der Nischenüberlappung nach RENKONEN für das Jahr 1999 (\*  $0,01 < P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; fett gedruckte Unterartkombinationen in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte)

	<i>cap/carn</i>	<i>cap/lig</i>	<i>cap/mell</i>	<i>carn/lig</i>	<i>carn/mell</i>	<i>lig/mell</i>
<i>cap/carn</i>						
<i>cap/lig</i>						
<i>cap/mell</i>						
<b><i>carn/lig</i></b>	*	*	**		**	**
<i>carn/mell</i>						
<i>lig/mell</i>						

**Tab. 70.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand der Nischenüberlappung nach RENKONEN unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (\*  $0,01 < P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; fett gedruckte Unterartkombinationen in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte)

	<i>cap/carn</i>	<i>cap/lig</i>	<i>cap/mell</i>	<i>carn/lig</i>	<i>carn/mell</i>	<i>lig/mell</i>
<i>cap/carn</i>						
<i>cap/lig</i>						
<i>cap/mell</i>						
<b><i>carn/lig</i></b>	*		**		**	*
<i>carn/mell</i>						
<i>lig/mell</i>						

## 5 Diskussion

### 5.1 Fragestellung

Das Verbreitungsgebiet der Art *Apis mellifera* erstreckt sich, wie in Abschn. 1.1 beschrieben, über mehrere Klima- und Vegetationszonen. In diesem Gebiet ist bei der Honigbiene eine hohe geographische Variabilität quantitativer Merkmale zu verzeichnen, die genetisch determiniert sind (RUTTNER 1988). Die Einteilung in Unterarten beruht auf der Analyse morphologischer Merkmale. Wird eine Trennung der daraus berechneten Konfidenzellipsen (75%) erreicht, werden die Proben unterschiedlichen Unterarten zugeordnet (RUTTNER 1988). Die verschiedenen Unterarten weisen biologische Eigenschaften und Verhaltenseigenschaften auf (vgl. Abschn. 1.1, 1.2), die eine Anpassung an die Bedingungen in ihren natürlichen Lebensräumen darstellen (vgl. RUTTNER 1988, 1992, HEPBURN & CREWE 1991). Inwieweit sich auch Anpassungen herausgebildet haben, die sich auf das Sammelverhalten und die Ressourcennutzung auswirken und die diesbezüglich eine differenzierte Betrachtung der Unterarten der Honigbiene innerhalb der Art-typischen Eigenschaften erlauben, sollte mit der vorliegenden Arbeit geklärt werden. Dafür wurde der Polleneintrag von vier Unterarten an Standorten mit diverser Flora ermittelt und mit Hilfe verschiedener Methoden analysiert. Auftretende Unterschiede wurden im Detail untersucht und quantifiziert. Aus den Ergebnisse sollen abschließend mögliche Konsequenzen diskutiert werden (vgl. Abschn. 1.6).

#### 5.1.1 Auswahl der Unterarten und deren Herkunft

Für die Ermittlung möglicher Unterschiede in der Ressourcennutzung und im Sammelverhalten verschiedener Unterarten der Honigbiene lag der Schwerpunkt bei den europäischen Unterarten, *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica*. Die südafrikanische Unterart *Apis mellifera capensis* wurde in die Untersuchungen einbezogen, um die geographisch am weitesten voneinander entfernten Unterarten *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera capensis* (vgl. RUTTNER 1988, HEPBURN & CREWE 1991) im Polleneintrag vergleichen zu können



(vgl. Abschn. 1.5). Die ausgewählten Unterarten stammten aus Gebieten mit unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen und unterschiedlicher Vegetation.

Die Königinnen der *Apis mellifera mellifera* wurden aus Südnorwegen bezogen. Das Klima ist atlantisch geprägt und die Vegetation wird durch Pflanzengesellschaften mit Heidekraut (*Calluna vulgaris*; WALTER & BRECKLE 1986) bestimmt. Entsprechend ist mit Ausnahme des Frühsommers das Heidekraut Hauptpollen- und -nektarquelle. Eigene Pollenfallenversuche im August 2000 in diesem Gebiet zeigten, dass 99% des Polleneintrags aus *Calluna vulgaris*-Pollen bestanden (Anh. Tab. A 5.1.1). Andere Pollen- und/oder Nektarquellen sind *Salix spec.*, *Hypericum maculatum*, verschiedene Rosaceae (z.B. diverse Obstbäume, *Rubus spec.*, *Potentilla spec.*, *Geum spec.*), Asteraceae (z.B. *Taraxacum spec.*) und Arten der Apiaceae, Campanulaceae, Brassicaceae oder Fabaceae (MAURIZIO 1979).

Die Königinnen von *Apis mellifera carnica* wurden aus Lunz am See in Niederösterreich am Nordrand der östlichen Alpen eingeführt. Das Klima gilt als gemäßigt-mittleuropäisch. Die Vegetation wird je nach Höhenstufe durch Fichtenwälder oder Mischwaldbestände aus Buche, Tanne und Fichte geprägt (WALTER & BRECKLE 1986). Entsprechend bildet der Honigtau die Hauptnahrungsquelle für die Bienen (ca. 80%; FOSSEL 1974). Nach Honiganalysen stammen die vorherrschenden Pollentypen von *Trifolium spec.*, *Rubus spec.*, *Salix spec.*, *Filipendula ulmaria*, Asteraceae Form T, Apiaceae-Arten, *Myosotis spec.*, verschiedene Lamiaceae-Arten, Ericaceae-Arten, verschiedenen Obstgehölzen (Rosaceae) oder *Centaurea spec.* (FOSSEL 1965, 1974).

Die *Apis mellifera ligustica*-Königinnen kamen aus der Gegend um Bologna in Italien. In diesem Gebiet herrscht submediterranes bis mediterranes Klima (WALTER & BRECKLE 1986). Zu den häufigsten Pollentypen in Honigen zählen z.B. *Castanea sativa*, Brassicaceae, *Papaver spec.*, *Trifolium repens*, Graminaceae, verschiedene Asteraceae und Rosaceae (PERSANO ODDO & PIANA 2001).

Die südafrikanische Unterart *Apis mellifera capensis* wurde über Königinnen aus der Kap-Region Südafrikas bezogen. Das Gebiet ist ebenfalls durch mediterranes Klima gekennzeichnet und weist mit der Capensis ein eigenes Florenreich auf (WALTER 1984, WALTER & BRECKLE 1986), das durch einen hohen Artenreichtum an Pflanzen mit zahlreichen endemischen Pflanzenarten charakterisiert (REBELO 1987). Nach Pollenfallenversuchen von KÖTTNER (1991) in der westlichen Kap-Region waren *Hypochoeris radiata*, *Metalasia muricata*, *Ambrosia artemisifolia* (Asteraceae), *Fici*

*nia spec.* (Cyperaceae), *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae) und *Cliffortia spec.* (Rosaceae) die häufigsten Pollentypen, wobei *Hypochoeris radiata* und *Plantago lanceolata* aus Europa eingeschleppte Pflanzen darstellen.

### **5.1.2 Auswahl der Standplätze und des Versuchszeitraumes**

Wie in Abschnitt 1.1 dargestellt, konzentrieren sich Honigbienen auf sehr ergiebige Pollenquellen. Um Unterschiede in der Pollennutzung zwischen den Unterarten feststellen zu können, war die Auswahl der Standplätze von großer Bedeutung. Bei einem Angebot nur sehr weniger und ergiebiger Pollentypen wäre eine Konzentration der Bienen auf diese zu erwarten. SCHMIDT et al. (1995) zeigten, dass es bei einem vielfältigen Angebot an verschiedenen Pollen zu einer Auswahl und zu Bevorzugungen bestimmter Pollen kommen kann. Demnach sollte die Diversität der Pollenquellen an den Standplätzen der Bienenvölker so hoch wie möglich sein. Im Untersuchungsgebiet am Südostrand des Taunus war das vor allem auf extensiv genutzten Flächen, wie Streuobstwiesen oder einschürigen Mähwiesen gewährleistet. Auch Gärten konnten die Ansprüche der Arbeit in dem relativ dicht besiedelten Gebiet erfüllen. Nach SEELEY (1989) wird bei einem geringeren Angebot sehr reicher Nahrungsquellen ein breiteres Spektrum an Ressourcen genutzt. Im Frühjahr und Frühsommer waren im Gebiet sogenannte Massentrachten wie Raps, Obstblüten oder Edelkastanie Hauptpollenquellen. Eine hohe Diversität an Pollenquellen war demnach erst nach der Hauptblütezeit dieser sehr ergiebigen Nahrungsquellen gegeben. Aus diesem Grund wurden die Versuche ab Juni/Juli begonnen und je nach Witterungsbedingungen im August oder September beendet. Wie die Ergebnisse zeigten, war sowohl die Auswahl der Standplätze als auch die des Versuchszeitraumes geeignet, die Frage nach Unterschieden im Sammelverhalten und der Ressourcennutzung verschiedener Unterarten der Honigbiene zu beantworten.

## **5.2 Diskussion methodischer Aspekte**

### **5.2.1 Ermittlung des Polleneintrags**

Pollenfallen mit definierter Lochgröße am Flugloch der Bienenstöcke bieten die Möglichkeit, in Abhängigkeit von der Lochgröße einen bestimmten Anteil des Polleneintrags in einem bekannten Zeitraum zu erfassen und Rückschlüsse auf das

Pollenangebot in einem Gebiet zu ziehen. Diese Methode wurde z.B. in Untersuchungen zum Vergleich von sogenannten afrikanisierten und europäischen Honigbienen oder von verschiedenen Völkern einer Unterart angewandt, um Aussagen über mögliche Unterschiede in der Nutzung von Blütenpflanzen als Pollenquelle zwischen den verschiedenen Herkünften machen zu können (z.B. VILLANUEVA 1999, GARCIA-GARCIA et al. 1998) oder um Hauptpollenerntezeiten zu erfassen (NABORS 1997).

Jedoch besteht der Nachteil solcher Pollenfallen darin, dass bei einem definierten Durchmesser der Löcher unterschiedlich große Pollenladungen ungleich abgestreift werden. Wie Angaben von GILLETTE (1897), PARK (1922), PARKER (1926) und MAURIZIO (1953; alle in WINSTON 1987) und Untersuchungen von VAISSIERE & VINSON (1994) zeigten, sind die Pollenladungen verschiedener Blütenpflanzenarten unterschiedlich groß. Die Wahrscheinlichkeit des Abstreifens größerer Pollenladungen ist höher als die von kleinen Pollenladungen. Demnach kann sich durch die Verwendung der Pollenfallen das erfasste Pollenspektrum zugunsten der Pollentypen verschieben, die mit größeren Pollenladungen eingetragen werden. Der ermittelte Polleneintrag muss demnach nicht vollständig mit den tatsächlich gesammelten Anteilen der Pollentypen übereinstimmen.

Mit den Lochgrößentests (vgl. Abschn. 3.3.1) im Mai 1998 vor Beginn der Versuche sollte gewährleistet werden, dass von allen Unterarten ein vergleichbarer Anteil des Polleneintrags für die Untersuchungen zur Verfügung steht. Aufgrund dieser Vorversuche wurden für *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* Lochstreifen mit einem einheitlichen Lochdurchmesser von 5,0 mm und für die kleinere *Apis mellifera capensis* (vgl. RUTTNER 1988) ein Lochdurchmesser von 4,8 mm verwendet. Für einen einheitlichen Durchmesser bei den europäischen Unterarten sprachen Angaben von CURIK & KECIK (1994), nach denen in der Fläche der Tibia kein signifikanter Unterschied zwischen *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera carnica* bestand. Daneben beschreibt RUTTNER (1988) *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* als morphologisch sehr ähnlich. Demnach wären kaum Unterschiede in der Größe der Pollenladungen zwischen den drei europäischen Unterarten zu erwarten. Wie der Vergleich des Gewichts von ausgewählten Pollenladungen zeigte (vgl. Abschn. 4.2.2.1.3.5), könnten signifikante Unterschiede in der Größe der Pollenladungen zwischen den Unterarten auftreten. Diese Unterschiede waren jedoch nicht konstant auf größere Pollenladungen einer der Unterarten zurückzuführen. Es kann damit nicht endgültig geklärt werden, ob die untersuchten Unterarten unterschiedlich große Pollenladungen eintragen. Um detaillierte Aussagen über mögliche Unterschiede in der Größe der Pollenladungen zwischen

den Unterarten zu treffen, müssten genauere Untersuchungen durchgeführt werden. Da möglichst viele Blütenpflanzenarten erfasst werden sollten, müssten entsprechende Versuche für einen längeren Zeitraum als die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Lochgrößentests angelegt sein.

Es ist trotz der kritischen Betrachtung der Probennahme davon auszugehen, dass der ermittelte Polleneintrag zwischen den untersuchten Unterarten vergleichbar war und mögliche Unterschiede ermittelt werden konnten. Eine Verschiebung des erfassten im Vergleich zum tatsächlich eingetragenen Pollenspektrum trifft für alle Unterarten gleichermaßen zu und hat somit keinen Einfluss auf die Interpretation der Ergebnisse. Daneben stehen mögliche Unterschiede in der Größe der Pollenladungen zwischen den Unterarten und daraus folgender unterschiedlicher an den Pollenfallen abgestreifter Anteile des Polleneintrags bzw. Pollenmengen nicht im Zusammenhang mit den im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Unterschieden. Unterschiede im Polleneintrag zwischen den untersuchten Unterarten konnten in allen drei Untersuchungsjahren aufgezeigt werden. Im Gegensatz dazu lagen nicht in allen drei Jahren unterschiedliche Mengen an Pollen vor. Beispielsweise war die Menge des Eintrags 2000 im Gegensatz zu 1998 und 1999 zwischen den Unterarten nicht signifikant verschieden. Dennoch konnten mit den Ordinationsverfahren und mit dem Vergleich verschiedener Pollentypen zwischen den Unterarten im dritten Untersuchungsjahr Unterschiede hinsichtlich der Präferenzen einzelner Pollentypen aus den ersten beiden Untersuchungsjahren bestätigt werden. Der gewonnene Pollen wird als zuverlässige Grundlage eines repräsentativen Unterartenvergleichs angesehen.

### **5.2.2 Kritische Bewertung der Rotationsversuche**

In der Beschreibung der Probennahme innerhalb der Rotationsversuche (Abschn. 3.5.2) wurde zunächst keine Beeinträchtigung der verstellten Bienenvölker durch eine Verminderung des Polleneintrags nach dem Verstellen festgestellt. Die Auswertung (KRUSKAL & WALLIS, CONOVER; Tab. 71, Anh. Tab. A 5.2.2) der Pollenmengen pro Probe der in die Rotationsversuche einbezogenen Völker der drei Rotationszeiträume zeigte eine signifikante Abnahme der eingetragenen Pollenmenge nach dem Verstellen auf einen für die Bienen unbekanntem Standort. Wurden die Völker wieder auf den Ausgangsstandort gebracht, war der Eintrag nicht signifikant verschieden im Vergleich zum jeweils ersten Tag der Rotationsversuche. Dieses

Ergebnis zeigte, dass die Völker an unbekanntem Standorten am ersten Tag weniger Pollen eintrugen, als an bekannten Standorten, auch wenn sie drei Tage entfernt wurden (vgl. Tab. A 3.5.2). Einen Unterschied zwischen den Unterarten trat diesbezüglich im wesentlichen nicht auf. Der in den Rotationsversuchen erfasste Pollen wurde trotz der beschriebenen Schwankungen in der eingetragenen Pollenmenge zur Ermittlung des Einflusses des Bienenvolkes auf den Polleneintrag für die untersuchten Unterarten genutzt, da alle Unterarten gleichermaßen den beschriebenen Versuchsbedingungen ausgesetzt waren.

**Tab. 71.** Vergleich der Pollenmengen für die Gesamtdaten der drei Rotationszeiträume 1999 pro Probe und für die Unterarten im einzelnen (KRUSKAL & WALLIS, CONOVER) zwischen verschiedenen Standortkategorien (Ausgangsstandort = Standort, an dem die Völker bereits mehrere Wochen standen; Zwischenstandort = Standort, zu dem die Völker jeweils verstellt wurden und an denen sie mehrere Wochen nicht gestanden hatten; Endstandort = Standort, der dem Ausgangsstandort entsprach und von dem die Völker drei Tage entfernt waren; \*  $0,01 < P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ ; (\*) Unterschied war knapp nicht signifikant auf dem 5%-Niveau)

Vergleich der Pollenmengen/Probe	alle Daten	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
Ausgangsstandort-Zwischenstandort	**	**	**	**	**
Ausgangsstandort-Endstandort	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zwischenstandort-Endstandort	**	(*)	**	**	**

### 5.2.3 Anfertigung der Pollenpräparate und Determination der Pollen

Die Aufbereitung der Pollenproben und die Anfertigung der Pollenpräparate erfolgte nach einer Methode, die in modifizierter oder gleicher Form in verschiedenen Arbeiten zur Anwendung kam (KÖTTNER 1991, COFFEY & BREEN 1997). Im Gegensatz zur Aufbereitung von Pollen aus Honigen (vgl. LOUVEAUX et al. 1978) gibt es für Pollenladungen keine standardisierte Methode und das Verfahren kann jeweils an die Zielstellung der Arbeit angepasst werden (z.B. Aufbereitung der gesamten Pollenproben oder nur eines definierten Anteils des Eintrags). Durch die Aufbereitung der gesamten Pollenproben für die vorliegende Arbeit konnte gewährleistet werden, dass sowohl die Hauptpollentypen als auch weniger häufig eingetragene Pollentypen erfasst wurden, mit deren Hilfe mögliche Unterschiede im Polleneintrag zwischen den Unterarten erkannt werden konnten. Die Präparation und Auszählung der Pollen entsprach im wesentlichen der für Pollen aus Honigen üblichen Methode (LOUVEAUX et al. 1978). Die Determination der Pollen erfolgte mit Standardliteratur

zur Pollenanalyse (u.a. ZANDER 1935, 1937, 1941, 1949, 1951, HODGES 1974), mit Hilfe von eigenen Vergleichspräparaten (vgl. Abschn. 3.7.1) sowie mit Vergleichspräparaten aus der Sammlung der Landesanstalt für Bienenkunde der Universität Hohenheim. Die Berechnung der Volumen der verschiedenen Pollentypen (BIESMEIJER & SOMMEIJER 1992) verhinderte eine Überbewertung kleiner gegenüber großer Pollentypen. Damit konnte eine geeignete Grundlage für eine detaillierte Auswertung des Polleneintrags der vier Unterarten geschaffen werden.

#### **5.2.4 Auswertung des Polleneintrags**

Der Polleneintrag der Bienenvölker ist von zahlreichen Faktoren abhängig, die in Abschn. 1.4 beschrieben wurden. Dadurch wurden bei der Erfassung des Polleneintrags Daten erhoben, die sehr heterogen waren. Außerdem traten durch die Schwankungen des Pollenangebots für viele Pollentypen zahlreiche Nullwerte in der Datenmatrix im Jahresverlauf oder an verschiedenen Standorten auf.

Um Informationen aus diesen komplexen und heterogenen Daten zu gewinnen, wurden verschiedene Verfahren der Auswertung angewandt. Eine Möglichkeit, den Polleneintrag zu analysieren, war der Vergleich der Werte für die Parameter (Pollenmenge, Anzahl der Pollentypen, Pollentypen mit ihren relativen Häufigkeiten) pro Pollenprobe zwischen den Unterarten. Weiterhin ließen sich pro Pollenprobe verschiedene Größen berechnen, die weitere direkte Vergleichsmöglichkeiten der Proben der Unterarten z.B. hinsichtlich Diversität, Evenness, Pollentypen-Turnover-Rate oder Nischenüberlappung eröffneten. Mit den Vergleichen der Parameter und Kenngrößen der einzelnen Pollenproben zwischen den Unterarten wurden verschiedene Teilaspekte des Polleneintrags analysiert. Die angewandten Ordinationsverfahren im Rahmen der multivariaten Statistik boten zum einen die Möglichkeit zur Gesamtanalyse der Daten aller Pollenproben für die einzelnen Untersuchungsjahre. Mit Hilfe dieser Verfahren konnten die Pollenspektren in ihrer Gesamtheit für die vier untersuchten Unterarten graphisch dargestellt und verglichen werden. Zum anderen war es möglich, den Einfluss verschiedener Faktoren auf den Polleneintrag einschließlich der Unterart zu schätzen.

Die Ergebnisse der Analysen der Parameter und Kenngrößen des Polleneintrags ließen sich mit den Informationen aus den Ordinationsverfahren vergleichen und zusammenfassen, was eine genaue und vielschichtige Charakterisierung des Polleneintrags der vier untersuchten Unterarten am Südostrand des Taunus ermöglichte.

## 5.3 Diskussion der Ergebnisse

Der Polleneintrag der vier Unterarten der Honigbiene wurde, wie eben beschrieben, auf verschiedenen Ebenen ausgewertet. Neben einer Gesamtanalyse kamen verschiedenen Einzelanalysen der Parameter und Kenngrößen des Polleneintrags zur Anwendung (vgl. Abschn. 5.2.4). Letztere stellen eine sehr detaillierte Auswertung dar, die in der Lage war, geringe Unterschiede in Teilaspekten des Polleneintrags zwischen den Unterarten aufzudecken. Im Abschnitt 5.3.1 sollen die Detailergebnisse der Einzelanalysen diskutiert werden. Ob sich die ermittelten Unterschiede auch in der Gesamtanalyse des Polleneintrags niederschlugen, wird im Abschnitt 5.3.3 diskutiert.

### 5.3.1 Differenzierte Betrachtung der Unterarten anhand des Polleneintrags

#### 5.3.1.1 Diskussion der Unterschiede im Eintrag einzelner Pollentypen

Die häufigsten Pollentypen stimmten im wesentlichen bei allen untersuchten Unterarten überein. Es waren *Zea mays*, *Filipendula ulmaria*, *Plantago spec.*, Vitaceae, *Castanea sativa*, Asteraceae Form T, Rosaceae, *Hedera helix*, Asteraceae Form A, *Phacelia tanacetifolia*, Brassicaceae und *Lycium spec.* (vgl. Tab. 8 und 11). Ob es trotz der Übereinstimmung bei den häufigen Pollentypen zu signifikanten Unterschieden im Eintrag einzelner Pollentypen zwischen den Unterarten kam, wurde in Abschn. 4.2.2.1.1.2 mit den relativen Häufigkeiten aller nachgewiesenen Pollentypen pro Probe im einzelnen untersucht. Die aus den Varianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) folgenden Ergebnisse der drei Untersuchungsjahre waren nicht einheitlich. Es kam zwischen den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 zu deutlichen Schwankungen der berechneten Signifikanzen bei einer Reihe von verschiedenen Pollentypen. Ursache dafür könnten Unterschiede im Pollenangebot sein (vgl. SCHMIDT et al. 1995). Dafür spricht auch das nicht konstante Auftreten signifikanter Unterschiede zwischen den Unterarten an den verschiedenen Standorten, was beispielhaft für einige Pollentypen mit signifikanten Unterschieden im Eintrag zwischen den Unterarten ermittelt wurde (Anh. Tab. A 5.3.1.1). Nach der Kombination (FISCHER's combination procedure) und der Korrektur (BONFERRONI) der P-Werte aus den Rangvarianzanalysen ergaben sich insgesamt 23 Pollentypen mit signifikanten Unterschieden in den eingetragenen relativen Häufigkeiten zwischen den

Unterarten. 11 davon unterschieden sich schwach signifikant mit  $0,01 < P < 0,05$  und 12 signifikant oder hoch signifikant mit  $P < 0,01$  (Tab. 15). Auf die Pollentypen, die sich maximal mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% zwischen den Unterarten unterschieden, soll im folgenden näher eingegangen werden (Auflistung Tab. 72). Unter diesen Pollentypen waren häufige (z.B. Asteraceae Form T, *Trifolium repens*) und weniger häufige (z.B. *Malva spec.*, *Begonia spec.*) vertreten. Mit Ausnahme von Asteraceae Form S und T, *Bryonia spec.*, *Datura spec.* sowie *Trifolium repens* waren die signifikanten Unterschiede auf einen Mehreintrag ausschließlich durch *Apis mellifera mellifera* im Vergleich zu allen anderen Unterarten oder einem Teil von ihnen zurückzuführen (vgl. Tab. 16 und 71).

Eine Ursache für den Mehreintrag spezifischer Pollentypen könnte die Ausstattung der Ursprungsgebiete der einzelnen Unterarten mit entsprechenden Pollenquellen sein. Wie TELLERIA (1993) zeigte, nutzte *Apis mellifera ligustica* in Argentinien mehr Pollentypen ihres Herkunftsgebietes.

In Tab. 72 sind die natürlichen Verbreitungsgebiete der signifikant unterschiedlich ausgebeuteten Pollenquellen aufgelistet. Ob die in ihren relativen Häufigkeiten signifikant unterschiedlichen Pollentypen der vorliegenden Arbeit auch in der Literatur nach Honiganalysen in den Ursprungsgebieten der Unterarten als bedeutend erwähnt wurden, zeigt ebenfalls Tab. 72.

Auf der Basis dieser Daten könnte nur ein Zusammenhang der Ausstattung an Pollenquellen und dem Polleneintrag der Unterarten in den Herkunftsgebieten mit dem Polleneintrag im Untersuchungsgebiet z.T. für Ericaceae und *Apis mellifera mellifera*, für Asteraceae Form S und T sowie *Trifolium repens* für *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* abgeleitet werden. Eine eindeutige Ableitung ist in keinem der Fälle möglich, da Ericaceae-Arten auch wichtige Pollen- und Nektarquellen für *Apis mellifera carnica* in deren Ursprungsgebiet (FOSSEL 1956) darstellen. *Trifolium repens* dient nach MAURIZIO (1979) ebenfalls für *Apis mellifera mellifera* in Südnorwegen als häufige Nahrungsquelle. Gegen diese Interpretation spricht auch die verstärkte Ausnutzung von in Europa eingeführten Pflanzengattungen durch *Apis mellifera mellifera*, wie z.B. *Begonia spec.*, *Datura spec.* oder *Oenothera spec.* (vgl. Tab. 72). STIMEC et al. (1997) verwiesen in ihren Untersuchungen über den Polleneintrag der Honigbiene auf einen Anteil von 75%, der auf eingeführte Pflanzentaxa zurückzuführen war.



**Tab. 72.** Pollentypen, die sich in ihrem Eintrag (relative Häufigkeiten) signifikant zwischen den Unterarten unterscheiden;

unter Angabe: - der natürlichen Verbreitung der Pollenquellen,

- des Vorkommens der Pollenquellen als im Untersuchungsgebiet eingeführte

Zier- oder Nutzpflanzen

- des Vergleichs mit häufigen Pollentypen in den Ursprungsgebieten der untersuchten Unterarten anhand der Literatur und

- der Unterarten, die die jeweiligen Pollentypen im Untersuchungsgebiet signifikant häufiger als alle anderen Unterarten oder ein Teil von ihnen eingetragen haben

Pollentyp	Ursprungsgebiete / natürliche Verbreitung (z.T. inkl. der Pflanzenfamilie)	Vorwiegend eingeführte Zier- oder Nutzpflanze im Untersuchungsgebiet	häufiger Pollentyp in Ursprungsgebieten der Unterarten:	in der vorliegenden Untersuchung Mehreintrag durch (vgl. Tab. 16):
Asteraceae Form S (Gattungen: u.a. <i>Serratula</i> , <i>Cirsium</i> , <i>Carduus</i> , <i>Arctium</i> , <i>Carlina</i> , <i>Onopordon</i> ; ZANDER 1935)	Familie weltweit verbreitet; Gattungen des Pollentyps vorwiegend auf der Nordhemisphäre in Nordafrika, Europa und Asien; z.T. Verbreitungsschwerpunkte in Süd- und Südosteuropa (HEGI 1987)	nein	<i>A.m.capensis</i> -Vertreter der Familie Asteraceae (KÖTTNER 1991), <i>A.m.ligustica</i> (PERSANO ODDO & PIANA 2001), <i>A.m.carnica</i> (FOSSEL 1956), vereinzelt <i>A.m.mellifera</i> (MAURIZIO 1979)	<i>A.m.carnica</i> , <i>A.m.ligustica</i>
Asteraceae Form T (1) (Gattungen: u.a. <i>Taraxacum</i> , <i>Leontodon</i> , <i>Hieracium</i> , <i>Crepis</i> , <i>Hypochoeris</i> , <i>Picris</i> ; ZANDER 1935)	Familie weltweit verbreitet; Gattungen des Pollentyps vorwiegend auf der Nordhemisphäre in Europa, West- und Zentralasien, Nordafrika, auch in Südafrika (HEGI 1987)	nein	<i>A.m.capensis</i> -Vertreter der Familie Asteraceae (KÖTTNER 1991), <i>A.m.ligustica</i> (PERSANO ODDO & PIANA 2001), <i>A.m.carnica</i> (FOSSEL 1956), vereinzelt <i>A.m.mellifera</i> (MAURIZIO 1979)	<i>A.m.capensis</i> , <i>A.m.carnica</i> , <i>A.m.ligustica</i>
<i>Begonia spec.</i>	ausschließlich Tropen (Hegi 1924/25)	ja	nicht erwähnt	<i>A.m.mellifera</i>
<i>Bryonia spec.</i>	Mittel- und Südosteuropa (SCHMEIL-FITSCHEN 2000), weitere Gattungen der Familie Cucurbitaceae aus trop. Amerika und Asien (STRASBURGER et al. 1971)	nein, andere Gattungen der Familie eingeführt	<i>A.m.carnica</i> -Cucurbita als Vertreter der Pflanzenfamilie (FOSSEL 1956)	<i>A.m.capensis</i> , <i>A.m.carnica</i>
<i>Cornus spec.</i>	nördliche extratrop. Florenreiche von Asien, Amerika und Europa; Verbreitungsschwerpunkt in Zentralchina (HEGI 1965)	zum Teil	in Literatur nicht erwähnt	<i>A.m.mellifera</i>
<i>Datura spec.</i>	tropisches Südamerika (HABERER 1996)	ja	in Literatur nicht erwähnt	<i>A.m.capensis</i> , <i>A.m.mellifera</i>

Fortsetzung Tab. 72.

Pollentyp	Ursprungsgebiete / natürliche Verbreitung (z.T. inkl. der Pflanzenfamilie)	Vorwiegend eingeführte Zier- oder Nutzpflanze im Untersuchungsgebiet	häufiger Pollentyp in Ursprungsgebieten der Unterarten:	in der vorliegenden Untersuchung durch (vgl. Tab. 16):
Ericaceae	subarktische und atlantische Zwergstrauchheiden, in Hochmooren und rohhumusreichen Nadelwäldern, nahe der Baumgrenze der Gebirge, in den mediterranen Macchien und in den Heiden des Kaplandes (STRASBURGER et al. 1971)	nein	<i>A.m.carnica</i> (FOSSEL 1956), <i>A.m.mellifera</i> (MAURIZIO 1979)	<i>A.m.mellifera</i>
Liliceae/ Iridaceae/ Amaryllidaceae	Liliaceae fast über gesamte Erde verbreitet, besonders südliches Afrika, Asien, Südeuropa; Iridaceae: vorwiegend Subtropen und Tropen; Amaryllidaceae: v.a. tropische und subtropische Bereiche beider Hemisphären, südl. Afrika, Mittelmeergebiet (HEGI 1939)	zum Teil	<i>A.m.capensis</i> (KÖTTNER 1991), <i>A.m.ligustica</i> - <i>Asparagus spec.</i> PERSANO ODDO & PIANA 2001)	<i>A.m.mellifera</i>
<i>Malva spec.</i>	heimische Gattung, weitere Gattungen der Pflanzenfamilie aus tropisch-subtropischen Bereichen Asiens, Afrikas und Amerikas (STRASBURGER et al. 1971)	nein, andere Gattungen der Familie eingeführt	in Literatur nicht erwähnt	<i>A.m.mellifera</i>
<i>Oenothera spec.</i>	Nordamerika (SCHMEIL-FITSCHEN 1958)	ja	in Literatur nicht erwähnt	<i>A.m.mellifera</i>
Rosaceae (Kleinform)	Familie vor allem auf der Nordhemisphäre verbreitet (STRASBURGER et al. 1971)	nein	Pflanzenfamilie bei <i>A.m.capensis</i> (KÖTTNER 1991), <i>A.m.carnica</i> (FOSSEL 1956), <i>A.m.ligustica</i> (PERSANO ODDO & PIANA 2001), <i>A.m.mellifera</i> (MAURIZIO 1979)	<i>A.m.mellifera</i>
<i>Trifolium repens</i>	Heimische Art, Familie weltweit verbreitet, häufig in den eurasiatischen Steppen und Halbwüsten (STRASBURGER et al. 1971)	nein	<i>A.m.carnica</i> (FOSSEL 1956), <i>A.m.ligustica</i> (PERSANO ODDO & PIANA 2001), <i>A.m.mellifera</i> (MAURIZIO 1979)	<i>A.m.capensis</i> , <i>A.m.carnica</i> , <i>A.m.ligustica</i>

Wie eben dargelegt und aus Tab. 72 ersichtlich, erscheint die Ausstattung der Ursprungsgebiete mit Pollenquellen und deren Ausbeutung durch die jeweils autochthonen Unterarten nicht als Ursache für einen Mehreintrag spezifischer Pollentypen in anderen Gebieten. Da die Honigbienen ein ausgesprochen polylektisches Sam

molverhalten aufweisen (vgl. Abschn. 1.1), kann eine Spezialisierung auf Pflanzengattungen oder –familien ausgeschlossen werden.

Wie Untersuchungen zeigten, sind aber verschiedene Unterarten der Honigbiene in Abhängigkeit von der Rüssellänge unterschiedlich gut befähigt, Nektar aus Blüten mit langen Kronröhren zu bergen (MICHAILOV 1930, LUNDER 1953, GASANOV 1967). Die in die vorliegende Arbeit einbezogenen Unterarten wiesen unterschiedliche Rüssellängen auf (vgl. Absch. 3.1, Anh. Tab. A 3.7.3). Da zur Unterscheidung des Sammelverhaltens und der Ressourcennutzung der Polleneintrag analysiert wurde, kann dieses Merkmal nicht direkt zur Begründung eines Mehreintrags verschiedener Pollentypen herangezogen werden. Ob ein Mehreintrag trotzdem mit verschiedenen Blütentypen, also der Blütenform und der Darbietung von Pollen und/oder Nektar, zusammenhängt, soll im folgenden geklärt werden. Dazu wurden die signifikant unterschiedlichen Pollentypen Blütentypen (vgl. Abschn. 4.2.2.1.2.1, Anh. Tab. A 4.2.2.1.2.1.2, Tab. 73) zugeordnet. Nur bei einem Teil dieser Blütentypen konnten im Eintrag von Pollen signifikante Unterschiede zwischen den Unterarten nachgewiesen werden. Bei den Korbblumen unterschieden sich die Einträge zwischen den Unterarten durch einen Mehreintrag von Pollen aus solchen entweder nur mit Röhren- oder Zungenblüten. Scheibenblumen wurde in ihrer Gesamtheit nicht unterschiedlich genutzt. Nur bei denen, die den Nektar offen abschieden, traten signifikante Unterschiede zwischen den Unterarten auf. Signifikant unterschiedlich beuteten die untersuchten Unterarten auch Stieltellerblumen insgesamt und solche mit freien Staubblättern sowie Schmetterlingsblumen in ihrer Gesamtheit und die mit Klappeinrichtungen aus.

Pollen wird bei den Korbblumen (z.T. durch Herausschieben des Pollens durch das Wachsen des Griffels oder durch Fegehaare; STRASBURGER et al. 1971), den Scheiben- sowie Stieltellerblumen mit freien Staubblättern offen dargeboten. Den Klappmechanismus zum Freilegen der Staubgefäße bei den Schmetterlingsblumen (KUGLER 1970) auszulösen, dürften alle untersuchten Unterarten gleichermaßen in der Lage sein. Somit scheint ein Mehreintrag an Pollen nicht mit einer unterschiedlichen Darbietung und einer daraus möglicherweise resultierenden Bevorzugung durch einzelne Unterarten im Zusammenhang zu stehen. Auffällig ist, dass die Unterarten in vielen Fällen von den Blütentypen Pollen signifikant häufiger ernteten, an denen sie aufgrund ihrer Rüssellänge (vgl. Tab. A 3.7.3) gut Nektar bergen könnten. Beispiele sind die längerrüsseligen Unterarten *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* an den genannten Korb- und Schmetterlingsblumen und *Apis mellifera mellifera* als kürzerrüsselige Unterart an Scheibenblumen, an denen der Nektar offen abgeschieden wird. Ausnahmen stellte der Mehreintrag von Pollen der Stiel

tellerblumen durch *Apis mellifera mellifera* sowie von Schmetterlingsblumen durch *Apis mellifera capensis* dar. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass die Bienen an den Blüten, an denen sie mit Erfolg Nektar gesammelt haben, auch Pollen sammeln. Das Erlernen von Mustern bzw. Formen im Zusammenhang mit der Futteraufnahme beschreiben WEHNER & LINDAUER (1966), FREE (1970b) und WEHNER (1971). Die Präferenz von Blütentypen könnte auch die Folge der Bevorzugung von Farben oder Düften der verschiedenen Blüten nach einer Nektarbergung sein. Die Dressur von Honigbienen mittels Zuckerlösung auf Farben zeigte MENZEL (1967, 1968, 1969). Nach Versuchen von KOLTERMANN (1969) suchen die Bienen eine Futterquelle nach erfolgreichem Besuch aufgrund des erlernten Duftes wieder auf.

Da die Hypothese, dass die Bienen nach erfolgreicher Nektarernte auch Pollen in den betreffenden Blüten sammeln, nicht auf alle Blütentypen anwendbar ist, müssen noch andere Ursachen für den unterschiedlichen Eintrag von Pollen durch einzelne Unterarten vorliegen.

**Tab. 73.** Zuordnung der signifikant unterschiedlich genutzten Pollentypen zu Blütentypen unter Angabe signifikanter Unterschiede bei den Blütentypen und der Unterarten, die die entsprechenden Blütentypen häufiger ausbeuteten

Pollentyp	Blütentyp (Grundform)	sign. Unterschied im Eintrag von Pollen des zugeordneten Blütentyps	sign. Unterschied im Eintrag von Pollen der zugeordneten Grundform des Blütentyps	Mehreintrag durch:
Asteraceae Form S	Korbblumen nur Röhrenblüten (Korbblumen)	ja	ja	<i>A.m.carnica</i> , <i>A.m.ligustica</i>
Asteraceae Form T (1)	Korbblumen nur mit Zungenblüten (Korbblumen)	ja	ja	<i>A.m.carnica</i> , <i>A.m.ligustica</i>
<i>Begonia spec.</i>	Scheibenblumen nur Pollen (Scheibenblumen)	nein	nein	-
<i>Bryonia spec.</i>	kleine Trichterblumen (Trichterblumen)	nein	nein	-
<i>Cornus spec.</i>	Scheibenblumen Nektar offen abgegeben (Scheibenblumen)	ja	nein	<i>A.m.capensis</i> , <i>A.m.mellifera</i>
<i>Datura spec.</i>	große Trichterblumen (Trichterblumen)	nein	nein	-
Ericaceae	Glockenblumen mit Streueinrichtung (Glockenblumen)	nein	nein	-
Liliceae/Iridaceae/ Amaryllidaceae	keine Zuordnung	-	-	-
<i>Malva spec.</i>	Scheibenblumen Nektar verborgen (Scheibenblumen)	nein	nein	-
<i>Oenothera spec.</i>	Stieltellerblumen Staubblätter frei (Stieltellerblumen)	ja	ja	<i>A.m.mellifera</i>
Rosaceae (Kleinform)	Scheibenblumen	nein	nein	-
<i>Trifolium repens</i>	Schmetterlingsblumen mit Klappeinrichtung (Schmetterlingsblumen)	ja	ja	<i>A.m.capensis</i> , <i>A.m.carnica</i> , <i>A.m.ligustica</i>

Die Gründe für einen Mehreintrag von spezifischen Pollentypen durch einzelne Unterarten können nicht abschließend geklärt werden. Es gilt aber festzuhalten, dass nach den vorliegenden Ergebnissen die Pollenwahl in für die Unterarten neuen Gebieten nicht Folge der Ausstattung der Ursprungsgebiete mit dominanten Pollenquellen war. Somit ist die Ressourcennutzung nicht wie anderen Eigenschaften verschiedener Unterarten der Honigbiene Ausdruck der Anpassungen an die Bedingungen der Ursprungsgebiete (z.B. Brutrhythmus, Schwarmneigung RUTTNER 1988). Dagegen sprechen auch Ergebnisse von KÖTTNER (1991), nach denen die in die Kap-Region Südafrikas eingeführten Pflanzenarten *Plantago lanceolata* und *Hypochoeris radicata* dominante Pollenquellen für *Apis mellifera capensis* darstellten.

### **5.3.1.2 Abgrenzung der Unterarten innerhalb artspezifischer Eigenschaften**

Aufgrund der Vergleiche der Pollentypen zwischen den Unterarten und weiterer Detailergebnisse dieser Arbeit lässt sich die Stellung der Unterarten zueinander diskutieren.

#### **5.3.1.2.1 Die Sonderstellung von *Apis mellifera mellifera***

In der Diskussion über den Mehreintrag einzelner Pollentypen oder Blütentypen wurde deutlich, dass *Apis mellifera mellifera* die Unterart darstellte, auf die die meisten Unterschiede zurückzuführen waren. Diese Sonderstellung von *Apis mellifera mellifera* wurde auch nach den Kanonischen Korrespondenzanalysen in den Ordinationsdiagrammen mit den Variablen deutlich (Abschn. 4.2.1.2). *Apis mellifera mellifera* trug insbesondere in den Jahren 1998 und 2000 am stärksten zur Variabilität des Polleneintrags bei und der Vektor stand jeweils entgegengesetzt zu denen der anderen Unterarten im Raum. Nur 1999 war der Anteil kleiner als der von *Apis mellifera capensis*. In den Berechnungen der Nischenüberlappung nach dem Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN zeigte sich ebenfalls die Abgrenzung von *Apis mellifera mellifera* gegenüber den anderen untersuchten Unterarten. Wurden gemeinsame und unterschiedliche Pollentypen in die Berechnung der Ähnlichkeit des Polleneintrags einbezogen, traten ausschließlich signifikante Unterschiede zwischen den Unterartenkombinationen ohne und denen mit *Apis mellifera mellifera*

auf. Die Ähnlichkeiten der drei anderen Unterarten mit *Apis mellifera mellifera* wiesen jeweils die geringeren Werte gegenüber den Kombinationen ohne *Apis mellifera mellifera* auf.

Nach Angaben verschiedener Autoren werden unterschiedliche Evolutionslinien von *Apis mellifera* bei der Besiedlung des afrikanischen, europäischen und asiatischen Kontinents vermutet. Dabei wird *Apis mellifera mellifera* entweder in eine Entwicklungslinie mit *Apis mellifera intermissa* und *Apis mellifera iberica* (RUTTNER et al. 1978, RUTTNER 1988, ARIAS & SHEPPARD 1996, FRANCK et al. 1998) oder in eine eigene Linie gestellt (SMITH et al. 1991, GARNERY et al. 1992, 1995). In GARNERY et al. (1998a, 1998b) werden beide Hypothesen über die Herkunft von *Apis mellifera mellifera* nochmals diskutiert, ohne die Abgrenzung gegenüber den anderen beiden europäischen Unterarten *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* und der afrikanischen Linie in Frage zu stellen. Die Erkenntnisse basieren bei RUTTNER et al. (1978) und RUTTNER (1988) auf morphologischen und bei den anderen genannten Autoren auf genetischen Vergleichen der verschiedenen Unterarten der Honigbiene. Auch PEDERSEN (1996) weist auf eine genetisch isolierte Stellung von *Apis mellifera mellifera* hin. Somit fügen sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in diese Darstellungen ein. *Apis mellifera mellifera* weist Abweichungen im Polleneintrag auf, die bei einer sehr detaillierten Betrachtung eine Differenzierung zu *Apis mellifera carnica*, *Apis mellifera ligustica* sowie *Apis mellifera capensis* zulässt.

#### **5.3.1.2.2 Die „Nähe“ von *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica***

Die beiden südost- und südeuropäischen Unterarten *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* ließen sich sowohl bei dem Vergleich der Pollen- und Blütentypen, als auch bei den Kanonischen Korrespondenzanalysen weniger deutlich voneinander als von den anderen beiden Unterarten trennen. Sie bevorzugten häufiger als die andere Unterartenkombinationen die gleichen Pollentypen oder Blütentypen (vgl. Tab. 72 und 73) und trugen am geringsten zur Variabilität des Polleneintrags bei (vgl. Abschn. 4.2.1.2). Die Resultate der Berechnungen der Ähnlichkeit des Polleneintrags bestätigten dieses Ergebnis. Nach dem Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN weist die Kombination *Apis mellifera carnica*/*Apis mellifera ligustica* die größten Werte und damit die größte Ähnlichkeit auf und unterschied sich zu allen Kombinationen mit *Apis mellifera mellifera* signifikant. Die Ähnlichkeit nach der RENKONEN-Zahl, die die relativen Häufigkeiten der Pollentypen berücksichtigt, er

reichte bei *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* die höchsten Werte. Damit grenzt sich diese Unterartkombination von nahezu allen übrigen ab. Nach Angaben von RUTTNER et al. (1978) und RUTTNER (1988) gehören die beiden Unterarten aufgrund morphologischer Merkmale einer süd- bzw. südosteuropäischen Evolutionslinie an. ARIAS & SHEPPARD (1996) sowie CORNUET & GARNERY (1992) u.a. konnten mittels genetischer Vergleiche die Zugehörigkeit von *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* in ein und dasselbe Cluster nachweisen und schließen sich den Erkenntnissen von RUTTNER et al. (1978) und RUTTNER (1988) an. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen ordnen sich wie bei *Apis mellifera mellifera* in das beschriebene Muster ein. *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* waren die Unterarten, die sich hinsichtlich des Polleneintrags unter den untersuchten Unterarten am stärksten ähnelten. Trotzdem lassen sich die beiden Unterarten durch unterschiedliche Verhaltensweisen (RUTTNER 1988, LAUER & LINDAUER 1973) und genetische Merkmale (COMPARINI & BIASIOLO 1991) voneinander trennen. Das zeigte sich auch durch die jeweils signifikanten Einflüsse der beiden Unterarten auf den Polleneintrag bei den Kanonischen Korrespondenzanalysen (Abschn. 4.2.1.2, Anh. Tab. A 4.2.1.2.4 bis Tab. A 4.2.1.2.6).

### **5.3.1.2.3 Die Stellung von *Apis mellifera capensis* zu den untersuchten europäischen Unterarten**

*Apis mellifera capensis* nahm bei dem Vergleich der Pollen- und Blütentypen eine Position zwischen *Apis mellifera mellifera* auf der einen Seite und *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* auf der anderen Seite ein. Neben *Apis mellifera mellifera* ist es die südafrikanische Unterart, die nach den Kanonischen Korrespondenzanalysen 1998 und 2000 den zweitgrößten und 1999 den größten Teil der Varianz des Polleneintrags bestimmte. Die Ergebnisse der Berechnungen der Nischenüberlappung nach SOERENSEN zeigten weniger deutlich eine Sonderstellung als bei der Dunklen Biene *Apis mellifera mellifera*.

*Apis mellifera capensis* gehört zu den Honigbienen des tropischen Afrika südlich der Sahara und weist deren typischen Merkmale, wie hohe Schwarmneigung und Wachstumsrate oder ausgeprägtes Fluchtverhalten auf (RUTTNER 1988). Die Eigenschaften gelten als signifikante Anpassung an die Umweltbedingungen im natürlichen Lebensraum und ermöglichen eine Abgrenzung gegenüber den Honigbienen der gemäßigten Breiten. Die südafrikanische Unterart aus der Kap-Region mit einem eigenen Florenreich (WALTER 1984), das einen ausgesprochenen Artenreichtum

tum mit einem hohen Endemitenanteil aufweist, zeigt zusätzlich in Biologie und Verhalten Besonderheiten, die eine Adaptation an die besonderen ökologischen Verhältnisse des Fynbos-Bioms darstellen (HEPBURN & CREWE 1991, HEPBURN & GUILLARMOD 1991). Auch nach morphologischen Analysen zählt *Apis mellifera capensis* zur zentral- und südafrikanischen Linie (RUTTNER et al. 1978, RUTTNER 1988). Genetische Untersuchungen von ARIAS & SHEPPARD (1996) zeigen ebenfalls eine isolierte Stellung der untersuchten südafrikanischen Unterart gegenüber europäischen Unterarten auf.

Nach diesen Erkenntnissen wäre zu vermuten, dass *Apis mellifera capensis* im Polleneintrag deutlicher von den europäischen Unterarten abweicht. Eine von allen drei untersuchten europäischen Unterarten isolierte Position der afrikanischen Unterart konnte in Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. Das bestärkt das Ergebnis aus Abschn. 5.3.1.1, dass die Ressourcennutzung nicht Resultat der Entwicklung in verschiedenen Ursprungsgebieten ist. Darauf soll in nachfolgenden Abschnitten der Diskussion weiter eingegangen werden.

### **5.3.2 Faktoren des Polleneintrags und Quantifizierung des Einflusses der Unterarten**

Der Polleneintrag wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die in Abschn. 1.4 beschrieben wurden. Für einen Teil der Faktoren, wie Witterung, Brutmenge und Volkstärke, konnte der Zusammenhang mit der eingetragenen Pollenmenge mittels Korrelationsanalysen charakterisiert werden (vgl. Abschn. 4.2.2.1.3.2 und Abschn. 4.2.2.1.3.3). Danach beeinflusste die relative Luftfeuchtigkeit unter den erfassten Witterungsdaten den Polleneintrag bei der Gesamtbetrachtung der Daten negativ, was wahrscheinlich auf lokale Regenschauer zurückzuführen war. Die Unterarten zeigten dabei kein einheitliches Verhalten. Die aufgezeigte Korrelation darf nur als Anhaltspunkt für den Einfluss der Witterung auf den Polleneintrag angesehen werden, da durch die Auswahl von möglichst niederschlagsfreien und sonnigen Tagen für die Pollenprobennahme die Streuung der Witterungsdaten eingeschränkt war. Somit konnte ein deutlicher Zusammenhang, wie in gezielten Arbeiten zu diesem Thema (MARCEAU et al. 1990, PAWLIKOWSKI & WNUK 1993, RIESSBERGER & CRAILSHEIM 1997, BLASCHON et al. 1999) nicht aufgezeigt werden. Schlussfolgerungen auf ein unterschiedliches Verhalten der Unterarten sind ebenfalls nicht möglich. In Abschn. 4.2.2.1.3.3 wurde eine positive Korrelation zwischen eingetragener Pollenmenge und Brutmenge sowie zwischen Pollenmenge und der Volkstärke ermit-



telt. Dabei handelte es sich um einen indirekten Zusammenhang, da nicht die gemessene verdeckelte, sondern die offene Brut den Stimulus für den Polleneintrag darstellt (FREE 1967, JAYCOX 1970, FEWELL & WINSTON 1992, ECKERT et al. 1994, DRELLER et al. 1999). Der Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brutmenge im Volk sowie der Volkstärke ließ sich nur für die Daten aller untersuchten Unterarten gemeinsam herstellen, kann aber auch für die Unterarten im einzelnen angenommen werden. Die Korrelation für die einzelnen Unterarten nachzuweisen, war durch die sehr geringe Datenmenge (vgl. LOUVEAUX 1958, Tabellen 3 bis 5) als Berechnungsgrundlage erschwert. Außerdem sind die beschriebenen Zusammenhänge im Jahresverlauf (MORIYA 1961 in FREE 1967, AL-TIKRITY et al. 1972) bzw. in Perioden mit Nahrungsmangel (SCHNEIDER & MCNALLY 1993) Schwankungen unterlegen. Weitere Faktoren für den Polleneintrag sind Untersuchungsjahr, Zeitpunkt der Probennahme innerhalb der Vegetationsperiode sowie der Standort. Nach diversen Untersuchungen schwankt der Polleneintrag durch ein unterschiedliches Pollenangebot zwischen verschiedenen Jahren (WILLE et al. 1985), im Laufe der Vegetationsperiode (ARITA & FUJII 1992, COFFEY & BREEN 1997, NABORS 1997) und an verschiedenen Standorten (FREE & WILLIAMS 1974, WILLE & VECCHI 1985). Die angewandten Ordinationsverfahren zur Varianzpartitionierung (Abschn. 4.2.1.3) boten die Möglichkeit, die Anteile dieser verschiedenen Variablen an der Variabilität des Polleneintrags zu schätzen. Infolge des wechselnden Pollenangebots in den verschiedenen Untersuchungsjahren, in deren Verlauf und an verschiedenen Standorten, bestimmten diese Variablen den größten Teil des geschätzten Anteils an der Variabilität des Eintrags. Er betrug bei der Betrachtung aller drei Untersuchungsjahre in der Summe 16,4% (vgl. Tab. 9). Der Einfluss der Pollenangebots-abhängigen Faktoren auf den Polleneintrag wurde auch durch den Vergleich der eingetragenen Pollenmenge und der Anzahl verschiedener Pollentypen deutlich (Abschn. 4.2.2.1.3.1 und Abschn. 4.2.2.1.4.1). Somit ist der Polleneintrag in erster Linie Ausdruck der Verfügbarkeit verschiedener Pollenquellen sowie der lokalen Sammelaktivitäten des Bienenvolkes (STIMEC et al. 1997). Neben den beschriebenen Faktoren stellt das Bienenvolk ebenfalls eine Größe dar, die den Polleneintrag mitbestimmen kann. Untersuchungen von SYNGE (1947), WADINGTON & VISSCHER (1994) und GARCIA-GARCIA et al. (1998) zeigten, dass sich Völker ein und derselben Unterart am gleichen Standort nicht einheitlich im Polleneintrag verhielten. Das lässt sich zum einen auf genetische Variabilität zwischen Völkern (FREE & WILLIAMS 1973, GUZMAN-NOVA & PAGE 2000) und zum anderen auf Erfahrungen der Sammlerinnen (FREE & WILLIAMS 1974) zurückführen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nahm die durch die verschiedenen Völker verur

sachte Variabilität des Polleneintrags einen Durchschnittswert von 15,2 % nach den Rotationsversuchen 1999 an (Abschn. 4.2.1.4, Tab. 10). Der vergleichsweise hohe Wert verdeutlicht, dass der Polleneintrag zwischen Völkern einer Unterart stark variiert.

Vor dem Hintergrund der bisher beschriebenen Beeinflussung des Polleneintrags durch die verschiedenen Faktoren war ein geringer, aber signifikanter Beitrag der Unterart zur Variabilität des Eintrags nachzuweisen. Für die drei Untersuchungsjahre betrug deren Anteil an der Varianz des Polleneintrags durchschnittlich 3,7% und unter Zusammenfassung aller Daten 1,4% (vgl. Abschn. 4.2.1.3, Tab. 9). Dieses Ergebnis zeigt, dass trotz der in Abschn. 5.3.1.1 diskutierten Unterschiede zwischen den Unterarten im Eintrag spezifischer Pollentypen oder Pollen von einzelnen Blütentypen der Polleneintrag eher von Gemeinsamkeiten der Unterarten unter dem Einfluss der anderen beschriebenen Faktoren geprägt wird. Der Anteil der Unterart an der Variabilität des Polleneintrags schwankt deutlich zwischen den Untersuchungsjahren und der Gesamtbetrachtung aller Daten. Demnach ist der Faktor Unterart eine Größe, die mehr oder weniger deutlich werden kann. Wie aus dem Vergleich der Pollentypen zwischen den Unterarten an verschiedenen Standorten zu erkennen war (Abschn. 5.3.1.1, Anh. Tab. A 5.3.1.1), variieren Unterschiede zwischen den Unterarten in Abhängigkeit vom Pollenangebot. In den nächsten Abschnitten sollen die Gemeinsamkeiten der untersuchten Unterarten im Polleneintrag diskutiert werden.

### **5.3.3 Die Einheitlichkeit der untersuchten Unterarten der Honigbiene *Apis mellifera***

Wie in Abschn. 5.3.2 durch die Schätzung des Einflusses der Unterart auf den Polleneintrag deutlich wurde, ist die Ressourcennutzung und das Sammelverhalten der Unterarten der Honigbiene eher von Gemeinsamkeiten als von Unterschieden geprägt. Die in Abschn. 5.3.1.1 bei einer sehr detaillierten Betrachtung des Polleneintrags erläuterten Unterschiede sind demzufolge im Rahmen dieses sehr geringen Einflusses der Unterarten zu sehen. Im folgenden sollen die Pollenspektren in ihrer Gesamtheit betrachtet und aus verschiedenen Parametern und Kenngrößen des Polleneintrags Aussagen zum Sammelverhalten der untersuchten Honigbienen abgeleitet werden.

### 5.3.3.1 Pollenspektren

Mit Hilfe der Ordinationsverfahren (vgl. Abschn. 4.2.1) war es möglich, die Pollenspektren in ihrer Gesamtheit zu betrachten. Dabei konnten alle Daten, d.h. die relativen Häufigkeiten der einzelnen Pollentypen pro Probe für alle Pollenproben der vier untersuchten Unterarten in eine Analyse pro Untersuchungsjahr einbezogen werden. Das Ergebnis war eine Ordnung von aus den Proben errechneten Rangwerten im Raum, in der mögliche Gruppierungen nach den Unterarten erkannt werden konnten.

Die Ergebnisse der Ordinationsverfahren zeigten keine Separation der Proben nach den Unterarten. Nur im dritten Untersuchungsjahr war eine Konzentration eines Teils der Rangwerte der *Apis mellifera mellifera*-Proben auf einer Seite der gesamten Punktwolke entlang der 1. Achse zu erkennen. Eine Abgrenzung des Pollenspektrums dieser Unterart war damit nicht möglich.

Demnach können die Pollenspektren der untersuchten Unterarten in ihrer Gesamtheit als weitgehend übereinstimmend angesehen werden. Die in Abschn. 5.3.1.1 diskutierten Unterschiede im Eintrag einzelner Pollentypen oder Blütentypen beeinflussen demzufolge die gesamten Pollenspektren sehr geringfügig, so dass sie keine Trennung bewirken. Auch VILLANUEVA (1999) stellte fest, dass verschiedene Herkünfte der Honigbienen im gleichen Untersuchungsgebiet ein sehr breites und vergleichbares Spektrum an verschiedenen Pollenquellen nutzten.

### 5.3.3.2 Sammelstrategie

Die Werte der Anzahl der nachgewiesenen verschiedenen Pollentypen (i.w.S.) von 157 bei *Apis mellifera capensis*, 164 bei *Apis mellifera carnica*, 158 bei *Apis mellifera ligustica* und 174 bei *Apis mellifera mellifera* (Tab. 49) verdeutlichten, dass die untersuchten Honigbienen hinsichtlich ihrer Pollenwahl sehr flexibel waren. Daraus ist für alle untersuchten Unterarten ein polyektisches Sammelverhalten abzuleiten. Hinter den verschiedenen Pollentypen verbargen sich insgesamt mindestens 70 Pflanzenfamilien (Abschn. 4.1.1) mit sehr unterschiedlichen Blütenformen. Anhand dieser Ergebnisse bestätigt sich das in Abschn. 1.1 beschriebene ausgesprochen generalistische Sammelverhalten der Honigbiene. Des weiteren kann mit den Ergebnissen ein für Honigbienen typisches opportunistisches (SEELEY 1997), d.h. eine dem Nahrungsangebot angepasste und auf die größtmögliche Rentabilität ausge

richtete Sammelstrategie abgeleitet werden. Das Pollenangebot im Untersuchungsgebiet wurde entsprechend den Bedürfnissen des Bienenvolkes ausgenutzt. Es war während der Untersuchungen keine Beeinträchtigung der Völkern einer der Unterarten, die sich z.B. auf die eingetragene Pollenmenge auswirkte, oder ein Unterschied in der Entwicklung (Volkstärke, Brutmenge) zwischen den vier Unterarten zu beobachten. Es traten zwar signifikante Unterschiede in der Menge des eingetragenen Pollens, in der Volkstärke und der Brutmenge zwischen den Völkern der Unterarten auf, doch schwankten diese Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren und waren nicht regelmäßig auf geringere oder höhere Werte der gleichen Unterarten zurückzuführen (Abschn. 4.2.2.1.3.3 und Abschn. 4.2.2.1.3.4).

Durch die bei allen untersuchten Unterarten nachgewiesene Konzentration auf nur wenige Pollentypen, die den größten Teil des Polleneintrags ausmachten (vgl. Abschn. 4.2.2.1.1, Abschn. 4.2.2.2.2), konnte die *Apis mellifera*-typische Fähigkeit (VON FRISCH 1967; SEELEY 1985; SEELEY 1986; SEELEY 1989, SEELEY et al. 1991) verdeutlicht werden, die jeweils rentabelsten Nahrungsquellen aufzufinden und effektiv auszubeuten. Im Durchschnitt waren 90% des Polleneintrags pro Probe ca. 26% der nachgewiesenen Pollentypen, d.h. ungefähr 4 verschiedenen Pollentypen zuzuordnen. Ein statistisch signifikanter Unterschied bestand hinsichtlich dieser Zahlen zwischen den Unterarten nur 1998. Das stand im Zusammenhang mit der größeren Anzahl verschiedener Pollentypen bei *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera ligustica* (Abschn. 4.2.2.1.4.2), wodurch die Prozentzahl der Pollentypen, die 90% des Polleneintrags abdeckten, kleiner wurde. Demnach kann nicht auf Unterschiede zwischen den Unterarten infolge spezifischer Sammeleigenschaften geschlossen werden. Dieses Ergebnis spiegelte sich auch in der Dominanzstruktur des Polleneintrags pro Pollenprobe hinsichtlich der häufigsten Pollentypen (dominante und eudominante Pollentypen) bei allen Unterarten wider. In der Anzahl eudominanter und dominanter Pollentypen pro Probe traten keine Unterschiede zwischen den Unterarten auf (Abschn. 4.2.2.2.2). Auch WILLE et al. (1985) zeigte bei Untersuchungen des Polleneintrags von *Apis mellifera*-Völkern, dass 90% der Pollenmenge von rund 21% der nachgewiesenen Pollentypen stammte. Bei Versuchen von STIMEC et al. (1997) war ein Anteil von 99% pro Pollenladung auf einen Pollentyp zurückzuführen.

Weiterhin ließ sich der Polleneintrag durch die Menge des eingetragenen Pollens, die Zahl verschiedener Pollentypen, die Diversität, Evenness sowie neben der Anzahl der eudominanten und dominanten Pollentypen durch Pollentypen mit geringe

rem Anteil am Eintrag, also die gesamte Dominanzstruktur charakterisieren und zwischen den Unterarten vergleichen.

1998 waren es *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera ligustica*, die größere Pollenmengen eintrugen. Beide Unterarten wiesen in dem ersten Untersuchungsjahr mehr Brut und stärkere Völker auf. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen der Brutmenge und der eingetragenen Pollenmenge (Abschn. 4.2.2.1.3.3 und 5.3.2), war der Mehreintrag auf die höheren Brutwerte zurückzuführen. Durch die nachgewiesene positive Korrelation zwischen Pollenmenge und Anzahl verschiedener Pollentypen, konnten bei den genannten Unterarten 1998 auch mehr Pollentypen nachgewiesen werden (Abschn. 4.2.2.1.4.2). Diese erhöhte Anzahl wirkte sich auf die Dominanzstruktur und insbesondere auf die Anzahl der Pollentypen mit einem geringen Anteil am Eintrag (rezedent, subrezedent, Abschn. 4.2.2.2.2) aus. Dadurch kam es zu Unterschieden in der Evenness zwischen den Unterarten im ersten Untersuchungsjahr (vgl. Abschn. 4.2.2.2.3.2). Durch weniger subrezedente Pollentypen bei *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera capensis* erhöhten sich die Werte für die Evenness, d.h. für die Gleichverteilung der relativen Häufigkeiten pro Probe.

1999 waren die Zusammenhänge nicht so eindeutig wie 1998. Obwohl *Apis mellifera mellifera* signifikant weniger Brut als die anderen Unterarten aufwies, trug sie neben *Apis mellifera capensis* den meisten Pollen ein (Abschn. 4.2.2.1.3.4). Das verursachte eine höhere Anzahl verschiedener Pollentypen und höhere Diversitätswerte (Abschn. 4.2.2.2.3.1). Ursachen für den Mehreintrag an Pollen trotz geringerer Brutmenge können die Variabilität des Verhaltens der Bienenvölker bei vergleichbarer Brutmenge (FREE 1967) sowie die in Abschn. 5.3.2 beschriebenen Schwankungen des Zusammenhangs zwischen Brut und Polleneintrag im Jahresverlauf oder in Abhängigkeit vom Pollenangebot sein. Im zweiten Untersuchungsjahr kam es daneben zu höheren Werten subdominanter Pollentypen bei *Apis mellifera carnica* (Abschn. 4.2.2.2.2). Das war auf einen geringeren Polleneintrag dieser Unterart zurückzuführen (Abschn. 4.2.2.1.3.4), durch den einzelne Pollentypen wegen geringer Eintragsmengen und der damit verbundenen geringeren Zahl verschiedener Pollentypen einen höheren Anteil am Eintrag pro Pollenprobe erreichten.

Im dritten Untersuchungsjahr lagen keine Unterschiede in der Brutmenge, in der eingetragenen Pollenmenge, in der Anzahl verschiedener Pollentypen sowie in der gesamten Dominanzstruktur vor. Es traten somit auch keine Unterschiede in der Diversität und der Evenness zwischen den Unterarten auf.

Obwohl es bei den beschriebenen Parametern und Kenngrößen des Polleneintrags zu statistischen Unterschieden zwischen den untersuchten Unterarten in einzelnen

Untersuchungsjahren kam, kann nicht von einer unterschiedlichen Sammelstrategie gesprochen werden. Dagegen sprechen auch die Ergebnisse des dritten Untersuchungsjahres, nach denen die Unterarten in den meisten Parametern und Kenngrößen des Polleneintrags übereinstimmten. Aus den beschriebenen Ergebnissen der drei Untersuchungsjahre sind somit keine Unterart-spezifischen Eigenschaften abzuleiten. Schwankungen stehen eher im Zusammenhang mit differierenden Brutmengen und Volkstärken, die einen unterschiedlichen Eintrag bewirken. Da bei den Unterschieden in der Brutmenge bzw. Volkstärke keine einheitliches Verhalten der einzelnen Unterarten in allen drei Untersuchungsjahren aufgezeigt werden konnte (Abschn. 4.2.2.1.3.3), lässt sich auch dabei keine Unterart-typischen Merkmale nachweisen.

### 5.3.3.3 Diskussion der Einheitlichkeit

Die hohe geographische Variabilität der Honigbiene hinsichtlich morphologischer Merkmale ist verbunden mit genetischer Variabilität (BADINO et al. 1985, SHEPPARD & MCPHERON 1986, RUTTNER 1988) sowie mit Variabilität in Physiologie und Verhalten (RUTTNER 1988). Ein Teil der spezifischen Eigenschaften der Unterarten kann als Anpassung an die ökologischen Verhältnisse der jeweiligen natürlichen Verbreitungsgebiete gesehen werden. Beispiele dafür wären die Brutzyklen von *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* oder *Apis mellifera ligustica*, die den klimatischen Verhältnissen und dem Angebot an Nahrung angepasst sind (RUTTNER 1988). Auch gilt die hohe Schwarmneigung und das rapide Anwachsen der Völker tropischer Unterarten der Honigbiene als Adaptation an die Umweltverhältnisse (RUTTNER 1988). Weitere Merkmale und Eigenschaften, in denen sich die Unterarten der Honigbiene unterscheiden, wurden in Abschn. 1.2. beschrieben. Trotz der morphologischen, biologischen (vgl. RUTTNER et al. 1978, RUTTNER 1988) und genetischen (vgl. ARIAS & SHEPPARD 1996) Differenzierung der Unterarten sowie der Unterschiede im Verhalten (vgl. LAUER & LINDAUER 1971, 1973, KOLTERMANN 1973, MENZEL et al. 1973, RUTTNER 1992) spielen nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit Unterart-spezifische Eigenschaften beim Pollensammeln und bei der Pollenwahl kaum eine Rolle. Es ließen sich sowohl für die untersuchten europäischen Unterarten als auch für die südafrikanische Unterart das Art-spezifische Sammelverhalten und weitgehend übereinstimmende Pollenspektren nachweisen. Wenn es zu Unterschieden im Eintrag von Pollen einzelner Pollenquellen oder Blütentypen kam, stand das oft im Zusammenhang mit dem Pollenangebot in verschiedenen

Untersuchungsjahren und an verschiedenen Standorten. Ein Zusammenhang mit der Herkunft der Unterarten konnte nicht und ein Einfluss des Blütentyps auf die Pollenwahl nur bedingt aufgezeigt werden. Die nachgewiesenen detaillierten Unterschiede haben keine Auswirkungen auf die Pollenspektren in ihrer Gesamtheit. Es überwiegen Art-spezifische Eigenschaften beim Pollensammeln wie polylektisches, generalistisches und opportunistisches Sammelverhalten sowie die Konzentration auf wenige rentable Pollenquellen. Somit sind die Unterschiede im Polleneintrag als sehr gering anzusehen. Das drückt sich auch in dem geschätzten Anteil der Unterart an der Variabilität des Polleneintrags bei der Betrachtung aller Daten von 1,4% aus. Selbst *Apis mellifera capensis* weist trotz ihrer Zugehörigkeit zu den afrikanischen Unterarten, die sich in Biologie und Verhalten deutlich von den Honigbienen gemäßigter Breiten abgrenzen lassen (RUTTNER et al. 1978, RUTTNER 1988, ARIAS & SHEPPARD 1996), ihrer geographischen Entfernung und biologischen Besonderheiten (vgl. HEPBURN & CREWE 1991, Abschn. 3.1 und Abschn. 5.3.1.2.3) sowie den botanischen Spezifika ihres Ursprungsgebietes die typischen Eigenschaften der Honigbiene auf, die es ihr ermöglichen, in ganz unterschiedlichen Lebensräumen mit unterschiedlicher Vegetation ausreichend Pollen und Nektar zu gewinnen. Damit ist die im Abschn. 5.3.1.2 diskutierte Abgrenzung der Unterarten voneinander vor dem Hintergrund einer einheitlichen Sammelstrategie und Ressourcennutzung und nur bei einem ausreichenden und diversen Pollenangebot zu sehen.

Ursachen für die festgestellte Einheitlichkeit des Sammelverhaltens und der Ressourcennutzung der Unterarten sind in der Lebensweise der Honigbienen zu suchen. Die Honigbiene *Apis mellifera* nimmt unter den sozialen Insekten eine Sonderstellung ein. Sie ist die einzige hoch eusoziale Bienenart, deren Völker über mehrere Jahre bestehen. Honigbienen weisen außergewöhnliche Kommunikations- und Orientierungsfähigkeiten auf (WINSTON 1987), die es ihr erlauben, jeweils über die gesamte Vegetationsperiode die vorhandenen Ressourcen optimal zu nutzen. Die Kommunikation basiert zum einen auf Pheromonen z.B. der Königin, der Arbeiterinnen (WINSTON 1987) oder der Brut (KOENIGER & VEITH 1983) und zum anderen auf der Verständigung über Nahrungsquellen mittels der Tanzsprache. Es treten zwar Unterschiede in der Tanzsprache (BOCH 1957) zwischen Unterarten, beispielsweise zwischen *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* auf (RUTTNER 1988) auf, die aber nicht im Widerspruch zur optimierten Nutzung der Nahrungsquellen stehen. Bei dem Nahrungserwerb geht es um die Befriedigung der Bedürfnisse des ganzen Bienenvolkes und nicht um die der einzelnen Individuen (SEELEY 1985). Beispielsweise werden je nach Brutmenge und Größe des Pollenvorrats im Bienenstock, der die Grundlage für die Larvennahrung darstellt, Pollen

sammlerinnen mobilisiert. Nach SEELEY (1997) besteht eine reziproke Beziehung zwischen Pollensammeln und dem Pollenvorrat im Bienenstock. Je größer der Vorrat, desto weniger Pollen wird eingetragen und umgekehrt. Experimente unter Zugabe und Entfernung von Pollen verdeutlichen diese Erkenntnis (FREE 1967, CAMAZINE 1993). Die Größe des Vorrats schwankt nach FEWELL und WINSTON (1990, 1992) um einen homeostatischen Wert. Die sich daraus ergebende Notwendigkeit der Flexibilität im Pollensammeln und die beschriebene Notwendigkeit, über die gesamte Vegetationsperiode mit den unterschiedlichsten Blütenpflanzen im Jahresverlauf ein ganzes Volk zu versorgen, schließt eine Spezialisierung auf nur wenige Blütenpflanzen als Nahrungsquelle aus. Honigbienen dürfen daher nicht wie viele nur wenige Wochen aktive Wildbienen auf einzelne Blüten spezialisiert sein (WESTERKAMP 1999).

Die Flexibilität der Honigbienen in der Blütenwahl wird besonders in der Besiedlung neuer Gebiete deutlich, in denen ursprünglich keine Honigbienen der Art *Apis mellifera* vorkamen. Nicht die Spezialisierung auf Pflanzenarten oder Blütentypen, sondern andere Eigenschaften, wie Schwarmverhalten oder Sesshaftigkeit und die Anpassung an die klimatischen Verhältnisse der Ursprungsgebiete waren ausschlaggebend für einen Besiedlungserfolg (RUTTNER 1992). Das zeigt sich auch in der Arbeit von DANKA et al. (1987), in der sich das Sammelverhalten hinsichtlich Sammelaktivität, Größe des Pollenvorrats oder Wahl zwischen Pollen- und Nektarsammeln zwischen Honigbienen unterschied, die entweder an tropisches oder gemäßigtes Klima angepasst waren.

## 5.4 Konsequenzen aus den Ergebnissen

In der Einführung (Abschn. 1.6) wurde auf diskutierte Unterschiede zwischen den untersuchten Unterarten der Honigbiene hinsichtlich der Konkurrenz zu anderen blütenbesuchenden Insekten, insbesondere Wildbienen und mögliche Unterschiede in der Bestäubungsleistung zwischen den Unterarten infolge der unterschiedlichen Vegetation in den Ursprungsgebieten eingegangen. Im folgenden sollen diese Punkte unter Berücksichtigung der erzielten Ergebnisse der Untersuchungen der Ressourcennutzung und des Sammelverhaltens verschiedener Unterarten der Honigbiene, insbesondere für *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera carnica* diskutiert werden. Dieser Teil der Diskussion stellt abgeleitete Aspekte dar und beantwortet die Fragen nach der Konkurrenz oder Bestäubungsleistungen lediglich hypothetisch, da sie nicht Gegenstand der Untersuchungen waren.



Der Einfluss der Unterart auf den Polleneintrag ist nach den vorliegenden Ergebnissen sehr gering und demzufolge sind die Unterschiede im Polleneintrag ebenfalls als geringfügig zu betrachten. Die untersuchten Unterarten zeigten eine einheitliche Sammelstrategie und vergleichbare Pollenspektren. Unterschiede in der eingetragenen Pollenmenge spezifischer Pollen- oder Blütentypen im Untersuchungsgebiet traten zwar auf, standen aber nicht im Zusammenhang mit der Ausstattung der Ursprungsgebiete der Unterarten mit Pollenquellen. Das Auftreten von spezifischen Präferenzen war an das Pollenangebot in verschiedenen Untersuchungsjahren und an verschiedenen Standorten gekoppelt.

Die Honigbiene der Unterart *Apis mellifera mellifera* stellt die in unserem Gebiet ursprüngliche Unterart dar. Demnach ist die Honigbiene als Art Bestandteil der Fauna in Mitteleuropa. Die autochthone *Apis mellifera mellifera* ist heute weitgehend durch die aus Südosteuropa stammende *Apis mellifera carnica* verdrängt (RUTTNER 1992). Letztere wird fast ausschließlich imkerlich genutzt. Da nach den beschriebenen Ergebnissen nicht davon auszugehen ist, dass die ursprüngliche Unterart *Apis mellifera mellifera* besser an die natürlichen Verhältnisse hinsichtlich des Nahrungsangebotes als die eingeführte *Apis mellifera carnica* angepasst ist, sind für die Entscheidung für eine Unterart andere Eigenschaften als die der Ressourcennutzung und des Sammelverhaltens wichtig. Die Landschaft in Mitteleuropa ist stark vom Menschen geprägt und natürliche Lebensräume sind zugunsten landwirtschaftlich genutzter Flächen zurückgedrängt worden (PLACHTER 1991). Auch hat sich das Nahrungsangebot für Honigbienen durch landwirtschaftlich großflächig angebaute Nutzpflanzen verändert. Unter diesen Bedingungen richtet sich die Auswahl von Honigbienen für die wirtschaftliche Nutzung nach verschiedenen Kriterien. Neben den Honigerträgen oder geringer Anfälligkeit gegenüber Krankheiten sind insbesondere in dicht besiedelten Gebieten Eigenschaften wie Sanftmut und geringe Schwarmneigung von großer Bedeutung. Durch jahrzehntelange Zucht wurde *Apis mellifera carnica* diesbezüglich den heutigen mitteleuropäischen Lebensräumen und den Bedürfnissen des Menschen angepasst. Mit keiner anderen Unterart wurde so zielgerichtet und lange Auslesearbeit und Paarungskontrolle betrieben (RUTTNER 1992).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen die Schlußfolgerung zu, dass sich *Apis mellifera mellifera* und *Apis mellifera carnica* als potentielle Nahrungskonkurrenten gegenüber Wildbienen nicht unterscheiden. Die Pollen- oder Blütentypen, die von einzelnen Unterarten in allen drei Untersuchungsjahren jeweils häufiger einge

tragen wurden, bilden nur zum Teil die Nahrungsgrundlage für einige oligolektische Wildbienen. Dazu gehören Asteraceae, Fabaceae und Ericaceae (WESTRICH 1989, MÜLLER et al. 1997). Trotzdem ist nicht davon auszugehen, dass die Unterarten der Honigbiene, die die entsprechenden Pollen verstärkt eingetragen haben, in stärkerem Maß als Konkurrent gegenüber den an die genannten Pflanzenfamilien gebundenen Wildbienenarten auftreten könnten als andere Unterarten. Pollen der Asteraceae, Fabaceae und Ericaceae wurden von allen untersuchten Unterarten eingetragen (vgl. Tab. 11). Sind Pflanzen dieser Familie als Ressource begrenzt, könnten alle Unterarten der Honigbiene potentielle Nahrungskonkurrenten für die oligolektischen Wildbienen sein (vgl. Abschn. 4.1.1 und 4.2.2.1.1.1). Des weiteren sind oft Gebiete mit ausgedehnten Beständen der einzelnen Pflanzenfamilien oder -gattungen Verbreitungsschwerpunkte der entsprechenden oligolektischen Wildbienenarten (vgl. WESTRICH 1989). In solchen Gebieten wäre die Ressource aufgrund der Fähigkeit der Art *Apis mellifera*, sich auf ergiebige Nahrungsquellen zu konzentrieren, eine Pollen- und Nektarquelle aller untersuchten Unterarten der Honigbiene.

Bei der Beurteilung der Bestäubungsleistung verschiedener Unterarten der Honigbiene muss beachtet werden, dass Pollensammeln nicht obligatorisch mit Bestäubung gleichbedeutend ist. Nach (WESTERKAMP 1987) bewirkt das Nektarsammeln eine Kanalisierung der Blütenbesucher und gewährleistet häufiger als das Pollensammeln eine Bestäubung der Blüten. Wichtig für die Bestäubung ist die Menge loser Pollen am Körper des blütenbesuchenden Insekts (ANDERSON et al. 1982) und diese variiert in Abhängigkeit von der Bienen- sowie der Pflanzenart (KUMAR et al. 1993). Somit ist aus dem Nachweis verschiedener Pollentypen als Eintrag nicht unbedingt die Bestäubung der entsprechenden Blüten zu entnehmen. Die Bestäubungsleistungen der untersuchten Unterarten der Honigbiene können nur insofern beurteilt werden, dass aus dem nachgewiesenen Sammelverhalten und der Ressourcennutzung für Pollen die Verhaltensweisen für das Sammeln von Nektar abgeleitet werden (vgl. SEELEY 1997). Danach wären auch die Unterschiede im Sammelverhalten und der Ressourcennutzung für Nektar zwischen den Unterarten zu vernachlässigen und Unterschiede in der Bestäubungsleistung sind daher nicht anzunehmen.

## 6 Zusammenfassung

1998, 1999 und 2000 wurde der Polleneintrag am Südostrand des Taunus jeweils in den Zeiträumen Juni/Juli bis August/September von 20 (1998, 1999) bzw. 18 (2000) Honigbienenvölkern der europäischen Unterarten *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* und *Apis mellifera ligustica* sowie der südafrikanischen Unterart *Apis mellifera capensis* mittels Pollenfallen am Flugloch der Bienenstöcke auf 5 Standplätzen erfasst.

Die Auswertung des Polleneintrags und dessen Vergleich zwischen den Unterarten erfolgte auf verschiedenen Ebenen. Zum einen wurden Ordinationsverfahren innerhalb der multivariaten Statistik zur Gesamtanalyse aller Pollenproben angewandt, die der graphischen Darstellung der Pollenspektren der Unterarten und der Ermittlung des Einflusses verschiedener Variablen auf den Polleneintrag dienten. Zum anderen bildete der Unterartenvergleich anhand verschiedener Parameter und berechneter Indices die Grundlage für eine detaillierte Analyse des Polleneintrags.

In 647 Pollenproben mit einem Gesamtgewicht von 4008,3 g wurden 214 verschiedene Pollentypen und in geringen Mengen sieben weitere Nicht-Pollen-Bestandteile nachgewiesen. Die Pollentypen mit den höchsten Anteilen am Gesamteintrag waren *Zea mays*, Brassicaceae, *Castanea sativa*, Asteraceae Form T, Rosaceae, *Plantago spec.* und *Hedera helix*. 90% des Gesamteintrags stammten von 12% der insgesamt nachgewiesenen Pollentypen.

Sowohl die untersuchten europäischen Unterarten als auch die südafrikanische Unterart wiesen ein einheitliches Sammelverhalten auf. Sie zeigten die Art-typischen Eigenschaften der Honigbiene, wie polylektische, generalistische und opportunistische Sammelweise sowie die Konzentration auf wenige ergiebige Pollenquellen. Die gesamten Pollenspektren stimmten zwischen den Unterarten weitgehend überein. Aus dem Vergleich der eingetragenen Pollenmenge, der Anzahl verschiedener Pollentypen, Diversität und Evenness sowie der Dominanzstruktur des Polleneintrags pro Pollenprobe konnte keine unterschiedlichen Sammelstrategie der Unterarten abgeleitet werden.

Vor dem Hintergrund der Gemeinsamkeiten in Sammelverhalten und Ressourcennutzung wurden bei einer sehr detaillierten Betrachtung des Polleneintrags der vier untersuchten Unterarten der Honigbiene unter den Bedingungen eines diversen Pollenangebots Unterschiede im Eintrag zwischen den Unterarten von einzelnen Pollen- und Blütentypen festgestellt. Die geringen Unterschiede bewirkten einen geschätzten Anteil der Unterart an der Variabilität des Polleneintrags zwischen 1,4% und 4,5%, wobei sich die europäischen Unterarten entsprechend ihrer verwandtschaftlichen Beziehungen absetzten. Ein Zusammenhang der Vegetation und dem Polleneintrag in den Ursprungsgebieten der Unterarten mit dem Mehreintrag spezifischer Pollentypen im Untersuchungsgebiet ließ sich nicht herstellen.

Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen sind, dass das Sammelverhalten und die Ressourcennutzung kein Kriterium für die Bewertung verschiedener Unterarten der Honigbiene, insbesondere der in Mitteleuropa autochthonen Unterart *Apis mellifera mellifera* und der aus Südosteuropa eingeführten Unterart *Apis mellifera carnica*, darstellen. Für eine Beurteilung von Konkurrenz gegenüber anderen blütenbesuchenden Insekten und von Bestäubungsleistungen ist damit das generelle Sammelverhalten der Art *Apis mellifera* entscheidend.

## 7 Literaturverzeichnis

ACCORTI M (1992): Observation on the drifting behavior of bees. *Ethology, Ecology and Evolution, Special Issue 2*: 33-36.

AL-TIKRITY WS, BENTON AW, HILLMANN RC, CLARKE WW JR. (1972): The relationship between the amount of brood in honeybee colonies and their pollen collection. *Journal of Apicultural Research* 11 (1): 9-12.

ANDERSON DL, SEDGELEY M, SHORT JRT, ALLWOOD AJ (1982): Insect pollination of mango in northern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 33: 541-548.

ARIAS MC, SHEPPARD WS (1996): Molecular phylogenetics of honey bee subspecies (*Apis mellifera* L.) inferred from mitochondrial DANN sequence. *Molecular Phylogenetics and Evolution* Vol. 5, No. 3: 557-566.

ARITA LH, FUJII JK (1992): Quantity and seasonal variation of pollen types collected by honey bees at two localities on the island of Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 31: 119-123.

ARMBRUSTER L, OENIKE G (1929a): Die Pollenformen als Mittel zur Honig-Herkunftsbestimmung. Karl-Wachholtz-Verlag. Neumünster in Holstein.

ARMBRUSTER L, OENIKE G (1929b): Die Pollenformen als Mittel zur Honig-Herkunftsbestimmung - Bildtafeln. Karl-Wachholtz-Verlag. Neumünster in Holstein.

ARMBRUSTER L, JACOBS J (1934/5): Pollenformen und Honigherkunft-Bestimmung. Verlag des Archiv für Bienenkunde. Berlin.

BADINO A, CELEBRANO G, MANINO A, LONGO S (1985): Enzyme polymorphism in the Sicilian honeybee. *Experientia* 41: 752-754.

BASUALDO M, BEDASCARRASBURE E, JONG DE D (2000): Africanized honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) have a greater fidelity to sunflowers than European bees. *Journal of Economic Entomology* 93 (2): 304-307.

BARCLAY JS, MOFFETT JO (1984): The pollination value of honeybees to wildlife. *American Bee Journal* 124: 497-498,551.

BEGON M, HARPER JL, TOWNSEND CR (1991): Ökologie – Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften. Birkenhäuser Verlag. Basel.

BEUG HJ (1961): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.

BIESMEIJER K, SOMMEIJER MJ (1992): How to interpret pollen diets in bees? *Proceedings of Experimental and Applied Entomology* 3: 210-215.

BLASCHON B, GUTTENBERGER H, HRASSNIGG N, CRAILSHEIM K (1999): Impact of bad weather on the development of the broodnest and pollen stores in an honeybee colony (*Hymenoptera: Apidae*). *Entomol. Generalis* 24 (1): 49-60.

BOCH R (1957): Rassenmäßige Unterschiede bei den Tänzen der Honigbiene (*Apis mellifera* L.). *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 40: 289-320.

BOHART GE (1972): Management of wild bees for the pollination of crops. *Annual Review of Animal Ecology* 20: 191-194.

BORCARD D, LEGENDRE P, DRAPEAU P (1992): Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055.

BORTZ J, LIENERT GA, BOEHNKE, K (1990): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Springer-Verlag. Berlin.

BRICKEL C (Ed.) (1994): Enzyklopädie der Garten- und Zimmerpflanzen. Sonderausgabe. Orbis Verlag GmbH. München.

BUZAS MA, GIBSON TG (1969): in KREBS CJ (1989)

CALDERONE NW, PAGE RE Jr. (1988): Genotypic variability in age polyethism and task specialization in the honey bee, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). Behavioral Ecology and Sociobiology 22: 17-25

CALDERONE NW, PAGE RE Jr. (1992): Effects of interactions among genotypically diverse nestmates on task specialization by foraging honey bees (*Apis mellifera*). Behavioral Ecology and Sociobiology 30: 219-226.

CAMAZINE S (1993): The regulation of pollen foraging by honey bees: how foragers assess the colony's need for pollen. Behavioral Ecology and Sociobiology 32: 265-272.

CAMAZINE S (unveröffentlicht): in SEELEY TD (1997)

COFFEY MF, BREEN J (1997): Seasonal variation in pollen and nectar sources of honey bees in Ireland. Journal of Apicultural Research 36 (2): 63-76.

COMPARINI A, BIASIOLO A (1991): Genetic discrimination of Italian bee, *Apis mellifera ligustica* versus Carniolan bee, *Apis mellifera carnica* by allozyme variability analysis. Biochemical Systematics and Ecology 19 (3): 189-194.

CONNOR LJ (1990): Bees, pollination and the environmental movement. Bee World 71 (2): 49-50.

CONOVER WJ (1971): in BORTZ J et al. (1990).

CONOVER WJ (1980): in BORTZ J et al. (1990).

CORNUET J-M, GARNERY L (1991): Genetic diversity in *Apis mellifera*. in: Smith, R.D. (ed.) Diversity in the Genus *Apis*. Westview Press, Inc.. Boulder, San Francisco, Oxford.

CORNUET J-M, GARNERY L (1992): Mitochondrial DNA variability in honeybees and its phylogeographic implications. Apidologie 22: 627-642.

CURIK I, KEZIK N (1994): Morfometrijske razlike između sive pčele (*Apis mellifera carnica* Pollmann) iz Hrvatske i tamne europske pčele (*Apis mellifera mellifera* Linnaeus) iz Norveške. Poljoprivredna znanstvena smotra 59 (4): 405-412.

DANKA RG, RINDERER TE, HELLMICH II RL, COLLINS AM (1986): Foraging population sizes of Africanized and European honey bee (*Apis mellifera* L.). Apidologie 17 (3): 193-202.

DANKA RG, HELLMICH II RL, RINDERER TE, COLLINS AM (1987): Diet-selection ecology of tropically and temperately adapted honey bees. Animal Behavior 35: 1858-1863.

DEANS ASC (1957): Survey of British honey sources. Bee Research Association BRA 142.

DIGBY PGN, KEMPTON RA (1991): Multivariate analysis of ecological communities. Chapman & Hall. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.

DRELLER C, PAGE RE Jr., FONDRK MK (1999): Regulation of pollen foraging in honeybee colonies: effects of young brood, stored pollen and empty space. Behavioral Ecology and Sociobiology 45: 227-233.

ECKERT CD, WINSTON ML, YDENBERG RC (1994): The relationship between population size, amount of brood and individual foraging behavior in the honey bee, *Apis mellifera* L.. Oecologia 97: 248-255.

EISENHUT G (1961): Untersuchungen über die Morphologie und Ökologie der Pollenkörner heimischer und fremdländischer Waldbäume. Verlag Paul Paray, Hamburg und Berlin.

ERDTMANN G (1966): Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. An Introduction to Palynology I). Hafner Publishing Company. New York & London.

EVERTZ S (1995): Inter-specific competition among honey bees (*Apis mellifera*) and solitary wild bees (*Hymenoptera: Apoidea*). Natur und Landschaft 70: 165-172.



FEWELL JH, WINSTON ML (1990): The relationship between food stores and foraging effort in honey bee, *Apis mellifera* L.. in: Veeresh,G.K.; Mallik,B.; Viraktamath,C.A. (eds.). Social insects and their environment. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress IUSI. Oxford & IBH Publishing Co. PVT. LDD. New Delhi. Bombay. Calcutta: 568-569.

FEWELL JH, WINSTON ML (1992): Colony state and regulation of pollen foraging in the honey bee, *Apis mellifera* L.. Behavioral Ecology and Sociobiology 30: 387-393.

FICKEL W (1974): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1: 25 000: Blatt Nr. 5816 Königstein im Taunus. Hrsg.: Hessisches Landesamt für Bodenforschung. Wiesbaden.

FOSSEL A (1956): Steierische Honig. Bienenvater 5: 156-163.

FOSSEL A (1974): Die Bienenweide der Ostalpen, dargestellt am Beispiel des steirischen Ennstales. Mitteilungen Naturwissenschaftlicher Verein Steiermark 104: 87-118.

FRANCK P, GARNERY L, SOLIGNAC M, CORNUET J-M (1998): The origin of the west european subspecies of honeybees (*Apis mellifera*): new insights from microsatellite and mitochondrial data. Evolution 52 (4): 1119-1134.

FREE JB (1967): Factors determining the collection of pollen by honeybee foragers. Animal Behavior 15: 134-144.

FREE JB (1970a): Insect pollination of crops. New York.

FREE JB (1970b): Effects of flower shapes and nectar guides on the behavior of honeybees. Behavior 7: 269-285.

FREE JB, WILLIAMS IH (1973): Genetic determination of honeybee (*Apis mellifera* L.) foraging preferences. Annuals of Applied Biology 73: 137-141.

FREE JB, WILLIAMS IH (1974): Influence of the location of honeybee colonies on their choice of pollen sources. Journal of Applied Ecology 11: 925-935.

FREE JB, FERGUSON AW (1983): Foraging behaviour of honeybees on oilseed rape. *Bee World* 64: 22-24.

FRIES I, STARK J (1983): Measuring the importance of honeybees in rape seed production. *Journal of Apicultural Research* 22 (4): 272-276.

FRISCH VON K (1965): *Tanzsprache und Orientierung der Bienen*. Springer Verlag. Berlin.

FRISCH VON K (1967): *The dance language and orientation of bees*. Harvard University Press. Cambridge.

FUTUYMA DJ (1990): *Evolutionsbiologie*. Birkenhäuser Verlag, Basel.

GARCIA-GARCIA MC, ORTIZ PL, DIEZ MJ (1998): Recoleccion de polen durante un dia por *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera, Apidae*), II. *Lagascalía* 20 (2): 195-209.

GARNERY L, CORNUET JM, SOLIGNAC M (1992): Evolutionary history of the honey bee *Apis mellifera* inferred from mitochondrial DNA analysis. *Molecular Ecology* 1: 145-154.

GARNERY L, MOSSHINE EH, OLROYD BP, CORNUETJ-M (1995): Mitochondrial DNA variation in Moroccan an Spanish honey bee populations. *Molecular Ecology* 4: 465-471.

GARNERY L, FRANCK P, BAUDRY E, VAUTRIN D, CORNUET J-M, SOLIGNAC M (1998a): Genetic diversity of the west European honey bee (*Apis mellifera mellifera* and *A. m. iberica*). I. Mitochondrial DNA. *Genetical Selection and Evolution* 30 (Suppl. 1): 49-74.

GARNERY L, FRANCK P, BAUDRY E, VAUTRIN D, CORNUET J-M, SOLIGNAC M (1998b): Genetic diversity of the west European honey bee (*Apis mellifera mellifera* and *A. m. iberica*). II. Microsatellite loci. *Genetical Selection and Evolution* 30 (Suppl. 1): 49-74.

GASANOW SO (1967): Flower migration and spezialisation of honeybees of various races. *Proceedings of the International Beekeeping Congress* 21: 281-284.

GILETTE CP (1897): WINSTON ML (1987).

GRAF AB (1981): Tropica – color cyclopedia of exotic plants and trees. Roehrs Company – Publishers. New York.

GUZMAN-NOVA E, PAGE RE Jr. (2000): Pollen collection and foraging force by European and European x Africanized hybrid honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) in mixed genotype colonies are similar. Annals of the Entomological Society of America 93 (1): 141-144.

HABERER M (1996): Farbatlas Zierpflanzen. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart.

HEGI G (1924/25): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band V, 1. Teil. J.F.Lehmanns-Verlag.München

HEGI G (1939): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band II. Carl Hanser Verlag München.

HEGI G (1965): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band V, 2. Teil. Carl Hanser Verlag München.

HEGI G (1987): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band VI, Teil 4. Hrsg.: CO-NERT,H.J.; HAMANN,U.; SCHULTZE-MOTEL,W.; WAGENITZ,G.. Verlag Paul Paray, Berlin Hamburg.

HEINRICH B (1994): Der Hummelstaat. Paul List Verlag München.

HELLMICH RL II, KULINCEVIC JM, ROTHENBUHLER WC (1985): Selection for high and low pollen-hoarding honey bees. The Journal of Heredity 76: 155-158.

HELLMICH RL II, ROTHENBUHLER WC (1986a): Pollen hoarding and use by high and low pollen-hoarding honeybees during the course of brood rearing. Journal of Apicultural Research 25 (1): 30-34.

HELLMICH RL II, ROTHENBUHLER WC (1986b): Relationship between different amounts of brood and the collection and use of pollen by the honey bee (*Apis mellifera*). *Apidologie* 17(1): 13-20.

HEPBURN HR, CREWE RM (1991): Portrait of the Cape honeybee, *Apis mellifera capensis*. *Apidologie* 22: 567-580.

HEPBURN HR, GUILLARMOD, A (1991): The Cape honeybee and the fynbos biome. *South African Journal of Science* 87: 70-73.

HESSE M (1990): Morphology, development and systematic relevance of pollen and spores. Springer Verlag. Wien.

HILGENDORF B, JACOBI B, FEHLOW M (1990): Schutzwürdigkeitsgutachten für das NSG ‚Kickelbach von Fischbach‘. Regierungspräsidium Darmstadt.

HODGES D (1974): The pollen loads of the honeybee. Published by the Bee Research Association. Goddards & Cowley Ltd. London.

HOLM SN (1966): The utilization and management of bumblebees for red clover and alfalfa seed production. *Annual Review of Entomology* 2: 155-182.

HUBBELL SP, JOHNSON LK (1978): Comparative foraging behavior of six stingless bees exploiting a standardized resource. *Ecology* 59 (6): 1123-1136.

INOUE DW (1978): Resource partitioning in bumblebees: Experimental studies of foraging behavior. *Ecology* 59 (4): 672-678.

JACOBS FJ, HOUBAERT D, RYCKE DE PH (1987): Die Bestäubungstätigkeit der Honigbiene (*Apis mellifera*) auf verschiedenen Erdbeervarietäten (*Fragaria x ananassa* DUCH.). *Apidologie* 18: 345-347.

JAY SC (1966): Drifting of honeybees in commercial apiaries.III. Effect of apiary layout. *Journal of Apicultural Research* 5 (3): 137-148.

JAY SC (1968): Drifting of honeybees in commercial apiaries.IV. Further studies of the effect of apiary layout. *Journal of Apicultural Research* 7 (1): 37-44.

JAYCOX ER (1970): Honey bee foraging behavior: responses to queens, larvae and extracts of larvae. *Annals of the Entomological Society of America* 63: 1689-1694.

JOHNSON LK, HUBBELL SP (1974): Aggression and competition among stingless bees: field studies. *Ecology* 55: 120-127.

JONGMAN RH, TER BRAAK CJF, TONGEREN OFR (1987): Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc Wageningen.

KAPP RO (1969): How to know pollen and spores. Pictured Key Nature Series. Wm.C. Brown Company Publishers. Dubuque Iowa.

KERKVLIEET JD, PUTTEN VAN DER APJ (1975): Das Pollenbild einiger niederländischer Honige. *Apidologie* 6: 195-206.

KLAUSING O (1988): Die Naturräume Hessens mit einer Karte der naturräumlichen Gliederung 1:200000. Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz. Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt. Wiesbaden.

KOENIGER N, VEITH HJ (1983): Glyceryl-1,2-dioleate-3-palmitate, a brood pheromone of honey bee (*Apis mellifera* L.). *Experimentia* 39: 1051-1052.

KOHL A (1993): Das Pollensammelverhalten der Honigbiene (*Apis mellifera* L.) im Naturschutzgebiet Taubergießen (Oberrhein; Südwestdeutschland). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 2: 163-169.

KÖHLER W, SCHACHTEL G, VOLESKE P (1996): Biostatistik. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.

KOLMOGOROFF AN (1941): in SACHS L (1984).

KOLTERMANN R (1969): Lern- und Vergessensprozesse bei der Honigbiene – aufgezeigt anhand von Duftdressuren. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 63: 310-334.

KOLTERMANN R (1973): Rassen- bzw. artspezifische Duftbewertung bei der Honigbiene und ökologische Adaptation. *Journal of Comparative Physiology* 85: 327-360.

KÖTTNER M (1991): *Apis mellifera capensis* ESCHOLTZ; Bienenhaltung, Pollenfal-  
lenversuche und pollenanalytische Untersuchungen. Diplomarbeit Universität  
Hohenheim. Stuttgart.

KREBS CJ (1989): *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. New York.

KRUSKAL WH, WALLIS WA (1952): in SACHS L (1984).

KUGLER H (1970): *Blütenökologie*. G.Fischer-Verlag, Jena.

KUMAR J, RAO KVK, GUPTA JK (1993): Amount of loose pollen on the body of  
bees visiting spring blooming crops. *Journal of Insect Science* 6 (2): 259-263.

LATTKA H, HEIN R, LECHTHALER W (2000): *Der Taunus – Streifzug durch das hes-  
sische Mittelgebirge*. Societäts-Verlag. Frankfurt/Main.

LAUER J, LINDAUER M (1971): Genetisch fixierte Lerndispositionen bei der Honig-  
biene. *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz*  
1: 1-87. Franz Steiner Verlag GmbH Wiesbaden.

LAUER J, LINDAUER M (1973): Beteiligung von Lernprozessen bei der Orientierung  
der Honigbiene. *Fortschr. Zoologie* 21: 349-370.

LOUVEAUX J (1958): Recherches sur la recolte du pollen par les abeilles (*Apis  
mellifera* L.). *Annales de l' Abeille* 1: 113-188, 197-221.

LOUVEAUX J, MAURIZIO A, VORWOHL G (1978): Methods of Melissopalynology.  
*Bee World* 59 (4): 139-157.

LUNDER R (1953): Foraging characteristics of some bee races in Norwegian  
conditions. *Nordisk Bitidskrift* 3: 71-83.

MACARTHUR RH (1965): in KREBS CJ 1989.

MALASPINA O, STORT AC (1987): Sucrose syrup-collecting behavior in Africanized and Caucasian bees and the descendants of their crossings. *Brasilian Journal of Genetics* 10 (3): 459-469.

MALASPINA O, STORT AC, NETTO JC (1993): Pollen gathering by Africanized and Caucasian bees (*Apis mellifera* L.) and descendants from crossings between them. *Review of Brasilian Biology* 53 (4): 549-554.

MALASPINA O, PATENATE AJ (1995): Foraging behavior of Africanized, Italian and Carnolian bees. *Review of Brasilian Biology* 55 (1): 157-162.

MARCEAU J, BOYLI R, PERRON JM (1990): The relationship between hive productivity and honeybee flight activity. *Journal of Apicultural Research* 29 (1): 28-34.

MARQUEZ-SOUZA AC, ABSY ML, CONDE PAA, COELHO H DE A (1993): Dados da obtencao do polen por operarias de *Apis mellifera* no municipio de Ji-Parana (RO), Brasil. *Acta Amazonica* 23 (1): 59-76.

MAURIZIO A (1953): in WINSTON ML (1987).

MAURIZIO A (1979): Beitrag zur Kenntnis des Pollenspektrums norwegischer Honige. *Apidologie* 10 (4): 359-393.

MAURIZIO A, LOUVEAUX J (1965): Pollens de plantes *melliferes* d'Europe. Union des Groupements Apicoles Francais. Paris.

MAURIZIO A, SCHAPER F (1994): Das Trachtpflanzenbuch. Nektar und Pollen – die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene. Ehrenwirth Verlag GmbH. München.

MAY H (1997): Streit um die Biene. *Naturschutz heute* 4: 38-39.

MENZEL R (1967): Untersuchungen zum Erlernen von Spektralfarben durch die Honigbiene (*Apis mellifica*). *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie* 56: 22-62.

MENZEL R (1968): Das Gedächtnis der Honigbiene für Spektralfarben – I. Kurzzeitiges und langzeitiges Behalten. Zeitschrift für Vergleichende Physiologie 60: 82-102.

MENZEL R (1969): Das Gedächtnis der Honigbiene für Spektralfarben – II. Umlernen und Mehrfachlernen. Zeitschrift für Vergleichende Physiologie 63: 290-309.

MENZEL R, FREUDEL H, RÜHL U (1973): Rassenspezifische Unterschiede im Lernverhalten der Honigbiene (*Apis mellifera* L.). Apidologie 4 (1): 1-24.

MICHAILOV AS (1930): A summary of what we know about long-tongued bees. American Bee Journal 70: 532-533.

MORIYA K (1961): in FREE JB (1967).

MÜHLENBERG M (1993): Freilandökologie. Quelle & Meyer Heidelberg, Wiesbaden.

MÜLLER A, KREBS A, AMIET F (1997): Bienen – Mitteleuropäische Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Naturbuch Verlag München.

MÜLLER HJ (1991): Ökologie. Gustav-Fischer-Verlag Jena.

NABORS RA (1997): Trapping pollen collections of the honey bee, *Apis mellifera* L. to determine pollen flow periods. American Bee Journal 77: 215-216.

NAWRATH S (1996): NSG-Antrag Helbigshainer Wiesen – Antrag auf Ausweisung als Naturschutzgebiet (NSG). Regierungspräsidium Darmstadt.

NEVES-FERMIANO LHM, STORT AC (1985): Study of food-gathering behavior in Italian bees (*A.m.ligustica*), in Africanized bees and in the descendants of their crossings. Brazilian Journal of Genetics 8 (1): 29-36.

PAGE RE Jr., FONDRK MK (1995): The effects of colony-level selection on the social organization of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies: colony-level components of pollen hoarding. Behavioral Ecology and Sociobiology 36: 135-144.



PAGE RE Jr., FONDRK MK, HUNT GJ, GUZMAN-NOVOA E, HUMPHRIES MA, NGUYEN K, GREENE AS (2000): Genetic dissection of honeybee (*Apis mellifera* L.) foraging behavior. *Journal of Heredity* 91 (6): 474-479.

PARK OW (1922): in WINSTON ML (1987).

PARKER RL (1926): in WINSTON ML (1987).

PANKIW T, PAGE RE Jr., FONDRK MK (1998): Brood pheromone stimulates pollen foraging in honey bees (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 44: 193-198.

PAWLIKOWSKI T, WNUK B (1993): Observations on flower-visiting activity of honey bee (*Apis mellifera* L.) in cultural landscape of Swiecie Plateau (N Poland). *Acta Universitatis Nicolai Copernici* 87: 81-88.

PAWLITSCHKO I, SCHLEMBBS H-O (1981): *Der Taunus*. Verlag Wolfgang Weidlich. Frankfurt/Main.

PEDERSEN BV (1996): On the phylogenetic position of the Danish strain of the black honeybee (The Laesö-bee), *Apis mellifera mellifera* L. (*Hymenoptera: Apidae*) inferred from mitochondrial DAN sequences. *Entomologica Scandinavica* 27 (3): 241-250.

PERSANO ODDO L, PIANA ML (2001): *Miele e territorio – Guida alla valorizzazione del miele attraverso le denominazioni di origine*. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria. Rom.

PLACHTER H (1991): *Naturschutz*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena.

PRITSCH G (1985): *Eine Anleitung zur Verbesserung der Bienenweide und Informationen über Bienenweidepflanzen*. Verlag J. Neumann – Neudamm. Melsungen.

REBELO AG ed. (1987): A preliminary synthesis of pollination biology in the Cape flora. Foundation for Research Development, Council for Scientific and Industrial Research, South African National Scientific Programmes Report NO 141. Pretoria.

RENKONEN O (1938): in KREBS CJ (1989)

RICCIARDELLI D'ALBORE G (1997): Textbook of Melissopalynology. Apimondia Publishing House. Bucharest.

RICCIARDELLI D'ALBORE G (1998): Mediterranean Melissopalynology. Istituto di Entomologia Agraria. Borgo XX Guigno, 74. Universita degli Studi di Perugia. Perugia.

RIESSBERGER U, CRAILSHEIM K (1997): Short-term effect of different weather conditions upon the behavior of forager and nurse honey bees (*Apis mellifera carnica* POLLMANN). Apidologie 28: 411-426.

ROBINSON WS, NOWOGRODZKI R, MORSE RA (1989): The value of honeybees as pollinators of U.S. crops. American Bee Journal 129: 411-423, 477-486.

ROMEIS B (1948): Mikroskopische Technik. Verlag R. Oldenbourg München.

ROTHMALER W (1987): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD. Band 3: Atlas der Gefäßpflanzen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin.

ROTHMALER W (1988): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD. Band 2: Gefäßpflanzen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin.

RUTTNER F (1986): Geographical variability and classification. pp. 23-56. in Rinderer, T.E. (Ed.): Bee Genetics and Breeding. Academic Press. Inc.

RUTTNER F (1988): Biogeography and Taxonomy of Honeybees. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

RUTTNER F (1992): Naturgeschichte der Honigbienen. Ehrenwirth Verlag GmbH. München.

RUTTNER F, TASSENCOURT L, LOUVEAUX J (1978): Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L.. *Apidologie* 9 (4): 363-381.

RUTTNER F, KAUHAUSEN D (1985): Honeybees of tropical Africa: Ecological diversification and isolation. Proc. 3.Int. Conf. Apic. Trop. Climates, Nairobi 1984: 45-51.

RUTTNER F, MILNER E, DEWS, JE (1990): The dark european honey bee *Apis mellifera mellifera* LINNAEUS 1758. The British Isles Bee Breeders Association.

SACHS L (1984a): Angewandte Statistik – Anwendung statistischer Methoden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

SACHS L (1984b): Applied statistics – a handbook of techniques. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo.

SAWYER R (1981): Pollen identification for beekeepers. University College Cardiff Press. Cardiff.

SCHMEIL-FITSCHEN J (1958): Flora von Deutschland. Gustav-Fischer-Verlag. Jena.

SCHMEIL-FITSCHEN J (2000): Flora von Deutschland. Quelle & Meyer Verlag. Wiebelsheim.

SCHMIDT JO (1984): Feeding preference of *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera: Apidae*): individual versus mixed pollen species. *Journal of Kansas Entomological Society* 57: 323-327.

SCHMIDT LS, SCHMIDT JO, RAO H, WANG W, XU L (1995): Feeding preference and survival of young worker honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) fed rape, sesame, and sunflower pollen. *Journal of Economic Entomology* 88 (6): 1591-1595.

SCHNEIDER SS, MCNALLY LC (1992): Seasonal patterns of foraging activity in colonies of the African honey bee, *Apis mellifera scutellata*, in Africa. *Insect Societies* 39: 181-193.

SCHNEIDER SS, MCNALLY LC (1993): Spatial foraging patterns and colony energy status in the African honey bee, *Apis mellifera scutellata*. *Journal of Insect Behavior* 6 (2): 195-210.

SCHUMACHER T, SONNTAG G (1988): Pflanzensoziologisch – zoologisches Gutachten zum Naturschutzgebiet „Hünerbergwiese von Oberursel“. Regierungspräsidium Darmstadt.

SCOTT CD (1986): in WINSTON ML (1987).

SEELEY TD (1985): *Honey bee ecology*. Princeton University Press, New Jersey.

SEELEY TD (1986): Social foraging by honeybees: how colonies allocate foragers among patches of flowers. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 19: 343-354.

SEELEY TD (1989): Social foraging in honey bees: how nectar foragers assess their colony's nutritional status. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 24: 181-199.

SEELEY TD (1997): *Honigbienen – Im Mikrokosmos des Bienenstocks*. Birkenhäuser Verlag. Basel. Boston. Berlin.

SEELEY TD, CAMAZINE S, SNEYD J (1991): Collective decision-making in honey bees: how colonies choose among nectar sources. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 28: 277-290.

SHAPIRO MM, WILK MB (1965): in SACHS L (1984).

SHEPPARD WS, MCPHERON BA (1986): Genetic variation in honey bees from an area of racial hybridization in western Czechoslovakia. *Apidologie* 17: 21-32.

SHEPPARD WS, ARIAS MC, GRECH A, MEIXNER MD (1997): *Apis mellifera ruttneri*, a new honey bee subspecies from Malta. *Apidologie* 28: 287-293.

SMIRNOFF NW (1948): in SACHS L (1984).

SMITH DR, PALOPOLI MF, TAYLOR BR, GARNERY L, CORNUET J-M, SOLIGNAC M, BROWN WM (1991): Geographical overlap of two mitochondrial genomes in Spanish honeybees (*Apis mellifera iberica*) Journal of Heredity 82: 96-100.

SOKAL RR, ROHLF J (1996): Biometry. W. H. Freeman and Company. New York.

STEFAN WA (1997): Schutz und Wiederansiedlung der Dunklen Europäischen Honigbiene in Naturschutzgebieten und Biosphärenreservaten Deutschlands. Insecta 5: 33-47.

STEFFAN-DEWENTER I, TSCHARNTKE T (1997): Bee diversity and seed set in fragmented habitats. Proceedings of the International Symposium on Pollination (ed. K.W.Richards). Acta Hort. 437: 231-238.

STEFFAN-DEWENTER I, TSCHARNTKE T (2000): Ressource overlap and possible competition between honey bees and wild bees in central Europe. Oecologia 122: 288-296.

STIMEC J, SCOTT-DUPREE CD, MCANDREWS JH (1997): Honey bee, *Apis mellifera*, pollen foraging in southern Ontario. The Canadian Field Naturalist 111: 454-456.

STRASBURGER E, NOLL F, SCHENCK H, SCHIMPER AFW (1971): Lehrbuch der Botanik. Gustav Fischer-Verlag Jena.

SYNGE AD (1947): Pollen collection by honeybees (*Apis mellifera*). Journal of Animal Ecology 16: 122-138.

TELLERIA MC (1993): Flowering and pollen collection by the honeybee (*Apis mellifera* L. var *ligustica*) in the pampas region of Argentina. Apidologie 24: 109-120.

TER BRAAK CJF, SMILAUER P (1998): Canoco 4-Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for canonical community ordination (version 4). Microcomputer Power (Ithaca, New York, USA).

TUBBESING U (1999): Taunus. Bergverlag Rudolf Rother GmbH. München.

VAISSIERE BE, VINSON SB (1994): Pollen morphology and its effect on pollen collection by honey bees, *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera: Apidae*), with special reference to upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. (*Malvaceae*). *Grana* 33: 128-138.

VILLANUEVA GR (1994): Nectar sources of European and Africanized honeybees (*Apis mellifera* L.) in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Apicultural Research* 33 (1): 44-58.

VILLANUEVA GR (1999): Pollen resources used by European and Africanized honeybees in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Apicultural Research* 38 (1-2): 105-111.

VISSCHER PK, SEELEY TD (1982): Foraging strategy of honeybee colonies in a temperate deciduous forest. *Ecology* 63: 1790-1801.

VORWOHL G (1972): Das Pollenspektrum von Honigen aus den italienischen Alpen. *Apidologie* 3: 309-340.

WADDINGTON KD, VISSCHER PK (1994): Comparison of forager distribution from matched honey bee colonies in suburban environments. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 35: 423-429.

WALTER H (1984): *Vegetation und Klimazonen*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.

WALTER H, BRECKLE S-W (1984): *Ökologie der Erde Band 2: Spezielle Ökologie der tropischen und subtropischen Zonen*. Gustav-Fischer-Verlag Stuttgart.

WALTER H, BRECKLE S-W (1986): *Ökologie der Erde Band 3: Spezielle Ökologie der gemäßigten und arktischen Zonen Euro-Nordasiens*. Gustav-Fischer-Verlag Stuttgart.

WEHNER R (1971): The generalization of directional visual stimuli in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology* 17: 1579-1591.

WEHNER R, LINDAUER M (1966): Zur Physiologie des Formensehens bei der Honigbiene – I. Winkelunterscheidung an vertikal orientierten Streifenmustern. *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie* 52: 290-324.

WEISS E, STETTMER C (1991): Unkräuter in der Agrarlandschaft locken blütenbesuchende Insekten an. Agrarökologie 1 (NENTWIG W, POEHLING H-M Eds.). Haupt-Verlag. Bern. Stuttgart.

WESTERKAMP C (1987): Das Pollensammelverhalten der sozialen Bienen in Bezug auf die Anpassung der Blüten. Dissertation im Fachbereich Biologie der Universität Mainz, 225 S.

WESTERKAMP C (1999): Nutzpflanzenbestäubung: Blüten-Vielfalt braucht Bestäuber-Vielfalt. Blütenökologie – faszinierendes Miteinander von Pflanzen und Tieren (Hrsg.: ZIZKA, G.; Schneckenburger, S.). Kleine Senckenberg-Reihe 33; Palmengarten Sonderheft 31: 149-157. Frankfurt/Main.

WESTRICH P (1983): Wildbienen: Ökologische Bedeutung – Gefährdung – Schutz. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Baden-Württembergs 55/56: 9-12.

WESTRICH P (1989): Die Wildbienen Baden-Württembergs. Allgemeiner Teil. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.

WILLE H, VECCHI MA (1985): Der Brutrhythmus von *Ligustica*-Bienenvölkern. Schweizerische Bienenzeitung 10: 477-487.

WILLE H, WILLE M, KILCHENMANN V, IMDORF A, BÜHLMANN G (1985): Pollenernte und Massenwechsel von drei *Apis mellifera*-Völkern auf demselben Bienenstand in zwei aufeinanderfolgenden Jahren. Revue Suisse Zoologie 92 (4): 897-914.

WILLIAMS IH (1987): The pollination of lupins. Bee World 68: 10-16.

WINSTON ML (1987): The biology of the honey bee. Harvard University Press. Cambridge.

ZANDER E (1931): Die Bienenweide. Handbuch der Bienenkunde VII. Eugen-Ulmer-Verlag Stuttgart.

ZANDER E (1935): Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. Band I: Pollengestaltung und Herkunftsbestimmung bei Blütenhonig mit besonderer Berücksichtigung des deutschen Trachtgebietes. Verlag der Reichsfachgruppe Imker e.V. . Berlin.

ZANDER E (1937): Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. Band II: Pollengestaltung und Herkunftsbestimmung bei Blütenhonig mit besonderer Berücksichtigung des deutschen Trachtgebietes. Fortsetzung und Schluss. Verlag Liedloff, Loth & Michaelis. Leipzig.

ZANDER E (1941): Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. Band III: Pollengestaltung und Herkunftsbestimmung bei Blütenhonig. Ergänzungsband. Verlag Liedloff, Loth & Michaelis. Leipzig.

ZANDER E (1949): Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. Band IV: Pollengestaltung und Herkunftsbestimmung bei Blütenhonig. Ehrenwirth-Verlag. München.

ZANDER E (1951): Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. Band V: Pollengestaltung und Herkunftsbestimmung bei Blütenhonig. Verlag Liedloff, Loth & Michaelis. Leipzig.



## 8 Abbildungsverzeichnis

**Abb. 1.** Durchschnittstemperatur und Niederschlagssumme pro Tagesdekade von Juni bis September 1998

**Abb. 2.** Durchschnittstemperatur und Niederschlagssumme pro Tagesdekade von Juni bis September 1999

**Abb. 3.** Durchschnittstemperatur und Niederschlagssumme pro Tagesdekade von Juni bis September 2000

**Abb. 4.** Schematische Darstellung einer Pollenfalle

**Abb. 5.** Prinzip der Rotation an einem Tag in den drei Rotationszeiträumen 1999 an drei bzw. vier aufeinanderfolgenden Tagen

**Abb. 6.** Aufteilung der Variablengruppen in Variablen

**Abb. 7.** Schema der Varianzpartitionierung

**Abb. 8.** Häufige Pflanzenfamilien hinsichtlich der Anzahl verschiedener Pollentypen

**Abb. 9.** Häufige Pflanzenfamilien hinsichtlich der eingetragenen Pollenmenge

**Abb. 10.** Durchschnittliche Dominanzstruktur einer Pollenprobe

**Abb.11.** Korrespondenzanalyse (CA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen 1998

a) CA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2

b) CA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

**Abb.12.** Korrespondenzanalyse (CA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen 1999

a) CA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2

b) CA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

**Abb. 13.** „Detrended“ Korrespondenzanalyse (DCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen 2000

a) DCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2

b) DCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

**Abb. 14.** Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen sowie die signifikanten Variablen der Variablengruppen Datum, Standort und Unterart 1998

- a) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2
- b) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

**Abb. 15.** Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen sowie die signifikanten Variablen der Variablengruppen Datum, Standort und Unterart 1999

- a) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2
- b) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

**Abb. 16.** Kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) der Pollentypen und Pollenproben mit Zuordnung der Rangwerte der Proben zu den Unterarten und unter Ausblendung der Rangwerte der Pollentypen sowie die signifikanten Variablen der Variablengruppen Datum, Standort und Unterart 2000

- a) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 2
- b) CCA Ordinationsdiagramm Achse 1 und 3

**Abb. 17.** Verteilung der Mengen des eingetragenen Pollens pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1998

**Abb. 18.** Verteilung der Mengen des eingetragenen Pollens pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1999

**Abb. 19.** Verteilung der Mengen des eingetragenen Pollens pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 2000

**Abb. 20.** Verteilung der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1998

**Abb. 21.** Verteilung der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 1999

**Abb. 22.** Verteilung der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten im Jahr 2000

**Abb. 23.** Verteilung der Anzahl der Pollentypen pro Dominanzstufe und Unterart für alle drei Untersuchungsjahre

**Abb. 24.** Verteilung der Diversitätswerte (MACARTHUR) für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Abb. 25.** Verteilung der Evennesswerte (BUZAS & GIBSON) für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Abb. 26.** Verteilung der Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN pro Pollenprobe unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Abb. 27.** Verteilung der Werte der prozentualen Nischenüberlappung nach RENKONEN pro Pollenprobe unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

## 9 Tabellenverzeichnis

**Tab. 1.** Verwendete Lochdurchmesser und Anteile der abgestreiften Pollenladungen mit Standardabweichungen

**Tab. 2.** Leerungsdaten der Pollenfallen 1998, 1999 und 2000

**Tab. 3.** Daten der Messung der Volkstärke und der Fläche der verdeckelten Brut 1998

**Tab. 4.** Daten der Messung der Volkstärke und der Fläche der verdeckelten Brut 1999

**Tab. 5.** Daten der Messung der Volkstärke und der Fläche der verdeckelten Brut 2000

**Tab. 6.** Dominanzstufen nach SCHIEMENZ

**Tab. 7.** Nachweiskategorien unter Angabe der Anzahl der jeweils dazugehörigen Pollentypen sowie den prozentualen Anteilen an der Gesamtzahl der Pollentypen pro Untersuchungsjahr

**Tab. 8.** Häufige Pollentypen aller drei Untersuchungsjahre unter Angabe der Pollenmenge (g) und den prozentualen Anteilen insgesamt und im Durchschnitt pro Pollenprobe

**Tab. 9.** Varianzanteile der Variablengruppen Jahr, Datum, Standort und Unterart an der Gesamtvarianz der Pollenproben- und Pollentypendatensätze sowie die Überschneidung der Varianz der Variablengruppen und die unerklärte Restvarianz (%)

**Tab. 10.** Varianzanteile der Variablengruppen Datum, Standort, Unterart und Bienenvolk an der Gesamtvarianz der Pollenproben- und Pollentypendatensätze der Rotationszeiträume 1999 (%)

**Tab. 11.** Durchschnittliche Anteile der häufigsten Pollentypen der vier untersuchten Unterarten pro Pollenprobe aller drei Untersuchungsjahre

**Tab. 12.** Durchschnittlicher Anteil der Pollentypen, die 90% des Polleneintrags pro Unterart 1998, 1999 und 2000 sowie für alle drei Untersuchungsjahre abdecken

**Tab. 13.** Vergleich der Anteile der Anzahl der Pollentypen zwischen den Unterarten (KRUSKAL & WALLIS), die 90% der Menge des eingetragenen Pollens abdecken für die Jahre 1998, 1999 und 2000

**Tab. 14.** Einzelvergleiche (CONOVER) der Unterarten anhand der Anteile der Anzahl der Pollentypen, die ca. 90% des Polleneintrags pro Probe abdecken

**Tab. 15.** Pollentypen (i.w.S.) mit signifikanten Unterschieden (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 sowie den korrigierten P-Werten (FISCHER's combination procedure, BONFERRONI)

**Tab. 16.** Pollentypen mit signifikanten Unterschieden ( $P < 0,01$ ) zwischen den Unterarten unter Angabe der Unterarten, die signifikant häufiger als alle anderen Unterarten oder ein Teil von ihnen den jeweiligen Pollentyp eintrugen

**Tab. 17.** Blütentypen (i.w.S.) mit signifikanten Unterschieden zwischen den Unterarten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 unter Angabe der P-Werte (KRUSKAL & WALLIS) sowie den nachfolgend korrigierten (FISCHER's combination procedure, BONFERRONI) P-Werten

**Tab. 18.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der relativen Häufigkeiten des Blütentyps Korbblume

**Tab. 19.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der relativen Häufigkeiten de Blütentyps Schmetterlingsblume

**Tab. 20.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der relativen Häufigkeiten des Blütentyps Stieltellerblume

**Tab. 21.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der relativen Häufigkeiten des „Blütentyps“ Sporen und unbestimmte Pilzelementen

**Tab. 22.** Zuordnung der Leerungsdaten zu Tagesdekaden 1998, 1999 und 2000

**Tabellenübersicht: Tab. 23 bis 26**

**Tab. 23.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 24.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 25.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe an den verschiedenen Standorten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 26.** Eingetragene Pollenmenge, Probenzahl und Pollengewicht pro Probe im Jahresverlauf unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 27.** Durchschnittliche Werte der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit (RH) an den Probetagen 1998, 1999 und 2000 mit Standardabweichungen

**Tab. 28.** Partielle Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Temperatur unter Zusammenfassung der Daten der Untersuchungsjahre

**Tab. 29.** Partielle Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Temperatur unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit sowie zwischen Pollenmenge und relativer Luftfeuchtigkeit unter Berücksichtigung der Temperatur für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 30.** Korrelationskoeffizienten nach SPEARMAN ( $r_s$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brut sowie eingetragener Pollenmenge und Volkstärke unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 31.** Partielle Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brut unter Berücksichtigung der Volkstärke sowie zwischen eingetragener Pollenmenge und Volkstärke unter Berücksichtigung der Brut unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 32.** Partielle Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und P-Werte für den Zusammenhang zwischen eingetragener Pollenmenge und Brutmenge unter Berücksichtigung der Anzahl besetzter Waben und zwischen Pollenmenge und Anzahl besetzter Waben unter Berücksichtigung der Brutmenge für die Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 33.** P-Werte (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Brutmenge und Volkstärke zwischen den Unterarten 1998, 1999 und 2000

**Tab. 34.** Vergleich der Brutmengen zwischen den Unterarten im Jahr 1998 (Einzelvergleiche nach CONOVER)

**Tab. 35.** Vergleich der Brutmengen zwischen den Unterarten im Jahr 1999 (Einzelvergleiche nach CONOVER)

**Tab. 36.** Vergleich der Brutmengen zwischen den Unterarten im Jahr 2000 (Einzelvergleiche nach CONOVER)

**Tab. 37.** Vergleich der Anzahl besetzter Waben zwischen den Unterarten im Jahr 1998 (Einzelvergleiche nach CONOVER)

**Tab. 38.** Vergleich der Anzahl besetzter Waben zwischen den Unterarten im Jahr 1999 (Einzelvergleiche nach CONOVER)

**Tab. 39.** Vergleich der Anzahl besetzter Waben zwischen den Unterarten im Jahr 2000 (Einzelvergleiche nach CONOVER)

**Tab. 40.** Eingetragene Pollenmengen der Unterarten insgesamt und deren Medianwerte unter Angabe der Percentile (95%) sowie der Minimal- und Maximalwerte pro Pollenprobe

**Tab. 41.** P-Werte für den Vergleich der eingetragenen Pollenmenge zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000

**Tab. 42.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Menge des eingetragenen Pollens für das Jahr 1998

**Tab. 43.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Menge des eingetragenen Pollens für das Jahr 1999

**Tab. 44.** Vergleich des Gewichts von Pollenladungen ausgewählter Pollentypen zwischen den Unterarten (KRUSKAL-WALLIS, einfaktorielle ANOVA, DUNCAN)

**Tabellenübersicht: Tab. 45 bis 48**

**Tab. 45.** Anzahl verschiedener Pollentypen insgesamt

**Tab. 46.** Anzahl verschiedener Pollentypen in den drei Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 47.** Anzahl verschiedener Pollentypen an den Standorten unter Zusammenfassung der Daten aller drei Untersuchungsjahre

**Tab. 48.** Anzahl verschiedener Pollentypen im Jahresverlauf unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 49.** Gesamtzahlen und Medianwerte verschiedener Pollentypen pro Unterart unter Angabe der Percentile (95%) sowie der Minimal- und Maximalwerte pro Pollenprobe

**Tab. 50.** P-Werte (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000

**Tab. 51.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Anzahl verschiedener Pollentypen im Jahr 1998

**Tab. 52.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterarten hinsichtlich der Anzahl verschiedener Pollentypen im Jahr 1999

**Tab. 53.** Rangkorrelationskoeffizienten (SPEARMAN;  $r_s$ ) und P-Werte für den Zusammenhang Pollengewicht und Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 54.** Rangkorrelationskoeffizienten (SPEARMAN;  $r_s$ ) und P-Werte für die Korrelation Pollengewicht und Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe für die vier Unterarten in den Jahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. 55.** Durchschnittswerte der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Dominanzstufe für die Unterarten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 56.** Signifikanzen der Dominanzstufen (KRUSKAL & WALLIS ) für die Jahre 1998, 1999, 2000 unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 57.** Paarweise Vergleiche der Unterarten (CONOVER;  $P < 0,05$ ) für Dominanzstufen mit signifikanten Unterschieden zwischen den Unterarten in den Jahren 1998, 1999, 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 58.** Vergleich der Diversitätswerte (MACARTHUR) zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten aller drei Untersuchungsjahre (KRUSKAL & WALLIS)

**Tab. 59.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Diversität (MACARTHUR) zwischen den Unterarten im Jahr 1999

**Tab. 60.** Vergleich der Evennesswerte (BUZAS & GIBSON) zwischen den Unterarten für die Jahre 1998, 1999 und 2000 getrennt und unter Zusammenfassung der Daten aller drei Untersuchungsjahre (KRUSKAL & WALLIS)

**Tab. 61.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Evenness (BUZAS & GIBSON) zwischen den Unterarten im Jahr 1998

**Tab. 62.** Pollentypen-Turnover-Raten der Unterarten in den Jahren 1998 und 2000

**Tab. 63.** Vergleich (KRUSKAL & WALLIS) der Werte des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN zwischen den Unterartkombinationen für die Jahre 1998, 1999, 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 64.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN für das Jahr 1998

**Tab. 65.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN für das Jahr 1999

**Tab. 66.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN für das Jahr 2000

**Tab. 67.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand des Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 68.** Vergleich (KRUSKAL & WALLIS) der Werte der Nischenüberlappung nach RENKONEN zwischen den Unterartkombinationen für die Jahre 1998, 1999, 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

**Tab. 69.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand der Nischenüberlappung nach RENKONEN für das Jahr 1999

**Tab. 70.** Paarweise Vergleiche (CONOVER) der Unterartkombinationen anhand der Nischenüberlappung nach RENKONEN unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre



**Tab. 71.** Vergleich der Pollenmengen für die Gesamtdaten der drei Rotationszeiträume 1999 pro Probe und für die Unterarten im einzelnen (KRUSKAL & WALLIS, CONOVER) zwischen verschiedenen Standortkategorien

**Tab. 72.** Pollentypen, die sich in ihrem Eintrag (relative Häufigkeiten) signifikant zwischen den Unterarten unterscheiden;

unter Angabe: - der natürlichen Verbreitung der Pollenquellen,

- des Vorkommens der Pollenquellen als im Untersuchungsgebiet eingeführte Zier- oder Nutzpflanzen

- des Vergleichs mit häufigen Pollentypen in den Ursprungsgebieten der untersuchten Unterarten

- und der Unterarten, die die jeweiligen Pollentypen im Untersuchungsgebiet signifikant häufiger als alle anderen Unterarten oder ein Teil von ihnen eingetragen haben

**Tab. 73.** Zuordnung der signifikant unterschiedlich genutzten Pollentypen zu Blütentypen unter Angabe signifikanter Unterschiede bei den Blütentypen und der Unterarten, die die entsprechenden Blütentypen häufiger ausbeuteten

## 10 Abkürzungsverzeichnis und Begriffserklärung

### Verwendete Abkürzungen

<i>cap</i>	<i>Apis mellifera capensis</i>
<i>carn</i>	<i>Apis mellifera carnica</i>
<i>lig</i>	<i>Apis mellifera ligustica</i>
<i>mell</i>	<i>Apis mellifera mellifera</i>
CA	Korrespondenzanalyse
DCA	„Detrendet“ Korrespondenzanalyse
CCA	Kanonische Korrespondenzanalyse
PCA	Hauptkomponentenanalyse
RDA	Redundanzanalyse
specax	species axis
envi ax	environmental axis
dat	Datum
so	Standort
ua	Unterart
ges.	gesamt
Abb.	Abbildung
Anh.	Anhang
Tab.	Tabelle
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
VG	Variablengruppe

### Begriffserklärung

Pollenprobe: Pollen aus einer Pollenfallenleerung für ein Volk pro Leerung, d.h. pro Jahr, Datum, Standort und Unterart

Pollenladung: Einzelne Pollenpackung von einer Tibia einer Pollen sammelnden Honigbiene

Leerungstag, -datum: Tag, an dem am Morgen der Lochstreifen in die Pollenfalle eingeschoben wurde und die von den Tibien der zurückkehrenden Pollensammlerinnen abgestreiften Pollenladungen am Abend aus der Schublade der Pollenfalle entnommen wurden und der Lochstreifen entfernt wurde

Einzeldaten: Daten, die aus einer Pollenprobe (z.B. Gewicht, Anzahl verschiedener Pollentypen, Diversität, Evenness etc.) oder dem Vergleich zweier Pollenproben gewonnen wurden (Ähnlichkeit zweier Pollenproben)

Pollentypen: Pollen, der mit den angewandten Bestimmungsmethoden anhand seiner Merkmale, wie Form, Größe, Oberflächenstruktur in distinkte Gruppen unterteilt werden konnte

Pollentyp-Form: Pollentypen, die innerhalb einer Pflanzenfamilie unterschieden wurden und sich in ihrer Benennung auf jeweils eine Gattung dieser Pflanzenfamilie zurückführen ließen; Pollen der dem der benannten Gattung ähnlich sieht, wird dieser Form zugeordnet

Pollentyp-Gruppe: Pollentyp, der Ähnlichkeit mit dem genannten Pollentyp hat, aber nicht unbedingt mit ihm identisch ist und auch nicht zur gleichen Pflanzenfamilie gehören muß



## **11 Anhang**

**Tab. A 3.5.2.** Übersicht über die Probestage 1999 mit Zuordnung der Unterarten, Volksnummern und Standorte (A=Autobahn, B=Bangert, O=Opelzoo; F=Fischbach; H=Hünerbergwiese; fett gedruckte Daten kennzeichnen die Rotationsdaten der drei Rotationszeiträume)

	mell	lig	carn	cap	mell	lig	carn	cap	mell	lig	carn	cap	mell	lig	carn	cap	lig	carn	cap	Untersart/ Leerung	
	103	14	H	H	166	114	204	123	136	96	194	83	279	81	110	37	108	275	17	79	Volk-Nr.
	H	H	H	F	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	15.6.
	H	H	H	F	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	24.6.
													A	A	A	A	O	O	O	O	25.6.
													F	F	F	F	B	B	B	B	26.6.
	H	H	H	O	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	8.7.
				B	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	9.7.
				F	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	10.7.
				A	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	11.7.
	H	H	H	A	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	19.7.
	H	H	H	A	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	2.8.
				O	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	3.8.
				B	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	4.8.
				F	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	5.8.
				A	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	6.8.
	H	H	H	O	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	16.8.
	H	H	H	O	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	30.8.
				B	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	31.8.
				F	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	A	A	A	A	1.9.
				A	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	O	O	O	O	2.9.
				O	O	O	O	O	A	A	A	A	F	F	F	F	B	B	B	B	3.9.

**Tab. A 3.7.3.** Ausgewählte morphologische und farbliche Merkmale zur Zuordnung der verwendeten Honigbienen zu den vier Unterarten

	<i>A.m.mellifera</i>	<i>A.m.carnica</i>	<i>A.m.ligustica</i>	<i>A.m.capensis</i>
Rüssellänge (mm)	6,052 (0,147)	6,396 (0,154)	6,359 (0,126)	5,800 (0,120)
Vorderflügelänge (mm)	9,334 (0,111)	9,403 (0,150)	9,208 (0,175)	8,950 (0,370)
Cubitalindex	1,84 (0,280)	2,589 (0,418)	2,551 (0,410)	2,330 (0,340)
Farbe des 3. und 4.Tergits	3,45 (1,02)	2,35 (0,74)	7,14 (1,25)	4,68 (0,59)
Schlankheitsindex	78,50 (3,50)	83,50 (2,90)	83,50 (3,30)	86,07 (3,95)

**Tab. A 3.8.2.1.** Vergleich der Ergebnisse der Varianzpartitionierung mit den nicht transformierten Gewichtsdaten der Pollenmengen pro Pollentyp und Pollenprobe sowie mit den verschiedenen transformierten Einzeldaten zur Absicherung der Aussagekraft der logarithmierten relativen Häufigkeiten für die Polleprobendatensätze (%)

Datengrundlage	Datum	Standort	Unterart	Überschneidung	unerklärte Restvarianz
Gewicht (g)	9,8	6,5	5,0	0,0	78,7
In Gewicht (g)	11,4	7,2	5,1	0,3	76,0
relative Häufigkeit (%)	9,8	6,2	3,7	0,0	80,3
In relative Häufigkeit (%)	11,5	7,3	4,4	0,1	76,8

**Tab. A 3.8.4.1.** Faktoren, mit denen die P-Werte der Pollentypen zur BONFERRONI-Korrektur multipliziert wurden

Nachweis in den Jahren	Faktor
nur 1998	127
nur 1999	157
nur 2000	152
1998 und 1999	93
1998 und 2000	90
1999 und 2000	117
1998, 1999 und 2000	86

**Tab. A 3.8.4.2.** Faktoren, mit denen die P-Werte der Blütentypen (detailliert, i.w.S.) zur BONFERRONI-Korrektur multipliziert wurden

Nachweis in den Jahren	Faktor
nur 1999	23
nur 2000	23
1999 und 2000	22
1998, 1999 und 2000	21

**Tab. A 3.8.4.3.** Faktoren, mit denen die P-Werte der Grundformen (i.w.S.) der Blütentypen zur BONFERRONI-Korrektur multipliziert wurden

Nachweis in den Jahren	Faktor
1998, 1999 und 2000	9



**Tab. A 4.1.1.** Übersicht über die nachgewiesenen Pollentypen (i.w.S.) unter Angabe der Pflanzenfamilie (i.w.S.) und einer Familiengruppe, der Nachweiszeiträume, der Anzahl der Nachweise, der Anteile der Proben pro Jahr und der Nachweiskategorien

verwendete Abkürzungen: –c.: –ceae  
i.w.S.: im weiteren Sinne  
Aug.: August  
Sept.: September  
Anz.: Anzahl  
d.: der  
Nachw.: Nachweise  
enth: enthalten  
Prob.: Proben

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade										Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweiskategorie	
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I	Sept. II				
Brassicac.	Brassicaceae (1)	1998												45	29,0	sehr häufig
	Brassicaceae (1)	1999												143	43,1	sehr häufig
	Brassicaceae (1)	2000												87	54,4	sehr häufig
Campanulac.	Campanulaceae	1998												14	9,0	häufig
	Campanulaceae	1999												50	15,1	sehr häufig
	Campanulaceae	2000												42	26,3	sehr häufig
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i>	1998												48	31,0	sehr häufig
	<i>Castanea sativa</i>	1999												130	39,2	sehr häufig
	<i>Castanea sativa</i>	2000												29	18,1	häufig
Asterac.	<i>Centaurea cyanus</i>	1998												12	7,7	häufig
	<i>Centaurea cyanus</i>	1999												24	7,2	häufig
	<i>Centaurea cyanus</i>	2000												25	15,6	häufig
	<i>Centaurea jacea</i>	1998												27	17,4	häufig
	<i>Centaurea jacea</i>	1999												90	27,1	sehr häufig
	<i>Centaurea jacea</i>	2000												59	36,9	sehr häufig
Papaverac.	<i>Chelidonium majus</i>	1998												1	0,6	einmal
	<i>Chelidonium majus</i>	1999												14	4,2	häufig
Chenopodiac.	Chenopodiaceae	1998												39	25,2	sehr häufig
	Chenopodiaceae	1999												54	16,3	sehr häufig
	Chenopodiaceae	2000												55	34,4	sehr häufig
Ranunculac.	<i>Clematis-Form</i>	1998												51	32,9	sehr häufig
	<i>Clematis-Form</i>	1999												40	12,0	sehr häufig
	<i>Clematis-Form</i>	2000												88	55,0	sehr häufig
Asterac.	Asteraceae Form A	1998												70	45,2	sehr häufig
	Asteraceae Form A	1999												157	47,3	sehr häufig
	Asteraceae Form A	2000												102	63,8	sehr häufig
	Asteraceae Form S	1998												79	51,0	sehr häufig
	Asteraceae Form S	1999												132	39,8	sehr häufig
	Asteraceae Form S	2000												86	53,8	sehr häufig
	Asteraceae Form H (1)	1998												58	37,4	sehr häufig
	Asteraceae Form H (1)	1999												67	20,2	sehr häufig
	Asteraceae Form H (1)	2000												95	59,4	sehr häufig
	Asteraceae Form T (1)	1998												101	65,2	sehr häufig
Asteraceae Form T (1)	1999												224	67,5	sehr häufig	
Asteraceae Form T (1)	2000												130	81,3	sehr häufig	

Fortsetzung Tab. A 4.1.1.

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade										Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweis-kategorie	
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I	Sept. II				
Convolvulac.	<i>Convolvulus spec.</i>	1998												2	1,3	selten
	<i>Convolvulus spec.</i>	1999												49	14,8	sehr häufig
	<i>Convolvulus spec.</i>	2000												9	5,6	gelegentlich
Cornaceae	<i>Cornus spec.</i>	1998												29	18,7	häufig
	<i>Cornus spec.</i>	1999												82	24,7	sehr häufig
	<i>Cornus spec.</i>	2000												70	43,8	sehr häufig
Apiaceae	Apiaceae Form A	1998												34	21,9	sehr häufig
	Apiaceae Form A	1999												86	25,9	sehr häufig
	Apiaceae Form A	2000												65	40,6	sehr häufig
	Apiaceae Form H (1)	1998												38	24,5	sehr häufig
	Apiaceae Form H (1)	1999												66	19,9	sehr häufig
	Apiaceae Form H (1)	2000												67	41,9	sehr häufig
	<i>Eryngium spec.</i>	1999												2	0,6	selten
Rosaceae	<i>Filipendula ulmaria</i>	1998												80	51,6	sehr häufig
	<i>Filipendula ulmaria</i>	1999												120	36,1	sehr häufig
	<i>Filipendula ulmaria</i>	2000												84	52,5	sehr häufig
Polygonac.	<i>Rumex spec.</i>	1998												8	5,2	gelegentlich
	<i>Rumex spec.</i>	1999												20	6,0	häufig
	<i>Rumex spec.</i>	2000												21	13,1	häufig
Asterac.	<i>Gazanie spec.</i>	1998												1	0,6	einmal
	<i>Gazanie spec.</i>	1999												4	1,2	selten
	<i>Gazanie spec.</i>	2000												6	3,8	gelegentlich
Fabaceae	<i>Gleditsia spec.</i>	1999												19	5,7	häufig
	<i>Gleditsia spec.</i>	2000												2	1,3	selten
Poaceae	Poaceae	1998												26	16,8	häufig
	Poaceae	1999												36	10,8	sehr häufig
	Poaceae	2000												49	30,6	sehr häufig
Hypericac.	<i>Hypericum spec.</i>	1998												31	20,0	sehr häufig
	<i>Hypericum spec.</i>	1999												145	43,7	sehr häufig
	<i>Hypericum spec.</i>	2000												85	53,1	sehr häufig
Asterac.	Asteraceae Form H (3)	1998												3	1,9	selten
	Asteraceae Form H (3)	1999												49	14,8	sehr häufig
	Asteraceae Form H (3)	2000												42	26,3	sehr häufig
Rosaceae	Rosaceae (Kleinform)	1998												43	27,7	sehr häufig
	Rosaceae (Kleinform)	1999												83	25,0	sehr häufig
	Rosaceae (Kleinform)	2000												99	61,9	sehr häufig
Caryophyllac.	<i>Agrostemma githago</i>	1998												3	1,9	selten
	<i>Agrostemma githago</i>	1999												6	1,8	gelegentlich
	<i>Agrostemma githago</i>	2000												12	7,5	häufig
Liliaceae/ Iridaceae/ Amaryllidac.	Liliac./Iridac./Amaryllidac.	1998												19	12,3	häufig
	Liliac./Iridac./Amaryllidac.	1999												46	13,9	sehr häufig
	Liliac./Iridac./Amaryllidac.	2000												35	21,9	sehr häufig
Oleaceae	<i>Ligustrum vulgare</i>	1998												11	7,1	häufig
	<i>Ligustrum vulgare</i>	1999												44	13,3	sehr häufig
	<i>Ligustrum vulgare</i>	2000												12	7,5	häufig
Caprifoliac.	<i>Lonicera spec. (1)</i>	1999												17	5,1	häufig
	<i>Lonicera spec. (1)</i>	2000												9	5,6	gelegentlich
Poaceae	<i>Zea mays</i>	1998												72	46,5	sehr häufig
	<i>Zea mays</i>	1999												36	10,8	sehr häufig
	<i>Zea mays</i>	2000												64	40,0	sehr häufig
Euphorbiac.	<i>Mercurialis annua</i>	1998												17	11,0	häufig
	<i>Mercurialis annua</i>	1999												10	3,0	gelegentlich
	<i>Mercurialis annua</i>	2000												32	20,0	sehr häufig
Papaverac.	<i>Papaver spec.</i>	1999												17	5,1	häufig
	<i>Papaver spec.</i>	2000												27	16,9	häufig
Vitaceae	Vitaceae	1998												76	49,0	sehr häufig
	Vitaceae	1999												118	35,5	sehr häufig
	Vitaceae	2000												87	54,4	sehr häufig
Hydrophyllac.	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	1998												40	25,8	sehr häufig
	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	1999												113	34,0	sehr häufig
	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	2000												30	18,8	häufig
Pilzelemente	Pilzsporen (3)	1998												2	1,3	selten
	Pilzsporen (3)	1999												26	7,8	häufig
	Pilzsporen (3)	2000												19	11,9	häufig

## Fortsetzung Tab. A 4.1.1.

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade									Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweiskategorie		
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I				Sept. II	
	Pilzsporen (2)	1998												81	52,3	sehr häufig
	Pilzsporen (2)	1999												87	26,2	sehr häufig
	Pilzsporen (2)	2000												70	43,8	sehr häufig
Plantaginac.	<i>Plantago spec.</i>	1998												113	72,9	sehr häufig
	<i>Plantago spec.</i>	1999												195	58,7	sehr häufig
	<i>Plantago spec.</i>	2000												134	83,8	sehr häufig
Ranunculac.	Ranunculaceae (3)	1998												2	1,3	selten
	Ranunculaceae (3)	1999												22	6,6	häufig
	Ranunculaceae (3)	2000												18	11,3	häufig
Rosaceae	Rosaceae (1)	1998												107	69,0	sehr häufig
	Rosaceae (1)	1999												257	77,4	sehr häufig
	Rosaceae (1)	2000												147	91,9	sehr häufig
Saxifragac.	Saxifragaceae	1999												32	9,6	sehr häufig
	Saxifragaceae	2000												47	29,4	sehr häufig
Caprifoliac.	<i>Symphoricarpos spec.</i>	1998												14	9,0	häufig
	<i>Symphoricarpos spec.</i>	1999												39	11,7	sehr häufig
	<i>Symphoricarpos spec.</i>	2000												40	25,0	sehr häufig
Ranunculac.	<i>Thalictrum spec.</i>	1998												5	3,2	selten
	<i>Thalictrum spec.</i>	1999												14	4,2	häufig
	<i>Thalictrum spec.</i>	2000												20	12,5	häufig
Tiliaceae	<i>Tilia spec.</i>	1999												24	7,2	häufig
	<i>Tilia spec.</i>	2000												8	5,0	gelegentlich
Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	1999												45	13,6	sehr häufig
	<i>Trifolium pratense</i>	2000												23	14,4	häufig
	<i>Trifolium repens</i>	1998												91	58,7	sehr häufig
	<i>Trifolium repens</i>	1999												241	72,6	sehr häufig
	<i>Trifolium repens</i>	2000												125	78,1	sehr häufig
Scrophulariac.	<i>Verbascum spec.</i>	1998												13	8,4	häufig
	<i>Verbascum spec.</i>	1999												3	0,9	selten
	<i>Verbascum spec.</i>	2000												12	7,5	häufig
Fabaceae	<i>Vicia faba</i>	1999												5	1,5	selten
Asterac.	<i>Centaurea montana-Form</i>	1999												2	0,6	selten
	<i>Centaurea montana-Form</i>	2000												4	2,5	selten
unbekannt	unbekannt (12)	1999												1	0,3	einmal
Rosaceae	<i>Spiraea-Form</i>	1999												4	1,2	selten
	<i>Spiraea-Form</i>	2000												1	0,6	einmal
Caprifoliac.	<i>Sambucus nigra</i>	1999												10	3,0	gelegentlich
	<i>Sambucus nigra</i>	2000												3	1,9	selten
Anacardiaceae	Anacardiaceae	1999												26	7,8	häufig
Papaverac.	<i>Papaver rhoeas</i>	1999												2	0,6	selten
Caryophyllac.	<i>Lychnis spec.</i>	1999												1	0,3	einmal
Magnoliac.	<i>Liriodendron tulipifera</i>	1999												4	1,2	selten
Liliaceae	<i>Alium spec.</i>	1999												2	0,6	selten
Dipsacac.	<i>Knautia arvensis</i>	1998												7	4,5	gelegentlich
	<i>Knautia arvensis</i>	1999												4	1,2	selten
	<i>Knautia arvensis</i>	2000												1	0,6	einmal
Cistaceae	<i>Cistus spec.</i>	1999												3	0,9	selten
Liliaceae	<i>Asparagus spec.</i>	1998												2	1,3	selten
	<i>Asparagus spec.</i>	1999												4	1,2	selten
Plumbaginac.	<i>Armeria spec.</i>	1999												5	1,5	selten
	<i>Armeria spec.</i>	2000												3	1,9	selten
Boraginac.	<i>Borago officinalis</i>	1998												7	4,5	gelegentlich
	<i>Borago officinalis</i>	1999												28	8,4	häufig
	<i>Borago officinalis</i>	2000												33	20,6	sehr häufig
Convolvulac.	<i>Calystegia spec.</i>	1998												16	10,3	häufig
	<i>Calystegia spec.</i>	1999												55	16,6	sehr häufig
	<i>Calystegia spec.</i>	2000												36	22,5	sehr häufig
Asterac.	<i>Senecio-Form</i>	1998												6	3,9	gelegentlich
	<i>Senecio-Form</i>	1999												78	23,5	sehr häufig
	<i>Senecio-Form</i>	2000												60	37,5	sehr häufig
Onagrac.	<i>Clarkia spec.</i>	1998												8	5,2	gelegentlich
	<i>Clarkia spec.</i>	1999												4	1,2	selten
	<i>Clarkia spec.</i>	2000												4	2,5	selten

## Fortsetzung Tab. A 4.1.1.

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade									Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweiskategorie		
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I				Sept. II	
Asterac.	<i>Helianthus</i> -Form (1)	1998												45	29,0	sehr häufig
	<i>Helianthus</i> -Form (1)	1999												86	25,9	sehr häufig
	<i>Helianthus</i> -Form (1)	2000												62	38,8	sehr häufig
Onagrac.	<i>Epilobium hirsutum</i>	1998												4	2,6	selten
	<i>Epilobium hirsutum</i>	1999												42	12,7	sehr häufig
	<i>Epilobium hirsutum</i>	2000												37	23,1	sehr häufig
	<i>Epilobium angustifolium</i>	1998												75	48,4	sehr häufig
	<i>Epilobium angustifolium</i>	1999												159	47,9	sehr häufig
Papaverac.	<i>Eschscholtzia spec.</i>	1998												16	10,3	häufig
	<i>Eschscholtzia spec.</i>	1999												19	5,7	häufig
	<i>Eschscholtzia spec.</i>	2000												26	16,3	häufig
Farnsporen	Farnsporen	1999												2	0,6	selten
Celastrac.	<i>Evonymus spec.</i>	1999												1	0,3	einmal
	<i>Evonymus spec.</i>	2000												1	0,6	einmal
Pilzelemente	Pilzelemente	1998												15	9,7	häufig
	Pilzelemente	1999												32	9,6	sehr häufig
	Pilzelemente	2000												20	12,5	häufig
Lamiaceae	<i>Lamium spec.</i>	1998												2	1,3	selten
	<i>Lamium spec.</i>	1999												1	0,3	einmal
Fabaceae	<i>Melilotus spec.</i>	1998												28	18,1	häufig
	<i>Melilotus spec.</i>	1999												64	19,3	sehr häufig
	<i>Melilotus spec.</i>	2000												53	33,1	sehr häufig
Onagrac.	<i>Oenothera spec.</i>	1998												16	10,3	häufig
	<i>Oenothera spec.</i>	1999												41	12,3	sehr häufig
	<i>Oenothera spec.</i>	2000												48	30,0	sehr häufig
Rosaceae	<i>Sanguisorba officinalis</i>	1998												39	25,2	sehr häufig
	<i>Sanguisorba officinalis</i>	1999												96	28,9	sehr häufig
	<i>Sanguisorba officinalis</i>	2000												69	43,1	sehr häufig
Scrophulariac.	Scrophulariaceae	1998												18	11,6	häufig
	Scrophulariaceae	1999												1	0,3	einmal
	Scrophulariaceae	2000												19	11,9	häufig
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	1998												45	29,0	sehr häufig
	<i>Erodium cicutarium</i>	1999												54	16,3	sehr häufig
	<i>Erodium cicutarium</i>	2000												42	26,3	sehr häufig
Polemoniaceae	<i>Polemonium spec.</i>	1999												3	0,9	selten
	<i>Polemonium spec.</i>	2000												3	1,9	selten
Papaverac.	Papaveraceae	1998												17	11,0	häufig
	Papaveraceae	1999												7	2,1	gelegentlich
	Papaveraceae	2000												4	2,5	selten
Malvac.	<i>Malva spec.</i>	1998												31	20,0	sehr häufig
	<i>Malva spec.</i>	1999												35	10,5	sehr häufig
	<i>Malva spec.</i>	2000												35	21,9	sehr häufig
Lamiaceae	Lamiaceae Form M	1998												7	4,5	gelegentlich
	Lamiaceae Form M	1999												40	12,0	sehr häufig
	Lamiaceae Form M	2000												16	10,0	häufig
Juncac.	Juncaceae	2000												2	1,3	selten
Liliaceae	<i>Hosta spec.</i>	1998												5	3,2	selten
	<i>Hosta spec.</i>	2000												13	8,1	häufig
Pilzelemente	Pilzsporen (4)	2000												6	3,8	gelegentlich
Asterac.	Asteraceae Form T (3)	1998												2	1,3	selten
	Asteraceae Form T (3)	1999												45	13,6	sehr häufig
	Asteraceae Form T (3)	2000												36	22,5	sehr häufig
Liliaceae	<i>Galtonia spec.</i>	1999												4	1,2	selten
	<i>Galtonia spec.</i>	2000												10	6,3	gelegentlich
Boraginac.	<i>Echium vulgare</i>	1998												1	0,6	einmal
	<i>Echium vulgare</i>	1999												2	0,6	selten
	<i>Echium vulgare</i>	2000												9	5,6	gelegentlich
Buddlejac.	<i>Buddleja spec.</i>	1998												38	24,5	sehr häufig
	<i>Buddleja spec.</i>	1999												36	10,8	sehr häufig
	<i>Buddleja spec.</i>	2000												47	29,4	sehr häufig
Cucurbitac.	<i>Bryonia spec.</i>	1998												42	27,1	sehr häufig
	<i>Bryonia spec.</i>	1999												92	27,7	sehr häufig
	<i>Bryonia spec.</i>	2000												60	37,5	sehr häufig

## Fortsetzung Tab. A 4.1.1.

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade										Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweis-kategorie		
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I	Sept. II					
Ranunculac.	<i>Anemone spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....							3	0,9	selten
	<i>Anemone spec.</i>	2000													20	12,5	häufig
Asterac.	Helianthus-Form (2)	2000													58	36,3	sehr häufig
Scrophulariac.	<i>Linaria -Form</i>	1998													17	11,0	häufig
	<i>Linaria -Form</i>	1999			.....	.....	.....	.....							8	2,4	gelegentlich
	<i>Linaria -Form</i>	2000			.....	.....	.....	.....							30	18,8	häufig
Linaceae	<i>Linum spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....							10	3,0	gelegentlich
	<i>Linum spec.</i>	2000													1	0,6	einmal
Myrtaceae	Myrtaceae	1999			.....	.....	.....	.....							4	1,2	selten
Resedac.	<i>Reseda spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....							4	1,2	selten
	<i>Reseda spec.</i>	2000													3	1,9	selten
unbekannt	unbekannt (1)	2000													5	3,1	selten
Scrophulariac.	<i>Antirrhinum spec.</i>	1998													1	0,6	einmal
Asterac.	Aster-Form	1998													69	44,5	sehr häufig
	Aster-Form	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	95	28,6	sehr häufig
	Aster-Form	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	74	46,3	sehr häufig
Saxifragac.	<i>Astilbe spec.</i>	1998													1	0,6	einmal
Begoniac.	<i>Begonia spec.</i>	1998													31	20,0	sehr häufig
	<i>Begonia spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	24	7,2	häufig
	<i>Begonia spec.</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	41	25,6	sehr häufig
Asterac.	<i>Calendula spec.</i>	1998													5	3,2	selten
	<i>Calendula spec.</i>	1999													19	5,7	häufig
	<i>Calendula spec.</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	32	20,0	sehr häufig
	Asteraceae Form H (2)	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	18	5,4	häufig
	Asteraceae Form T (2)	1998													4	2,6	selten
Fabaceae	<i>Coronilla varia</i>	1998													1	0,6	einmal
unbekannt	Cupressaceae-Gruppe	2000													3	1,9	selten
Solanac.	<i>Datura spec.</i>	1998													16	10,3	häufig
	<i>Datura spec.</i>	1999													32	9,6	sehr häufig
	<i>Datura spec.</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	23	14,4	häufig
Dipsacac.	Dipsacaceae	2000													6	3,8	gelegentlich
Apiaceae	Apiaceae Form H (2)	1998													2	1,3	selten
Schmutzpart.	Schmutzpartikel	1999													3	0,9	selten
	Schmutzpartikel	2000													12	7,5	häufig
Asterac.	<i>Echinops sphaerocephalus</i>	1998													25	16,1	häufig
	<i>Echinops sphaerocephalus</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	17	5,1	häufig
	<i>Echinops sphaerocephalus</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	19	11,9	häufig
Gentiananc.	Gentianaceae (1)	2000													12	7,5	häufig
Cucurbitac.	<i>Cucumis spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12	3,6	häufig
Liliaceae	<i>Hemerocallis-Form</i>	1998													1	0,6	einmal
Malvac.	<i>Hibiscus spec.</i>	1998													3	1,9	selten
	<i>Hibiscus spec.</i>	1999													7	2,1	gelegentlich
	<i>Hibiscus spec.</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	3,8	gelegentlich
Cannabac.	<i>Humulus-Form</i>	1998													15	9,7	häufig
	<i>Humulus-Form</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	16	4,8	häufig
	<i>Humulus-Form</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	20	12,5	häufig
Balsaminac.	<i>Impatiens spec. (1)</i>	1998													38	24,5	sehr häufig
	<i>Impatiens spec. (1)</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	37	11,1	sehr häufig
	<i>Impatiens spec. (1)</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	52	32,5	sehr häufig
Asterac.	<i>Arctium spec.</i>	1998													13	8,4	häufig
	<i>Arctium spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	19	5,7	häufig
	<i>Arctium spec.</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	14	8,8	häufig
Cucurbitac.	<i>Cucurbita spec.</i>	1998													8	5,2	gelegentlich
	<i>Cucurbita spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	13	3,9	häufig
	<i>Cucurbita spec.</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	24	15,0	häufig
Solanac.	<i>Lycium spec.</i>	1998													12	7,7	häufig
	<i>Lycium spec.</i>	1999													35	10,5	sehr häufig
	<i>Lycium spec.</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	44	27,5	sehr häufig
Lythrac.	<i>Lythrum salicaria</i>	1998													10	6,5	gelegentlich
	<i>Lythrum salicaria</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	66	19,9	sehr häufig
	<i>Lythrum salicaria</i>	2000			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	41	25,6	sehr häufig
Brassicac.	<i>Matthiola spec.</i>	1999			.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1	0,3	einmal
	<i>Matthiola spec.</i>	2000													2	1,3	selten

## Fortsetzung Tab. A 4.1.1.

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade									Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweiskategorie		
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I				Sept. II	
Caryophyllac.	Caryophyllaceae	1998												2	1,3	selten
	Caryophyllaceae	1999												2	0,6	selten
	Caryophyllaceae	2000												7	4,4	gelegentlich
Elaeagnac.	<i>Elaeagnus spec.</i>	1998												1	0,6	einmal
Pilzelemente	Pilzsporen (1)	1999												19	5,7	häufig
	Pilzsporen (1)	2000												19	11,9	häufig
Polygonac.	<i>Polygonum aviculare</i>	1999												1	0,3	einmal
Asterac.	Asteraceae Form H (4)	1999												5	1,5	selten
Crassulac.	<i>Sedum spec.</i>	1998												1	0,6	einmal
Nymphaeac.	<i>Nymphaea spec.</i>	1999												3	0,9	selten
	<i>Nymphaea spec.</i>	2000												5	3,1	selten
Fabaceae	<i>Trifolium hybridum</i>	1998												3	1,9	selten
	<i>Trifolium hybridum</i>	2000												3	1,9	selten
Caprifoliac.	<i>Viburnum</i> -Form	1998												2	1,3	selten
	<i>Viburnum</i> -Form	1999												8	2,4	gelegentlich
	<i>Viburnum</i> -Form	2000												32	20,0	sehr häufig
Violaceae	<i>Viola spec.</i>	1999												4	1,2	selten
	<i>Viola spec.</i>	2000												19	11,9	häufig
Asterac.	<i>Cichorium spec.</i>	1998												3	1,9	selten
Balsaminac.	<i>Impatiens spec.</i> (2)	1999												12	3,6	häufig
	<i>Impatiens spec.</i> (2)	2000												8	5,0	gelegentlich
Ranunculac.	<i>Nigella spec.</i>	2000												5	3,1	selten
Asterac.	<i>Artemisia spec.</i>	1998												26	16,8	häufig
	<i>Artemisia spec.</i>	1999												12	3,6	häufig
	<i>Artemisia spec.</i>	2000												26	16,3	häufig
Rosaceae	<i>Aruncus spec.</i>	2000												1	0,6	einmal
Verbenac.	<i>Caryopteris spec.</i>	2000												3	1,9	selten
Asterac.	<i>Dahlia spec.</i>	1998												9	5,8	gelegentlich
Ericaceae	Ericaceae	1998												34	21,9	sehr häufig
	Ericaceae	1999												37	11,1	sehr häufig
	Ericaceae	2000												32	20,0	sehr häufig
Rutaceae	<i>Euodia spec.</i>	1999												14	4,2	häufig
	<i>Euodia spec.</i>	2000												5	3,1	selten
Fabaceae	<i>Vicia spec.</i>	1998												5	3,2	selten
	<i>Vicia spec.</i>	2000												4	2,5	selten
Rubiaceae	<i>Galium spec.</i>	1999												2	0,6	selten
	<i>Galium spec.</i>	2000												7	4,4	gelegentlich
Rosaceae	<i>Geum spec.</i>	1998												2	1,3	selten
	<i>Geum spec.</i>	1999												3	0,9	selten
Tropaeolac.	<i>Tropaeolum majus</i>	1998												4	2,6	selten
	<i>Tropaeolum majus</i>	1999												9	2,7	gelegentlich
	<i>Tropaeolum majus</i>	2000												20	12,5	häufig
Brassicac.	Brassicaceae (2)	1999												8	2,4	gelegentlich
	Brassicaceae (2)	2000												19	11,9	häufig
Gentiananc.	Gentianaceae (2)	2000												3	1,9	selten
Onagrac.	Onagraceae	2000												1	0,6	einmal
Solanac.	Solanaceae	1998												1	0,6	einmal
	Solanaceae	1999												2	0,6	selten
	Solanaceae	2000												9	5,6	gelegentlich
Salicaceae	<i>Salix spec.</i>	2000												1	0,6	einmal
Fabaceae	<i>Trifolium spec.</i>	1999												1	0,3	einmal
	<i>Trifolium spec.</i>	2000												2	1,3	selten
Araliaceae	Araliaceae	1998												19	12,3	häufig
	Araliaceae	1999												29	8,7	häufig
Lamiaceae	Ocimum basilicum	1998												1	0,6	einmal
	Ocimum basilicum	1999												6	1,8	gelegentlich
Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	1998												5	3,2	selten
	<i>Hedera helix</i>	1999												46	13,9	sehr häufig
	<i>Hedera helix</i>	2000												64	40,0	sehr häufig
Asterac.	Eupatorium-Form	1998												9	5,8	gelegentlich
Polygonac.	<i>Polygonum persicaria</i> -Form	1999												23	6,9	häufig
	<i>Polygonum persicaria</i> -Form	2000												23	14,4	häufig

Fortsetzung Tab. A 4.1.1.

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade											Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweiskategorie		
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I	Sept. II						
Onagrac.	<i>Fuchsia spec.</i>	1998														1	0,6	einmal
	<i>Fuchsia spec.</i>	1999								.....						1	0,3	einmal
	<i>Fuchsia spec.</i>	2000								=====						7	4,4	gelegentlich
unbekannt	unbekannt (11)	1999								.....						1	0,3	einmal
Caprifoliac.	<i>Symphoricarpos x chenaulti</i>	1999								.....						16	4,8	häufig
Lamiaceae	Lamiaceae Form L	1998								=====						5	3,2	selten
	Lamiaceae Form L	1999								.....						3	0,9	selten
	Lamiaceae Form L	2000								=====						9	5,6	gelegentlich
	Lamiaceae Form S	1998								=====						3	1,9	selten
	<i>Lavandula spec.</i>	1998								=====						3	1,9	selten
	<i>Lavandula spec.</i>	1999								.....						1	0,3	einmal
Fabaceae	Fabaceae Form R	1998								=====						1	0,6	einmal
	<i>Lotus spec.</i>	1998								=====						1	0,6	einmal
	<i>Lotus spec.</i>	1999								.....						46	13,9	sehr häufig
	<i>Lotus spec.</i>	2000								=====						12	7,5	häufig
	<i>Medicago-Form</i>	1999								.....						3	0,9	selten
Scrophulariac.	<i>Pedicularis spec.</i>	2000								=====						1	0,6	einmal
Polygonac.	Polygonaceae	1999								.....						4	1,2	selten
	Polygonaceae	2000								=====						17	10,6	häufig
	<i>Polygonum persicaria</i>	1998								=====						4	2,6	selten
Rosaceae	<i>Potentilla spec.</i>	1998								=====						6	3,9	gelegentlich
	<i>Potentilla spec.</i>	1999								.....						6	1,8	gelegentlich
	<i>Potentilla spec.</i>	2000								=====						19	11,9	häufig
Ranunculac.	<i>Ranunculus spec.</i>	2000								=====						18	11,3	häufig
Polygonac.	<i>Rheum spec.</i>	1999								.....						3	0,9	selten
Rosaceae	Rosaceae (3)	1999								.....						3	0,9	selten
	<i>Sanguisorba minor-Form</i>	1998								=====						1	0,6	einmal
	<i>Sanguisorba minor-Form</i>	1999								.....						2	0,6	selten
Papaverac.	<i>Papaver somniferum</i>	1998								=====						1	0,6	einmal
Dipsacac.	<i>Succisa pratensis</i>	1998								=====						9	5,8	gelegentlich
	<i>Succisa pratensis</i>	1999								.....						17	5,1	häufig
	<i>Succisa pratensis</i>	2000								=====						8	5,0	gelegentlich
Scrophulariac.	<i>Veronica spec.</i>	1999								.....						2	0,6	selten
	<i>Veronica spec.</i>	2000								=====						8	5,0	gelegentlich
unbekannt	unbekannt (3)	1999								.....						1	0,3	einmal
	unbekannt (4)	2000								=====						1	0,6	einmal
	unbekannt (6)	2000								=====						8	5,0	gelegentlich
	unbekannt (7)	1999								.....						2	0,6	selten
Lamiaceae	<i>Galeopsis spec.</i>	1998								=====					4	2,6	selten	
Brassicac.	<i>Diplotaxis spec.</i>	1999								.....					1	0,3	einmal	
unbekannt	unbekannt (8)	2000								=====					4	2,5	selten	
Bignoniac.	<i>Campsis spec.</i>	2000								=====					1	0,6	einmal	
Asterac.	<i>Centaurea scabiosa</i>	1998								=====					2	1,3	selten	
Euphorbiac.	Euphorbiaceae	2000								=====					1	0,6	einmal	
Rosaceae	<i>Fragaria spec.</i>	1998								=====					3	1,9	selten	
Liliaceae	<i>Colchicum autumnale</i>	1998								=====					21	13,5	häufig	
	<i>Colchicum autumnale</i>	1999								.....					53	16,0	sehr häufig	
	<i>Colchicum autumnale</i>	2000								=====					24	15,0	häufig	
Aquifoliac.	<i>Ilex aquifolium</i>	2000								=====					4	2,5	selten	
Linaceae	<i>Linum usitatissimum</i>	1998								=====					1	0,6	einmal	
Solanac.	<i>Lycium chinense</i>	1998								=====					3	1,9	selten	
Cistaceae	<i>Heliathemum spec.</i>	1999								.....					3	0,9	selten	
	<i>Heliathemum spec.</i>	2000								=====					1	0,6	einmal	
unbekannt	unbekannt (10)	2000								=====					20	12,5	häufig	
Polygonanc.	<i>Fagopyrum spec.</i>	2000								=====					4	2,5	selten	
Ranunculac.	<i>Cimicifuga spec.</i>	1999								.....					13	3,9	häufig	
Fabaceae	<i>Lathyrus spec.</i>	1999								.....					4	1,2	selten	
	<i>Lathyrus spec.</i>	2000								=====					1	0,6	einmal	
unbekannt	<i>Gleditsia</i> -Gruppe	2000								=====					1	0,6	einmal	
Rosaceae	Rosaceae (2)	2000								=====					1	0,6	einmal	
Rhamnac.	Rhamnaceae	1998								=====					1	0,6	einmal	
Portulacac.	<i>Portulaca spec.</i>	1998								=====					1	0,6	einmal	
	<i>Portulaca spec.</i>	2000								=====					1	0,6	einmal	

## Fortsetzung Tab. 4.1.1.

Pflanzenfamilie (i.w.S.)	Pollentyp (i.w.S.)	Jahr	Dekade									Anz. d. Nachw.	enth. in % d. Prob.	Nachweiskategorie		
			Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug. I	Aug. II	Aug. III	Sept. I				Sept. II	
Oxalidac.	<i>Oxalis spec.</i>	1998												1	0,6	einmal
Caprifoliac.	<i>Lonicera spec.</i> (2)	1998												5	3,2	selten
Asterac.	<i>Hieracium spec.</i>	1999								*****				1	0,3	einmal
Liliaceae	<i>Hemerocallis flava</i>	1998												1	0,6	einmal
Geraniac.	<i>Geranium spec.</i>	1999								*****				1	0,3	einmal
Ranunculac.	Ranunculaceae (2)	1999								*****				1	0,3	einmal
	Ranunculaceae (1)	1999								*****				1	0,3	einmal
Fabaceae	<i>Onobrychis spec.</i>	2000												1	0,6	einmal
Solanac.	<i>Capsicum spec.</i>	1998												1	0,6	einmal
Caprifoliac.	Caprifoliaceae	2000												1	0,6	einmal
unbekannt	unbekannt (2)	1998												1	0,6	einmal
	unbekannt (9)	2000												1	0,6	einmal
Ranunculac.	<i>Anemone japonica</i> -Form	1998												1	0,6	einmal
Bignoniac.	Bignoniaceae	1998												1	0,6	einmal
Urticaceae	<i>Urtica spec.</i>	1999								*****				1	0,3	einmal
Solanac.	<i>Nicotiana spec.</i>	1998												4	2,6	selten
unbekannt	Quercus-Gruppe	2000												5	3,1	selten
unbekannt	unbekannt (5)	1999									*****			1	0,3	einmal
Asterac.	<i>Centaurea spec.</i>	1999									*****			1	0,3	einmal
Rutaceae	<i>Citrus spec.</i>	1999									*****			1	0,3	einmal
Pinaceae	Pinaceae	2000												2	1,3	selten
Valerianac.	<i>Valeriana spec.</i>	2000												1	0,6	einmal



**Tab. A 4.2.1.1.1.** Kenngrößen der Korrespondenzanalyse (CA) 1998

	1.Achse	2.Achse	3.Achse	4.Achse	total inertia
Eigenwerte	0,516	0,423	0,378	0,349	8,832
Kummulative Varianz der Pollentypendaten in %	5,8	10,6	14,9	18,9	

**Tab. A 4.2.1.1.2.** Kenngrößen der Korrespondenzanalyse (CA) 1999

	1.Achse	2.Achse	3.Achse	4.Achse	total inertia
Eigenwerte	0,584	0,404	0,387	0,348	9,833
Kummulative Varianz der Pollentypendaten in %	5,9	10,0	14,0	17,5	

**Tab. A 4.2.1.1.3.** Kenngrößen der „Detrended“ Korrespondenzanalyse (DCA) 2000

	1.Achse	2.Achse	3.Achse	4.Achse	total inertia
Eigenwerte	0,463	0,382	0,286	0,239	6,427
Kummulative Varianz der Pollentypendaten in %	7,2	13,2	17,6	21,3	

**Tab. A 4.2.1.2.1.** Kenngrößen der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) 1998

	1.Achse	2.Achse	3.Achse	4.Achse	total inertia
Eigenwerte	0,438	0,297	0,263	0,197	8,832
Pollentypen-Variablen-Korrelation	0,934	0,881	0,874	0,818	
Kummulative Varianz der Pollentypendaten in %	5,0	8,3	11,3	13,5	
Kummulative Varianz der Korrelation der Pollentypen- und Variablendaten in %	21,4	35,9	48,7	58,4	
Summe der kanonischen Eigenwerte					2,048

**Tab. A 4.2.1.2.2.** Kenngrößen der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) 1999

	1.Achse	2.Achse	3.Achse	4.Achse	total inertia
Eigenwerte	0,534	0,304	0,245	0,200	9,833
Pollentypen-Variablen-Korrelation	0,961	0,913	0,856	0,877	
Kummulative Varianz der Pollentypendaten in %	5,4	8,5	11,0	13,0	
Kummulative Varianz der Korrelation der Pollentypen- und Variablendaten in %	23,6	37,1	48,0	56,8	
Summe der kanonischen Eigenwerte					2,257

**Tab. A 4.2.1.2.3.** Kenngrößen der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) 2000

	1.Achse	2.Achse	3.Achse	4.Achse	total inertia
Eigenwerte	0,403	0,281	0,193	0,168	6,427
Pollentypen-Variablen-Korrelation	0,950	0,888	0,888	0,887	
Kummulative Varianz der Pollentypendaten in %	6,3	10,7	13,7	16,3	
Kummulative Varianz der Korrelation der Pollentypen- und Variablendaten in %	23,5	39,8	51,1	60,8	
Summe der kanonischen Eigenwerte					1,719

**Tab. A 4.2.1.2.4.** Variablen, die 1998 signifikant die Variabilität des Polleneintrags beeinflussten („forward selection“) unter Nichtberücksichtigung der jeweils letzten zur Variablengruppe gehörenden signifikanten Variable (n-1)

Nr.	signifikante Variablen	F-Wert
1	Standort Autobahn	4,632
2	Datum 1 (13.07.98)	4,483
3	Datum 2 (19.07.98)	3,987
4	<i>Apis mellifera mellifera</i>	3,487
5	Datum 8 (31.08.98)	3,166
6	Datum 7 (25.08.98)	4,000
7	Standort Hünenbergwiese	2,786
8	Standort Fischbach	2,641
9	<i>Apis mellifera capensis</i>	2,414
10	Standort Bangert	2,362
11	Datum 6 (17.08.98)	2,025
12	<i>Apis mellifera ligustica</i>	1,755
13	Datum 5 (10.08.98)	1,749

**Tab. A 4.2.1.3.5.** Variablen, die 1999 signifikant die Variabilität des Polleneintrags beeinflussten („forward selection“) unter Nichtberücksichtigung der jeweils letzten zur Variablen­gruppe gehörenden signifikanten Variable (n-1)

Nr.	signifikante Variablen	F-Wert
1	Standort Autobahn	8,321
2	Datum 1 (15.06.99)	6,269
3	Datum 2 (24.06.99)	6,071
4	Datum 9 (19.07.99)	5,057
5	Datum 5 (08.07.99)	4,649
6	<i>Apis mellifera mellifera</i>	4,198
7	Datum 19 (02.09.99)	4,142
8	Standort Opelzoo	4,118
9	Datum 7 (10.07.99)	3,564
10	Datum 8 (11.07.99)	3,058
11	Datum 6 (09.07.99)	3,333
12	Datum 4 (26.06.99)	3,018
13	Standort Hünenbergwiese	2,968
14	Datum 17 (31.08.99)	2,993
15	Datum 18 (01.09.99)	3,172
16	Datum 20 (03.09.99)	2,990
17	Datum 16 (30.08.99)	3,113
18	Datum 3 (25.06.99)	2,531
19	Datum 15 (16.08.99)	2,543
20	<i>Apis mellifera capensis</i>	2,437
21	Standort Bangert	2,331
22	Datum 13 (05.08.99)	1,947
23	<i>Apis mellifera carnica</i>	1,530

**Tab. A 4.2.1.3.6.** Variablen, die 2000 signifikant die Variabilität des Polleneintrags beeinflussten („forward selection“) unter Nichtberücksichtigung der jeweils letzten zur Variablen­gruppe gehörenden signifikanten Variable (n-1)

Nr.	signifikante Variablen	F-Wert
1	Standort Autobahn	5,422
2	Datum 1 (06.07.00)	5,295
3	Standort Hünenbergwiese	4,423
4	Datum 9 (18.09.00)	3,929
5	<i>Apis mellifera mellifera</i>	3,937
6	Datum 2 (20.07.00)	3,701
7	Datum 8 (11.09.00)	3,382
8	Datum 3 (27.07.00)	3,025
9	Standort Fischbach	2,944
10	Datum 7 (30.08.00)	2,896
11	<i>Apis mellifera capensis</i>	2,478
12	Standort Bangert	2,277
13	Datum 6 (21.08.00)	2,162
14	<i>Apis mellifera carnica</i>	2,182







**Tab. A 4.2.1.3.1.** Summen der Eigenwerte der Achsen, aus denen sich die Anteile an der Varianz der Variablen Jahr, Datum, Standort und Unterart berechnen (Abkürzungen vgl. Abschn. 3.8.2.5.)

	G	V	A	B	C	E	a	b	c	e	Ü	R
1998	8,832	2,048	-	1,019	0,644	0,389	-	1,018	0,641	0,385	0,004	6,784
1999	9,833	2,257	-	1,562	0,498	0,217	-	1,542	0,484	0,202	0,020	7,565
2000	6,427	1,719	-	0,867	0,556	0,308	-	0,867	0,548	0,290	0,012	4,708
1998+1999+2000	11,112	2,055	0,218	1,424	0,338	0,160	1,260	12,100	2,980	1,410	0,085	9,057

**Tab. A 4.2.1.3.2.** Ergebnisse der MONTE-CARLO-Tests der angewandten Modelle für die Varianzpartitionierung 1998, 1999, 2000 und aller drei Untersuchungsjahre zusammen

Modelle	1998		1999		2000		1998+1999+2000	
	F-Wert	P	F-Wert	P	F-Wert	P	F-Wert	P
CCA mit allen signifikanten Variablen	3,274	0,005	3,990	0,005	3,781	0,005	3,846	0,005
CCA mit signifikanten Jahren	-	-	-	-	-	-	6,449	0,005
CCA mit signifikanten Daten	3,218	0,005	3,717	0,005	3,387	0,005	3,370	0,005
CCA mit signifikanten Standorten	2,949	0,005	4,364	0,005	3,668	0,005	5,042	0,005
CCA mit signifikanten Unterarten	2,322	0,005	3,928	0,005	2,619	0,005	3,138	0,005
CCA mit Jahren als Variablen und Datum, Standort und Unterart als Kovariablen	-	-	-	-	-	-	4,716	0,005
CCA mit Daten als Variablen und (Jahr), Standort und Unterart als Kovariablen	3,528	0,005	3,919	0,005	3,816	0,005	3,353	0,005
CCA mit Standorten als Variablen und (Jahr), Daten und Unterarten als Kovariablen	3,330	0,005	4,916	0,005	4,221	0,005	5,579	0,005
CCA mit Unterarten als Variablen und (Jahr), Daten und Standorten als Kovariablen	3,732	0,005	2,870	0,005	2,973	0,005	3,521	0,005

**Tab. A 4.2.1.4.1.** Summen der Eigenwerte der Achsen, aus denen sich die Anteile an der Varianz der Variablen Datum, Standort, Unterart und Bienenvolk berechnen (Abkürzungen vgl. Abschn. 3.8.2.5.)

	G	E	A	B	C	D	a	b	c	d	Ü	R
Rotation 08.07.-11.07.	4,457	1,561	0,299	0,684	0,197	0,447	0,297	0,683	0,126	0,387	0,066	2,896
Rotation 02.08.-06.08.	3,859	1,675	0,185	0,450	0,299	0,956	0,187	0,444	0,085	0,743	0,215	2,184
Rotation 30.09.-03.09.	5,562	2,241	0,275	0,697	0,301	1,095	0,276	0,631	0,210	0,973	0,127	3,321

**Tab. A 4.2.1.4.2.** Ergebnisse der MONTE-CARLO-Tests der angewandten Modelle für die Varianzpartitionierung der Rotationsversuche 1999

Modelle	08.07.-11.07.		02.08.-06.08.		30.09.-03.09.	
	F-Wert	P	F-Wert	P	F-Wert	P
CCA mit allen signifikanten Variablen	3,235	0,005	3,018	0,005	2,461	0,005
CCA mit signifikanten Jahren	2,191	0,005	1,941	0,005	1,316	0,020
CCA mit signifikanten Daten	3,626	0,005	3,342	0,005	3,631	0,005
CCA mit signifikanten Standorten	2,867	0,005	3,228	0,005	2,204	0,005
CCA mit signifikanten Unterarten	2,232	0,005	2,273	0,005	1,907	0,005
CCA mit Jahren als Variablen und Datum, Standort und Unterart als Kovariablen	2,766	0,005	2,690	0,005	1,718	0,005
CCA mit Daten als Variablen und (Jahr), Standort und Unterart als Kovariablen	4,249	0,005	4,268	0,005	3,928	0,005
CCA mit Standorten als Variablen und (Jahr), Daten und Unterarten als Kovariablen	2,348	0,030	2,450	0,005	1,959	0,005
CCA mit Unterarten als Variablen und (Jahr), Daten und Standorten als Kovariablen	2,406	0,005	2,382	0,005	2,019	0,005



**Tab. A 4.2.2.1.1.1.1.** Ergebnisse des Vergleichs (KRUSKAL & WALLIS) der Unterarten anhand der Anteile der Pollentypen, die 90% des Polleneintrag abdeckten im Jahr 1998

<b>1998</b>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	
mittlerer Rang	101,76	87,64	63,20	60,96	
N	39	36	40	40	
$\chi^2$					22,709
Signifikanz					<0,001

**Tab. A 4.2.2.1.1.1.2.** Ergebnisse des Vergleichs (KRUSKAL & WALLIS) der Unterarten anhand der Anteile der Pollentypen, die 90% des Polleneintrag abdeckten im Jahr 1999

<b>1999</b>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	
mittlerer Rang	152,46	179,40	164,54	169,59	
N	83	83	83	83	
$\chi^2$					3,398
Signifikanz					0,334

**Tab. A 4.2.2.1.1.1.3.** Ergebnisse des Vergleichs (KRUSKAL & WALLIS) der Unterarten anhand der Anteile der Pollentypen, die 90% des Polleneintrag abdeckten im Jahr 2000

<b>2000</b>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	
mittlerer Rang	76,74	89,72	81,90	71,74	
N	27	45	45	43	
$\chi^2$					3,538
Signifikanz					0,316

**Tab. A 4.2.2.1.1.2.1.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für die signifikanten Pollentypen im Jahr 1998

Pollentyp	Mittlere Ränge				Anzahl Proben (N)				$\chi^2$	P (KRUSKAL & WALLIS)
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
Asteraceae Form S	63,07	76,04	86,87	56,01	35	35	35	35	13,708	0,003
Asteraceae Form T (1)	65,75	58,28	85,31	48,66	32	32	32	32	17,090	0,001
<i>Begonia spec.</i>	58,04	50,86	46,80	70,30	28	28	28	28	13,929	0,003
Brassicaceae	82,83	61,63	64,53	73,01	35	35	35	35	9,128	0,028
<i>Bryonia spec.</i>	74,43	55,70	50,20	45,68	28	28	28	28	16,821	0,001
<i>Cornus spec.</i>	65,29	63,34	69,23	84,14	35	35	35	35	13,602	0,004
<i>Datura spec.</i>	42,92	42,96	41,00	67,13	24	24	24	24	36,014	<0,001
<i>Epilobium angusti- folium</i>	68,24	51,93	94,74	67,09	35	35	35	35	23,699	<0,001
Ericaceae	46,96	56,86	52,54	69,64	28	28	28	28	11,935	0,008
<i>Helianthus</i> -Form (1)	60,84	51,34	71,31	74,50	32	32	32	32	11,284	0,010
<i>Lonicera spec.</i> (1)	6,33	4,50	4,50	10,67	3	3	3	3	8,295	0,040
<i>Lycium spec.</i>	36,82	30,43	24,25	22,50	14	14	14	14	12,981	0,005
<i>Malva spec.</i>	58,89	65,04	67,90	90,17	35	35	35	35	24,345	<0,001
<i>Oenothera spec.</i>	63,50	65,34	65,49	87,67	35	35	35	35	31,058	<0,001
Pilzsporen (2)	44,89	70,81	92,79	73,51	35	35	35	35	27,921	<0,001
Rosaceae (Kleinform)	64,76	61,80	68,63	86,81	35	35	35	35	13,125	0,004
<i>Tropaeolum majus</i>	18,50	10,50	10,50	10,50	6	6	6	6	13,658	0,003
Vitaceae	70,71	58,31	68,91	84,06	35	35	35	35	8,246	0,041

**Tab. 4.2.2.1.1.2.2.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für die signifikanten Pollentypen im Jahr 1999

Pollentyp	Mittlere Ränge				Anzahl Proben (N)				$\chi^2$	P (KRUSKAL & WALLIS)
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
Asteraceae Form S	154,93	184,10	177,71	149,25	83	83	83	83	9,893	0,019
Asteraceae Form T (1)	137,21	173,39	187,11	168,29	83	83	83	83	12,435	0,006
<i>Begonia spec.</i>	98,97	98,26	96,48	124,29	52	52	52	52	24,505	<0,001
<i>Buddleja spec.</i>	103,71	108,22	102,53	143,54	57	57	57	57	37,164	<0,001
Campanulaceae	138,54	147,47	148,01	175,98	76	76	76	76	18,686	<0,001
Convolvulus spec.	147,98	169,29	170,51	178,23	83	83	83	83	11,941	0,008
Cornus spec.	142,90	165,56	159,34	198,20	83	83	83	83	25,375	<0,001
Datura spec.	98,17	76,34	79,77	99,72	44	44	44	44	16,613	0,001
Ericaceae	93,26	86,77	90,00	107,98	47	47	47	47	8,673	0,034
<i>Erodium cicuta- rium</i>	117,35	112,70	106,73	145,22	60	60	60	60	20,289	<0,001
<i>Hedera helix</i>	84,87	96,81	87,35	108,97	47	47	47	47	9,998	0,019
<i>Helianthus- Form (1)</i>	130,51	149,82	136,02	169,64	73	73	73	73	14,391	0,002
<i>Humulus-Form</i>	52,57	56,46	50,27	66,70	28	28	28	28	11,346	0,010
<i>Hypericum spec.</i>	145,86	188,45	144,19	187,51	83	83	83	83	20,256	<0,001
Liliac./Iridac./ Amaryllidac.	158,44	159,30	153,19	195,07	83	83	83	83	27,730	<0,001
Lotus spec.	101,88	84,81	87,27	72,03	43	43	43	43	12,839	0,005
<i>Malva spec.</i>	124,58	133,48	132,78	163,16	69	69	69	69	27,859	<0,001
<i>Oenothera spec.</i>	125,79	128,00	135,25	188,96	72	72	72	72	75,481	<0,001
<i>Phacelia tanace- tifolia</i>	179,88	165,14	140,86	180,12	83	83	83	83	12,939	0,005
Pilzsporen (2)	162,89	173,37	180,42	149,31	83	83	83	83	8,276	0,041
Rosaceae (1)	148,61	195,52	149,00	172,87	83	83	83	83	13,751	0,003
Rosaceae (Kleinform)	155,87	140,31	139,13	224,13	83	83	83	83	71,075	<0,001
<i>Trifolium repens</i>	183,59	200,69	149,60	132,12	83	83	83	83	26,879	<0,001

**Tab. 4.2.2.1.1.2.3.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für die signifikanten Pollentypen im Jahr 2000

Pollentyp	Mittlere Ränge				Anzahl Proben (N)				$\chi^2$	P (KRUSKAL & WALLIS)
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
<i>Agrostemma githago</i>	42,08	54,25	45,31	39,50	18	24	24	24	12,225	0,007
Asteraceae Form H (1)	69,44	96,00	84,27	67,28	27	45	45	43	11,118	0,011
Asteraceae Form S	70,11	87,62	93,63	65,83	27	45	45	43	11,486	0,009
Brassicaceae (1)	105,15	72,16	61,47	93,67	27	45	45	43	22,288	<0,001
<i>Bryonia spec.</i>	103,83	84,07	78,33	64,38	27	45	45	43	16,426	0,001
<i>Centaurea jacea</i>	73,33	100,04	81,87	63,12	27	45	45	43	19,701	<0,001
<i>Clematis</i> -Form	67,19	61,78	90,03	68,89	24	40	40	40	11,043	0,012
<i>Cornus spec.</i>	66,74	62,43	75,28	113,51	27	45	45	43	38,471	<0,001
Cupressaceae- Gruppe	13,00	7,00	7,00	7,00	4	4	4	4	10,253	0,017
<i>Datura spec.</i>	52,88	60,09	45,00	66,22	16	32	32	32	14,992	0,002
<i>Echium vulgare</i>	20,50	13,25	10,00	17,25	4	8	8	8	8,141	0,043
Ericaceae	31,47	45,60	37,84	61,48	15	25	25	25	21,616	<0,001
<i>Fuchsia spec.</i>	18,00	18,00	18,00	30,25	6	12	12	12	20,279	<0,001
<i>Impatiens spec.</i> (1)	94,79	75,96	71,00	57,16	24	40	40	40	17,030	0,001
<i>Ligustrum vulgare</i>	26,25	29,56	38,88	24,00	12	16	16	15	13,517	0,004
<i>Melilotus spec.</i>	52,11	68,65	67,64	76,40	27	36	36	34	7,832	0,049
<i>Oenothera spec.</i>	68,76	75,69	72,06	101,74	27	45	45	43	19,412	<0,001
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	70,63	58,83	62,64	77,38	27	36	36	39	8,935	0,030
Pilzsporen (1)	38,80	43,60	57,32	39,60	15	25	25	25	14,755	0,002
Rosaceae (Kleinform)	68,41	61,51	68,24	120,79	27	45	45	43	47,707	<0,001
<i>Sanguisorba officinalis</i>	90,75	74,57	73,53	58,45	24	40	40	40	10,778	0,013
<i>Symphoricarpus spec.</i>	70,54	83,36	65,56	50,84	27	36	36	35	19,402	<0,001
<i>Trifolium repens</i>	72,04	98,96	92,29	54,16	27	45	45	43	25,111	<0,001
unbekannt (6)	39,21	30,19	26,50	28,28	12	16	16	16	11,706	0,009
<i>Viburnum</i> -Form	57,00	56,23	79,31	58,86	21	35	35	35	15,703	0,001

**Tab. A 4.2.2.1.1.2.4.** Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS), der Kombination der P-Werte (FISCHER's combination procedure) und der Korrektur der P-Werte (BONFERRONI) für die Pollentypen (i.w.S.) der Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000

Pollentyp	P (KRUSKAL-WALLIS)			$\chi^2$ (FISCHER)	FG	P	Faktor	P <sub>korrigiert</sub> (BONFERRONI)
	1998	1999	2000					
<i>Agrostemma githago</i>	0,2450	0,8829	0,0067	13,073	6	0,0500	86	4,300
<i>Anemone spec.</i>	kein Nachweis	0,2620	0,0313	9,607	4	0,0500	117	5,850
<i>Arctium spec.</i>	0,0220	0,1133	0,0913	16,776	6	0,0250	86	2,150
Asteraceae Form H (1)	0,1380	0,0540	0,0111	18,800	6	0,0050	86	0,430
<b>Asteraceae Form S</b>	<b>0,0030</b>	<b>0,0190</b>	<b>0,0094</b>	<b>28,879</b>	<b>6</b>	<b>0,00006</b>	<b>86</b>	<b>0,005</b>
<b>Asteraceae Form T (1)</b>	<b>0,0010</b>	<b>0,0060</b>	<b>0,0790</b>	<b>29,124</b>	<b>6</b>	<b>0,00006</b>	<b>86</b>	<b>0,005</b>
<i>Begonia spec.</i>	<b>0,0030</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>0,0937</b>	<b>36,161</b>	<b>6</b>	<b>2,6*10<sup>-6</sup></b>	<b>86</b>	<b>0,0002</b>
<i>Borago officinalis</i>	0,1330	0,0110	0,0941	17,781	6	0,0100	86	0,860
<b>Brassicaceae (1)</b>	<b>0,0280</b>	<b>0,3820</b>	<b>0,0001</b>	<b>27,496</b>	<b>6</b>	<b>0,000117</b>	<b>86</b>	<b>0,01005</b>
<i>Bryonia spec.</i>	<b>0,0010</b>	<b>0,1428</b>	<b>0,0009</b>	<b>31,734</b>	<b>6</b>	<b>0,000018</b>	<b>86</b>	<b>0,00155</b>
<i>Buddleja spec.</i>	<b>0,1110</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>0,3160</b>	<b>26,507</b>	<b>6</b>	<b>0,000163</b>	<b>86</b>	<b>0,014</b>
Campanulaceae	0,0680	0,0003	0,8576	21,907	6	0,0050	86	0,430
<i>Centaurea cyanus</i>	0,0220	0,3962	0,1323	13,530	6	0,0500	86	4,300
<i>Centaurea jacea</i>	<b>0,3750</b>	<b>0,0720</b>	<b>0,0002</b>	<b>24,258</b>	<b>6</b>	<b>0,0005</b>	<b>86</b>	<b>0,043</b>
<i>Clematis</i> -Form	0,0990	0,0493	0,0115	19,576	6	0,0050	86	0,430
<i>Colchicum autumnale</i>	0,2970	0,9872	0,0050	13,050	6	0,0500	86	4,300
<i>Convolvulus spec.</i>	0,2020	0,0080	0,4182	14,599	6	0,0250	86	2,150
<b><i>Cornus spec.</i></b>	<b>0,0040</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>50,657</b>	<b>6</b>	<b>3,5*10<sup>-9</sup></b>	<b>86</b>	<b>3*10<sup>-7</sup></b>
<i>Cucumis spec.</i>	kein Nachweis	0,0206	kein Nachweis	7,765	2	0,0250	157	3,234
<i>Cucurbita spec.</i>	0,3590	0,0174	0,3448	12,281	6	0,1000	86	8,600
Cupressaceae	kein Nachweis	kein Nachweis	0,0165	8,209	2	0,0250	152	2,508
<b><i>Datura spec.</i></b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>0,0008</b>	<b>0,0018</b>	<b>46,709</b>	<b>6</b>	<b>2,1*10<sup>-8</sup></b>	<b>86</b>	<b>1,8*10<sup>-6</sup></b>
<i>Echium vulgare</i>	0,3910	0,5017	0,0432	9,541	6	0,2000	86	17,200
<b><i>Epilobium angustifolium</i></b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>0,4414</b>	<b>0,1116</b>	<b>25,828</b>	<b>6</b>	<b>0,0005</b>	<b>86</b>	<b>0,043</b>
<i>Epilobium hirsutum</i>	0,0980	0,0186	0,1588	16,295	6	0,0250	86	2,150
<b>Ericaceae</b>	<b>0,0080</b>	<b>0,0340</b>	<b>0,0001</b>	<b>34,840</b>	<b>6</b>	<b>4,6*10<sup>-6</sup></b>	<b>86</b>	<b>0,0004</b>
<b><i>Erodium cicutarium</i></b>	<b>0,1120</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,1404</b>	<b>26,726</b>	<b>6</b>	<b>0,00016</b>	<b>86</b>	<b>0,014</b>
<b><i>Fuchsia spec.</i></b>	<b>0,3910</b>	kein Nachweis	<b>0,0001</b>	<b>20,299</b>	<b>4</b>	<b>0,0005</b>	<b>90</b>	<b>0,045</b>
<i>Galeopsis spec.</i>	0,2320	0,0265	kein Nachweis	10,183	4	0,0500	93	4,650
<i>Galium spec.</i>	kein Nachweis	0,0766	0,0222	12,754	4	0,0250	117	2,925
<i>Galtonia spec.</i>	kein Nachweis	0,0066	kein Nachweis	10,041	2	0,0050	157	1,036
<i>Hedera helix</i>	0,2920	0,0186	0,1282	14,540	6	0,0250	86	2,150
<b><i>Helianthus</i>-Form (1)</b>	<b>0,0100</b>	<b>0,0024</b>	<b>0,0707</b>	<b>26,574</b>	<b>6</b>	<b>0,00017</b>	<b>86</b>	<b>0,015</b>
<i>Hibiscus spec.</i>	0,0230	0,2491	0,8928	10,551	6	0,2000	86	17,200
<i>Humulus</i> -Gruppe	0,0920	0,0100	0,3963	15,833	6	0,0250	86	2,150
<b><i>Hypericum spec.</i></b>	<b>0,9050</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,1036</b>	<b>24,541</b>	<b>6</b>	<b>0,0005</b>	<b>86</b>	<b>0,043</b>
<i>Ilex aquifolium</i>	kein Nachweis	kein Nachweis	0,0179	8,046	2	0,0250	152	2,721

Fortsetzung von Tab. A 4.2.2.1.1.2.4.

Pollentyp	P (KRUSKAL-WALLIS)			$\chi^2$ (FISCHER)	FG	P	Faktor	P <sub>korrigiert</sub> (BONFERRONI)
	1998	1999	2000					
<i>Impatiens spec.</i> (1)	0,2930	0,1974	0,0007	20,229	6	0,0050	86	0,430
<i>Impatiens spec.</i> (2)	kein Nachweis	0,0052	0,9304	10,662	6	0,1000	117	11,700
<i>Ligustrum vulgare</i>	0,0730	0,2507	0,0036	19,255	6	0,0050	86	0,430
<b>Liliaceae/Iridaceae/ Amaryllidaceae</b>	<b>0,0470</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>0,1924</b>	<b>29,219</b>	<b>6</b>	<b>0,000055</b>	<b>86</b>	<b>0,0048</b>
<i>Linum spec.</i>	kein Nachweis	0,0292	kein Nachweis	7,067	2	0,0500	157	4,584
<i>Lonicera spec.</i> (1)	0,0400	0,0030	0,9144	18,235	6	0,0100	86	0,860
<i>Lotus spec.</i>	0,3910	0,0050	0,0952	17,178	6	0,0100	86	0,860
<i>Lycium spec.</i>	0,0050	0,7695	0,7146	11,793	6	0,1000	86	8,600
<b><i>Malva spec.</i></b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>0,1228</b>	<b>43,808</b>	<b>6</b>	<b>8,1*10<sup>-8</sup></b>	<b>86</b>	<b>6,9*10<sup>-6</sup></b>
<i>Melilotus spec.</i>	0,0880	0,6849	0,0496	11,625	6	0,1000	86	8,600
<b><i>Oenothera spec.</i></b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>0,0002</b>	<b>56,648</b>	<b>6</b>	<b>2,2*10<sup>-10</sup></b>	<b>86</b>	<b>1,9*10<sup>-8</sup></b>
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	0,3720	0,0050	0,0302	19,574	6	0,0050	86	0,430
Pilzsporen (1)	kein Nachweis	0,3724	0,0020	14,405	4	0,0100	117	1,170
<b>Pilzsporen (2)</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0410</b>	<b>0,6626</b>	<b>27,019</b>	<b>6</b>	<b>0,00014</b>	<b>86</b>	<b>0,0124</b>
<i>Potentilla spec.</i>	0,0640	0,3088	0,0408	14,246	6	0,0500	86	4,300
Rosaceae	0,8820	0,0030	0,7161	12,537	6	0,1000	86	8,600
<b>Rosaceae (Kleinform)</b>	<b>0,0040</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>50,657</b>	<b>6</b>	<b>3,5*10<sup>-9</sup></b>	<b>86</b>	<b>3*10<sup>-7</sup></b>
<i>Sanguisorba officinalis</i>	0,0510	0,4625	0,0130	16,180	6	0,0250	86	2,150
Saxifragaceae	kein Nachweis	0,0140	0,1817	11,948	4	0,0250	117	2,925
<i>Succisa pratensis</i>	0,5940	0,0263	0,6306	9,240	6	0,2000	86	17,200
<i>Symphoricarpus spec.</i>	0,3660	0,2280	0,0002	22,001	6	0,0050	86	0,430
<b><i>Trifolium repens</i></b>	<b>0,4170</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>&lt;0,00005</b>	<b>41,363</b>	<b>6</b>	<b>2,46*10<sup>-7</sup></b>	<b>86</b>	<b>2,1*10<sup>-5</sup></b>
<b><i>Tropaeolum majus</i></b>	<b>0,0030</b>	<b>0,0600</b>	<b>0,0185</b>	<b>25,225</b>	<b>6</b>	<b>0,0005</b>	<b>86</b>	<b>0,043</b>
unbekannt (6)	kein Nachweis	kein Nachweis	0,0085	9,535	2	0,0050	152	1,292
<b><i>Viburnum-Form</i></b>	<b>0,1000</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,0013</b>	<b>27,209</b>	<b>6</b>	<b>0,00013</b>	<b>86</b>	<b>0,011</b>
Vitaceae	0,0410	0,0960	0,9559	11,165	6	0,1000	86	8,600

**Tab. A 4.2.2.1.1.2.5.** Pollentypen mit signifikanten Unterschieden (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten unter Angabe der Unterarten, zwischen denen ein signifikanter Unterschied (CONOVER,  $P < 0,05$ ) im Jahr 1998 bestand (fett gedruckte Pollentypen nach Korrektur FISCHER's combination procedure/BONFERRONI signifikant, fett gedruckte Unterarten kennzeichnen den jeweils höheren Eintrag)

Pollentyp	P (KRUSKAL & WALLIS)	paarweise Vergleiche (CONOVER)	
		P < 0,05	P < 0,01
<b>Asteraceae Form S</b>	<b>0,003</b>	<b>lig/cap, carn/mell</b>	<b>lig/mell</b>
<b>Asteraceae Form T</b>	<b>0,001</b>	<b>lig/cap</b>	<b>lig/carn, lig/mell</b>
<b>Begonia spec.</b>	<b>0,003</b>	<b>mell/carn</b>	<b>mell/lig</b>
<b>Brassicaceae</b>	<b>0,028</b>	<b>cap/carn</b>	
<b>Bryonia spec.</b>	<b>0,001</b>	<b>cap/carn</b>	<b>cap/lig, cap/mell</b>
<b>Cornus spec.</b>	<b>0,004</b>	<b>mell/cap, mell/carn</b>	
<b>Datura spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>		<b>mell/cap, mell/carn, mell/lig</b>
<b>Epilobium angustifolium</b>	<b>&lt;0,001</b>		<b>lig/cap, lig/carn, lig/mell</b>
<b>Ericaceae</b>	<b>0,008</b>	<b>mell/lig</b>	<b>mell/cap</b>
<b>Helianthus-Form (1)</b>	<b>0,010</b>	<b>lig/carn, mell/mell</b>	
<b>Lonicera spec.(1)</b>	0,040	<b>mell/cap</b>	<b>mell/carn, mell/lig</b>
<b>Lycium spec.</b>	0,005	<b>cap/lig, cap/mell</b>	
<b>Malva spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>mell/lig</b>	<b>mell/cap, mell/carn</b>
<b>Oenothera spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>mell/carn, mell/lig</b>	<b>mell/cap</b>
<b>Pilzsporen (2)</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>lig/carn, lig/mell</b>	<b>carn/cap, lig/cap, mell/cap</b>
<b>Rosaceae (Kleinform)</b>	<b>0,004</b>	<b>mell/cap</b>	<b>mell/carn</b>
<b>Tropaeolum majus</b>	0,003		<b>cap/carn, cap/lig, cap/mell</b>
<b>Vitaceae</b>	0,041		<b>mell/carn</b>

**Tab. A 4.2.2.1.1.2.6.** Pollentypen mit signifikanten Unterschieden (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten unter Angabe der Unterarten, zwischen denen ein signifikanter Unterschied (CONOVER,  $P < 0,05$ ) im Jahr 1999 bestand (fett gedruckte Pollentypen nach Korrektur FISCHER's combination procedure/BONFERRONI signifikant, fett gedruckte Unterarten kennzeichnen den jeweils höheren Eintrag; Angaben in Klammern: Eintrag war nur knapp nicht signifikant unterschiedlich)

Pollentyp	P (KRUSKAL-WALLIS)	paarweise Vergleiche (CONOVER)	
		P < 0,05	P < 0,01
<b>Asteraceae Form S</b>	<b>0,019</b>	<i>carn/cap, carn/mell</i>	
<b>Asteraceae Form T</b>	<b>0,006</b>	<i>carn/cap, mell/cap</i>	<b>lig/cap</b>
<b>Begonia spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<i>mell/cap, mell/carn, mell/lig</i>	
<b>Buddleja spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>		<i>mell/cap, mell/carn, mell/lig</i>
Campanulaceae	<0,001	<i>mell/carn, mell/lig</i>	<i>mell/cap</i>
<i>Convolvulus spec.</i>	0,008	<i>mell/cap</i>	
<b>Cornus spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<i>mell/carn</i>	<i>mell/cap, mell/lig</i>
<b>Datura spec.</b>	<b>0,001</b>	<i>cap/carn, mell/carn</i>	
<b>Ericaceae</b>	<b>0,034</b>	<i>(mell/carn)</i>	
<b>Erodium cicutarium</b>	<b>&lt;0,001</b>		<i>mell/cap, mell/carn, mell/lig</i>
<i>Hedera helix</i>	0,019	<i>mell/cap</i>	
<b>Helianthus-Form (1)</b>	<b>0,002</b>	<i>mell/lig</i>	<i>mell/cap</i>
<b>Humulus-Gruppe</b>	<b>0,010</b>	<i>mell/lig</i>	
<b>Hypericum spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>		<i>carn/cap, mell/cap, carn/lig, mell/lig</i>
<b>Liliac./Iridac./Amaryllidac.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<i>mell/cap, mell/carn</i>	<i>mell/lig</i>
<i>Lotus spec.</i>	0,005		<i>cap/mell</i>
<b>Malva spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>	<i>mell/carn, mell/lig</i>	<i>mell/cap</i>
<b>Oenothera spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>		<i>mell/cap, mell/carn, mell/lig</i>
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	0,005		<i>cap/lig, mell/lig</i>
<b>Pilzsporen (2)</b>	<b>0,041</b>	<i>lig/mell</i>	
Rosaceae	0,003		<i>carn/cap, carn-lig</i>
<b>Rosaceae (Kleinform)</b>	<b>&lt;0,001</b>		<i>mell/cap, mell/carn, mell/lig</i>
<i>Succisa pratensis</i>	0,026	<i>(mell/cap)</i>	
<b>Trifolium repens</b>	<b>&lt;0,001</b>	<i>cap/lig</i>	<i>cap/mell, carn/lig, carn/mell</i>
<b>Viburnum-Form</b>	<b>0,095</b>	<i>(mell/cap)</i>	



**Tab. A 4.2.2.1.1.2.7.** Pollentypen mit signifikanten Unterschieden (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten unter Angabe der Unterarten, zwischen denen ein signifikanter Unterschied (CONOVER,  $P < 0,05$ ) im Jahr 2000 bestand (fett gedruckte Pollentypen nach Korrektur FISCHER's combination procedure/BONFERRONI signifikant, fett gedruckte Unterarten kennzeichnen den jeweils höheren Eintrag; Angaben in Klammern: Eintrag war nur knapp nicht signifikant unterschiedlich)

Pollentyp	P (KRUSKAL-WALLIS)	paarweise Vergleiche (CONOVER)	
		P < 0,05	P < 0,01
<i>Agrostemma githago</i>	0,007	<b>carn/mell</b>	
<i>Anemone spec.</i>	0,031	( <b>cap/carn</b> )	
Asteraceae Form H	0,011	<b>carn/cap</b>	<b>carn/mell</b>
<b>Asteraceae Form S</b>	<b>0,009</b>	<b>lig/cap, carn/mell</b>	<b>lig/mell</b>
<b>Brassicaceae</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>mell/carn</b>	<b>cap/carn, cap/lig, mell/lig</b>
<i>Bryonia spec.</i>	<b>&lt;0,001</b>	<b>cap/lig, carn/mell</b>	<b>cap/mell</b>
<i>Centaurea jacea</i>	<b>&lt;0,001</b>	<b>carn/cap, lig/mell</b>	<b>carn/mell</b>
<i>Clematis</i> -Form	0,012	<b>lig/cap, lig/mell</b>	<b>lig/carn</b>
<i>Colchicum autumnale</i>	0,005	( <b>cap/mell</b> )	<b>carn/mell</b>
<i>Cornus spec.</i>	<b>&lt;0,001</b>		<b>mell/cap, mell/carn, mell/lig</b>
Cupressaceae	0,017	<b>cap/carn, cap/lig, cap/mell</b>	
<i>Datura spec.</i>	<b>0,002</b>	( <b>carn/lig</b> )	<b>mell/lig</b>
<i>Echium vulgare</i>	0,043	<b>cap/lig, (lig/mell)</b>	
<b>Ericaceae</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>mell/carn</b>	<b>mell/cap, mell/lig</b>
<i>Fuchsia spec.</i>	<b>&lt;0,001</b>	<b>mell/cap</b>	<b>mell/carn, mell/lig</b>
<i>Galium spec.</i>	0,022	( <b>mell/lig</b> )	
<i>Impatiens spec.</i> (1)	<b>&lt;0,001</b>	<b>carn/mell</b>	<b>cap/mell</b>
<i>Ligustrum vulgare</i>	0,004	<b>lig/cap, lig/mell</b>	
<i>Melilotus spec.</i>	0,050	<b>mell/cap</b>	
<b>Oenothera spec.</b>	<b>&lt;0,001</b>		<b>mell/cap, mell/carn, mell/lig</b>
<i>Phacelia tanacetifolia</i>	0,030	<b>mell/carn</b>	
Pilzsporen (1)	0,002	<b>lig/cap, lig/carn, lig/mell</b>	
<i>Potentilla spec.</i>	0,041	( <b>carn/mell</b> )	
<b>Rosaceae (Kleinform)</b>	<b>&lt;0,001</b>		<b>mell/cap, mell/carn, mell/lig</b>
<i>Sanguisorba officinalis</i>	0,013		<b>cap/mell</b>
<i>Symphoricarpus spec.</i>	<b>&lt;0,001</b>	<b>cap/mell, carn/lig</b>	<b>carn/mell</b>
<b>Trifolium repens</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>carn/cap, (lig/cap), cap/mell</b>	<b>carn/mell, lig/mell</b>
<b>Tropaeolum majus</b>	<b>0,019</b>	( <b>mell/lig</b> )	
unbekannt (6)	0,009	<b>cap/lig</b>	
<b>Viburnum</b> -Form	<b>0,001</b>	<b>lig/cap, lig/mell</b>	<b>lig/carn</b>

**Tab. A 4.2.2.1.2.1.1.** Übersicht zur allgemeinen Beschreibung der Blütentypen nach KUGLER (1970)

**Glockenblumen**: Blüten dieses Typs stellen hängende Glocken dar; Antheren umgeben kegelförmig den Stempel

**Glockenblumen mit klebrigen Pollen**: Pollen quillt mehr oder weniger klebrig oder feucht aus den Antheren heraus

**Glockenblumen mit Streueinrichtung**: Pollen trocken und bei Berührung herausrieselnd

**Korbblumen**: Blütentyp, bei dem sich die Einzelblüten in einem köpfchen- oder körbchenförmigen Blütenstand befinden

**Korbblumen nur Röhrenblüten**

**Korbblumen nur mit Zungenblüten**

**Korbblumen mit Zungen- und Röhrenblüten**

**Scheibenblumen**: Blütentyp, bei dem sich die Insekten mitten auf der Blüte niederlassen und besonders mit der Bauchseite und den Beinen Staubblätter und Narbe berühren

**Scheibenblumen Nektar offen abgegeben**

**Scheibenblumen Nektar verborgen**

**Scheibenblumen nur mit Pollen**

**Schmetterlingsblumen**: dorsiventrale Blüten, bei denen die Staubblätter und Narben in besonderen, horizontal orientierten Kronteilen liegen; Unterteilung nach dem Mechanismus, durch den der Pollen und die Narbe in Berührung mit den Besuchern gebracht werden

**Schmetterlingsblumen mit Bürsteneinrichtung**

**Schmetterlingsblumen mit Klappeinrichtung**

**Schmetterlingsblumen mit Pumpeinrichtung**

**Schmetterlingsblumen mit Schnelleinrichtung**

**Stieltellerblumen**: Blütentyp, bei dem zur Gewinnung des Nektars meist ein langer Rüssel erforderlich ist

**Stieltellerblumen Staubblätter frei**: Staubblätter und Narbe überragen die Kronröhre

**Stieltellerblumen Staubblätter verborgen**: Staubblätter und Narbe sind in das Innere der Kronröhre eingeschlossen

**Trichterblumen**: Blütentyp, bei dem die Insekten je nach Größe mit dem Rüssel, dem Kopf oder dem ganzen Körper in die Blüten eindringen können

**Trichterblumen (groß)**

**Trichterblumen (klein)**

Fortsetzung **Tab. A 4.2.2.1.2.1.1.**

**Pinsel- und Bürstenblumen:** Blütentyp, bei dem die Blüten zu dichten Scheindolden vereinigt sind; Filamente als Schauapparat

**Lippenblumen:** Bestäuber lassen sich bei diesem Typ auf der Unterlippe nieder und dringen je nach Größe mit Rüssel oder dem ganzen Kopf in die Kronröhre ein

**eigentliche Lippenblumen:** meist enge Kronröhre, Unterlippe meist mehrzipflig

**Maskenblume:** Kroneingang durch eine bauchig entwickelte Lippe verschlossen, Insekten stecken Rüssel zwischen beide Lippen, die am Gelenk auseinanderweichen und den Tieren teilweise oder ganz Zugang zur Röhre erlauben

**Rachenblumen:** Geschlechtsorgane der Blüten liegen an der adaxialen Seite der weiten, etwas gekrümmten Kronröhre

**Tab. A 4.2.2.1.2.1.2.** Zuordnung der Pollentypen zu Blütentypen

Grundform (i.w.S.)	Blütentypen (i.w.S.)	Pollentyp
Glockenblumen	Glockenblumen mit klebrigen Pollen	Campanulaceae Polygonaceae <i>Polygonum aviculare</i> <i>Polygonum persicaria</i> <i>Polygonum persicaria</i> -Typ <i>Rheum spec.</i> <i>Rumex spec.</i> <i>Symphoricarpos spec.</i> <i>Symphoricarpos x chenaulti</i>
	Glockenblumen mit Streueinrichtung	<i>Borago officinalis</i> <i>Capsicum spec.</i> Ericaceae
Korbblumen	Korbblumen nur Röhrenblüten	<i>Arctium spec.</i> <i>Armeria spec.</i> <i>Artemisia spec.</i> Asteraceae Form S <i>Centaurea cyanus</i> <i>Centaurea jacea</i> <i>Centaurea montana</i> -Form <i>Centaurea scabiosa</i> <i>Centaurea spec.</i> Dipsacaceae <i>Echinops sphaerocephalus</i> Asterac. <i>Eupatorium</i> -Typ <i>Knautia arvensis</i> <i>Succisa pratensis</i>
	Korbblumen nur mit Zungenblüten	Asteraceae Form T (1) Asteraceae Form T (2) Asteraceae Form T (3) <i>Cichorium spec.</i>

## Fortsetzung Tab. A 4.2.2.1.2.1.2.

Grundform (i.w.S.)	Blütentypen (i.w.S.)	Pollentyp
Korbblumen	Korbblumen nur mit Zungenblüten	<i>Gazanie spec.</i> <i>Hieracium spec.</i>
	Korbblumen mit Zungen- und Röhrenblüten	Asteraceae Form A Asteraceae Form H (1) Asteraceae Form H (2) Asteraceae Form H (3) Asteraceae Form H (4) Aster-Form <i>Calendula spec.</i> Dahlia-Form Helianthus-Form (1) Helianthus-Form (2) Senecio-Form
Scheibenblumen	Scheibenblumen	Brassicaceae (1) Brassicaceae (2) <i>Cimicifuga spec.</i> Ranunculaceae (1) Rosaceae (1) Rosaceae (2) Rosaceae (3) Rosaceae (Kleinform) Spiraea-Gruppe Ranunculaceae (2) Ranunculaceae (3) <i>Sanguisorba minor</i> -Form <i>Sanguisorba officinalis</i> <i>Portulaca spec.</i>
	Scheibenblumen Nektar offen abgegeben	Apiaceae Form A Apiaceae Form H (1) Apiaceae Form H (2) Araliaceae <i>Astilbe spec.</i> <i>Castanea sativa</i> Chenopodiaceae <i>Citrus spec.</i> <i>Cornus spec.</i> <i>Diplotaxis spec.</i> <i>Eryngium spec.</i> Euphorbiaceae <i>Euonymus spec.</i> <i>Fagopyrum spec.</i> <i>Galium spec.</i> <i>Hedera helix</i> <i>Illex aquifolium</i> <i>Mercurialis annua</i> Myrtaceae <i>Nigella spec.</i> Rhamnaceae Saxifragaceae <i>Sedum spec.</i> <i>Tilia spec.</i> Viburnum-Gruppe Vitaceae

## Fortsetzung Tab. A 4.2.2.1.2.1.2.

Grundform (i.w.S.)	Blütentypen (i.w.S.)	Pollentyp
Scheibenblumen	Scheibenblumen Nektar verborgen	<i>Alium spec.</i> <i>Epilobium angustifolium</i> <i>Epilobium hirsutum</i> <i>Erodium cicutarium</i> <i>Fragaria spec.</i> <i>Geranium spec.</i> <i>Geum spec.</i> <i>Hibiscus spec.</i> <i>Linum spec.</i> <i>Linum usitatissimum</i> <i>Malva spec.</i> <i>Oxalis spec.</i> <i>Potentilla spec.</i> <i>Ranunculus spec.</i> <i>Reseda spec.</i>
	Scheibenblumen nur mit Pollen	<i>Anemone japonica</i> -Form <i>Anemone spec.</i> <i>Aruncus spec.</i> <i>Begonia spec.</i> <i>Chelidonium majus</i> <i>Cistus spec.</i> <i>Clematis</i> -Form <i>Eschscholtzia spec.</i> <i>Filipendula ulmaria</i> <i>Helianthemum spec.</i> <i>Humulus</i> -Form <i>Hypericum spec.</i> <i>Nymphaea spec.</i> Papaveraceae <i>Papaver rhoeas</i> <i>Papaver somniferum</i> <i>Papaver spec.</i> <i>Plantago spec.</i> <i>Sambucus nigra</i> <i>Urtica spec.</i>
Schmetterlingsblumen	Schmetterlingsblumen	<i>Gleditsia spec.</i> Fabaceae Form R
	Schmetterlingsblumen mit Bürsteneinrichtung	<i>Lathyrus spec.</i> <i>Vicia faba</i> <i>Vicia spec.</i>
	Schmetterlingsblumen mit Klappeinrichtung	<i>Melilotus spec.</i> <i>Onobrychis spec.</i> <i>Trifolium hybridum</i> <i>Trifolium pratense</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Trifolium spec.</i>
	Schmetterlingsblumen mit Pumpeinrichtung	<i>Coronilla varia</i> <i>Lotus spec.</i>
	Schmetterlingsblumen mit Schnelleinrichtung	<i>Medicago</i> -Form
Stieltellerblumen	Stieltellerblumen Staubblätter frei	<i>Agrostemma githago</i> Caryophyllaceae <i>Clarkia spec.</i> <i>Elaeagnus spec.</i>

## Fortsetzung Tab. A 4.2.2.1.2.1.2.

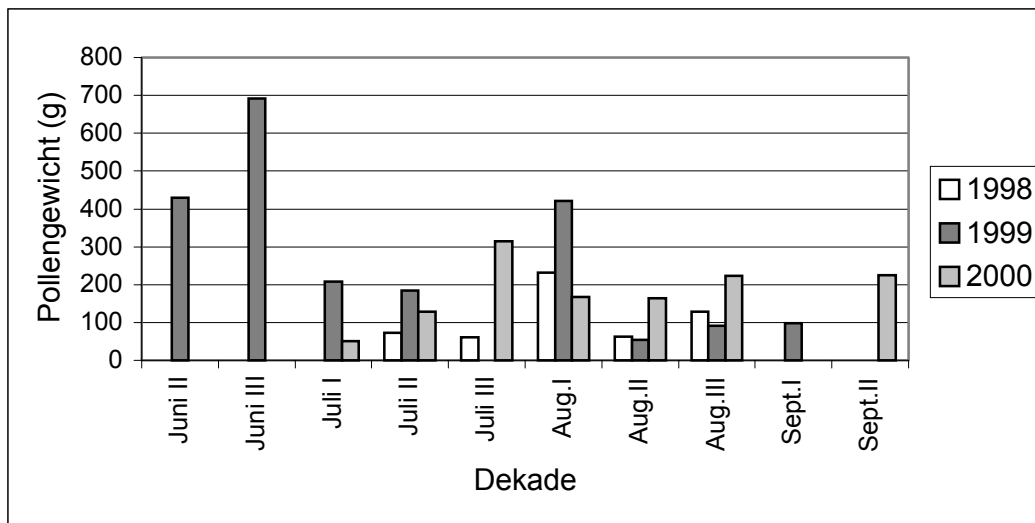
Grundform (i.w.S.)	Blütentypen (i.w.S.)	Pollentyp
Stieltellerblumen	Stieltellerblumen Staubblätter frei	<i>Fuchsia spec.</i> <i>Lychnis spec.</i> <i>Lycium chinense</i> <i>Lycium spec.</i> <i>Oenothera spec.</i> Onagraceae
Stieltellerblumen	Stieltellerblumen Staubblätter verborgen	<i>Matthiola spec.</i> <i>Tropaeolum majus</i>
Trichterblumen	Trichterblumen	Gentianaceae (1) Gentianaceae (2)
	Trichterblumen (groß)	<i>Calystegia spec.</i> <i>Colchicum autumnale</i> <i>Convolvulus spec.</i> <i>Cucumis spec.</i> <i>Cucurbita spec.</i> <i>Datura spec.</i> <i>Lythrum salicaria</i>
	Trichterblumen (klein)	<i>Bryonia spec.</i> <i>Buddleja spec.</i> <i>Campsis spec.</i> <i>Caryopteris spec.</i> <i>Ligustrum vulgare</i> <i>Nicotiana spec.</i> <i>Phacelia tanacetifolia</i> <i>Polemonium spec.</i> Solanaceae <i>Valeriana spec.</i>
Trichterblumen	Trichterblumen (klein)	Solanaceae <i>Valeriana spec.</i>
Pinself- und Bürstenblumen	Pinself- und Bürstenblumen	<i>Salix spec.</i> <i>Thalictrum spec.</i>
Lippenblumen	Lippenblumen	<i>Ocinum basilicum</i> <i>Galeopsis spec.</i> Lamiaceae Form L Lamiaceae Form M Lamiaceae Form S <i>Lamium spec.</i> <i>Lavandula spec.</i> <i>Lonicera spec.(1)</i> <i>Lonicera spec.(2)</i> <i>Pedicularis spec.</i>
	Lippenblumen / Rachenblumen	Scrophulariaceae
	Maskenblume	<i>Antirrhinum spec.</i> Linaria-Form
	Rachenblumen	<i>Echium vulgare</i> <i>Impatiens spec. (1)</i> <i>Impatiens spec. (2)</i>
Poaceae	Poaceae Poaceae Poaceae	Juncaceae Poaceae <i>Zea mays</i>
Sporen (i.w.S.)	Sporen (i.w.S.)	Farnsporen Hefe-Sporen Pilzelemente (1) Pilzelemente (2) Pilzsporen (1) Pilzsporen (2)

**Tab. A 4.2.2.1.2.2.1.** Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS), der Kombination der P-Werte (FISCHER's combination procedure) und der Korrektur der P-Werte (BONFERRONI) für die Blütentypen (i.w.S.) der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000

Blütentypen (i.w.S.)	P (KRUSKAL-WALLIS)			$\chi^2$ (FISCHER)	FG	P	Faktor	P <sub>korrigiert</sub> (BONFERRONI)
	1998	1999	2000					
Glockenblumen mit klebrigen Pollen	0,454	0,412	0,288	5,842	6	>0,5	21	>10,5
Glockenblumen mit Streueinrichtg.	0,04	0,52	0,091	12,539	6	0,1	21	2,1
<b>Korbblumen nur mit Röhrenblüten</b>	<b>0,01</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>33,258</b>	<b>6</b>	<b>4,4*10<sup>-6</sup></b>	<b>21</b>	<b>0,0001</b>
Korbblumen mit Röhren- und Zungenblüten	0,685	0,571	0,164	5,493	6	>0,5	21	>10,5
<b>Korbblumen nur mit Zungenblüten</b>	<b>0,003</b>	<b>0,006</b>	<b>0,088</b>	<b>26,711</b>	<b>6</b>	<b>0,0005</b>	<b>21</b>	<b>0,0105</b>
Lippenblumen	0,123	0,187	0,663	8,366	6	0,3	21	6,3
Maskenblumen	0,853	0,367	0,059	7,983	6	0,3	21	6,3
Rachenblumen	0,487	0,013	0,005	20,721	6	0,005	21	0,105
Pinselflumen	0,56	0,18	0,058	10,284	6	0,2	21	4,2
<b>Scheibenblumen Nektar offen abgeschieden</b>	<b>0,077</b>	<b>0,012</b>	<b>0,002</b>	<b>26,403</b>	<b>6</b>	<b>0,0005</b>	<b>21</b>	<b>0,0105</b>
<b>Scheibenblumen Nektar verborgen</b>	<b>&lt;0,0005</b>	<b>0,186</b>	<b>0,081</b>	<b>23,592</b>	<b>6</b>	<b>0,001</b>	<b>21</b>	<b>0,021</b>
Scheibenblumen nur mit Pollen	0,323	0,672	0,243	5,885	6	>0,5	21	>10,5
Schmetterlingsblumen mit Bürsteneinrichtung	0,244	0,382	0,933	4,885	6	>0,5	21	>10,5
<b>Schmetterlingsblumen mit Klappeinrichtung</b>	<b>0,152</b>	<b>0,0005</b>	<b>&lt;0,0005</b>	<b>34,171</b>	<b>6</b>	<b>4,6*10<sup>-6</sup></b>	<b>21</b>	<b>0,0001</b>
Schmetterlingsblumen mit Schnelleinrichtung	kein Nachweis	0,79	kein Nachweis	0,471	2	>0,5	23	>11,5
<b>Stieltellerblumen mit freien Staubblättern</b>	<b>0,014</b>	<b>&lt;0,0005</b>	<b>0,002</b>	<b>36,168</b>	<b>6</b>	<b>2,6*10<sup>-6</sup></b>	<b>21</b>	<b>5,4*10<sup>-5</sup></b>
<b>Stieltellerblumen mit verborgenen Staubblättern</b>	<b>0,003</b>	<b>0,061</b>	<b>0,016</b>	<b>25,482</b>	<b>6</b>	<b>0,0005</b>	<b>21</b>	<b>0,0105</b>
Trichterblumen groß	0,366	0,636	0,047	9,031	6	0,2	21	4,2
Trichterblumen klein	0,763	0,001	0,22	17,385	6	0,01	21	0,21
Verbaskum-Typ	0,641	0,033	0,813	8,126	6	0,3	21	6,3
Viola-Typ	kein Nachweis	0,232	0,294	5,370	4	>0,5	22	>11
Poaceae	0,397	0,074	0,043	13,348	6	0,05	21	1,05
Nacktsamer	kein Nachweis	kein Nachweis	0,023	7,545	2	0,3	23	6,9
<b>Sporen/unbestimmte Pilzelemente</b>	<b>&lt;0,0005</b>	<b>0,07</b>	<b>0,168</b>	<b>24,088</b>	<b>6</b>	<b>0,001</b>	<b>21</b>	<b>0,021</b>

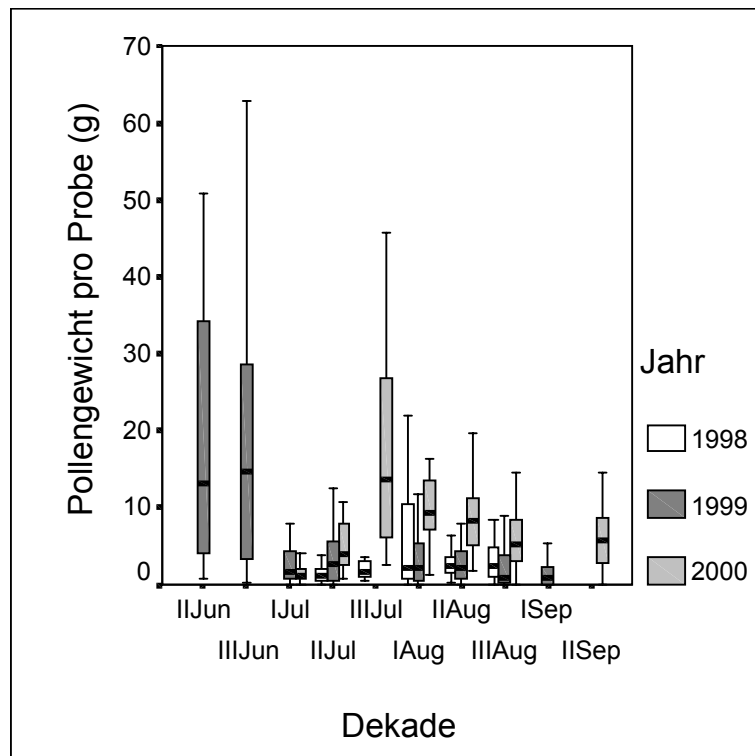
**Tab. A 4.2.2.1.2.2.2.** Blütentypen mit signifikanten Unterschieden (KRUSKAL & WALLIS, BONFERRONI) zwischen den Unterarten unter Angabe der Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER,  $P < 0,05$ ) für die zusammengefassten Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Unterarten kennzeichnen den jeweils höheren Eintrag)

Blütentypen (i.w.S.)	P (KRUSKAL-WALLIS)	P <sub>korrigiert</sub> (BONFERRONI)	Paarweise Vergleiche (CONOVER)	
			0,05	0,01
Korbblumen nur mit Röhrenblüten	<0,0005	0,012		<b>carn/cap</b> <b>lig/cap</b> <b>carn/mell</b> <b>lig/mell</b>
Korbblumen nur mit Zungenblüten	<0,0005	0,012		<b>carn/cap</b> <b>lig/cap</b> <b>lig/mell</b>
Scheibenblumen Nektar offen abgeschieden	<0,0005	0,012	<b>cap/lig</b>	<b>mell/carn</b> <b>mell/lig</b>
Schmetterlingsblumen mit Klappeinrichtung	<0,0005	0,012		<b>cap/mell</b> <b>carn/mell</b> <b>lig/mell</b>
Stieltellerblumen mit freien Staubblättern	<0,0005	0,012		<b>mell/cap</b> <b>mell/carn</b> <b>mell/lig</b>
Sporen/ unbestimmte Pilzelemente	<0,0005	0,012	<b>carn/cap</b> <b>lig/carn</b>	<b>lig/cap</b> <b>lig/mell</b>

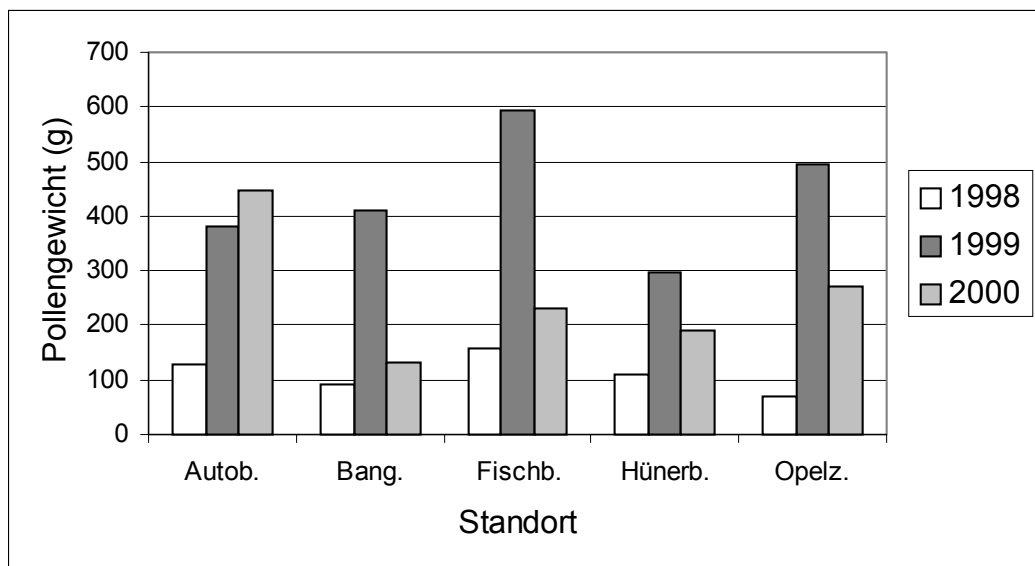


**Abb. AA 4.2.2.1.3.1.1.** Summen der Pollengewichte zu den Tagesdekaden im Verlauf der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000

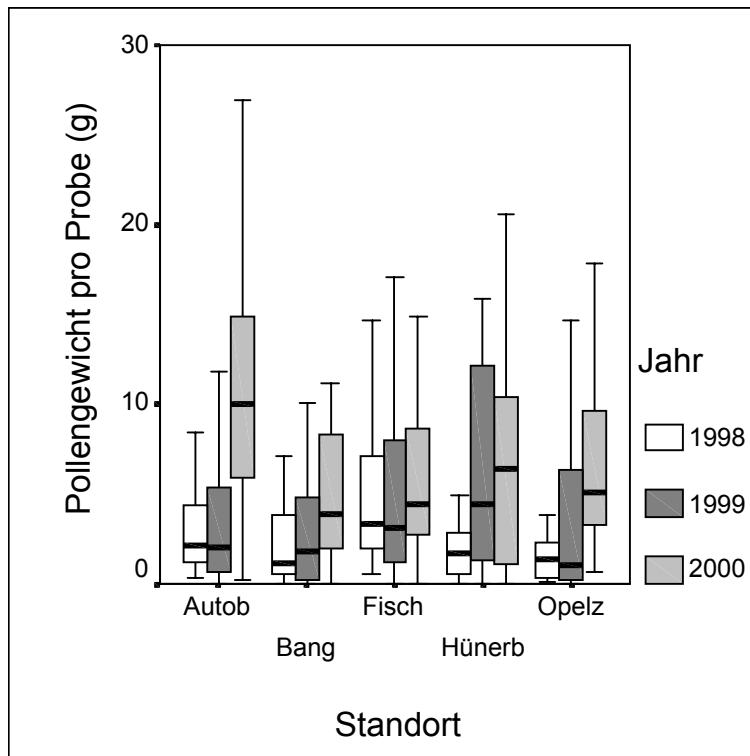




**Abb. AA 4.2.2.1.3.1.2.** Verteilung der Werte des Pollengewichts pro Probe zu den Tagesdekaden im Verlauf der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000



**Abb. AA 4.2.2.1.3.1.3.** Summen der Pollengewichte an den verschiedenen Standorten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000



**Abb. AA 4.2.2.1.3.1.4.** Verteilung der Werte des Pollengewichts pro Probe an den verschiedenen Standorten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.1.** Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

	Mittlere Ränge	N
1998	279,44	155
1999	299,78	332
2000	417,42	160
$\chi^2$	54,345	
Signifikanz	<0,001	

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.2.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 (fett gedruckte Jahre in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	1998	1999	2000
1998			
<b>1999</b>			
<b>2000</b>	**	**	

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.3.** Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Standorten in den Jahren 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr/Standort	Mittlere Ränge					N					$\chi^2$	P
	Autob.	Bang.	Fischb.	Hünerb.	Opelz.	Autob.	Bang.	Fischb.	Hünerb.	Opelz.		
1998	87,39	67,66	103,34	71,84	62,25	31	32	29	31	32	16,823	0,002
1999	163,22	148,68	191,71	200,68	149,79	76	76	76	28	76	13,804	0,008
2000	107,08	63,19	73,49	73,54	78,75	36	27	35	26	36	17,062	0,002
1998, 1999 und 2000	346,03	281,71	365,14	332,76	296,6	143	135	140	85	144	18,956	0,001

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.4.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Standorten im Jahr 1998 (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
<b>Autobahn</b>					*
Bangert					
<b>Fischbach</b>		**		**	**
Hünerbergw.					
Opelzoo					

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.5.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Standorten im Jahr 1999 (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
Autobahn					
Bangert					
<b>Fischbach</b>		**		*	
<b>Hünerbergw.</b>		*			*
Opelzoo					

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.6.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Standorten im Jahr 2000 (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01P<0,05, \*\*P<0,01)

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
<b>Autobahn</b>		**	**	**	**
Bangert					
Fischbach					
Hünerbergw.					
Opelzoo					

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.7.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Standorten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
<b>Autobahn</b>		**			*
Bangert					
<b>Fischbach</b>		**			**
<b>Hünerbergw.</b>		*			
Opelzoo					

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.8.** Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Tagesdekaden in den Jahren 1998, 1999 und 2000 unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Dekade	Mittlere Ränge				N			
	1998	1999	2000	1998+1999+2000	1998	1999	2000	1998+1999+2000
Juni II		259,95		497,20		20		20
Juni III		258,58		495,92		36		36
Juli I		153,98	32,44	259,98		52	16	68
Juli II	54,00	166,83	68,61	275,40	37	36	18	91
Juli III	82,11		117,56	405,95	19		18	37
Aug.I	87,43	162,23	103,89	324,77	40	84	18	142
Aug.II	87,50	154,05	97,44	343,59	20	20	18	58
Aug.III	84,23	130,33	74,94	311,07	39	36	36	111
Sept.I		111,60		190,81		48		48
Sept.II			74,67	398,26			36	36
$\chi^2$	14,146	74,291	37,999	100,092				
P	0,007	<0,001	<0,001	<0,001				

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.9** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Tagesdekaden im Jahr 1998 (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	Juli II	Juli III	Aug.I	Aug.II	Aug.III
Juli II					
<b>Juli III</b>	*				
<b>Aug.I</b>	**				
<b>Aug.II</b>	**				
<b>Aug.III</b>	**				

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.10.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Standorten im Jahr 1999 (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

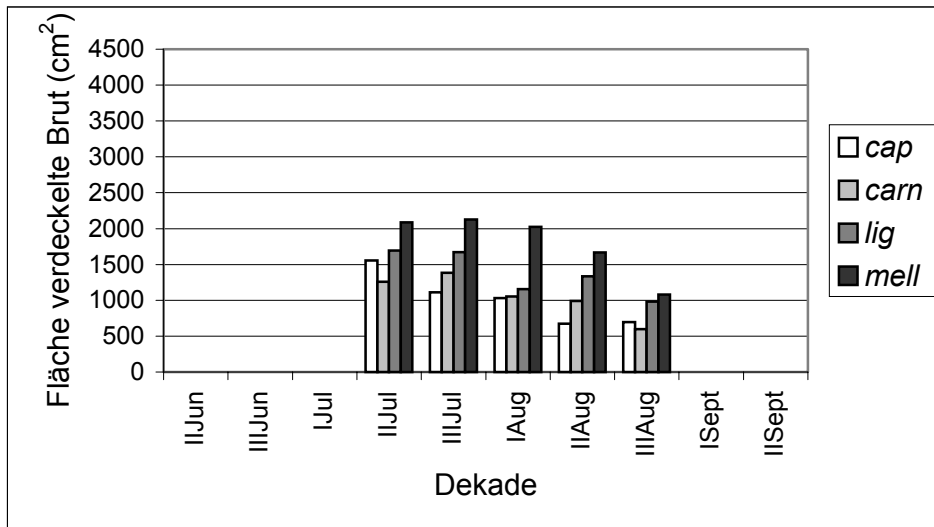
	Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Aug.I	Aug.II	Aug.III	Sept.I
<b>Juni II</b>			**	**	**	**	**	**
<b>Juni III</b>			**	**	**	**	**	**
<b>Juli I</b>								*
<b>Juli II</b>								**
Aug.I								
Aug.II								
Aug.III								
Sept.I								

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.11.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Tagesdekaden im Jahr 2000 (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

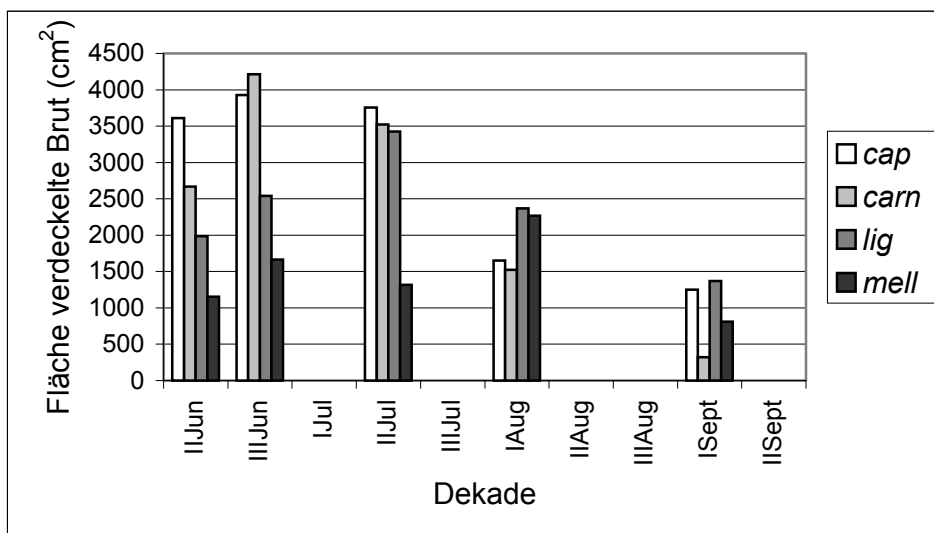
	Juli I	Juli II	Juli III	Aug.I	Aug.II	Aug.III	Sept.II
<b>Juli I</b>							
<b>Juli II</b>	*						
<b>Juli III</b>	**	**				**	**
<b>Aug.I</b>	**	*				*	*
<b>Aug.II</b>	**	*					
<b>Aug.III</b>	**						
<b>Sept.II</b>	**						

**Tab. A 4.2.2.1.3.1.12.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den Tagesdekaden unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

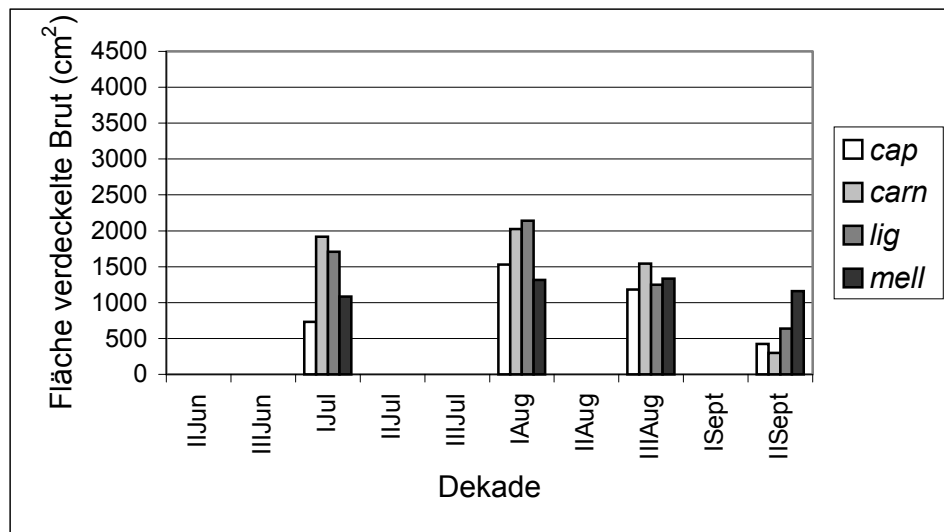
	Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug.I	Aug.II	Aug.III	Sept.I	Sept.II
<b>Juni II</b>			**	**		**	**	**	**	*
<b>Juni III</b>			**	**	*	**	**	**	**	*
<b>Juli I</b>									*	
<b>Juli II</b>									*	
<b>Juli III</b>			**	**		*		**	**	
<b>Aug.I</b>			*	*					**	
<b>Aug.II</b>			**	*					**	
<b>Aug.III</b>									**	
<b>Sept.I</b>										
<b>Sept.II</b>			**	**		*		**	**	



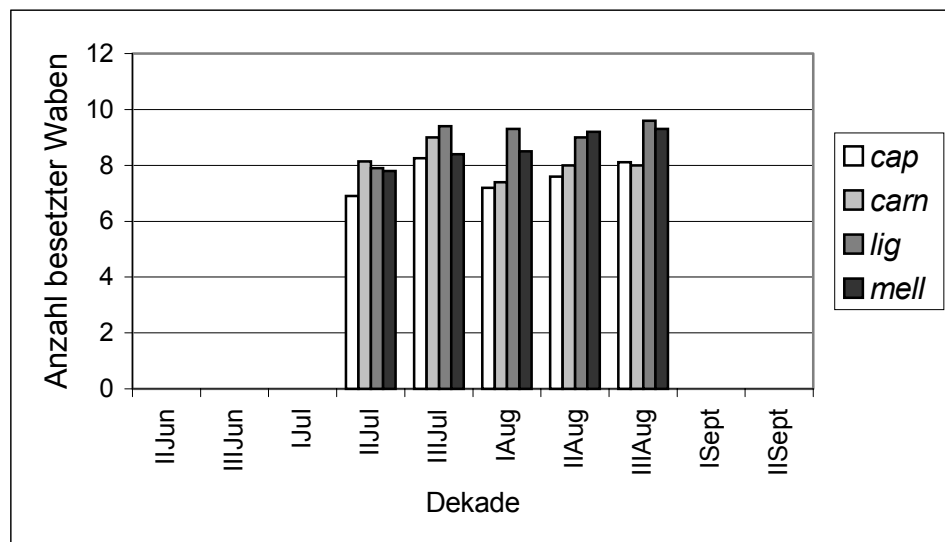
**Abb. AA 4.2.2.1.3.3.1.** Mittelwerte der Fläche der verdeckelten Brut der vier Unterarten im Jahresverlauf 1998



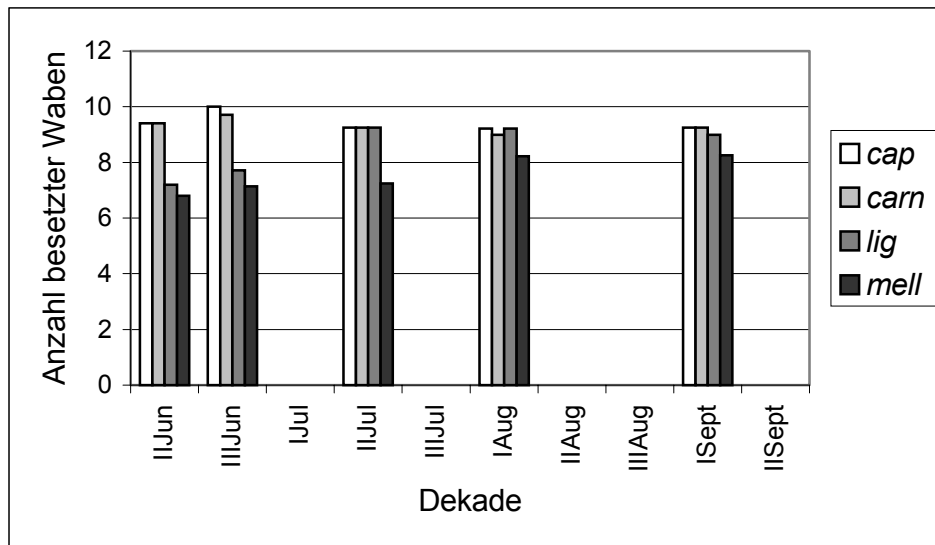
**Abb. AA4.2.2.1.3.3.2.** Mittelwerte der Fläche der verdeckelten Brut der vier Unterarten im Jahresverlauf 1999



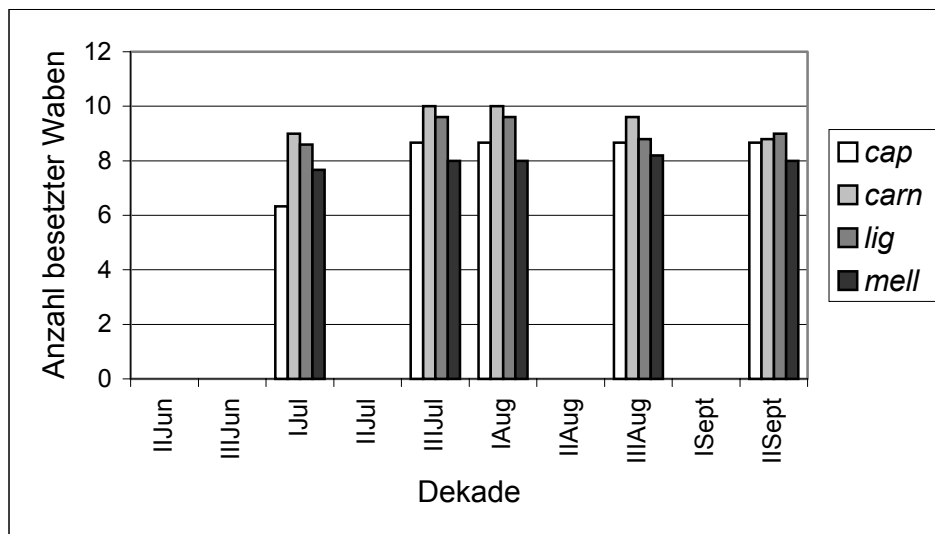
**Abb. AA 4.2.2.1.3.3.3.** Mittelwerte der Fläche der verdeckelten Brut der vier Unterarten im Jahresverlauf 2000



**Abb. AA 4.2.2.1.3.3.4.** Mittelwerte der Anzahl besetzter Waben der vier Unterarten im Jahresverlauf 1998



**Abb. AA 4.2.2.1.3.3.5.** Mittelwerte der Fläche der Anzahl besetzter Waben der vier Unterarten im Jahresverlauf 1999



**Abb. AA 4.2.2.1.3.3.6.** Mittelwerte der Fläche der Anzahl besetzter Waben der vier Unterarten im Jahresverlauf 2000



**Tab. A 4.2.2.1.3.3.1.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Flächen verdeckelter Brut der vier Unterarten in den Jahren 1998, 1999, 2000

Jahr	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
1998	65,46	64,60	90,93	115,15	42	40	43	43	30,979	<0,001
1999	68,55	68,57	61,31	41,62	30	30	29	30	12,255	0,007
2000	29,92	41,60	39,08	32,78	12	20	20	20	3,313	0,346

**Tab. A 4.2.2.1.3.3.2.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Anzahl besetzter Waben der vier Unterarten in den Jahren 1998, 1999, 2000

Jahr	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
1998	57,95	69,21	113,88	95,27	42	40	43	43	36,355	<0,001
1999	74,53	71,65	55,52	40,30	30	30	29	30	20,549	<0,001
2000	30,38	46,75	41,10	25,33	12	20	20	20	13,209	0,004

**Tab. A 4.2.2.1.3.4.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Pollenmengen pro Probe zwischen den vier Unterarten in den Jahren 1998, 1999, 2000

Jahr	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
1998	64,87	60,44	81,25	103,35	39	36	40	40	21,81	<0,001
1999	185,76	149,88	145,94	184,42	83	83	83	83	12,53	0,006
2000	82,3	76,42	75,22	89,16	27	45	45	43	2,476	0,480

**Tab. A 4.2.2.1.3.5.1.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Gewichte ausgewählter Pollenladungen zwischen den vier Unterarten

	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
alle ausgewählten Pollentypen	184,37	191,07	198,63	224,03	99	100	100	99	6,76	0,080

**Tab. A 4.2.2.1.3.5.2.** Detaillierte Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA für den Vergleich der Gewichte der ausgewählten Pollenladungen im einzelnen

Pollentyp	F	N	P
Asteraceae Form A	1,085	81	0,361
<b>Brassicaceae</b>	<b>3,580</b>	<b>79</b>	<b>0,018</b>
<i>Castanea sativa</i>	2,212	79	0,094
<b><i>Filipendula ulmaria</i></b>	<b>10,053</b>	<b>80</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b>Rosaceae</b>	<b>8,802</b>	<b>80</b>	<b>&lt;0,001</b>

**Tab. A 4.2.2.1.3.5.3.** Detaillierte Ergebnisse der Mehrfachvergleiche (DUNCAN) für Brassicaceae

Brassicaceae	N	Untergruppe für $\alpha=0,05$	
		1	2
<i>mell</i>	19	0,0104	
<i>lig</i>	20		0,0119
<i>cap</i>	20		0,0121
<i>carn</i>	20		0,0123
Signifikanz		1,0000	0,5900

**Tab. A 4.2.2.1.3.5.4.** Detaillierte Ergebnisse der Mehrfachvergleiche (DUNCAN) für *Filipendula ulmaria*

<i>Filipendula ulmaria</i>	N	Untergruppe für $\alpha=0,05$	
		1	2
<i>carn</i>	20	0,0680	
<i>lig</i>	20	0,0072	
<i>cap</i>	20		0,0091
<i>mell</i>	20		0,0101
Signifikanz		0,5090	0,1460

**Tab. A 4.2.2.1.3.5.5.** Detaillierte Ergebnisse der Mehrfachvergleiche (DUNCAN) für Rosaceae

Rosaceae	N	Untergruppe für $\alpha=0,05$		
		1	2	3
<i>cap</i>	20	0,0072		
<i>carn</i>	20		0,0093	
<i>mell</i>	20		0,0096	0,0096
<i>lig</i>	20			0,0108
Signifikanz		1,0000	0,6050	0,092

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.1.** Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

	Mittlere Ränge	N
1998	291,17	155
1999	278,82	332
2000	449,56	160
$\chi^2$	96,471	
Signifikanz	<0,001	

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.2.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000 (fett gedruckte Jahre in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	1998	1999	2000
1998			
<b>1999</b>			
<b>2000</b>	**	**	

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.3.** Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Anzahl der Pollentypen pro Probe zwischen den Standorten in den Jahren 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr/Standort	Mittlere Ränge					N					$\chi^2$	P
	Autob.	Bang.	Fischb.	Hünerb.	Opelz.	Autob.	Bang.	Fischb.	Hünerb.	Opelz.		
1998	98,15	63,36	90,02	72,11	67,94	31	32	29	31	32	13,894	0,008
1999	184,91	128,95	201,47	123,38	166,57	76	76	76	28	76	30,213	<0,001
2000	107,71	54,78	86,56	61,77	80,22	36	27	35	26	36	25,608	<0,001
1998, 1999 und 2000	378,65	243,44	375,83	282,79	319,19	143	135	140	85	144	52,339	<0,001

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.4.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Standorten im Jahr 1998 (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
<b>Autobahn</b>		**		*	**
Bangert					
<b>Fischbach</b>		*			*
Hünerbergw.					
Opelzoo					

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.5.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Standorten im Jahr 1999 (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
<b>Autobahn</b>		**		**	
Bangert					
<b>Fischbach</b>		**		**	*
Hünerbergw.					
<b>Opelzoo</b>		*		*	

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.6.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Standorten im Jahr 2000 (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
<b>Autobahn</b>		**	*	**	**
Bangert					
<b>Fischbach</b>		**		*	
Hünerbergw.					
<b>Opelzoo</b>		*			

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.7.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl der Pollentypen pro Probe zwischen den Standorten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Standorte in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

	Autobahn	Bangert	Fischbach	Hünerbergw.	Opelzoo
<b>Autobahn</b>		**		**	**
Bangert					
<b>Fischbach</b>		**			**
Hünerbergw.					
<b>Opelzoo</b>		**			

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.8.** Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Tagesdekaden in den Jahren 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Dekade	Mittlere Ränge				N			
	1998	1999	2000	1998+1999+2000	1998	1999	2000	1998+1999+2000
Juni II		140,07		221,30		20		20
Juni III		101,40		158,72		36		36
Juli I		104,42	30,53	180,89		52	16	68
Juli II	51,69	160,25	68,42	265,90	37	36	18	91
Juli III	63,55		97,39	376,04	19		18	37
Aug.I	86,43	223,44	116,89	392,56	40	84	18	142
Aug.II	103,82	203,43	120,53	431,91	20	20	18	58
Aug.III	88,12	195,69	91,33	385,61	39	36	36	111
Sept.I		161,34		267,25		48		48
Sept.II			51,26	351,43			36	36
$\chi^2$	24,737	76,084	63,122	141,545				
P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001				

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.9** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Tagesdekaden im Jahr 1998 (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

	Juli II	Juli III	Aug.I	Aug.II	Aug.III
Juli II					
Juli III					
<b>Aug.I</b>	**				
<b>Aug.II</b>	**	**			
<b>Aug.III</b>	**	*			

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.10.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Tagesdekaden im Jahr 1999 (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

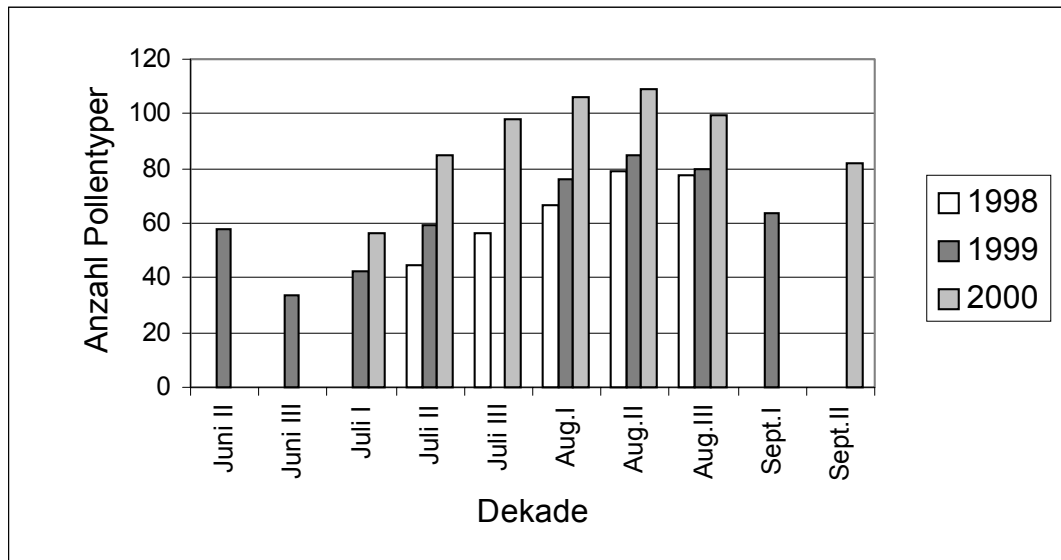
	Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Aug.I	Aug.II	Aug.III	Sept.I
Juni II								
Juni III								
Juli I								
<b>Juli II</b>		**	**					
<b>Aug.I</b>	**	**	**	**				**
<b>Aug.II</b>	*	**	**					
<b>Aug.III</b>	*	**	**					
<b>Sept.I</b>		**	**					

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.11.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Tagesdekaden im Jahr 2000 (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

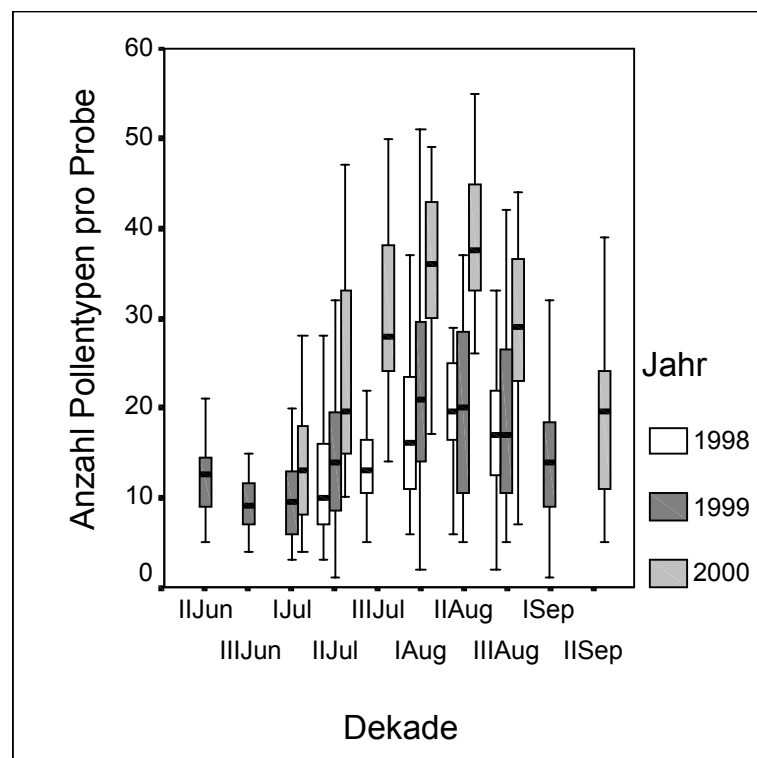
	Juli I	Juli II	Juli III	Aug.I	Aug.II	Aug.III	Sept.II
Juli I							
<b>Juli II</b>	**						
<b>Juli III</b>	**	**					**
<b>Aug.I</b>	**	**				*	**
<b>Aug.II</b>	**	**				**	**
<b>Aug.III</b>	**	*					**
<b>Sept.II</b>							

**Tab. A 4.2.2.1.4.1.12.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zwischen den Tagesdekaden unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Dekaden in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \* $0,01 < P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ )

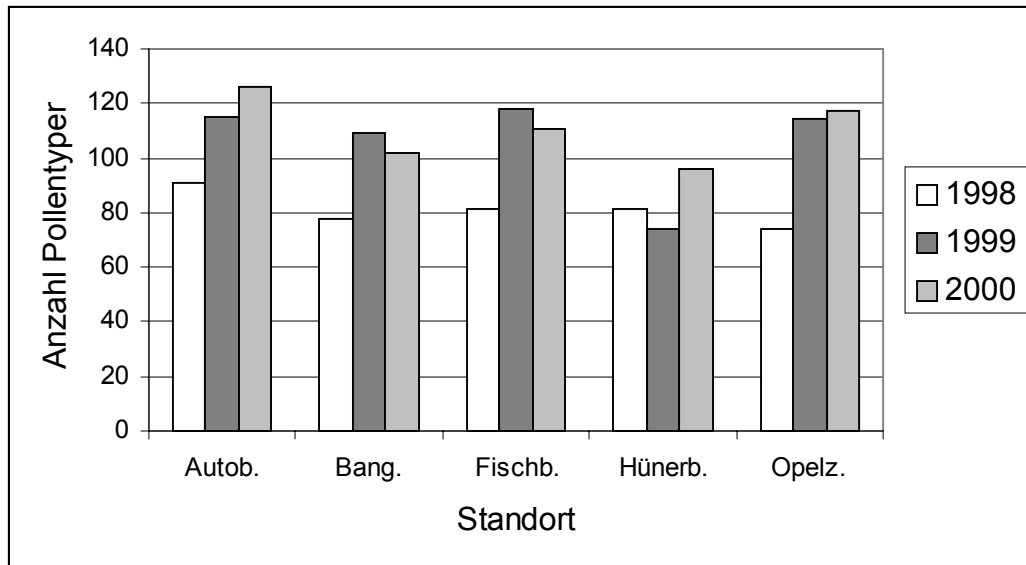
	Juni II	Juni III	Juli I	Juli II	Juli III	Aug.I	Aug.II	Aug.III	Sept.I	Sept.II
Juni II										
Juni III										
Juli I										
<b>Juli II</b>		**	**							
<b>Juli III</b>	**	**	**	**					**	
<b>Aug.I</b>	**	**	**	**					**	
<b>Aug.II</b>	**	**	**	**					*	
<b>Aug.III</b>	**	**	**	**					**	
<b>Sept.I</b>		**	**							
<b>Sept.II</b>	**	**	**	**					*	



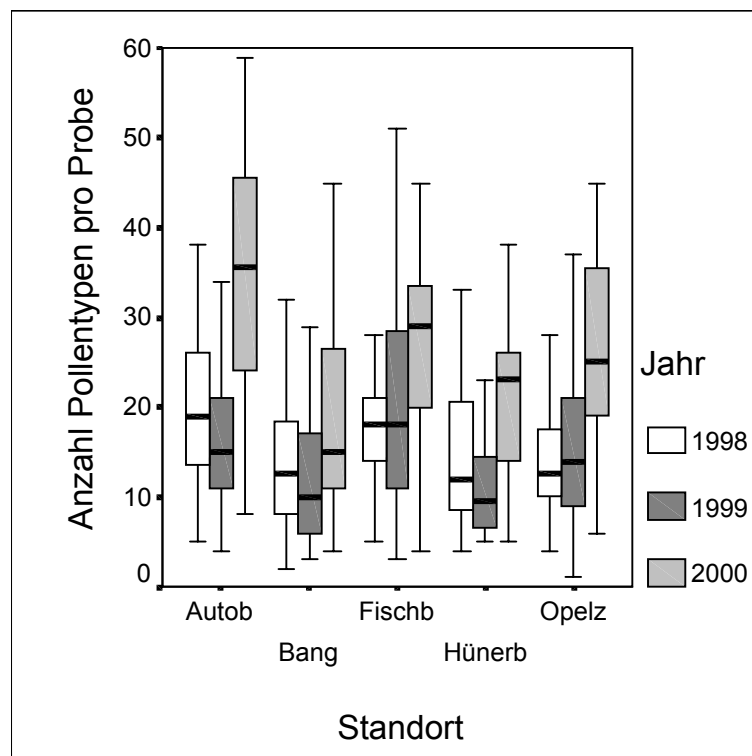
**Abb. AA 4.2.2.1.4.1.1.** Anzahl verschiedener Pollentypen zu den Tagesdekaden im Verlauf der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000



**Abb. AA 4.2.2.1.4.1.2.** Verteilung der Werte der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe zu den Tagesdekaden im Verlauf der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000



**Abb. AA 4.2.2.1.4.1.3.** Anzahl verschiedener Pollentypen an den verschiedenen Standorten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000



**Abb. AA 4.2.2.1.4.1.4.** Verteilung der Werte der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe an den verschiedenen Standorten in den Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000



**Tab. A 4.2.2.1.4.2.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Anzahl verschiedener Pollentypen pro Probe der vier Unterarten in den Jahren 1998, 1999, 2000

Jahr	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
1998	63,79	60,57	86,61	98,93	39	36	40	40	19,336	<0,001
1999	153,73	166,69	145,73	199,84	83	83	83	83	15,394	0,002
2000	82,3	82,28	78,67	82,34	27	45	45	43	0,198	0,978

**Tab. A 4.2.2.2.2.1.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) der Dominanzstufen für die Unterarten im Jahr 1998

Dominanzstufe	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
eudominant	76,59	78,69	77,46	77,32	38	36	40	40	0,087	0,993
dominant	83,74	73,88	80,50	73,61	38	36	40	40	1,750	0,626
subdominant	81,77	72,64	76,64	80,51	38	36	40	40	1,000	0,801
rezedent	58,35	60,18	87,96	103,24	38	36	40	40	0,757	0,860
subrezedent	58,35	60,18	87,96	103,24	39	36	40	40	27,834	<0,001

**Tab. A 4.2.2.2.2.2.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) der nach der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlichen Dominanzstufe subrezedent im Jahr 1998 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

<b>subrezedent</b>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<b>cap</b>				
<i>carn</i>				
<b>lig</b>	**	**		
<b>mell</b>	**	**		

**Tab. A 4.2.2.2.2.3.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) der Dominanzstufen für die Unterarten im Jahr 1999

Dominanzstufe	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
eudominant	170,98	166,10	174,80	150,23	83	83	83	83	5,700	0,127
dominant	157,12	159,21	169,72	179,95	83	83	83	83	3,513	0,319
subdominant	152,98	178,78	144,27	189,97	83	83	83	83	12,882	0,005
rezedent	134,96	188,93	151,05	191,06	83	83	83	83	21,472	<0,001
subrezedent	163,65	155,51	152,12	194,72	83	83	83	83	10,232	0,017

**Tab. A 4.2.2.2.4.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) der nach der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlichen Dominanzstufe subdominant im Jahr 1999 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

subdominant	cap	carn	lig	mell
cap				
<b>carn</b>			*	
lig				
<b>mell</b>	*		**	

**Tab. A 4.2.2.2.5.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) der nach der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlichen Dominanzstufe rezedent im Jahr 1999 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

rezedent	cap	carn	lig	mell
cap				
<b>carn</b>	**		**	
lig				
<b>mell</b>	**		**	

**Tab. A 4.2.2.2.6.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) der nach der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlichen Dominanzstufe subrezedent im Jahr 1999 (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

subrezedent	cap	carn	lig	mell
cap				
carn				
lig				
<b>mell</b>	*	**	**	

**Tab. A 4.2.2.2.7.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) der Dominanzstufen für die Unterarten im Jahr 2000

Dominanzstufe	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	cap	carn	lig	mell	cap	carn	lig	mell		
eudominant	83,16	85,89	76,50	72,15	27	45	45	43	4,282	0,233
dominant	78,74	80,91	83,61	77,92	27	45	45	43	0,449	0,930
subdominant	78,44	82,67	83,50	76,38	27	45	45	43	0,701	0,873
rezedent	86,07	77,42	79,34	81,43	27	45	45	43	0,643	0,887
subrezedent	82,41	78,74	77,93	83,83	27	45	45	43	0,471	0,925

**Tab. A 4.2.2.2.8.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) der Dominanzstufen für die Unterarten unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Dominanzstufe	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
eudominant	330,01	331,79	330,87	303,95	149	164	168	166	4,678	0,197
dominant	319,09	313,63	332,49	330,05	149	164	168	166	1,334	0,721
subdominant	308,79	336,75	304,92	344,36	149	164	168	166	5,677	0,128
rezedent	288,62	348,56	308,63	347,04	149	164	168	166	12,041	0,007
subrezedent	294,55	294,46	323,70	379,92	149	164	168	166	22,692	<0,001

**Tab. A 4.2.2.2.9.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) der nach der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlichen Dominanzstufe rezedent unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

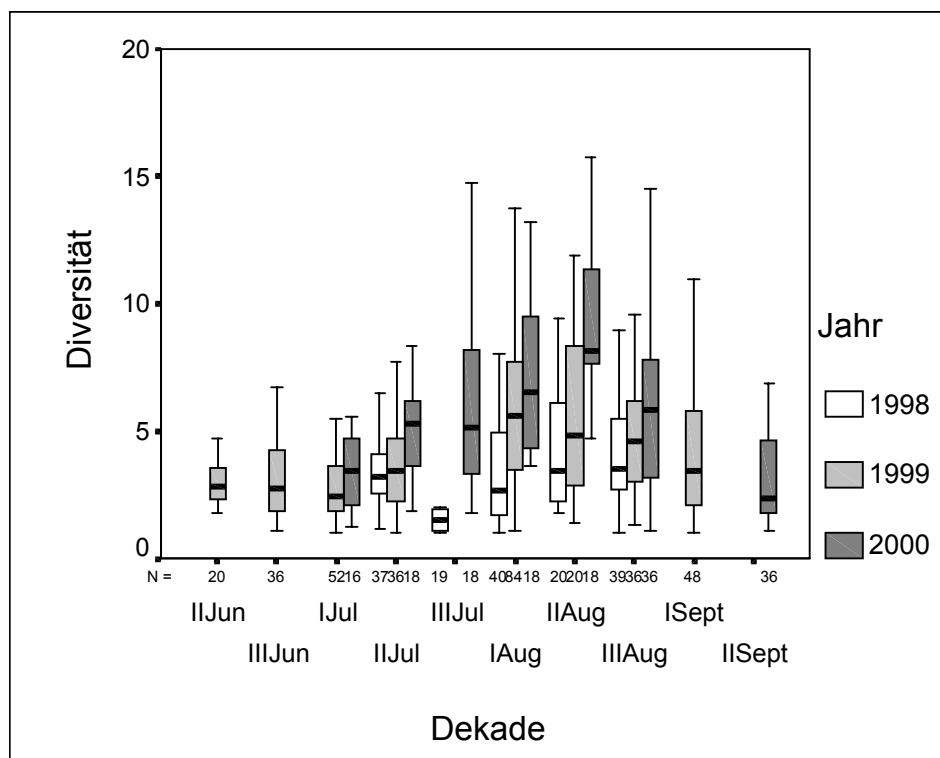
<b>rezedent</b>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<b><i>carn</i></b>	**			
<i>lig</i>				
<b><i>mell</i></b>	**			

**Tab. A 4.2.2.2.10.** Ergebnisse der paarweisen Vergleiche (CONOVER) der nach der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlichen Dominanzstufe subrezedent unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre (fett gedruckte Unterarten in der ersten Spalte kennzeichnen die jeweils höheren Werte; \*0,01<P<0,05, \*\*P<0,01)

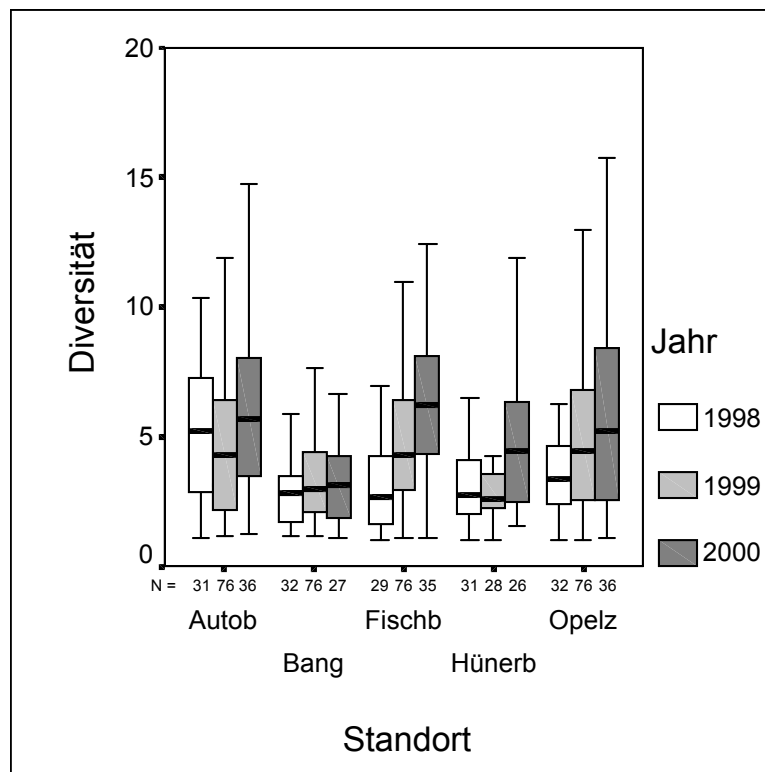
<b>subrezedent</b>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>
<i>cap</i>				
<i>carn</i>				
<i>lig</i>				
<b><i>mell</i></b>	**	**	**	

**Tab. A 4.2.2.3.1.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Diversität (MACARTHUR) zwischen den Unterarten für die drei Jahre 1998, 1999 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
1998	87,28	72,35	76,26	75,78	39	36	40	40	2,397	0,494
1999	141,8	173,02	149,72	201,46	83	83	83	83	19,424	<0,001
2000	78,22	81,22	82,89	78,67	27	45	45	43	0,263	0,967
1998, 1999 und 2000	299,4	331,26	310,6	352,46	149	164	168	166	7,545	0,056



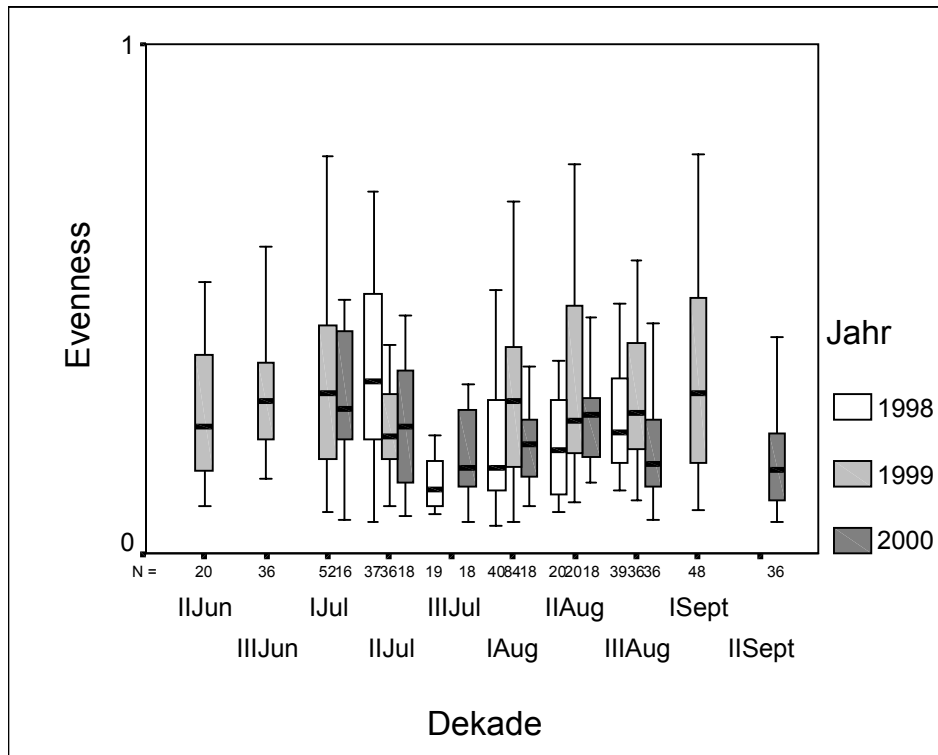
**Abb. AA 4.2.2.3.1.1.** Verteilung der Werte der Diversität (MACARTHUR) im Jahresverlauf der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000



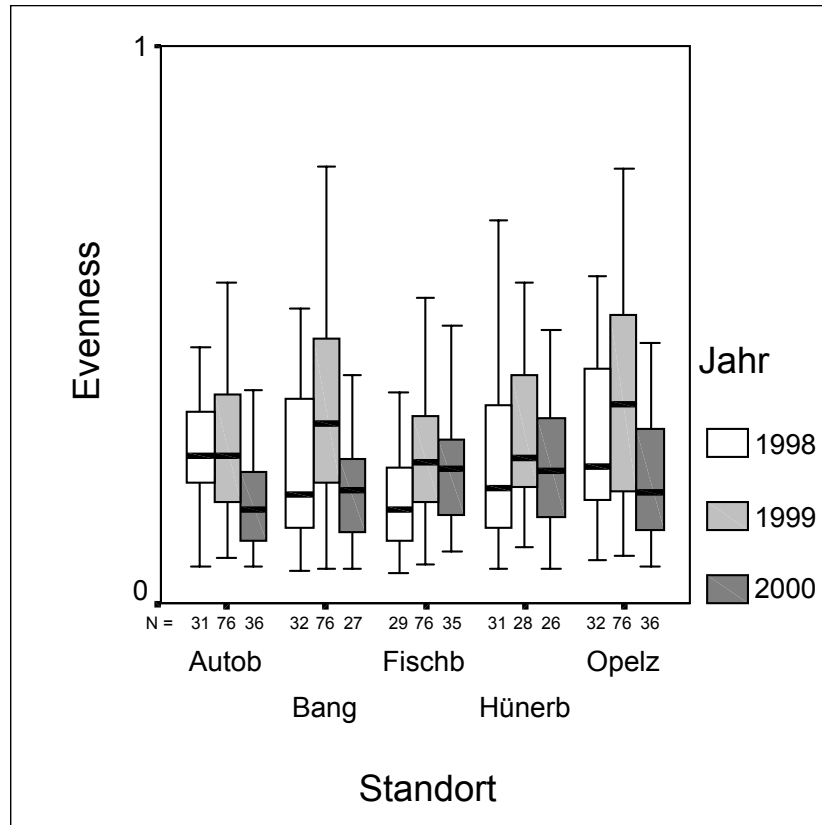
**Abb. AA 4.2.2.3.1.2.** Verteilung der Werte der Diversität (MacArthur) an den verschiedenen Standorten in den drei Untersuchungsjahren 1998, 1999 und 2000

**Tab. A 4.2.2.3.2.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Evenness (BUZAS & GIBSON) zwischen den Unterarten für die drei Jahre 1998, 1999 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr	Mittlere Ränge				N				$\chi^2$	P
	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>	<i>cap</i>	<i>carn</i>	<i>lig</i>	<i>mell</i>		
1998	101,82	88,39	67,05	56,38	39	36	40	40	24,574	<0,001
1999	156,36	173,91	170,42	165,31	83	83	83	83	1,573	0,666
2000	74,11	88,67	81,78	74,63	27	45	45	43	2,636	0,451
1998, 1999 und 2000	340,04	347,31	314,7	295,99	149	164	168	166	7,79	0,051



**Abb. AA 4.2.2.3.2.1.** Verteilung der Werte der Evenness (BUZAS & GIBSON) im Jahresverlauf der drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000



**Abb. AA 4.2.2.2.3.2.2.** Verteilung der Werte der Evenness (BUZAS & GIBSON) an den verschiedenen Standorten in den drei Untersuchungsjahre 1998, 1999 und 2000

**Tab. A 4.2.2.2.5.1.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Ähnlichkeit des Polleneintrags nach dem Gemeinschaftskoeffizienten nach SOERENSEN für die Jahre 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr	Mittlere Ränge						N						$\chi^2$	P
	cap/ carn	cap/ lig	cap/ mell	carn/ lig	carn/ mell	lig/ mell	cap/ carn	cap/ lig	cap/ mell	carn/ lig	carn/ mell	lig/ mell		
1998	111,94	125,06	78,79	127,00	108,63	126,79	35	39	39	36	36	40	15,741	0,008
1999	266,82	247,89	235,93	289,28	231,73	225,36	83	83	83	83	83	83	11,898	0,036
2000	135,67	118,78	86,98	124,68	86,15	91,15	27	27	26	45	43	43	21,384	0,001
1998, 1999 und 2000	505,96	486,77	398,68	540,66	427,44	444,78	36	149	148	164	162	166	13,653	<0,001

**Tab. A 4.2.2.5.2.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalysen (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Ähnlichkeit des Polleneintrags nach der RENKONEN-Zahl für die Jahre 1998, 1999 und 2000 und unter Zusammenfassung der Daten der drei Untersuchungsjahre

Jahr	Mittlere Ränge						N						$\chi^2$	P
	cap/ carn	cap/ lig	cap/ mell	carn/ lig	carn/ mell	lig/ mell	cap/ carn	cap/ lig	cap/ mell	carn/ lig	carn/ mell	lig/ mell		
1998	110,97	113,82	116,13	118,06	114,08	105,40	35	39	39	36	36	40	0,903	0,970
1999	249,77	252,45	223,60	303,79	225,26	242,14	83	83	83	83	83	83	17,109	0,004
2000	99,81	113,07	111,04	111,31	85,51	117,33	27	27	26	45	43	43	7,749	0,187
1998, 1999 und 2000	457,37	472,74	446,79	530,95	428,19	465,78	145	149	148	164	162	166	13,653	0,018

**Tab. A 5.1.1.** Pollentypen der Pollenfallenversuche im August 2000 in Südnorwegen (Flekkejord)

Pollentyp	relative Häufigkeit (%)
Ericaceae	99,44
<i>Epilobium angustifolium</i>	0,24
<i>Ligustrum vulgare</i>	0,11
Pilzsporen (2)	0,17
Rosaceae	0,01
Asteraceae Form T	0,00
<i>Senecio-Form</i>	0,02

**Tab. 5.2.2.** Detaillierte Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der Pollengewichte pro Probe zwischen den verschiedenen Standortkategorien (Ausgangsstandort = Standort, an dem die Völker bereits mehrere Wochen standen, Zwischenstandort = Standort, zu dem die Völker jeweils verstellt wurden und an denen sie mehrere Wochen nicht gestanden haben, Endstandort = Standort, der dem Ausgangsstandort entsprach und von dem die Völker drei Tage entfernt waren) für die Gesamtdaten und für die Unterarten im einzelnen der drei Rotationszeiträume 1999 insgesamt

Standortkategorie	Mittlere Ränge					N				
	Gesamt- daten	cap	carn	lig	mell	Gesamt- daten	cap	carn	lig	mell
Ausgangsstandort	153,58	37,75	41,67	39,25	37,67	48	12	12	12	12
Zwischenstandort	90,81	24,00	21,53	22,78	22,36	144	36	36	36	36
Endstandort	148,47	34,88	40,13	38,13	42,38	32	8	8	8	8
$\chi^2$	45,273	7,823	18,464	12,431	14,681					
P	<0,001	0,020	<0,001	0,002	0,001					



**Tab. A 5.3.1.1.** Ergebnisse der Rangvarianzanalyse (KRUSKAL & WALLIS) für den Vergleich der relativen Häufigkeiten einiger nach FISCHER's combination procedure und der Korrektur (BONFERRONI) der P-Werte zwischen den Unterarten signifikant unterschiedlicher Pollentypen an den verschiedenen Standorten

Pollentyp	Autobahn			Bangert			Fischbach			Hünerbergwiese			Opelzoo		
	$\chi^2$	N	P	$\chi^2$	N	P	$\chi^2$	N	P	$\chi^2$	N	P	$\chi^2$	N	P
Asteraceae Form S	7,05	143	0,070	8,63	135	<b>0,035</b>	20,21	140	<b>&lt;0,001</b>	18,50	85	<b>&lt;0,001</b>	4,98	144	0,173
Asteraceae Form T (1)	6,03	140	0,110	5,32	131	0,150	5,07	137	0,166	9,21	81	<b>0,027</b>	6,78	140	0,079
<i>Begonia spec.</i>	16,75	104	<b>0,001</b>	11,61	96	<b>0,009</b>	11,05	103	<b>0,011</b>	10,48	63	<b>0,015</b>	10,97	104	<b>0,012</b>
<i>Bryonia spec.</i>	12,84	131	<b>0,005</b>	17,06	123	<b>0,001</b>	2,70	128	0,441	1,89	26	0,389	12,52	132	<b>0,006</b>
<i>Cornus spec.</i>	22,41	142	<b>&lt;0,001</b>	13,31	136	<b>0,004</b>	17,30	140	<b>0,001</b>	24,50	85	<b>&lt;0,001</b>	8,03	144	<b>0,045</b>
<i>Datura spec.</i>	2,69	64	0,442	36,37	88	<b>&lt;0,001</b>	5,88	96	0,117	9,99	43	<b>0,019</b>	14,10	96	<b>0,003</b>

## Danksagung

Herrn Prof. Nikolaus Koeniger danke ich für die Vergabe des interessanten Themas, seine Unterstützung und Diskussionsbereitschaft zu jeder Zeit.

Bei Herrn Prof. Günther Vorwohl möchte ich mich ganz herzlich für die Einführung in die Pollenanalyse und die umfangreiche Hilfe bei der Determination des Pollenmaterials bedanken.

Ein Dankeschön geht an Herrn Prof. Kurt Brändle, Herrn Dr. John Brooks Ferebee und Herrn PD Dr. Stefan Fuchs für die schnelle und unkomplizierte Hilfe in statistischen Fragen. Besonders danke ich Frau Dr. Christiane Roscher für die Unterstützung bei den multivariaten Analysen und Herrn Dr. Winfried Voigt für die Bereitstellung eines Computerarbeitsplatzes und des Statistikprogrammes Canoco 4,0 am Institut für Ökologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Frau Imkermeisterin Beate Springer, den Herren Imkermeistern Werner Würkner und Matthias Ullmann sowie den ehemaligen Imkerlehrlingen Lars Steinhardt, Dennis Bross, Neal Bonner und Katja Schumann gilt mein Dank für die Einarbeitung in den Umgang mit Honigbienen und die Hilfe bei der Betreuung der Bienenvölker. Frau Agnes Mohr und Frau Beate Springer übernahmen dankenswerterweise die morphometrischen Messungen der Bienenproben. Allen Mitarbeitern des Instituts für Bienenkunde bin ich für eine gute Arbeitsatmosphäre zu Dank verpflichtet.

Frau Dr. Marina Meixner, meinem Vater Herrn Dr. Hartmut Köppler, Herrn Dr. Stefan Berg und Herrn PD Dr. Stefan Fuchs danke ich für die Durchsicht des Manuskripts.

Ein besonderes Dankeschön gilt meiner Familie und meinem Ehemann, Jörg Weingarten, aus deren vielseitiger Unterstützung ich zu jeder Zeit Kraft und Mut schöpfen konnte.

Für die Bewilligung eines 3-jährigen Stipendiums sowie von Sachkosten, die gute Betreuung per Telefon und die interessanten Seminare bedanke ich mich bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

## Lebenslauf

Kirsten Köppler  
Breitensteinweg 32  
64372 Ober-Ramstadt

Geburtstag: 06.10.1969  
Geburtsort: Weimar  
Familienstand: verheiratet

### Ausbildung

1976 - 1986	Polytechnische Oberschule in Weimar
1986 - 1988	Erweiterte Oberschule in Weimar
1989 – 1991	Pädagogische Hochschule Erfurt/Mühlhausen (Thür.) Fächerkombination Biologie/Chemie
1991 – 1997	Biologiestudium an der F. Schiller - Universität Jena Hauptfach: Ökologie Nebenfächer: Zoologie, Mikrobiologie, Umweltrecht
1993/1994	Auslandsstudium University College Dublin Fach: Zoologie
1998-2002	Promotionsstudium an der J. W. Goethe - Universität Frankfurt/Main Institut für Bienenkunde (Polytechnische Gesellschaft)

### Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Doktoren und Professoren:

Augsten, Bährmann, Bolger, Bracken, Braune, Dietrich, Doyle, Fritsche, Fuchs, Füller, Gröschner, Hayden, Helay, Hertzfel, Knorre, Koeniger, Köhler, Liebermann, Marstaller, Möckel, Murray, Paul, Penzlin, Peter, Pommer, Reißmann, Riemay, Reuter, Schäller, Scheffel, Schönborn, Tillich, Voigt

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Oberursel, 26. April 2002

Kirsten Köppler