**Regina Becker, Steffen Malt, Ralph Platen
und Andreas Ulrich**

Evaluierung von Kriterien für das Monitoring transgener Kartoffelpflanzen mit Änderungen im Grundstoffwechsel

Bundesamt für Naturschutz

BfN-Skripten 130

2005

Evaluierung von Kriterien für das Monitoring transgener Kartoffelpflanzen mit Änderungen im Grundstoffwechsel

Regina Becker
Steffen Malt
Ralph Platen
Andreas Ulrich

BfN
Bundesamt
für Naturschutz

Adressen der Autoren:

Regina Becker, Andreas Ulrich Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF),
Institut für Primärproduktion und Mikrobielle Ökologie
Steffen Malt, Ralph Platen Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie
Eberswalder Straße 84, D-15374 Müncheberg

Fachbetreuung durch das BfN: Dr. Wiebke Züghart, BfN, Fachgebiet I 1.3

Gefördert durch das Land Brandenburg, vertreten durch das Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Die Beiträge der Skripten werden aufgenommen in die Literaturdatenbank ***„DNL-online“*** (www.dnl-online.de).

Die BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich.

Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
Telefon: 0228/8491-0
Fax: 0228/8491-200
URL: www.bfn.de

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Druck: BMU-Druckerei

Gedruckt auf 100% Altpapier

Bonn – Bad Godesberg 2005

Inhalt

		Seite
1	Einleitung und Zielstellung	1
2	Methodik	3
2.1	Untersuchungsstandorte	3
2.2	Erfassung von Bodenparametern, Witterung und Anbaumaßnahmen	3
2.3	Merkmalsanalyse der angebauten Kartoffelsorten	4
2.4	Untersuchung der bakteriellen Mikroflora	5
2.4.1	Gewinnung und Extraktion der Boden-, Rhizo- und Phyllosphärenproben	5
2.4.2	DNA-Extraktion, 16S rDNA-Amplifikation und T-RFLP	6
2.5	Erfassung der Begleitflora	7
2.6	Erhebungen zur Begleitfauna	7
2.6.1	Probenahme und Artbestimmung	7
2.6.2	Statistische Auswertung	8
3	Ergebnisse	10
3.1	Charakterisierung der Untersuchungsstandorte	10
3.1.1	Auswahl der Landwirtschaftsbetriebe	10
3.1.2	Abiotische Bodenparameter	11
3.1.3	Regionale Witterungsbedingungen	13
3.1.4	Anbaumaßnahmen und Erträge auf den Untersuchungsschlägen	15
3.2	Charakterisierung der angebauten Kartoffelsorten	17
3.2.1	Agronomische Merkmale	17
3.2.2	Ausbreitungspotenzial	19
3.3	Analyse der Zusammensetzung mikrobieller Gemeinschaften	23
3.3.1	Bakterielle Gemeinschaften des Bodens	23
3.3.2	Pflanzenassoziierte bakterielle Gemeinschaften	27
3.4	Zusammensetzung der Begleitflora	34
3.5	Begleitfauna der Kartoffelbestände	38
3.5.1	Epigäische Begleitfauna	38
3.5.1.1	Übersicht über die Arten- und Individuenzahlen	38
3.5.1.2	Spinnen und Weberknechte	38
3.5.1.3	Laufkäfer	47
3.5.2	Blütenbesucher	58
3.5.3	Phytophage Käfer	61
4	Diskussion	63
4.1	Untersuchungskonzept	63
4.2	Ausbreitungspotenzial der Kartoffel	63
4.3	Variabilität bakterieller Gemeinschaften	66
4.4	Kartoffelbegleitflora	70
4.5	Kartoffelbegleitfauna	70
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	73
	Referenzen	75

Tabellenverzeichnis

		Seite
Tab. 2.1	Übersicht über die für das Monitoringprogramm ausgewählten Standorte.	3
Tab. 3.1.2	Abiotische Bodenparameter der Untersuchungsflächen.	12
Tab. 3.1.4	Anbaumaßnahmen und Erträge auf den Kartoffelschlägen.	16
Tab. 3.2.1	Merkmalsausprägungen der untersuchten Kartoffelsorten.	18
Tab. 3.2.2/1	Blühneigung und Beerenbildung der Kartoffelsorten auf den Untersuchungsschlägen.	19
Tab. 3.2.2/2	Ausbildung von Kartoffelbeeren und -samen auf den Untersuchungsflächen.	20
Tab. 3.2.2/3	Auftreten von samenbürtigen Kartoffeldurchwuchs in der Folgefrucht.	22
Tab. 3.4/1	Zusammensetzung der Ackerbegleitflora auf den Kartoffelschlägen im Mittel der Jahre und Anbauflächen pro Standort.	34
Tab. 3.4/2	Zusammensetzung der Begleitflora an den Schlagrändern im Mittel der Jahre und Anbauflächen.	36
Tab. 3.5.1.1	Arten und Individuenzahlen der Webspinnen und Laufkäfer auf den Untersuchungsstandorten.	38
Tab. 3.5.1.2/1	Artenliste und korrigierte Fangzahlen adulter Spinnen und Weberknechte im Fangjahr 2001.	39
Tab. 3.5.1.2/2	Artenliste und korrigierte Fangzahlen adulter Spinnen und Weberknechte im Fangjahr 2002.	40
Tab. 3.5.1.2/3	Artenliste und korrigierte Fangzahlen adulter Spinnen und Weberknechte im Fangjahr 2003.	41
Tab. 3.5.1.2/4	α-Werte und Varianzen für Spinnen auf den Untersuchungsschlägen.	44
Tab. 3.5.1.3/1	Artenliste und korrigierte Fangzahlen der Laufkäfer im Fangjahr 2001.	48
Tab. 3.5.1.3/2	Artenliste und korrigierte Fangzahlen der Laufkäfer im Fangjahr 2002.	49
Tab. 3.5.1.3/3	Artenliste und korrigierte Fangzahlen der Laufkäfer im Fangjahr 2003.	50
Tab. 3.5.1.3/4	α-Werte und Varianzen für Laufkäfer auf den Untersuchungsstandorten.	54
Tab. 3.5.1.3/5	Charakteristische Laufkäferarten für die Standortgruppen des Jahres 2001.	58
Tab. 3.5.1.3/6	Charakteristische Laufkäferarten für die Standortgruppen des Jahres 2002.	58
Tab. 3.5.2/1	Artenliste der Schwebfliegen und Hummeln im Untersuchungsjahr 2001.	59
Tab. 3.5.2/2	Artenliste der Schwebfliegen und Hummeln im Untersuchungsjahr 2002.	59
Tab. 3.5.2/3	Artenliste der Schwebfliegen und Hummeln im Untersuchungsjahr 2003.	60
Tab. 3.5.3.1	Auftreten von Kartoffelkäfern an den Untersuchungsstandorten.	62

Abbildungsverzeichnis Seite

Abb. 3.1.1	Lage der Betriebe (Untersuchungsstandorte).	11
Abb. 3.1.3	Tagesmitteltemperaturen und Niederschlagssummen in Monatsdekaden (I,II,III) an den Standorten Müncheberg / Jahnsfelde, Brück und Oehna / Welsickendorf.	14
Abb. 3.2.2	Samenbürtige Kartoffelpflanze.	22
Abb. 3 3.1/1	T-RFLP-Muster der Schläge M13 (Müncheberg) und O23 (Oehna).	24
Abb. 3.3.1/2	Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens auf den Untersuchungsschlägen 2001.	25
Abb. 3.3.1/3	Interne Stabilität der T-RFLP-Muster der Untersuchungsschläge (Herbstprobenahme) in Abhängigkeit von der Bodentextur.	26
Abb. 3 3.2/1	T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre der Kartoffelsorten Adretta am Standort Müncheberg (M13) und Solara am Standort Oehna (O23).	28
Abb. 3.3.2/2	Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre auf den Untersuchungsschlägen 2001.	29
Abb. 3.3.2/3	Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre auf den Untersuchungsschlägen 2002.	30
Abb. 3.3.2/4	Interne Stabilität der T-RFLP-Muster der Bakterienflora der Rhizosphäre der Untersuchungsschläge in Abhängigkeit von der Bodentextur.	31
Abb. 3.3.2/5	T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre der Kartoffelsorten Adretta am Standort Müncheberg (M13) und Solara am Standort Oehna (O23).	32
Abb. 3.3.2/6	Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre auf den Schlägen 2002.	33
Abb. 3.4/1	Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Untersuchungsschlägen 2003.	35
Abb. 3.4/2	Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Rändern der Untersuchungsschläge 2003.	37
Abb. 3.5.1.2/1	Dominanzspektren der epigäischen Spinnenassoziationen des Fangjahres 2002.	42
Abb. 3.5.1.2/2	Dendrogramm auf der Grundlage der Individuenidentität der Spinnen für die Untersuchungsjahre 2001-2003.	44
Abb. 3.5.1.2/3	Ordinationsdiagramm als Ergebnis einer Detrended Correspondence Analysis (DCA) für die Spinnen des Untersuchungsjahres 2001.	45
Abb. 3.5.1.2/4	Medianwerte, obere und untere Quartile sowie Maxima und Minima der mittleren Körpermassen der Spinnen für die Standortgruppen der Untersuchungsjahre 2001-03.	47
Abb. 3.5.1.3/1a,b	Dominanzspektren der epigäischen Laufkäferassoziationen des Fangjahres 2002.	52/53
Abb. 3.5.1.3/2	Dendrogramm auf der Grundlage der Individuenidentität der Laufkäfer für die Untersuchungsjahre 2001-03.	55
Abb. 3.5.1.3/3	Ordinationsdiagramm als Ergebnis einer Detrended Correspondence Analysis (DCA) für die Laufkäfer des Untersuchungsjahres 2001.	56
Abb. 3.5.1.3/4	Medianwerte, obere und untere Quartile sowie Maxima und Minima der mittleren Körpermassen der Laufkäfer für die Standortgruppen der Untersuchungsjahre 2001-03.	57
Abb. 3.5.2/1	Dendrogramm auf der Grundlage der Individuenidentität der Blütenbesucher-Artenassoziationen für die Untersuchungsjahre 2001-03.	61

1 Einleitung und Zielstellung

Ziel der Untersuchungen war es, biotische Parameter der Agrarbiozönose „Kartoffelfeld“ zu charakterisieren und hinsichtlich ihrer Eignung für das Monitoring gentechnisch veränderter Kartoffeln zu bewerten. Das im Land Brandenburg von 2001 bis 2003 durchgeführte Projekt konzentrierte sich auf die Untersuchung der boden- und pflanzenassoziierten bakteriellen Mikroflora, der Begleitfauna und -flora sowie auf die Abschätzung des Ausbreitungspotenzials der Kartoffel.

Die Untersuchungen erfolgten auf landestypischen Kartoffelanbauflächen unterschiedlicher Bodenqualität (D1/2 bis D4/5) und Bewirtschaftung (Integrierter Pflanzenbau *vs*. Ökologischer Landbau). Zur Kennzeichnung der Untersuchungsbedingungen und zur Beschreibung der Variabilität der betrachteten Parameter wurden folgende Teilthemen bearbeitet.

Teilthema 1: Auswahl und Charakterisierung der Untersuchungsstandorte

Zu Beginn der Projektlaufzeit wurden 11 für das Monitoringprogramm geeignete und für Brandenburger Standortverhältnisse typische Kartoffelanbauflächen ausgewählt, die sich im Interesse variabler Untersuchungsbedingungen hinsichtlich der Bodenqualität unterscheiden. Der Anbau und die Bestandesführung sollten vorwiegend nach ortsüblichen/konventionellen Verfahren erfolgen. Die ausgewählten Untersuchungsstandorte wurden auf der Grundlage schlagspezifischer Bodenparameter (Textur, Nährstoffversorgung) und Anbaumaßnahmen sowie der regionalen Witterungsbedingungen charakterisiert. Die Standortdaten geben als allgemeiner Interpretationshintergrund Auskunft über die Versuchsbedingungen und über mögliche Einflussgrößen auf die in den Teilthemen 2 - 5 erfassten Parameter. Eine Kausalanalyse zur Bewertung der Wirkung von Einzelfaktoren auf die untersuchten ökologischen Parameter war nicht Ziel des Projektes und kann auch aufgrund der Komplexität der Untersuchungsbedingungen / Einflussgrößen nicht oder nur sehr begrenzt erfolgen.

Teilthema 2: Charakterisierung der angebauten Kartoffelsorten

Gegenstand des zweiten Teilthemas war die Beschreibung der angebauten Kartoffelsorten auf der Grundlage von Ergebnissen der amtlichen Sortenprüfung und eigenen Felderhebungen zum Ausbreitungspotenzial. Die Sortenbeschreibung konzentriert sich auf Pflanzenmerkmale, die zur äußeren Unterscheidung und für das Verhalten der Sorten im Agro-Ökosystem von Bedeutung sind und ergänzend zu den Standortdaten zur Kennzeichnung der Versuchsbedingungen und der Auffindung relevanter Untersuchungsbedingungen genutzt werden können. Ziel der Erhebungen zum Ausbreitungspotenzial war es, die Frucht- und Samenbildung sowie die mögliche Etablierung samen- und knollenbürtiger Pflanzen in der Nachfrucht zu bestimmen. Diese für die Risikobewertung transgener Kartoffeln wichtige Eigenschaft wurde zu-

mindest unter Brandenburger Standort- bzw. Praxisbedingungen nicht systematisch untersucht, so dass bislang keine gesicherten Referenzdaten zur Verfügung stehen.

Teilthema 3: Analyse der Zusammensetzung bakterieller Gemeinschaften

Die mikrobiologischen Arbeiten im Teilthema 3 widmeten sich der phylogenetischen Diversität der bakteriellen Lebensgemeinschaften in den Habitaten Boden, Rhizosphäre und Phyllosphäre. Durch ihre Stoffwechselleistungen nehmen die Mikroorganismen eine Schlüsselstellung in den Nährstoff- und Energiekreisläufen des Agro-Ökosystems ein. Darüber hinaus stellen die pflanzenassoziierten Mikroorganismen durch ihren engen Pflanzenkontakt einen wichtigen Indikator für die Auswirkungen transgener Pflanzen auf ihre Umwelt dar. Davon ausgehend war für den Anbau konventioneller Kartoffeln zu untersuchen, wie hoch die Variabilität der bakteriellen Gemeinschaften innerhalb einzelner Anbauflächen ist und inwieweit sie durch Standort- und Anbaufaktoren einschließlich der verwendeten Sorte geprägt werden. Die Untersuchungen wurden mittels T-RFLP (Terminaler Restriktionsfragment-Längen-Polymorphismus) der 16S rDNA durchgeführt. Diese Methode stellt ein kultivierungsunabhängiges Verfahren dar, mit dem es möglich ist, die Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften direkt an Proben der einzelnen Habitate zu untersuchen.

Teilthema 4: Zusammensetzung der Kartoffelbegleitflora

Die in Konkurrenz mit den Kulturpflanzen lebende Ackerbegleitflora ist insbesondere als Nahrungsquelle und Rückzugsareal von Insekten eine ökologisch wertvolle Komponente der Agrarbiozönose. Zur Beschreibung dieser Komponente war im Teilthema 4 die Erfassung des Artenbestandes der innerhalb und am Rande der Kartoffelschläge wachsenden Begleitflora anhand von Deckungsgradbestimmungen vorgesehen. Die Erhebungen wurden im Frühsommer, meist 2 bis 4 Wochen nach der Unkrautbekämpfung und zur Zeit der Spätverunkrautung während der Krautwelke durchgeführt.

Teilthema 5: Begleitfauna der Kartoffelbestände

Da beim Anbau transgener stoffwechselveränderter Kartoffelpflanzen auch potenzielle Effekte auf deren Begleitfauna zu prüfen sind, wurde im Teilthema 5 eine Status-quo-Analyse zum Artenspektrum, der Dominanz und der relativen Abundanz ausgewählter epigäischer und hypergäischer Lebensgemeinschaften in der Biozönose „Kartoffelfeld“ durchgeführt. Dabei wurden als epigäisch lebende Gruppen Laufkäfer (*Carabidae*) und Spinnen (*Araneae*) und als hypergäisch lebende Gruppen blütenbesuchende Insekten (Schwebfliegen, Hummeln) sowie phytophage Käfer (u.a. Kartoffelkäfer und sonstige Chrysomeliden) erfasst. Diese in der Freilandökologie häufig untersuchten Artengruppen stellen Indikatoren für Landnutzungsänderungen dar und repräsentieren verschiedene trophische Ebenen.

2 Methodik

2.1 Untersuchungsstandorte

In die Untersuchungen wurden jährlich 11 in der Bodenqualität und Bewirtschaftung differenzierte Kartoffelschläge einbezogen. Die Schläge gehörten zu insgesamt fünf Landwirtschaftsbetrieben in den Brandenburger Landkreisen Märkisch Oderland, Potsdam-Mittelmark und Teltow-Fläming (Tab. 2.1).

Tab. 2.1: Übersicht über die für das Monitoringprogramm ausgewählten Standorte.

Betrieb	Agrar-GbR Müncheberg	Öko-Agrar Jahnsfelder Landhof	Agrargenossenschaft Brück	Oehna Land Agrargesellschaft; Agrargenossenschaft Welsickendorf (nur 2001)
Landkreis	Märkisch-Oderland	Märkisch-Oderland	Potsdam-Mittelmark	Teltow-Fläming
Produktionsverfahren	Integrierter Pflanzenbau	Ökologischer Landbau	Integrierter Pflanzenbau	Integrierter Pflanzenbau, Beregnung
untersuchte Schläge/a	2*	2*	2 -3	4 -5
NSTE	D1, D2	D2, D3	D3, D4	D1 – D5
Ackerzahl	22-26	30 - 34	28 - 40	23 - 48
vorherrschende Bodenart	reiner bis schluffiger Sand	sandiger Schluff / lehmiger Sand	schluffiger bis toniger Sand	lehmiger Sand, sandiger Schluff
Bezeichnung der Schläge in den Untersuchungsjahren				
2001	M1,M2	J3, J4	B5, B6	O7, O8, O9, W10, W11
2002	M13, M14	J15, J16	B17,B18,B19	O20, O21, O22, O23
2003	M24, M25	J26 ,J27	B28, B29, B30	O31, O32, O33, O34

NSTE = natürliche Standorteinheit; Die mit * gekennzeichneten Schläge bezeichnen Teilflächen eines Schlages, auf dem verschiedene Sorten angebaut und untersucht wurden.

2.2 Erfassung von Bodenparametern, Witterung und Anbaumaßnahmen

Bodenprobenahme. Die Probenahmen erfolgten ca. 14 Tage vor der Kartoffelpflanzung auf jedem Schlag in 0 bis 30 cm Tiefe mittels Rillenbohrstock nach den Richtlinien der Dauerbodenbeobachtung in Brandenburg (Grimm et al., 1996) in 4 annähernd gleich großen Schlagteilstücken, in denen jeweils 20 bis 30 zufällig verteilte Einzelproben gezogen wurden. Aus den Einzelproben jedes Quadranten wurde eine Mischprobe erstellt. Grundlage der Untersuchung der bodenchemischen Parameter waren somit 4 Mischproben pro Schlag. Die Textur[1] wurde aus einer Gesamtprobe des Schlages ermittelt. Die Analyse der boden- und pflanzenassoziierten Mikroflora erfolgte im Frühjahr 2001 aus den oben beschriebenen Mischproben. Um eine genaue Ortszuordnung der Proben zu gewährleisten, erfolgte ab Sommer 2001 eine separate Probenahme für die Analyse der Mikroflora, die über GPS eingemessen wurde und so zu allen drei Terminen (Frühjahr, Kartoffelblüte, Herbst) am gleichen Ort durchgeführt

[1] Die Textur bezeichnet die prozentuale Zusammensetzung des Bodens aus den Korngrößenfraktionen Ton (< 2 µm), Schluff (Feinschluff: 2 - 3,6 µm; Mittelschluff: 3,6 - 20 µm; Grobschluff: 20 - 63 µm) und Sand (Feinsand: 63 - 200 µm; Mittelsand: 200 - 630 µm; Grobsand: 630 - 2000 µm).

werden konnte. Hierzu wurden vier GPS-geortete Teilflächen (1,5 m^2) pro Schlag verwendet, die in Form eines Transektes angeordnet waren. Die Punkte waren ca. 25-30 m voneinander entfernt, bei einer Länge des Transektes von ca. 80 m. Aus den Teilflächen wurde mittels Rillenbohrstock eine Mischprobe, bestehend aus ca. 10 Einstichen gezogen und gekühlt ins Labor transportiert.

Abiotische Bodenparameter. Zur Beschreibung der Untersuchungsflächen als Kulturpflanzenstandort und Habitat der analysierten Organismengruppen wurden auf den Schlägen (Gesamtschlag und Teilflächen) die Bodentextur und die wichtigsten Kenngrößen der Humus- und Nährstoffversorgung (C_{org}, N_t, C:N, pH, P, K, Mg) im Zentrallabor des ZALF nach den DIN-Vorschriften für bodenchemische Analysen untersucht.

Witterung. Der Witterungsverlauf wurde auf der Grundlage der Tagesmitteltemperatur und Niederschlagsmengen (Dekadenwerte) im Zeitraum April bis Oktober beschrieben. Für die Standorte Müncheberg, Jahnsfelde und Brück, die über keine Wetterstation verfügen, wurden die Wetterwerte des nahegelegenen ZALF Müncheberg bzw. der Versuchsstation Dahnsdorf der BBA (ca. 10 km von Brück entfernt) genutzt. Die Daten der Standorte Oehna und Welsickendorf wurden in der Wetterstation der Oehna Land Agrargesellschaft erfasst.

Anbaumaßnahmen. Die Daten zu den agrotechnischen Maßnahmen wurden von den Betrieben zur Verfügung gestellt. Der Vergleich der Anbauformen und -intensitäten erfolgte anhand der Vorfrucht, der Grundbodenbearbeitung, der Höhe der Stickstoffdüngung, des Pflanzenschutzmitteleinsatzes und der Zusatzberegnung.

2.3 Merkmalsanalyse der angebauten Kartoffelsorten

Sortenmerkmale. Die Merkmale der angebauten Kartoffelsorten wurden der „Beschreibenden Sortenliste“ des Bundessortenamtes entnommen. Der Sortenbeschreibung liegen die Ausprägungsstufen der Merkmale, die in der amtlichen Wertprüfung ermittelt werden, zugrunde.

Vermehrungspotenzial. Das Vermehrungspotenzial der Kartoffelsorten wurde anhand der Samenbildung pro Flächeneinheit bzw. Pflanze, der Samenkeimfähigkeit sowie des Kartoffeldurchwuchses in der Folgefrucht bewertet. Die quantitativen Erhebungen zur Samenbildung basierten auf vier 10 m^2 -Parzellen pro Schlag, auf denen zur Zeit der Beerenreife die Pflanzen- und Beerenzahl erfasst wurde. Anschließend wurde die Samenzahl/Beere aus einer Mischprobe von 15 Einzelbeeren bestimmt und zur Ermittlung der Samenzahl/ Flächeneinheit herangezogen. Das Auftreten von Kartoffeldurchwuchs wurde Anfang Juli durch Transektbonituren in den Folgekulturen eingeschätzt.

Keimfähigkeit. Die Keimprüfungen, die für die Sorten des ersten und zweiten Untersuchungsjahres durchgeführt wurden, basierten auf 4 x 25 auf Wasseragar ausgelegten Samen

pro Sorte. Die Bonitur erfolgte eine Woche nach Auslegen der Samen.

2.4 Untersuchung der bakteriellen Mikroflora

2.4.1 Gewinnung und Extraktion der Boden-, Rhizo- und Phyllosphärenproben

Bodenproben. Die Bodenproben zur Analyse der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens wurden innerhalb einer Woche (05. bis 11. 04.) ca. 14 Tage vor der Kartoffelpflanzung (Vegetationsbeginn) sowie im Herbst nach Abschluss bzw. während der Kartoffelernte (05. bis 12.10.) gezogen. Im Labor wurden die Proben gesiebt (< 2 mm), unmittelbar nach dem Sieben abgewogen (250 mg pro Tube) und bei -70°C eingefroren.

Rhizo- und Phyllosphärenproben. Die Feinwurzel- und Blattproben zur Untersuchung der pflanzenassoziierten bakteriellen Gemeinschaften wurden während der Blühphase der Kartoffelbestände (25.06. bis 03.07.) entnommen. Die Untersuchungen basierten auf drei in den genannten Teilflächen nacheinander stehenden Stauden pro Variante und Wiederholung, von denen ca. 15g Wurzelfrischmasse (Feinwurzeln) mit anhaftendem Boden und insgesamt 9 bis 12 Laubblätter aus dem mittleren Staudenbereich entnommen wurden. Die Wurzeln wurden dabei seitlich so ausgegraben, dass die Pflanze möglichst ungestört weiterwachsen konnte. Unmittelbar im Anschluss wurden die Proben gekühlt verpackt ins Labor transportiert und aufgearbeitet. Bei der Aufarbeitung des Rhizosphärenmaterials wurde zunächst jede Mischprobe in 3 Einzelproben à 3g aufgeteilt. Anschließend wurden die Einzelproben mit 5g Steinen, 30 ml sterilem Phosphatpuffer (pH 7) und 0,4g Chelex versetzt, 60 min geschüttelt und unter Zugabe von 15 ml NDP (0,02 % Natriumdesoxychelat + 0,5 % PEG 6000) nochmals 15 min geschüttelt (modifiziert nach Herron & Wellington, 1990).

Die Aufarbeitung des Phyllosphärenmaterials erfolgte durch das Abtrennen unbeschädigter Fiederblätter, die unter semisterilen Bedingungen in Streifen (0,5 cm) geschnitten, gut vermischt und in sterile Plastikbeutel (12 g) eingewogen wurden. Nach Zugabe von 40 ml sterilem Phosphatpuffer wurden die Proben 2 x 60 s bei hoher Geschwindigkeit im Stomacher homogenisiert (modifiziert nach Heuer & Smalla, 1999).

Anschließend wurde die Mikroorganismenfraktion beider Habitate in folgenden Schritten gewonnen: (1) Zentrifugieren bei 500 x g (2 min) zum Entfernen der groben Pflanzenrückstände; (2) Zentrifugieren des Überstandes bei 5000 x g (20 min) zur Abtrennung der Mikroorganismen (im Pellet); (3) Waschen des Pellets in 0,25x Ringerlösung; (3) Zentrifugieren der Lösung bei 5000 x g (20 min, 4 °C) und Aufnahme des Pellets in 100 µl steriler Ringerlösung. Die zuletzt gewonnene Fraktion wurde als Ausgangsmaterial für die Gesamt-DNA-Isolierung genutzt und bis zur weiteren Bearbeitung bei -70 °C gelagert.

2.4.2 DNA-Extraktion, 16S rDNA-Amplifikation und T-RFLP

DNA-Direktextraktion. Zur DNA-Extraktion aus den Rhizo- bzw. Phyllosphärenproben wurden direkt die oben beschriebenen Proben eingesetzt. Für die Boden-DNA-Extraktion wurde je 0,25 g Boden benutzt. Die Extraktion der Boden- und Rhizosphären-DNA erfolgte mit dem Fast DNA Spin Kit for Soil (Q BIOgene) gemäß Herstellerangaben, wobei zusätzlich ein Waschschritt mit 5M Guanidinthiocyanat durchgeführt wurde. Für die Extraktion der Phyllosphären-DNA wurde der Fast DNA-Kit verwendet. Zur Konzentrationsbestimmung wurden jeweils 5 µl der eluierten DNA auf ein 1%-iges Agarose-Gel aufgetragen.

16S rDNA-Amplifikation und T-RFLP. Für die PCR wurden ca. 20 ng DNA eingesetzt. Durch diesen Überschuss sollte ein möglicher Einfluss der Template-Konzentration auf eine Variation von Vorhandensein und Menge einzelner Amplifikate minimiert werden (Chandler et al., 1997). Die PCR-Reaktion erfolgte in 50 µl-Ansätzen mit 1x Standard-PCR-Puffer (PE-Biosystems), 1,75 mM $MgCl_2$, 200 µM dNTP's, 2,5 U Taq-Polymerase (PE-Biosystems) und je 10 pmol 8f und 926r Primer (Liu et al., 1997) bei den Boden- und Rhizosphärenproben bzw. je 10 pmol 799f und 1525r Primer (Chelius & Triplett, 2001) bei den Phyllosphärenproben. Die forward Primer (8f, 799f) wurden mit dem Fluoreszenzfarbstoff 6-FAM (Fluoreszenzmaximum 535 nm) markiert. Die PCR wurde im Thermocycler TC2400 (PE-Biosystems) nach folgendem Protokoll durchgeführt: (1) Boden- und Rhizosphärenproben: Anfangsdenaturierung: 3 min bei 95°C; 25 Zyklen mit 30 s bei 94°C, 40 s bei 50°C, 1,5 min bei 72°C. (2) Phyllosphärenproben: Anfangsdenaturierung: 3 min bei 95°C; 30 Zyklen mit 20 s bei 94°C, 40 s bei 53°C, 40 s bei 72°C. Abschließend wurden die Proben erneut für 8 min bei 72°C inkubiert und hiernach auf 4°C gekühlt. Zur Bestimmung von Menge und Qualität der PCR-Produkte wurden 5 µl des Ansatzes in einem 1,5%igen Agarosegel aufgetrennt. Die zuvor mittels PCR-Purifikationskit (Quiaquick) gereinigten PCR-Produkte wurden mit dem Restriktionsenzym *Hha*I 4 Stunden verdaut, mit Isopropanol umgefällt, 2x in 70%igem Isopropanol gewaschen, in 20 µl H_2O aufgenommen und zusammen mit dem DNA-Längenstandard Genescan-1000 ROX (PE Biosystems) über die Kapillarelektrophorese (ABI Prism 310 Genetic Analyszer, PE Biosystems) aufgetrennt. Die Laufbedingungen wurden in Vorversuchen auf die T-RFLP-Fragmentanalyse angepasst und wie folgt durchgeführt: Kapillarlänge 36 cm, POP6-Polymer, 60°C, 15 kV.

Mittels der GeneScan-Software (Version 3.1) wurde zunächst ein Abgleich der Basislinie und eine MultiComponent-Analyse (Berechnung der relativen Fluoreszenz der jeweiligen Farbstoffmarkierungen) durchgeführt. Hiernach wurden die ABI-Files in die Software GelCompar II vers. 2.5 (Applied Maths) importiert und nach Zuweisung der jeweiligen internen Standards

einer Clusteranalyse unterzogen. Die Distanzmatrix wurde mittels Pearson-Koeffizient gebildet. Die Clusterung erfolgte nach dem WARD-Algorithmus. Für die Berechnung der Stabilität wurde die Jackknife-Methode (Avarage Similarities) mittels GelCompar verwendet. Ihr Prinzip beruht auf der Testung einzelner Muster gegenüber allen übrigen Varianten auf der Basis mittlerer Ähnlichkeiten.

2.5 Erfassung der Begleitflora

Zur Charakterisierung der Kartoffelbegleitflora wurden zu Blühbeginn und zur Seneszenz der Kartoffelbestände die innerhalb und am Rande des Schlages vorkommenden Begleitkräuter bzw. -gräser im Rahmen von Deckungsgradbestimmungen erfasst. Der Deckungsgrad ist die Projektion der Pflanzen auf den Boden. Er gibt an, wie viel Prozent der Parzellenfläche von den einzelnen Arten bzw. von Pflanzen insgesamt bedeckt sind. Die Bestimmung erfolgte durch Schätzung mittels Zählrahmen (0,5 m^2) auf 4 randomisiert im Schlag bzw. am Schlagrand verteilten Teilflächen. Pro Teilfläche wurden 4 Einzelbestimmungen durchgeführt, so dass pro Schlag je 16 Einzelwerte für den Kartoffelbestand und den Schlagrand in die Auswertung eingingen. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels Ähnlichkeitsanalysen unter Nutzung einer Clusteranalyse (euklidische Distanzen, WARD-Algorithmus).

2.6 Erhebungen zur Begleitfauna

2.6.1 Probenahme und Artbestimmung

Spinnen und Laufkäfer. Die epigäisch aktiven Spinnen und Laufkäfer wurden mit Hilfe von Bodenfallen nach Barber (1931) erfasst. Dabei wurden an den Standorten je fünf Glasgefäße (Durchmesser 6,0 cm), mit der Bodenoberfläche abschließend, in einem Abstand von ca. 10 m in Form eines Transektes in die Dammkrone eingegraben. Als Fang- und Konservierungsflüssigkeit wurde eine 1 bis 4%-ige Formollösung verwendet, der zur Absenkung der Oberflächenspannung einige Tropfen eines handelsüblichen Spülmittels beigegeben wurde. Die Leerungen der Gefäße erfolgten nach 14-tägiger Fangdauer an jeweils sieben Terminen: *2001 und 2002*: 22.05., 05.06., 19.06., 03.07., 17.07., 31.07. und 14.08.; *2003*: 15.06., 30.06., 15.07., 29.07., 12.08., 28.08. und 06.09. Für die Identifizierung der Tiere bis auf Artebene wurden folgenden Bestimmungswerke genutzt: *Spinnen*: Heimer & Nentwig (1991), Locket & Millidge (1951/53), Locket et al. (1974), Roberts (1985, 1987) und Wiehle (1956, 1960). *Weberknechte*: Martens (1978). *Laufkäfer*: Freude (1976), Lohse & Lucht (1989), Lucht & Klausnitzer (1998).

Angaben zur Ökologie der Arten wurden den Checklisten des Landes Brandenburg entnommen. *Spinnen und Weberknechte:* Platen et al. (1999); *Laufkäfer:* Scheffler et al. (1999).

Hummeln (Apidae) und Schwebfliegen (Syrphidae). Die blütenbesuchenden Hummeln und Schwebfliegen wurden in der Hauptblütezeit der Kartoffelbestände (Juli), mittels standardisierter Kescherfangmethoden (Barthel, 1997) entlang eines 50 m Transektes in einem Zeitraum von 50 min zu je einem Vormittags- und einem Nachmittagstermin erfasst. Die Hummeln wurden nach Hagen & Aichhorn (2003), die Schwebfliegen nach Bastian (1986) und Kormann (2002) bestimmt.

Phytophage Käfer. Der Bestand an phytophagen Käfern wurde Mitte Juli im Rahmen von Transektbegehungen erfasst.

2.6.2 Statistische Auswertung

Aktivitätsdominanz. Der prozentuale Anteil der Individuen einer Art am Gesamtindividuenbestand eines Standortes wird bei nicht flächenbezogenen Fangmethoden (wie bei den verwendeten Bodenfallen) als Aktivitätsdominanz, in Folge kurz als Dominanz bezeichnet (Heydemann, 1957). Die Aktivitätsdichte von Laufkäfern, Spinnen und Weberknechten wurde je Standort mittels 5 Bodenfallen ermittelt. Für den Fall, dass einzelne Bodenfallen durch äußere Einflüsse, wie z.B. Schädigung durch Wild oder Wasserüberstau, nicht oder nur ungenügend fängig waren, wurde dieser Ausfall über die Fangzahlen der jeweils normal fängigen Bodenfallen korrigiert. Somit treten auch (theoretische) Dezimalwerte der Abundanzen der einzelnen Arten auf. Für die Auswertung fanden die Dominanzklassen von Engelmann (1978) Verwendung. Bei Standorten, die im „ökologischen Gleichgewicht“ sind, sollten sich 1/3 der Arten (Hauptarten) mit 85 % der Individuen in den drei oberen Dominanzkategorien (eudominant bis subdominant) befinden. „Gestörte“ Standorte, z.B. Äcker, zeigen dagegen abweichende Werte, welche eine Verschiebung der Dominanzwerte zu den oberen Kategorien aufweisen. Nach Engelmann (1978) sind die Dominanzkategorien wie folgt definiert: Eudominant - 32,00 bis 100,00 %; Dominant -10,00 bis 31,99 %; Subdominant - 3,20 bis 9,99 %; Rezedent - 1,00 bis 3,19 %; Subrezedent - 0,32 bis 0,99 %; Sporadisch < 0,32 %.

Diversität. Das verwendete Diversitätsmaß α (log series) gehört zu der Gruppe von Maßen, die die Diversität innerhalb eines Habitats beschreiben (within-habitat diversity) (Magurran, 1988). Es besitzt die größte Trennschärfe zwischen unterschiedlichen Standorten. Die Berechnung des Wertes beruht auf einer Gauß-Verteilung. Somit ergibt die homogene Verteilung von Individuen und Arten an einem Standort die höchsten α-Werte. α wird nach folgender Gleichung berechnet: $\alpha = N (1-x)/x$. Der Wert x wird durch die Beziehung $S/N = 1-x/x [-\ln(1-x)]$ berechnet, wobei S = die Summe der Arten und N = die Summe der Individuen pro Standort bedeuten. x nimmt Werte zwischen 0,9 und 1,0 an. Der Vertrauensbereich wird mit der Gleichung $Var (\alpha) = \alpha/-\ln(1-x)$ berechnet.

Clusteranalysen. Die faunistische Ähnlichkeit zwischen den Standorten wurde mit Hilfe von Clusteranalysen berechnet (Backhaus et al., 1996). Für die Ähnlichkeitsindices wurden quadratische Euklidische Distanzen verwendet, die Clusterung erfolgte nach Ward (1963).

Detrended Correspondence Analysis (DCA). Bei einer Ordination werden Daten (z.B. Arten und Standorte) entlang von Gradienten dargestellt. Als geeignete Methode erschien die „Detrended Correspondence Analysis“ (DCA) angebracht (Braak & Smilauer, 1998). Diese Methode beruht auf der Annahme, dass sich Arten entlang von Gradienten unimodal, d.h. mit einem Maximum in einem bestimmten Bereich verteilen, was aus laboranalytischen Versuchen zumindest für die überwiegende Anzahl der getesteten Laufkäferarten zutrifft (Thiele, 1977). Das „Detrenden“ ist eine Methode, um einen auftretenden Projektionsfehler, den Hufeisen- oder „arch-effekt“ zu korrigieren. Dieser entsteht bei der Projektion von n-dimensionalen Räumen, deren n von der Anzahl der Arten und Standorte im jeweiligen Datenset abhängt, auf den 2-dimensionalen Raum des Ordinationsdiagrammes. Die Daten wurden vor der Analyse ln-transformiert, um zu verhindern, dass die häufigsten Arten das Analyseergebnis dominieren. Die Einheit der Skalierung ist die quadratische Standardabweichung vom Mittelwert, dem „Fadenkreuz“, dessen Kreuzungsmittelpunkt den Gesamtmittelwert aller Daten repräsentiert. Standorte, die in dessen Nähe dargestellt sind, besitzen eine sehr ähnliche Artenausstattung mit ähnlichen Individuenzahlen. Je weiter Standorte voneinander entfernt gedruckt sind, desto unähnlicher sind sie in ihren Arten- und deren Individuenzahlen. Bei einem heterogenen Set von Standorten können mit Hilfe der an den Standorten vorhandenen abiotischen und biotischen Faktoren aus der räumlichen Anordnung auf dem Ordinationsdiagramm Hinweise auf Abhängigkeiten gewonnen werden.

Biometrische Parameter. Die biometrischen Parameter Körperlängen und -massen geben Informationen über die Nahrungsketten (über das Nahrungsangebot). Die Intensität der Nutzung ist oft mit einer „Miniaturisierung“ der Laufkäfergemeinschaften korreliert. Zur Darstellung der Ergebnisse wurden die Standorte entsprechend der vorhandenen Bodentypen klassifiziert: Sand (S), sandiger Schluff (Ss), schluffiger Sand (sS), lehmiger Sand (lS) und toniger Sand (tS). Zur Darstellung der Körperlängenverteilung auf die standardisierten Standortgruppen wurden die mittleren Körperlängen aus den Checklisten der Spinnen (Platen et al., 1991) und Laufkäfer (Barndt et al., 1991) entnommen und den dort definierten Größenklassen zugeordnet. Die Körperlängen von Männchen und Weibchen bei den Spinnen wurden jeweils gemittelt. Für die Größenklassen (GK) der Spinnen und Laufkäfer gilt der Schlüssel: *Spinnen* – GK I: <2 mm, GK II: 2 bis 4,9 mm, GK III: 5 bis 9,9 mm, GK IV: 10 bis 15 mm, GK V: >15 mm; *Laufkäfer* - GK I: <5 mm, GK II: 5 bis 8,9 mm, GK III: 9 bis 12,9 mm, GK IV: 13 bis 18

mm, GK V: >18 mm.

Als weiterer Parameter wurde die mittlere Körpermasse der Arten auf der Basis der mittleren individuellen Körperlänge berechnet. Die Werte für die Körperlängen für Spinnen wurden Heimer & Nentwig (1991), Roberts (1985, 1987), Locket & Millidge (1951/53), Locket et al. (1974) and Wiehle (1956, 1960) entnommen, die für die Laufkäfer aus Freude (1976). Die individuellen Körpermassen der Spinnen und Laufkäfer wurden mit Hilfe der Formeln von Henschel et al. (1996) bzw. Jarosik (1989) berechnet. Zur Ermittlung von statistisch signifikanten Unterschieden zwischen den auf die Bodentypen standardisierten Standorte wurde eine parameterfreies Prüfverfahren (Kruskal-Wallis oder H-Test) durchgeführt.

Weiterhin erfolgte die Bestimmung charakteristischer Arten. Als charakteristisch für eine Standortgruppe sind die Arten definiert, welche eine Nischenbreite von £ 0,3 und eine Aktivitätsdominanz von > 0.32 besitzen. Die Berechnung erfolgte nach Mühlenberg (1993).

3 Ergebnisse

3.1 Charakterisierung der Untersuchungsstandorte

3.1.1 Auswahl der Landwirtschaftsbetriebe

Im Ergebnis der Konsultationen mit Brandenburger Landwirten und von Standortbegehungen im Herbst 2000 wurden für das Monitoringprogramm fünf Landwirtschaftsbetriebe in den Landkreisen Märkisch-Oderland, Potsdam-Mittelmark und Teltow-Fläming ausgewählt. Bei der Festlegung der Untersuchungsgebiete wurde versucht, die gegenwärtigen Entwicklungstendenzen im Kartoffelanbau Brandenburgs zu berücksichtigen. So handelt es sich bei der Agrar-GbR Müncheberg (Landkreis Märkisch-Oderland) und der Agrargenossenschaft Brück (Landkreis Potsdam-Mittelmark) um konventionell wirtschaftende Unternehmen, bei denen der Kartoffelanbau zwar noch fester Bestandteil der Pflanzenproduktion ist, jedoch aufgrund der hohen Betriebskosten rückläufige Tendenzen aufweist. Einen deutlich höheren Umfang nimmt die Kartoffelproduktion in der Agrargenossenschaft Welsickendorf und der Oehna Land Agrargesellschaft (Landkreis Teltow-Fläming) ein. Beide Betriebe widerspiegeln den Trend, dass sich insbesondere der Speisekartoffelanbau in Brandenburg zunehmend zu einem Spezialzweig entwickelt, der relativ hohe Investitionen in die Anbau-, Rode- und Vermarktungstechnik erfordert. Als wichtige Voraussetzung zur Erzielung stabiler Erträge und Qualitäten hat sich hierbei vor allem der Einsatz von Beregnungsanlagen erwiesen. Sowohl die Welsickendorfer als auch die Oehnaer Betriebsflächen sind an ein weiträumiges computergestütztes Beregnungssystem angeschlossen, das eine bedarfsgerechte Wasserversorgung der Pflanzenbestände während der gesamten Vegetationsperiode ermöglicht. Ähnlich wie die

erstgenannten Betriebe wirtschaften Oehna und Welsickendorf nach den Regeln des Integrierten Pflanzenbaus, wonach der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nach dem Schadschwellenprinzip erfolgt. Um auch Aussagen über Flächen mit ökologischem Anbausystem zu gewinnen, wurde der in der Nähe Müncheberg gelegene Jahnsfelder Landhof als fünfter Standort einbezogen. Dieser unter sehr ähnlichen natürlichen Standortbedingungen wie die Agrar-GbR Müncheberg produzierende Betrieb gehört dem Bioland-Verband an und weist bei einem breiten Produktionsprofil eine relativ stabile Speisekartoffelproduktion auf.

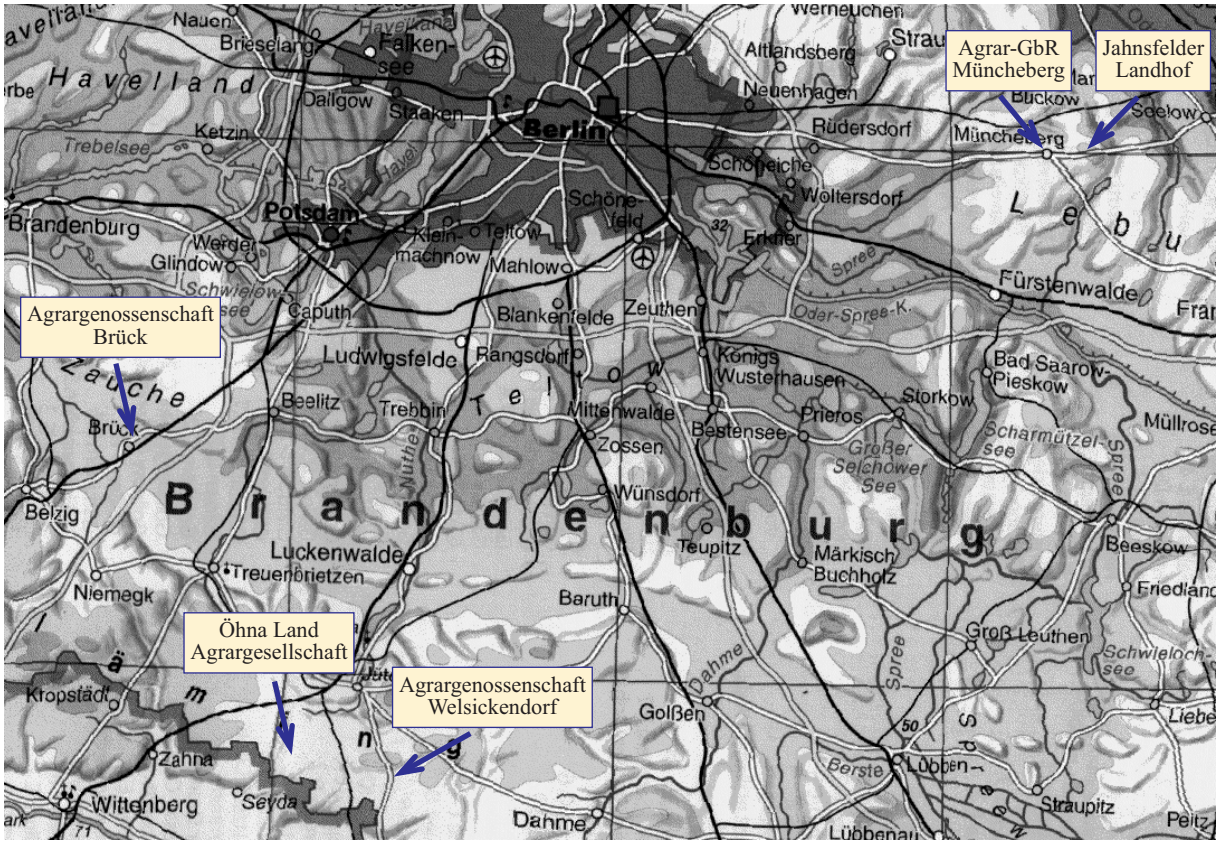


Abb. 3.1.1: Lage der Betriebe (Untersuchungsstandorte).

3.1.2 Abiotische Bodenparameter

Im Untersuchungszeitraum 2001 bis 2003 wurden insgesamt 33 Kartoffelschläge auf den natürlichen Standorteinheiten D1 bis D4/5 untersucht. Die abiotischen Bodenparameter des Gesamtschlages und der für die Analyse der Mikroflora genutzten Teilflächen sind in Tab. 3.1.2 zusammengefasst. Die parallel durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die zufällig ausgewählten Teilflächen den Gesamtschlag überwiegend gut abbilden und damit zum Vergleich der Einzelschläge herangezogen werden können.

Die Untersuchungsflächen repräsentieren insgesamt typische diluviale Ackerbaustandorte des nordostdeutschen Tieflandes, die mit Ackerzahlen von durchschnittlich 20 - 25 Bodenpunkte

Tab. 3.1.2: Abiotische Bodenparameter der Untersuchungsflächen.

Standort / Schlag	Gesamtschlag								Teilflächen für mikrobiologische Untersuchungen				
	NSTE	AZ	Bodenart nach KA 4	pH	C_{org} (%)	P[a]	K[a]	Mg[a]	Bodenart nach KA 4	pH	C_{org} (%)	N_t (%)	C:N
2001													
Müncheberg - M1/2	D2	26	stark schluffiger Sand	5,6	0,74	D	D	C	2001 nur Beprobung des Gesamtschlages				
Jahnsfelde - J3/4	D2/3	34	sandiger Schluff	5,2	0,82	C	C	B					
Brück - B5	D2/3	38	stark schluffiger Sand	5,5	0,78	C	D	C					
Brück - B6	D2/3	40	mittel schluffiger Sand	5,9	1,29	C	D	C					
Oehna - O7	D1	22	sandiger Schluff	6,6	0,82	C	D	B					
Oehna - O8	D4	41	schwach lehmiger Sand	6,2	1,12	D	D	C					
Oehna - O9	D5	46	schwach lehmiger Sand	5,4	1,83	B	C	D					
Welsickendorf - W10	D2	25	schwach lehmiger Sand	5,4	1,10	C	C	C					
Welsickendorf - W11	D5	47	mittel lehmiger Sand	5,7	3,16*	C	E	E					
2002													
Müncheberg - M13/14	D1	20	reiner Sand	6,0	0,99	D	D	D	reiner Sand	4,6/5,2*	0,70/0,70	0,07/0,07	10,4/9,8*
Jahnsfelde -J15/16	D2	30	schwach lehmiger Sand	6,1	0,57	C	D	B	schwach lehmiger Sand	5,7*/5,7*	0,60/0,52	0,07/0,06	9,1*/9,1*
Brück - B17	D4	40	*schwach toniger Sand*	6,3	3,32*	C	C	E	*stark sandiger Lehm*	5,7*	4,71*	0,46*	10,3
Brück - B18	D3	28	schwach toniger Sand	5,2	1,15	D	D	C	schwach toniger Sand	5,7*	1,63*	0,19*	8,4*
Brück - B19	D3	35	schwach toniger Sand	6,8	3,12*	C	D	E	schwach toniger Sand	6,3*	3,19*	0,30*	10,4
Oehna - O20	D2	23	schwach schluffiger Sand	6,1	0,75	D	E	B	schwach schluffiger Sand	5,5*	0,62	0,06	10,1*
Oehna - O21	D4/5	48	sandiger Schluff	6,3	0,81	C	D	B	sandiger Schluff	6,0*	0,77	0,08	9,3*
Oehna - O22	D4/5	47	sandiger Schluff	6,1	0,80	C	C	B	sandiger Schluff	6,3*	0,79	0,08	9,8*
Oehna - O23	D4/5	48	sandiger Schluff	6,3	0,84	E	D	C	sandiger Schluff	6,0*	0,73	0,08	8,7*
2003													
Müncheberg - M24/25	D1	21	schwach schluffiger Sand	5.7	0,66	D	C	C	schwach schluffiger Sand	5,2/5,1	0,66/0,75	0,06/0,06	11,1/11,5
Jahnsfelde - J26/27	D2/3	32	schwach schluffiger Sand	5.4	0,70	C	D	B	schwach schluffiger Sand	5,6/5,0	0,73/0,61	0,07/0,05	10,9/11,2
Brück - B28	D2	25	schwach toniger Sand	5.8	2,00*	C	E	D	schwach toniger Sand	5,7*	1,73*	0,17*	10,3*
Brück - B29	D3	35	schwach toniger Sand	5.9	3,35*	C	E	E	schwach toniger Sand	5,7*	3,66*	0,33*	11,2
Brück - B30	D3	38	schwach toniger Sand	6.2*	2,70*	C	E	E	schwach toniger Sand	6,0*	1,97*	0,20*	10,1*
Oehna - O31	D2	21	schwach schluffiger Sand	6.0	0,79	E	E	E	schwach schluffiger Sand	5,8*	0,81	0,07	11,0
Oehna - O32	D5	49	sandiger Schluff	5.7	0,90	C	D	B	sandiger Schluff	5,8*	0,97	0,10*	9,4*
Oehna - O33	D5	49	sandiger Schluff	6.2*	0,88	C	D	B	sandiger Schluff	5,9*	0,91	0,10*	9,5*
Oehna - O34	D4/5	47	sandiger Schluff	6.3*	0,76	D	D	B	sandiger Schluff	6,4*	0,96	0,09*	10,2*

NSTE: natürliche Standorteinheit, AZ: Ackerzahl, KA 4: Bodenkundliche Kartieranleitung (1994)

[a] Für die Makronährstoffe sind die Gehaltsklassen A-E angegeben, die die Versorgung des Bodens mit dem jeweiligen pflanzenverfügbaren Nährstoff kennzeichnen: A/B = sehr niedriger/niedriger Gehalt, C = anzustrebender Gehalt, D/E = hoher/sehr hoher Gehalt.

* signifikant gegenüber Müncheberg (LSD, $\alpha = 0{,}05$).

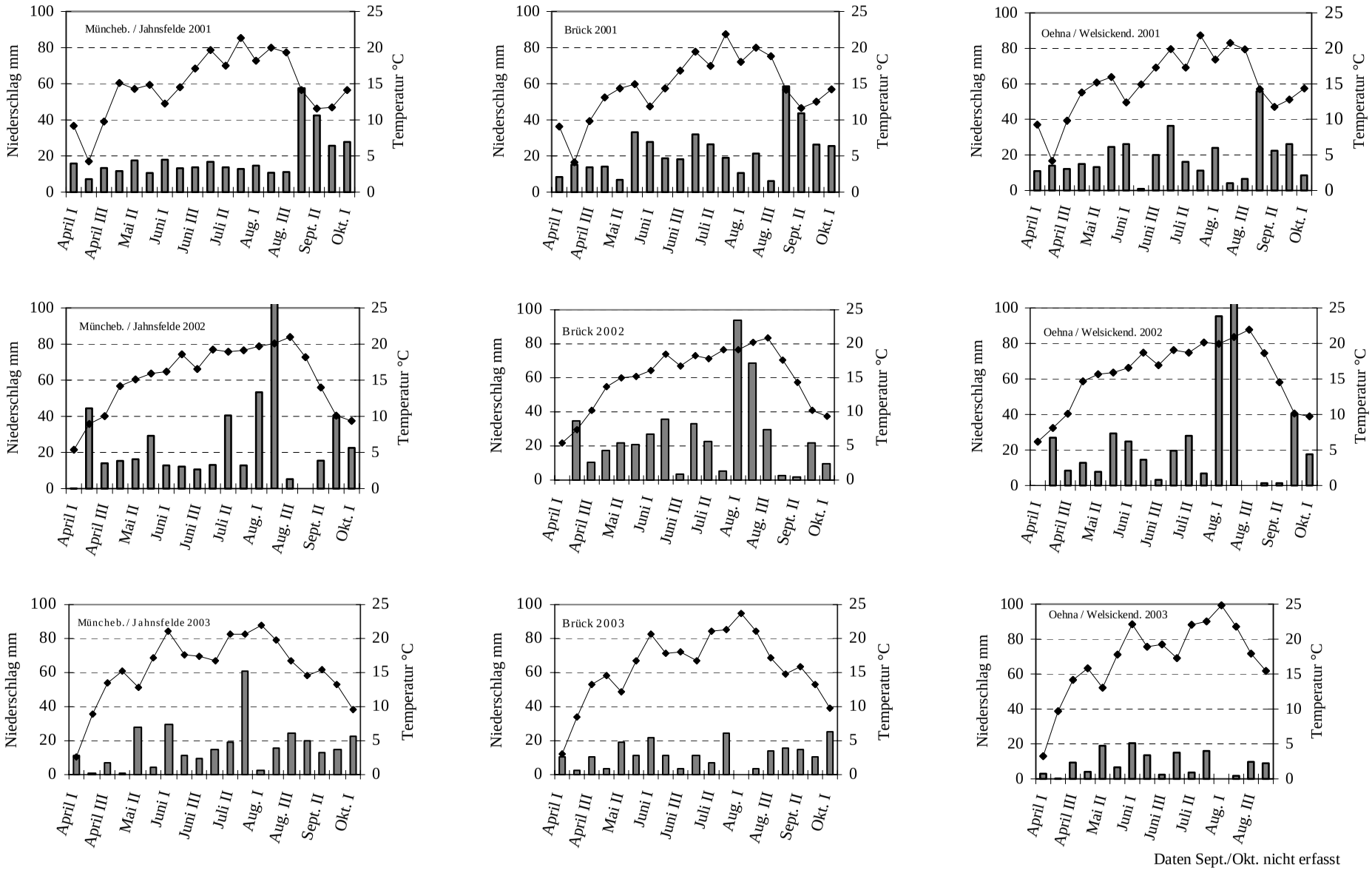
auf den D1/2-Standorten bis 48 Bodenpunkten auf den D5-Standorten eine geringe bis mittlere Bodenqualität aufweisen. Alle Schläge befanden sich in kontinuierlicher landwirtschaftlicher Nutzung und zeichneten sich überwiegend durch eine optimale bis hohe Nährstoffversorgung sowie ein für diluviale Standorte charakteristisches C:N-Verhältnis aus. Die differenzierte Bodenqualität der Schläge resultiert im wesentlichen aus der Variation der Bodentextur und der Gehalte an organischer Substanz (C_{org}). So handelt es sich bei der untersuchten Ackerkrume der D1/2-Standorte meist um reine bis schluffige Sande und zum Teil auch sandigen Schluff, während der Oberboden der D3- bis D5-Standorte infolge höherer Feinanteile (Schluff, Ton) den Bodenarten lehmiger bzw. toniger Sand und sandiger Schluff zuzuordnen ist. Der Anteil der organischen Bodensubstanz schwankte zwischen 0,6 und 4,7%, womit die Untersuchungsflächen meist als sehr schwach humos bis humos anzusprechen sind.

Bezogen auf die natürlichen Standortparameter Textur und organische Bodensubstanz lassen sich die ausgewählten Anbauflächen der unterschiedlichen Regionen wie folgt charakterisieren: (1) Bei den Schlägen der Agrar-GbR Müncheberg und des Jahnsfelder Landhofes im Landkreis Märkisch-Oderland handelt es sich um sehr schwach humose, vorwiegend schluffige Sand- bis Schluffböden geringer Ertragsfähigkeit (Ackerzahlen 20 - 34). Besonders niedrige Schluff- und Tongehalte wiesen die Sandböden in Müncheberg auf, deren Ackerzahlen lediglich bei 20 bis 26 Bodenpunkten lagen. (2) Die Untersuchungsflächen der Agrargenossenschaft Brück im Landkreis Potsdam-Mittelmark stellen demgegenüber ertragsgünstigere schluffige und tonige Sande dar, die sich zudem mit C_{org}-Gehalten von ~1 bis >4% durch eine für Mineralböden gute bis sehr gute Humusversorgung auszeichnen. (3) Die im Landkreis Teltow-Flämig gelegenen Schläge der Nachbarbetriebe Oehna Land Agrargesellschaft und Agrargenossenschaft Welsickendorf repräsentieren mit Ausnahme dreier leichterer Böden in Oehna lehmige Sande und sandige Schluffe mit Ackerzahlen von bis zu 48. Neben ihren relativ hohen Feinanteilen wiesen einige dieser Flächen auch schwach humose bis humose Böden kennzeichnende C_{org}-Gehalte von >1 bis >3% auf.

In der Gesamtbetrachtung aller Schläge und Untersuchungsjahre lagen damit für Brandenburg typische D-Standorte mit variablen Bodenbedingungen vor.

3.1.3 Regionale Witterungsbedingungen

Neben den natürlichen Bodeneigenschaften trugen die regionalen Witterungsbedingungen zur Variabilität der Untersuchungsbedingungen bei. Hervorzuheben sind die charakteristischen Temperatur- und Niederschlagsverläufe der Untersuchungsjahre (Abb. 3.1.3). Während die Sommerwitterung 2001 relativ warm und nur mäßig feucht war, fielen 2002 im August



Daten Sept./Okt. nicht erfasst

Abb. 3.1.3: Tagesmitteltemperaturen und Niederschlagssummen in Dekaden in Müncheberg/Jahnsfelde, Brück, Oehna /Welsickendorf.

überdurchschnittlich hohe Niederschläge, die zum Teil starke Bodenvernässungen sowie Ernteverzögerungen und- ausfälle zur Folge hatten. Das dritte Untersuchungsjahr war dagegen sehr trocken und heiß, wodurch einzelne Kartoffelbestände vorzeitig abreiften. Darüber hinaus variierten die Witterungsbedingungen auch innerhalb eines Jahres in Abhängigkeit von den Standorten. Bei grundsätzlich übereinstimmenden Temperaturverläufen wichen die Niederschlagsmengen an den Orten teilweise erheblich voneinander ab. Besonders auffällig war die vergleichsweise gute Niederschlagsversorgung der Standorte Müncheberg / Jahnsfelde im trocken-heißen Sommer 2003, die in Müncheberg eine optimale Entwicklung der Pflanzenbestände erlaubte, wohingegen auf den übrigen unberegneten Flächen meist andauernde Trockenheit herrschte. Somit kommt der Niederschlagsversorgung unmittelbare Bedeutung an der Ausprägung von Standorteffekten zu (vgl. Abschnitt 3.2.2).

3.1.4 Anbaumaßnahmen und Erträge auf den Untersuchungsschlägen

Auf der Basis der unterschiedlichen Produktionsprofile der Landwirtschaftsbetriebe ließ sich eine Gruppierung der Untersuchungsflächen nach den Bewirtschaftungsformen „Ökologischer Landbau“, „Integrierter Pflanzenbau auf mittlerem Intensitätsniveau“ und „Integrierter Pflanzenbau auf hohem Intensitätsniveau“ vornehmen (Tab. 3.1.4).

Die ökologisch bewirtschafteten Flächen in Jahnsfelde, auf denen keine Mineraldünger und synthetischen Pflanzenschutzmittel zum Einsatz kamen, wurden mit durchschnittlich 300 dt/ha Stalldung versorgt und von April bis Mitte Juni zum Dammaufbau und zur Unkrautbekämpfung intensiv mechanisch bearbeitet. Im zweiten Untersuchungsjahr mussten allerdings die Bestände infolge eines starken, nicht ausreichend bekämpfbaren Kartoffelkäferbefalls umgebrochen wurden. Die Kartoffelerträge lagen bei 200 dt/ha.

Kennzeichnend für alle integriert bewirtschafteten Flächen war dagegen der Verzicht auf die mechanische Unkrautbekämpfung zugunsten der Herbizidanwendung sowie der Einsatz von Mineraldüngern und synthetischen Pflanzenschutzmitteln. Dabei wurden die Schläge mit mittlerer Anbauintensität in Müncheberg und Brück sowohl mit Stalldung als auch mineralisch gedüngt, jeweils ein- bis dreimal mit Herbiziden und Insektiziden und meist an drei bis vier Terminen mit Fungiziden behandelt. Die Erträge schwankten, hauptsächlich durch die sehr unausgeglichene Wasserversorgung (vgl. 3.1.3), zwischen 145 und 360 dt/ha.

Die besten Ertragsbedingungen lagen fast ausnahmslos auf den intensiv bewirtschafteten Schlägen in Oehna und Welsickendorf vor, die sich mit Ausnahme jährlich eines Schlages (O7, O20, O31) auch durch höhere Bodenqualitäten auszeichneten. Auf diesen Flächen erfolgten bei Mineraldüngung und teilweise auch zusätzlicher Stalldüngung ein bis zwei Herbizid- und Insektizid- sowie in der Regel sechs bis zehn Fungizidbehandlungen. Zusätzlich

wurden neun der insgesamt 13 Schläge mit 53 bis 160 mm Zusatzregen versorgt. Auf dieser Grundlage konnten auf den Oehnaer und Welsickendorfer Schlägen einschließlich der in der Bodenqualität ungünstigeren Schläge O7, O20, O31 vorwiegend Erträge im Bereich 350 bis 500 dt/ha erzielt werden. Damit zeigte sich, dass die Ertragsleistung der Kartoffelbestände teilweise stärker vom Anbausystem als von den natürlichen Bodenbedingungen abhängig war. In diesem Zusammenhang sollten auch bewirtschaftungsbedingte Effekte auf ökologische Parameter zu erwarten sein.

Tab. 3.1.4: Anbaumaßnahmen und Erträge auf den Kartoffelschlägen.

Schlag	Vorfrucht / Zwischenfrucht (Z)	Bodenbe-arbeitung	Düngung / Zusatzregen (ZR)	Anzahl Behand-lungen			Ertrag
				H	F	I	(dt/ha)
Ökologischer Landbau (Jahnsfelde (J3/4, J15/16, J26/27)							
J3/4 (2001)	Roggen	FF	Stalldung	-	-	-	190/220
J15/16 (2002)	Roggen	FF	Stalldung	-	-	1**	-*
J26/27 (2003)	Lupine	FF	Stalldung	-	-	1**	160/160
Integrierter Pflanzenbau – mittlere Intensität (Müncheberg, Brück)							
M1/2 (2001)	Öllein	HF	NPK + Stalldung	1	4	1	182/157
M13/14 (2002)	Roggen	HF, Gülle	NPK + Stalldung	1	3	1	193/294
M24/25 (2003)	Erbsen	HF, Gülle	NPK + Stalldung	1	5	1	360/330
B5 (2001)	Weizen /Raps (Z)	FF	Harnstoff + Stalldung	1	3	1	-
B6 (2001)	Weizen /Raps (Z)	FF	Harnstoff + Stalldung	1	3	1	230
B 17 (2002)	Raps	FF	NPK + Stalldung	3	4	1	*
B18 (2002)	Gerste	FF	NPK	1	4	1	280
B19 (2002)	Roggen	FF	NPK + Stalldung	2	4	1	-*
B28 (2003)	Raps	FF	NPK + Stalldung	2	2	1	145
B29 (2003)	Weizen	FF	NPK + Stalldung	2	2	1	215
B30 (2003)	Gerste	HF	NPK + Stalldung	2	2	-	180
Integrierter Pflanzenbau – hohe Intensität (Oehna, Welsickendorf)							
O7 (2001)	Erbsen	Grubbern	NPK, 60 mm ZR	2	7	2	442
O8 (2001)	Weizen	HF	NPK, 60 mm ZR	1	7	1	492
O9 (2001)	Gerste	HF	PK + Gülle	1	7	1	328
W10 (2001)	Triticale	HF	NPK + Stalld., 100 mm ZR	2	6	-	375
W11(2001)	Gerste	HF	NPK + Stalldung	2	7	1	340
O20 (2002)	Erbsen	Grubbern	NPK Mg, 67 mm ZR	2	6	2	417
O21 (2002)	Gerste	HF	NPK Mg	1	7	1	426
O22 (2002)	Gerste	HF	NPK Mg, 69 mm ZR	2	10	1	390
O23 (2002)	Weizen	HF	NPK Mg, 53 mm ZR	1	7	2	491
O31 (2003)	Erbsen	Grubbern	NPK, 145 mm ZR	2	6	1	512
O32 (2003)	Weizen	HF	NPK	2	2	-	171
O33 (2003)	Gerste	HF	NPK, 120 mm ZR	2	6	1	499
O34 (2003)	Weizen	HF	NPK + Stalld., 160 mm ZR	1	9	1	317

FF: Frühjahrsfurche, HF: Herbstfurche, H: Herbizid, F: Fungizid, I: Insektizid, Behandlungen zum Teil in Tankmischungen (Wirkstoffkombinationen).

* Ertrag durch Kartoffelkäfer- bzw. Wasserschäden nicht ermittelt.

** Behandlung mit Novodor (für Ökolandbau zugelassen).

Neben den verschiedenen Bewirtschaftungsformen und -intensitäten wurden die Untersuchungsbedingungen auch durch unterschiedliche Vorfrüchte und Bodenbearbeitungsmaßnahmen geprägt. Hinsichtlich dieser Größen unterschieden sich die Bewirtschaftungssysteme

nicht grundlegend. So standen die Kartoffeln oft nach Wintergetreide, teilweise aber auch nach günstigeren Vorfrüchten wie Erbsen (O7, O20, O31, M24/25), Lupine (J26/27) oder Öllein (M1,2). Die Grundbodenbearbeitung erfolgte mit Ausnahme der pfluglos bestellten Flächen O7, O20 und O31 durch Pflügen im Herbst oder Frühjahr. Mit der Einbeziehung der letztgenannten Anbaufaktoren ergibt sich eine zusätzliche Variabilität innerhalb der agrotechnischen Maßnahmen, die die Besonderheit jedes untersuchten Einzelschlages unterstreicht.

3.2 Charakterisierung der angebauten Kartoffelsorten

3.2.1 Agronomische Merkmale

Das Projekt beinhaltete insgesamt 20 in der Bundesrepublik Deutschland bzw. der EU zugelassene Kartoffelsorten. Grundlage der Zulassung ist ein positiver Abschluss der amtlichen Sortenprüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit. Relevante Merkmale für die Kulturart Kartoffel sind hierbei u.a. die Reifegruppe, der Ertrag (Knollen-, Marktwarenertrag, Sortierung), die Qualität (Stärkegehalt, Kochtyp, Veredlungseignung), die Gruppe der Koch- und Speiseeigenschaften (u.a. Fleischfarbe, Struktur, Mehligkeit, Mängel im Geschmack), die Knollen- und Staudenmerkmale (Wuchsform, Knollenform und -farbe, Schalenfarbe, Blühneigung, Blütenfarbe) sowie die Resistenz bzw. Toleranz gegenüber biotischen und abiotischen Schadfaktoren (u.a. wichtige Virosen, Bakteriosen, Mykosen, Nematoden; Beschädigungsempfindlichkeit). In Tab. 3.2.1 sind hierzu für die im Projekt untersuchten Kartoffelsorten einige charakteristische Merkmale aufgeführt. Auffällig ist zunächst die breite Variabilität in den Reifegruppen, die von frühen Sorten (z.B. Leyla, Serafina) bis zu spät reifenden Genotypen (z.B. Kuras) reicht. Das hatte zur Folge, dass die Kartoffelbestände während der Entnahme der Wurzel- und Blattproben Ende Juni/Anfang Juli phänologisch verschieden entwickelt waren. So befanden sich die mittelfrühen Sorten in der Regel in der Vollblüte, während frühere Sorten teilweise bereits erste Seneszenzeichen und späte Sorten hingegen noch wenig Blüten zeigten. Daneben wiesen die verwendeten Sorten, sichtbar an ihrer Eingruppierung als Wirtschafts- oder Speisekartoffel unterschiedlichen Typs, klar voneinander abweichende Qualitäts- und Verwendungseigenschaften auf. Auch äußere Pflanzenmerkmale und insbesondere die Toleranzen gegenüber mehreren biotischen Schaderregern lassen eine deutliche phänotypische Variation erkennen. Besonders bei der Gegenüberstellung einzelner Sorten mit unterschiedlich langer Anbauzeit fällt auf, dass ältere Züchtungen wie Linda und Adretta heute häufig höhere Krankheitsanfälligkeiten als die „moderneren“ Sorten aufweisen. Der Vergleich weniger Merkmale deutet somit bereits vielfältige morphologisch-

Tab. 3.2.1: Merkmalsausprägungen der untersuchten Kartoffelsorten (nach BSA, 2001).

Sorte (Zulassung)	Anbau auf Schlägen (01-03)	Reife-gruppe	Verwen-dung	Stärkegehalt	Blüten-farbe	Knollen-form	Fleisch-farbe	Toleranzen gegenüber wirtschaftlich bedeutenden Schaderregern* (Virosen, Bakteriosen und Mykosen)
Linda (1974)	J4, J15, J27	mfr	S (f)	niedrig - mittel	weiß	langoval	tiefgelb	starke bis sehr starke Blattroll- und Y-Virus-Anfälligkeit, nur gering bis mittel anfällig gegenüber *Phytophthora* und Bakteriosen
Adretta (1975)	M1, M13, M24, J3, J26, B5, B19	mfr	S (m)	mittel	weiß	rund	hellgelb	relativ tolerant gegenüber Y-und Blattrollvirus, mittlere bis starke *Phytophthora*-Anfälligkeit, meist geringe Anfälligkeit gegenüber Bakteriosen
Rikea (1984)	O31	fr	S (vf)	niedrig - mittel	weiß	oval	gelb	starke Blattroll-, geringe Y-Virus-Anfälligkeit, geringe bis mittlere Anfälligkeit gegenüber Bakteriosen, mittlere *Phytophthora*-Anfälligkeit
Secura (1985)	O20	mfr	S (vf)	niedrig - mittel	hell rot-violett	oval	gelb	geringe Blattrollvirus-, hohe Y-Virus-Toleranz, mittlere Bakteriosen-Toleranz, geringe bis mittlere *Phytophthora*-Anfälligkeit
Likaria (1986)	B6	mfr	S (m)	niedrig - mittel	weiß	oval	hellgelb	geringe bis mittlere Anfälligkeit gegenüber Virosen und Bakteriosen, gute bis mittlere *Phytophthora*-Toleranz
Sommergold (1987)	O9, O22, O34	mfr	W	hoch	weiß	rundoval	hellgelb	sehr gute Virustoleranz, geringe bis mittlere Resistenz gegenüber bakteriellen Erregen und *Phytophthora*
Liu (1988)	W11	mfr	S (vf)	niedrig - mittel	weiß	rund	hellgelb	gute Virus- und Bakteriosen-Toleranz, mittlere bis starke *Phytophthora*-Anfälligkeit
Leyla (1988)	B19	sfr	S (vf)	niedrig - mittel	hell rot-violett	langoval	tiefgelb	gute bis mittlere Virustoleranz, hohe Schorfanfälligkeit, gegenüber *Phytophthora* mittel bis stark anfällig
Solara (1989)	O23, O33	mfr	S (vf)	mittel	weiß	oval	gelb	geringe bis mittlere Virusanfälligkeit, gegenüber Bakeriosen weitgehend tolerant, relativ gute *Phytophthora*-Toleranz
Tomensa (1989)	O21, O32	fr	W	hoch - sehr hoch	weiß	rundoval	gelbweiß	vorwiegend gute Toleranzen
Satina (1993)	M2	mfr	S (vf)	niedrig - mittel	weiß	rundoval	hellgelb	vorwiegend gute Toleranzen
Marabel (1993)	B29	fr	S (vf)	niedrig	weiß	oval	gelb	mittel bis starke Blattrollvirus-, sehr geringe Y-Virus-Anfälligkeit, gegenüber Bakteriosen und *Phytophthora* gering bis mittel anfällig,
Valisa (1994)	B17	fr	S (vf)	niedrig - mittel	weiß	rundoval	tiefgelb	meist gute bis sehr gute Toleranzen, jedoch mittlere *Phytophthora*-Anfälligkeit
Vineta (1994)	B18, B28	fr	S (vf)	niedrig - mittel	weiß	rundoval	hellgelb	meist sehr gute Toleranzen, jedoch mittlere *Phytophthora*-Anfälligkeit
Serafina (1996)	O7	fr	S (f)	niedrig	weiß	oval	gelb	mittlere Blattrollvirus-, geringe Y-Virus-Anfälligkeit, Toleranz gegenüber Bakteriosen und *Phytophthora* gut bis mittel
Melina (1999)	M25	mfr	S (m)	mittel	rotvio-lett	rundoval	gelb	geringe Virusanfälligkeit, geringe bis mittlere Anfälligkeit gegenüber Bakteriosen und *Phytophthora*
Princess (EU)	B30	fr	S (f)	niedrig	hell rot	oval	tiefgelb	gute *Phytophthora*-Toleranz
Kuras (EU)	O8	sp	W	hoch	weiß	rundoval	gelbweiß	vorwiegend gute Toleranzen
Goya (EU)	W10	msp	W	hoch	-	rund	hellgelb	vorwiegend gute bis mittlere Toleranzen
Sava (EU)	M14, J16	mfr	S (vf)	-	weiß	oval bis langoval	gelb	anfällig gegenüber Blattrollvius, sonst meist gutes Resistentniveau

Merkmale der Sorten Goya, Kuras, Sava und Princess wurden von den Sortenvertreibern (Norika, Böhm, Raiffeisen Nord AG und Saka-Ragis) mitgeteilt. Reifegruppe: sfr - sehr früh, fr - früh, mfr - mittelfrüh, sp - spät, msp - mittelspät; Verwendung: S - Speisekartoffel, f - festkochend, m - mehlig, vf - vorwiegend festkochend; W - Wirtschaftskartoffel (Stärke); *) Als Schaderreger wurden das Blattroll- und Y-Virus, die Bakteriosen Schwarzbeinigkeit und Schorf sowie die durch *Phytophthora infestans* hervorgerufene Kraut- und Knollenfäule angeführt.

physiologische Besonderheiten jedes Pflanzengenotyps an, die durchaus differenzierte Interaktionen zwischen den Pflanzenbeständen und ihrer biotischen Umwelt erwarten lassen. Besonders ausgeprägte Sortenunterschiede sind zwischen den dreijährig untersuchten Züchtungen Linda, Adretta und Sommergold zu verzeichnen. Die hier unter wechselnden Umweltbedingungen ermittelten Daten können ansatzweise zur Einschätzung des Sorteneinflusses auf die ökologischen Parameter herangezogen werden.

3.2.2 Ausbreitungspotenzial

Blühneigung und Beerenbildung. Die Blühneigung stellt ein weitgehend genetisch determiniertes Merkmal der Kartoffelstaude dar. Nach der Einstufung des Bundessortenamtes (BSA, 2001) variiert dieses Merkmal bei den untersuchten Sorten zwischen den Ausprägungsstufen „fehlend/gering“ bis „hoch“, was auch auf den Untersuchungsschlägen zu erkennen war (Tab. 3.2.2/1).

Tab. 3.2.2/1: Blühneigung (nach BSA, 2001) und Beerenbildung der Kartoffelsorten auf den Untersuchungsschlägen.

Häufigkeit von Blüten	Sorte	Anbauort / Schlag	Anbau-jahr	Beerenbildung 2001	2002	2003
• fehlend bis gering	Serafina	Oehna - O7	01	-		
• sehr gering bis gering	Secura	Oehna - O20	02		+	
• gering	Linda	Jahnsfelde - J4, J15, J27	01,02,03	-	-	o
	Sava*	Müncheberg - M14	02		-	
		Jahnsfelde - J16	02		-	
	Rikea	Oehna - O31	03			-
• gering bis mittel	Sommergold	Oehna - O9, O22, 034	01,02,03	-	+	-
	Valisa	Brück - B17	02		+	
	Vineta	Brück - B18, B28	02,03		+	-
	Marabel	Brück - B29	03			-
	Princess *	Brück - B30	03			o
• mittel	Kuras*	Oehna - O8	01	o		
	Goya*	Welsickendorf - W10	01	+		
	Leyla	Brück - B19	02		+	
	Melina	Müncheberg - M25				+
• mittel bis hoch	Satina	Müncheberg - M2	01	-		
	Liu	Welsickendorf - W11	01	+		
• hoch	Adretta	Müncheberg - M1, M13, M24	01,02,03	+	+	+
		Jahnsfelde - J3, J26	01,03	+		+
		Brück - B5	01	+		
	Likaria	Brück -B6	01	o		
	Solara	Oehna - O23, O33	02,03		-	+
	Tomensa	Oehna - O21, O32	02,03		-	-
Anteil von Schlägen mit stärkerer Beerenbildung				5 (45%)	6 (55%)	4 (36%)

+ auf dem gesamten Schlag sichtbare bis starke Beerenbildung; **o** vereinzelte oder schwache Beerenbildung;
- generell keine Beeren beobachtet;

* Blühneigung nach eigener Feldbeobachtung, da Sortenliste für die betreffenden Sorten noch keine Angaben enthält.

unterstrichene Sorten dreijährig untersucht

In den Erhebungen zur Fruchtbildung zeigte sich jedoch, wie aus der Literatur (Ross, 1985) bekannt, dass die Merkmale Blühneigung und Fruchtbildung bei der Kartoffel in keinem festen Zusammenhang stehen Eine ausgeprägte Beerenproduktion wurde vereinzelt sowohl bei den stark als auch bei den schwach blühenden Sorten beobachtet. Demgegenüber wiesen einige Sorten mit hoher Blütenhäufigkeit nur eine geringe oder keine Fruchtbildung auf. Daneben zeigte sich bei den fruchtenden Sorten auch eine starke Abhängigkeit der Beerenbildung von den Standort- und Jahresbedingungen.

Samenproduktion und Samenkeimfähigkeit. Zur Bestimmung der Beeren- und Samenzahl der Kartoffelpflanzen wurden die Anzahl aller ausgebildeten Beeren sowie die Samenzahl pro Beere erfasst. Da der Beerenansatz der Kartoffelpflanzen auf dem Feld teilweise stärker schwankte, stellen die ermittelten pflanzen- und flächenbezogenen Parameter lediglich Schätzwerte dar. Die Schätzung bezieht sich dabei nur auf Sorten, die im entsprechenden Untersuchungsjahr auf der gesamten Anbaufläche Früchte ausbildeten.

Tab. 3.2.2/2: Ausbildung von Kartoffelbeeren und -samen auf den Untersuchungsflächen.

Sorte / Ort (Schlag)[a]	Beeren pro Pfl.	Beeren[b] pro m^2	Samen pro Beere	Samen pro Pfl.	Samen pro m^2	Samenkeimung[c] nach RT (%)	- 18°C (%)
2001							
Adretta / Müncheberg (M1)	0,1	0,4	98	10	39	90	25
Adretta / Jahnsfelde (J3)	0,1	0,5	75	8	38	85	33
Adretta / Brück (B5)	1,5*	2,6	84	126*	218*	91	39
Liu / Welsickendorf (W11)	0,2	0,6	177	35	106*	95	65*
Goya / Welsickendorf (W10)	0,3	1,2	127	38	152*	82	40
2002							
Adretta / Müncheberg (M13)	2,1	8,0	193	405	1.544	87	38
Valisa / Brück (B17)	0,1*	0,5*	119	12*	60*	55*	38
Vineta / Brück (B18)	0,2*	0,7*	100	20*	70*	83	7*
Leyla / Brück (B19)	0,1*	0,3*	80	8*	24*	93	26*
Secura / Oehna (O20)	4,1*	17,4*	224	918*	3.898*	77	3*
Sommergold /Oehna (O22) +	1,3*	4,6*	220	286*	1.012	-	-
2003							
Adretta / Müncheberg (M24)	24,4	97,8	183	4.465	17.897		
Melina / Münchberg (M25)	8,6	34,5	268	2.305	9.246		
Adretta / Jahnsfelde (J26)	0,5	2,1	45	22	94		
Solara / Oehna (O33) +	8.0	34,9	-	-	-		

[a] Sorten bzw. Anbauflächen mit sehr geringer oder fehlender Beerenbildung wurden nicht einbezogen.
[b] Die Berechnung bezieht sich auf Bestandesdichten von 3,0 bis 4,5 Pfl./m^2.
[c] Die Keimfähigkeit der Samen wurde nach einwöchiger Exposition gequollener Samen bei - 18°C bzw. nur in Raumtemperatur (RT) ermittelt.
* jeweils signifikant gegenüber Adretta in Müncheberg; +) Samenzahl bzw. Keimung bei unreifen Samen nicht quantifizierbar.

Wie in Tab. 3.2.2/2 gezeigt, wurden auf den Beobachtungsflächen im Mittel 0,1 bis 24,4 Beeren pro Staude ausgezählt, was bei Bestandesdichten von 3,0 bis 4,5 Stauden pro m^2 einer Anzahl von ~ 0,4 bis 98 Beeren pro m^2 entspricht. Mit einer um 100 bis 200 Samen pro Beere schwankenden Samenzahl produzierten die fruchtenden Kartoffelpflanzen damit im Mittel 24

bis >100, mehrfach aber auch >1.000 Samen pro m^2. Die starke Schwankung geht sowohl auf Umwelt- bzw. Jahreseinflüsse als auch auf Sorteneffekte zurück. Der Umwelteinfluss ist insbesondere an der dreijährig untersuchten Sorte Adretta zu erkennen. Allein am Standort Müncheberg variierte die Samenmenge dieser Sorte zwischen ~ 40 bis ~ 17.900 reifen Samen pro m^2. Hauptursache hierfür dürfte die auf den leichten Böden stark schwankende Wasserversorgung zur Zeit der Beerenbildung gewesen sein (vgl. Niederschläge in Abb. 3.1.2). Etwas schwieriger zu quantifizieren ist der Effekt des Pflanzengenotyps, da die verschiedenen Sorten meist auch auf verschiedenen Schlägen standen. Relativ gut vergleichbar sind jedoch die beregneten Schläge in Oehna im Jahr 2002, auf denen zumindest Wassermangel in der Blüh- und Beerenbildungsphase ausgeschlossen werden kann. Unter diesen Bedingungen produzierte die weniger stark blühende Sorte Secura (O20) ~ 3.900 Samen pro m^2, während bei der wesentlich intensiver blühenden Sorte Solara auf dem Schlag O23 flächendeckend keine Früchte gefunden wurden. Den Genotypeneffekt dokumentiert darüber hinaus die Gegenüberstellung von Adretta mit den ebenfalls in allen drei Jahren angebauten Sorten Linda und Sommergold. Linda bildete als schwach blühende Sorte in Jahnsfelde stets so wenig Beeren aus, dass die Auszählung auf Stichproben-Parzellen nicht sinnvoll erschien. Bei der Sorte Sommergold traten im feuchteren Sommer 2002 zwar Beeren in nennenswertem Umfang auf, jedoch gelangten die darin enthaltenen Samen nicht zur Reife.

Keimfähigkeit der Samen. Aufgrund der hohen Samenproduktion einiger Sorten wurde nach Ablauf der Keimruhe (ca. 6 Monate nach Ernte) die Keimfähigkeit der Samen bei Zimmertemperatur und unter Frosteinwirkung getestet. Die bei Raumtemperatur gelagerten Samen keimten im Mittel zu 55 bis 95%. Deutlich geringere Keimfähigkeiten wiesen demgegenüber die Samen auf, die zuvor einer Woche Frost von -18 °C (Kühltruhe) ausgesetzt waren. Hier waren noch deutlichere Sortenunterschiede sichtbar, die sich in stark reduzierten Keimfähigkeiten von 3 und 7% bei Secura und Vineta und einer vergleichsweise hohen Keimfähigkeit von 65% bei der Sorte Liu äußerten. Hinsichtlich der Kältetoleranz und Keimfähigkeit der Samen ist die generative Vermehrung der Kartoffelpflanzen somit auch bei uns bzw. in Regionen mit kälteren Wintern prinzipiell möglich.

Kartoffeldurchwuchs in der Nachfrucht. In einer abschließenden Erhebung wurden die Anbauflächen der Jahre 2001 und 2002 im Sommer der Folgejahre hinsichtlich des Vorkommens von Kartoffeldurchwuchs in der Nachfrucht bonitiert. In Abhängigkeit von der Schlaggröße erfolgte die Bonitur in zwei bis vier 200 bis 300 m-Transekten entlang von begehbaren Fahrspuren innerhalb des Schlages. Die Ergebnisse der Beobachtungen von 2002 sind in Tab. 3.2.2/3 aufgeführt. Im Jahr 2003, in dem nicht alle Flächen bonitiert wurden, konnte kein

Durchwuchs festgestellt werden. Damit traten Durchwuchskartoffeln insgesamt auf 5 der 11 Untersuchungsschläge auf. Es handelte sich dabei um samenbürtige Pflanzen, die in ihrem Habitus leicht von knollenbürtigen Pflanzen zu unterscheiden sind (Abb. 3.2.2). Gut entwickelte Sämlingskartoffeln mit Knollenansatz wurden meist in Sommerkulturen (Sommergerste, Silomais) beobachtet, da die Keimung und der Aufgang der Sämlinge hier wahrscheinlich durch die Frühjahrsbodenbearbeitung gefördert wurden.

Tab. 3.2.2/3: Auftreten von samenbürtigen Kartoffeldurchwuchs in der Folgefrucht 2002. (Aus Knollen stammende Durchwuchskartoffeln wurden nicht gefunden.)

Sorte / Schlag	Nachfrucht	Kartoffeldurchwuchs in Nachfrucht
Adretta - M1	Wintertriticale	nicht beobachtet
Satina - M2	Wintertriticale	nicht beobachtet
Adretta - J3	Winterroggen	häufig kleine, 10 - 30 cm große Pflanzen ohne Knollen
Linda - J4	Winterroggen	vereinzelt, selten 10 - 30 cm große Pflanzen ohne Knollen
Adretta - B5	Winterweizen	vereinzelt 20- 50 cm große Pflanzen, z.T. mit kleinen Knollen
Likaria -B6	Sommergerste	vereinzelt, stellenweise häufig bis > 1m große Pflanzen mit Knollen mittlerer Größe, teilweise schwach blühend
Serafina -O7	Silomais	nicht beobachtet
Kuras* - O8	Silomais	vereinzelt, stellenweise häufig bis > 1m große Pflanzen mit Knollen mittlerer Größe
Sommergold - O9	Winterweizen	nicht beobachtet
Goya - W10	Wintertriticale	nicht beobachtet
Liu -W11	Winterweizen	nicht beobachtet

In der Folgekultur Wintergetreide traten dagegen offenbar durch die im Frühjahr bereits bestehende Konkurrenz der dichten Getreidebestände meist keine oder nur relativ schwach entwickelte Kartoffelpflanzen auf. Erstaunlicherweise wurden die am kräftigsten entwickelten Pflanzen auf Flächen gefunden, auf denen zuvor nur wenig Beeren beobachtet wurden und die gebildete Samenmenge daher nicht bestimmt wurde. Dies traf im besonderen für den Schlag B6 in Brück zu, wo die Sämlinge hauptsächlich in feuchten Senken am Rande des Schlages wuchsen. Diese speziellen Bedingungen begünstigten wahrscheinlich sowohl den Beerenansatz der Kartoffelpflanzen als auch die spätere Keimlingsentwicklung.

Abb. 3.2.2: Samenbürtige Kartoffelpflanze.

3.3 Analyse der Zusammensetzung mikrobieller Gemeinschaften

Die Untersuchung der Bakterienflora erfolgte auf der Grundlage einer kulturunabhängigen Methode mittels T-RFLP der 16S rDNA, die es erlaubt, die Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften direkt für die betreffenden Habitate (Boden, Rhizo- und Phyllosphäre) zu bestimmen. Die Analyse beruht auf Sequenzunterschieden innerhalb des 16S rRNA-Gens, das sich bei Bakterien als Standardmarker für phylogenetische Analysen auf Art-, Gattungs- und höheren taxonomischen Ebenen bewährt hat (Amann et al., 1995). Hierzu wird aus der Boden-, Rhizo- bzw. Phyllosphären-DNA die 16S rDNA mit Hilfe eines FAM-markierten und eines unmarkierten Primers amplifiziert. Durch Nutzung geeigneter universeller Primer ist es dabei möglich, einen Großteil der Bakterien zu erfassen. Anschließend werden die gereinigten Amplifikate mit einem Restriktionsenzym gespalten, mittels Kapillarelektrophorese aufgetrennt und die terminalen Fragmente über die Fluoreszenz-Markierung sichtbar gemacht. Im Ergebnis werden Restriktionsfragmente nachgewiesen, deren Länge durch den definierten Startpunkt innerhalb der 16S rDNA (Primerbindung) und dem ersten Auftreten eines bestimmten Restriktionsortes bestimmt ist (Liu et al., 1997; Chin et al., 1999). Die Vielzahl der im analysierten Habitat erhaltenen Restriktionsfragmente ergibt schließlich ein Fingerprintmuster, das die relative Abundanz dominanter bakterieller Populationen repräsentiert. Für die Ähnlichkeitsanalyse wurden die Densitogramme der erhaltenen Fingerprints verwendet. Dies erschien für unsere Untersuchungen geeignet, da hier, abweichend von Methoden, die lediglich das Vorhandensein von Peaks berücksichtigen, das Densitogramm und damit die Fläche aller Peaks in die Berechnung eingehen. Auf diese Weise wird sowohl das Vorkommen als auch die relative Abundanz der verschiedenen Bakteriengruppen berücksichtigt.

3.3.1 Bakterielle Gemeinschaften des Bodens

Für die T-RFLP-Analyse der Bodenmikroflora wurde aus der extrahierten Boden-DNA unter Verwendung universeller Eubakterien-Primer ein ca. 920 bp Fragment der 16S rDNA amplifiziert und mit dem Restriktionsenzym *Hha*I gespalten. Nach Auftrennung der terminalen Fragmente konnten damit für die bakteriellen Gemeinschaften des Bodens komplexe und reproduzierbare T-RFLP-Fingerprintmuster erzeugt werden. In mehrfacher Wiederholung durchgeführte Analysen unabhängiger DNA-Präparationen derselben Bodenprobe zeigten eine hohe Reproduzierbarkeit der Methode. Darüber hinaus ließen sich auch aus unterschiedlichen Proben eines Schlages überwiegend übereinstimmende Fingerprints gewinnen. In Abb. 3.3.1/1 sind beispielhaft aus je zwei unabhängigen Feldproben erhaltene T-RFLP-Muster der Schläge M13 (Müncheberg) und O23 (Oehna) dargestellt. Deutlich erkennbar werden hierbei die Unterschiede zwischen dem Müncheberger und dem Oehnaer Schlag, die sich sowohl im

Vorhandensein als auch in der relativen Abundanz einzelner Restriktionsfragmente zeigen. Die verschiedenen Fingerprints korrespondieren mit klar differenzierten natürlichen Standortbedingungen. Wie unter Abschnitt 3.1.2 ausgeführt, handelt es sich bei dem Müncheberger Schlag um einen reinen Sandstandort mit einer Ackerzahl von 20, während der Schlag in Oehna einen sandigen Schluff mit einer Ackerzahl von 48 repräsentiert. Vergleichbare visuelle Unterschiede in den T-RFLP-Mustern der bakteriellen Gemeinschaften konnten für eine Vielzahl von Schlägen in beiden Probenahmen in allen drei Untersuchungsjahren nachgewiesen werden.

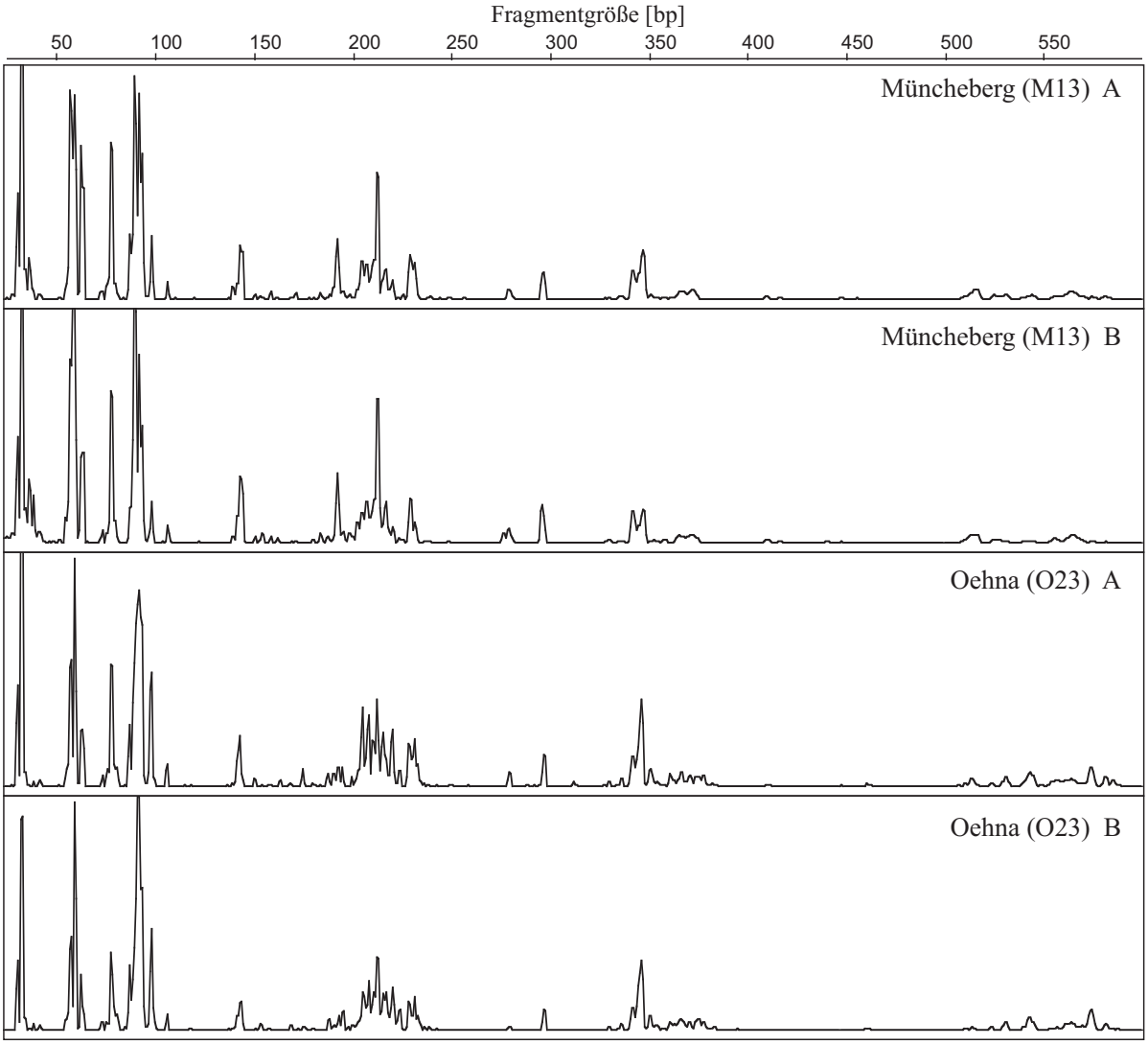


Abb. 3 3.1/1: T-RFLP-Muster der Schläge M13 (Müncheberg) und O23 (Oehna). A und B repräsentieren Ergebnisse aus jeweils zwei unabhängigen Feldproben (Probenahme: 05. bis 12.10.02)

In Abb. 3.3.1/2 sind die Ähnlichkeiten der T-RFLP-Muster nach Verrechnung über eine Clusteranalyse für das Jahr 2001 (Frühjahrsprobe) dargestellt. Im Dendrogramm sind insgesamt sechs der neun Anbauflächen vollständig in separaten Zweigen angeordnet, d. h., die bakteriellen Gemeinschaften des Bodens dieser Flächen waren voneinander differenzierbar.

Eine geringe Homogenität der Fingerprints ergab sich lediglich für den Schlag Jahnsfelde, der auch eine relativ heterogene Textur aufwies. Verbunden mit der Schlag- bzw. Ortsspezifik deuteten sich bei der Gruppierung der Einzelschläge Beziehungen zu deren Bodeneigenschaften an. So bilden die Muster der lehmigen Sande O8, O9 und W11 in Teltow-Fläming (Oehna, Welsickendorf) mit Ackerzahlen > 40 ein gemeinsames Cluster, während zwei weitere, geringere Ackerzahlen aufweisende Schläge der gleichen Region (O7, W10) in einem zweiten Cluster gruppiert sind. Das dritte Cluster beinhaltet die übrigen Schläge in Müncheberg, Jahnsfelde und Brück, die als schluffige Sande bzw. sandiger Schluff mit Ackerzahlen von 26 bis 40 eingestuft wurden.

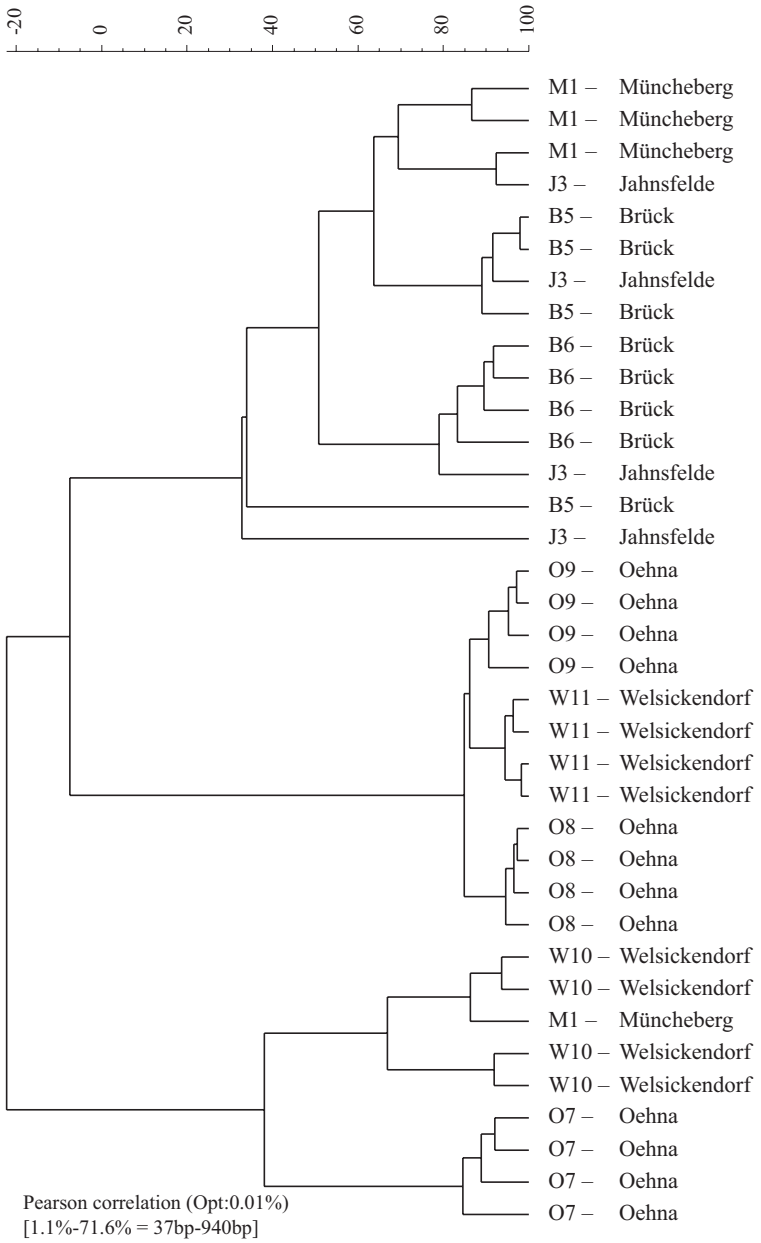


Abb. 3.3.1/2: Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens auf den Untersuchungsschlägen 2001(Probenahme: 05.-11.04.01).

Im Herbst des gleichen Jahres zeigte sich auch eine Schlagspezifität der T-RFLP-Muster. Die Gruppierung der Standorte ergab nun zwei Hauptcluster bestehend einerseits aus 4 Schlägen der Region Oehna/Welsickendorf und andererseits den Schlägen der übrigen Regionen. Ein ähnliches Bild ergab sich für die Jahre 2002 und 2003. Generell wurde eine hohe Standortspezifität gefunden, lediglich 2003 war gegenüber den Vorjahren ein schwächerer Effekt nachweisbar. Die separate Clusterung der Region Oehna/Welsickendorf zeichnete sich in allen Jahren ab. Die Regionen Brück und Müncheberg/Jahnsfelde konnten dagegen oft nicht klar differenziert werden.

Mittels der Jackknife-Methode wurde die Stabilität der T-RFLP-Muster berechnet und in Abhängigkeit von der Bodentextur der Standorte ausgewertet. In Abb. 3.3.1/3 sind die im Herbst untersuchten Schläge des gesamten Untersuchungszeitraums dargestellt. Ebenso wie bei der Frühjahrsbeprobung derselben Flächen erwiesen sich die Fingerprintmuster von mehr als der Hälfte der Schläge mit Selbstidentitäten von 75 und 100% als weitgehend schlagtypisch. In vielen Fällen wurden aber auch T-RFLP-Muster einzelner Schläge als Muster anderer Schläge gleicher Textur identifiziert.

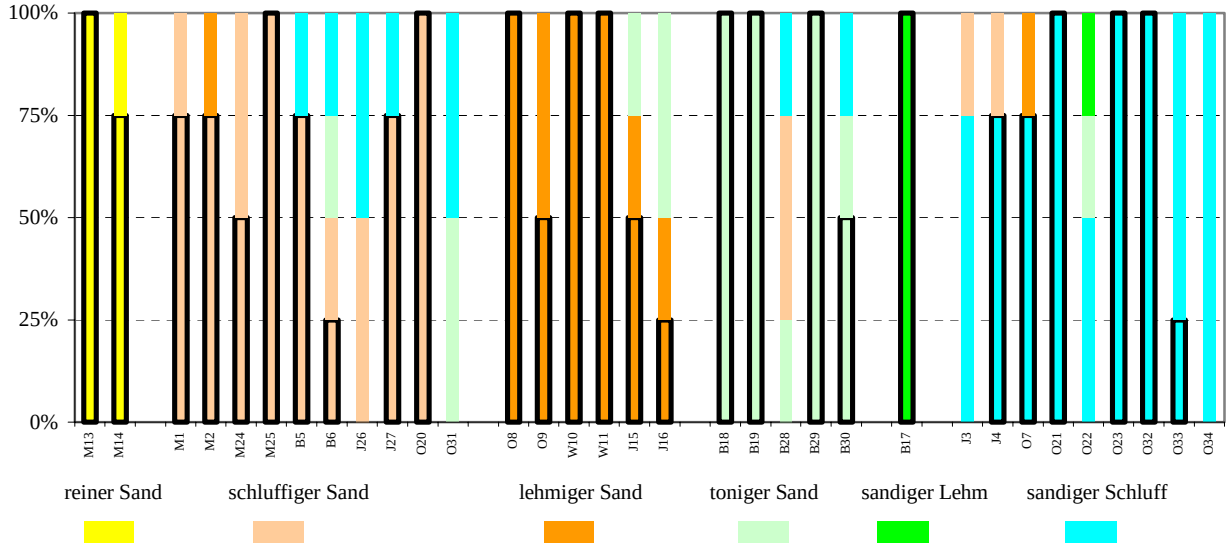


Abb. 3.3.1/3: Interne Stabilität (Selbstidentität 0 bis 100%) der T-RFLP-Muster der Untersuchungsschläge (Herbstprobenahme 2001-03) in Abhängigkeit von der Bodentextur. Zur Berechnung der Stabilität wurde die Jackknife-Methode (Avarage Similarities) angewendet. Der Prozentsatz von Fällen, in denen sich die Muster eines Schlages als übereinstimmend erweisen, bezeichnet deren interne Stabilität, die in umrandeten Balken dargestellt ist. Als Missidentifikation zählen dagegen diejenigen Fälle in Prozent, in denen die Muster eines Schlages als Muster eines anderen Schlages identifiziert wurden. In der Abbildung wurden hierfür die offenen Balken verwendet. Die Farbe der Balken entspricht der Bodenart der jeweiligen betreffenden bzw. zugeordneten Schläge.

So wies zum Beispiel im dritten Untersuchungsjahr von den sandigen Schluffen in Oehna (O32, O33, O34) nur eine der drei Flächen (O32) einen Selbstidentitätswert von 100% auf. Die beiden anderen sandigen Schluffe zeigten hingegen Musterähnlichkeiten untereinander bzw. wurden teilweise als Schlag O32 identifiziert. Vergleichbares traf für die 2001 analysier-

ten sandigen Schluffe in Jahnsfelde (J3, J4) zu. Hier entsprachen 75% der Muster von J3 den Mustern von J4. Je ein Viertel der Fingerprints beider Flächen wurde hingegen zwei anderen Schlägen der Texturgruppe schluffiger Sand (M2, B5) zugeordnet. Auch unter Berücksichtigung derartiger Missidentifikationen, die mehrfach auftraten, ergab sich bei der Zuweisung der Muster zur Gruppe der betrachteten sandigen Schluffe ein recht einheitliches Bild. Analoge Verhältnisse lagen für die Schläge der anderen Texturgruppen sowie in der Gesamtbetrachtung der Daten der Frühjahrsbeprobung (nicht dargestellt) vor. Damit deuten die Analysen der Bodenmikroflora insgesamt auf einen klaren Einfluss der Bodentextur auf die Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften.

3.3.2 Pflanzenassoziierte bakterielle Gemeinschaften

Die T-RFLP-Analyse der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre erfolgte analog zur Analyse der Gemeinschaften des Bodens mit den Primern 8f und 926r und anschließender *Hha*I-Spaltung der Amplifikate. Ebenso wie bei der Bodenmikroflora ergaben sich hierbei reproduzierbare Fingerprints hoher Auflösung.

In der Phyllosphäre der Kartoffelpflanzen brachte die Verwendung der universellen Eubakterien-Primer jedoch nur eine sehr geringe Anzahl von Peaks in den Fingerprintmustern. Der Einsatz dieser Primer führte hier zu einer parallelen Amplifikation der 16S rDNA von Chloroplasten und Mitochondrien der Pflanzen, wodurch der Anteil bakterieller Fragmente unterrepräsentiert war. Daraufhin wurde zur 16S rDNA-Amplifikation der Primer 799f nach Chelius and Triplett (2001) eingesetzt, der spezifisch Chloroplasten-DNA ausschließt und mit den entsprechenden reverse-Primern neben den bakteriellen Produkten ein um etwa 1,5fach größeres Mitochondrienamplifikat liefert. Auf der Suche nach einer möglichst optimalen Abbildung der Mikroflora der Phyllosphäre wurde dieser Primer in Kombination mit verschiedenen reverse-Primern (1492r und 1525r), variabler Floureszenzmarkierung (alternative 6-FAM-Markierung der Primer 799f und 1492r) und verschiedenen Restriktionsenzymen (*Hha*I, *Taq*I, *Msp*I, *Scr*FI) getestet. Beste Resultate, sowohl hinsichtlich der Komplexität als auch der Variabilität der Muster der Varianten, ergab die Primerkombination Fam-799f und 1525r und anschließender *Hha*-Spaltung der PCR-Produkte.

Bakterielle Gemeinschaften der Rhizosphäre. Die T-RFLP-Muster der Gemeinschaften der Rhizosphäre ähnelten in ihrer Komplexität den Mustern der Bodenmikroflora. Dies verdeutlicht Abb. 3.3.2/1, in der anlehnend an Abb. 3.3.1/1 die Rhizosphärenfingerprints der Mikroflora der Schläge M13 und O23 aus je zwei unabhängigen Feldwiederholungen dargestellt sind. Auch in der Rhizosphäre waren neben der Homogenität der Fingerprints innerhalb der

Schläge Variantenunterschiede hinsichtlich des Auftretens und der Intensität einzelner Peaks klar zu erkennen.

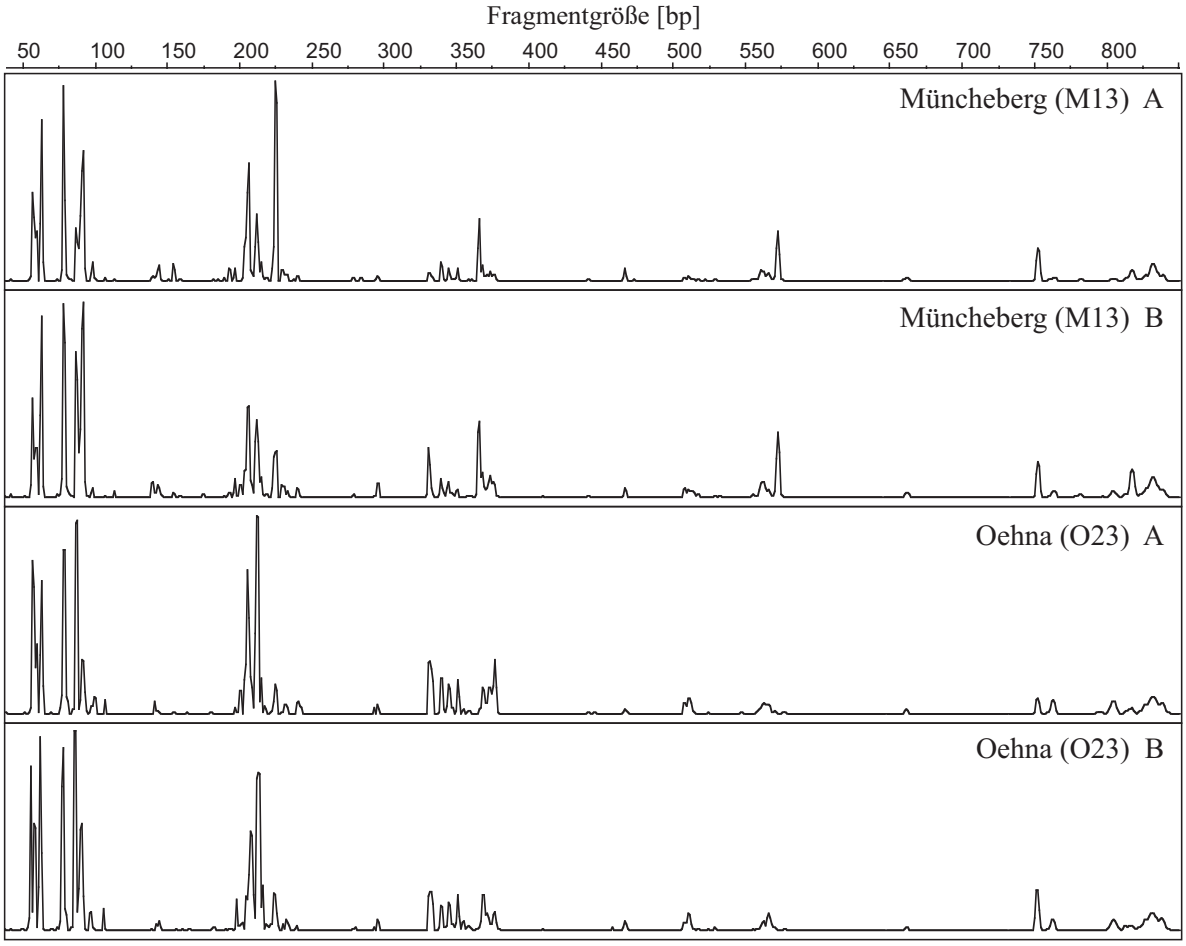


Abb. 3 3.2/1: T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre der Kartoffelsorten Adretta am Standort Müncheberg (M13) und Solara am Standort Oehna (O23). A und B repräsentieren Ergebnisse aus jeweils zwei unabhängigen Feldproben (Probenahme: 25.06. bis 03.07.02)

Der visuelle Eindruck bestätigte sich wiederum im Ergebnis der Clusteranalyse. Beispielhaft hierfür sind die Ähnlichkeiten der Rhizosphärenmuster der Untersuchungsschläge der Jahre 2001 und 2002 abgebildet (Abb. 3.3.2/2 und /3). Im ersten Jahr ergaben sich drei Hauptcluster, die sich in Standort- und schlagspezifische Subcluster aufteilten. Die seperate Clusterung der Region Oehna/Welsickendorf (Teltow-Fläming) war jedoch nicht so ausgeprägt wie bei den Bodenmustern derselben Schläge. So wurden die beiden Müncheberger Schläge zusammen mit dieser Region gruppiert. Die ebenfalls wie die Müncheberger Flächen zur Region Märkisch Oderland gehörenden Schläge in Jahnsfelde bildeten dagegen einen gemeinsamen Zweig mit den Schlägen in Brück. Daneben zeigte sich, dass die Muster der auf den gleichen Schlägen angebauten Sorten Adretta und Satina in Müncheberg bzw. Adretta und Linda in Jahnsfelde jeweils einheitliche, nicht weiter unterteilte Cluster bildeten, die sicher über die Standortspezifität zu erklären sind und eine geringe Sortenwirkung andeuten.

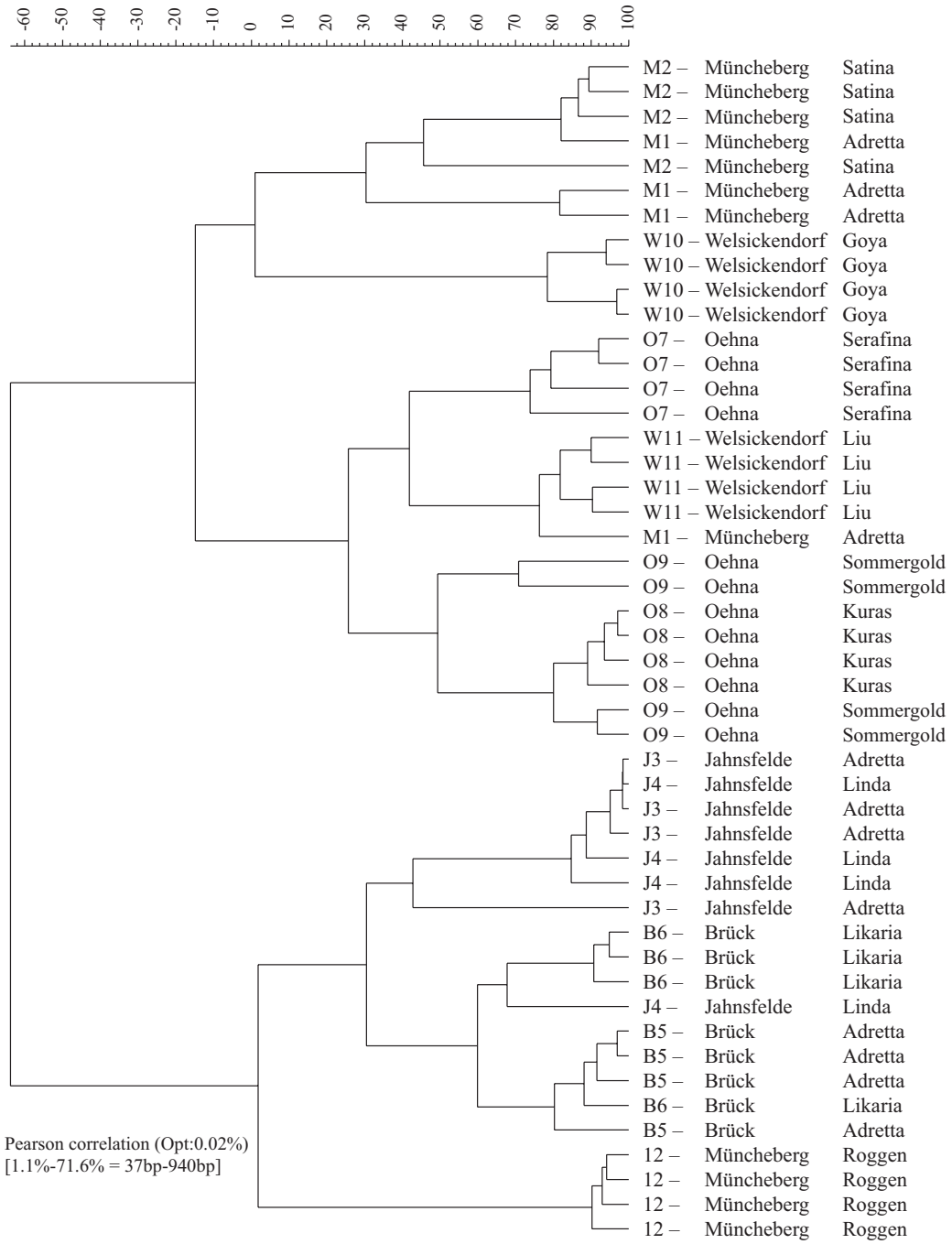


Abb. 3.3.2/2: Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre auf den Untersuchungsschlägen 2001 (Probenahme: 25.06. bis 03.07.01).

Weitgehend standort- bzw. schlagspezifische Gruppierungen der Rhizosphärenmuster zeichneten sich auch in den anderen beiden Jahren ab (gezeigt für 2002 in Abb. 3.3.2/3), wobei die Standorteffekte 2003 am schwächsten ausgeprägt waren. Neben diesem Effekt deutete sich 2002 im Gegensatz zum Vorjahr auch ein Einfluss der Kartoffelsorte auf die Rhizosphärenmikroflora an. So wurden die Fingerprints von Linda und Sava (J15/16) in unterschiedliche Hauptcluster gruppiert, obwohl sie in Jahnsfelde nur wenige Meter voneinander getrennt auf gleichem Boden angebaut wurden. Für die in Müncheberg gleichfalls unter nahezu überein-

stimmenden Bedingungen stehenden Sorten Adretta und Sava konnte ein solcher Effekt wiederum nicht festgestellt werden. Trotz der widersprüchlichen Daten könnte so ein Effekt des Pflanzengenotyps auf die Gemeinschaften der Rhizosphäre vorliegen, der jedoch wesentlich geringer als der Standorteffekt ist.

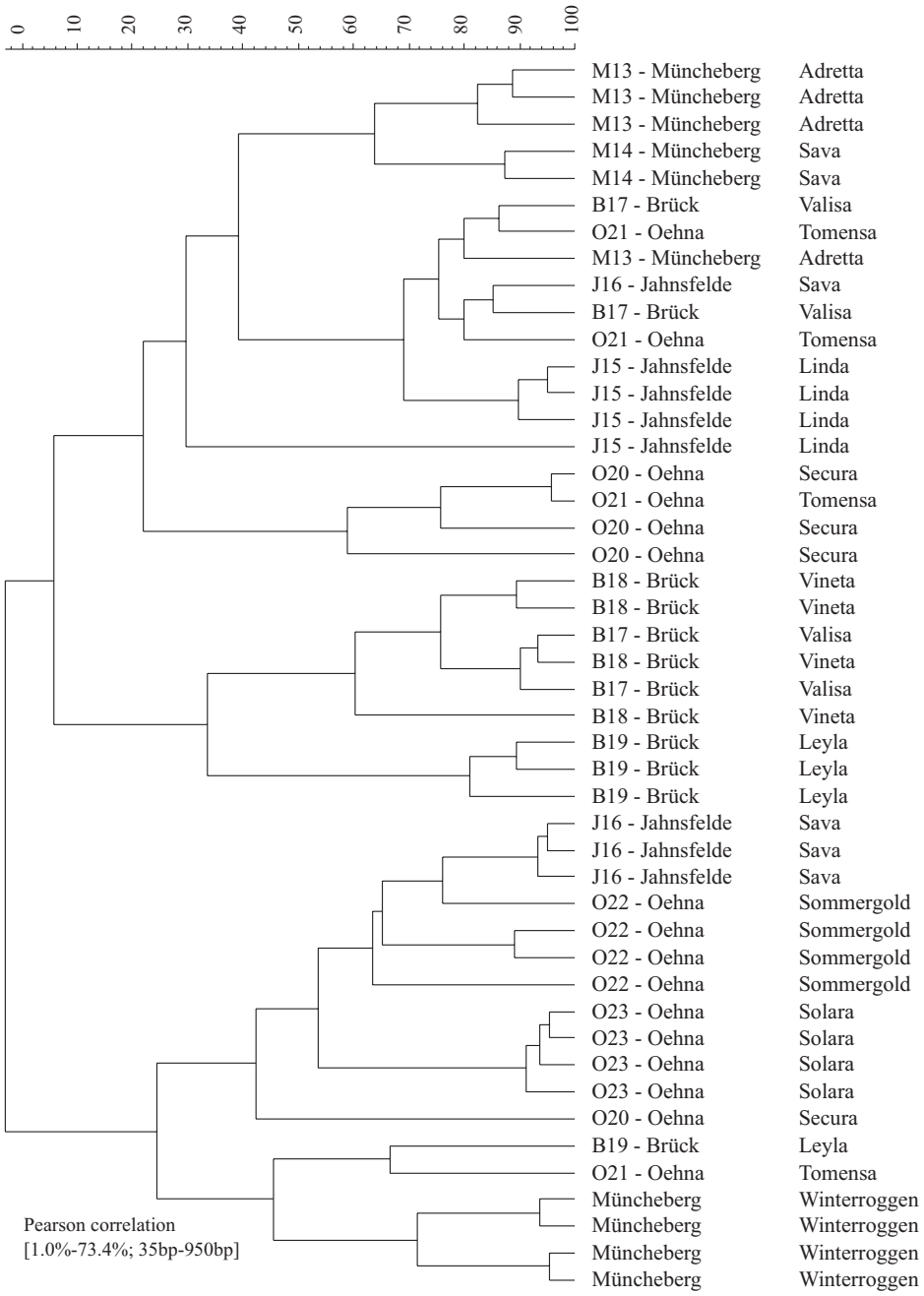


Abb. 3.3.2/3: Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre auf den Untersuchungsschlägen 2002 (Probenahme: 25.06. bis 03.07.02).

Neben der Kartoffelrhizosphäre wurden am Standort Müncheberg auch die Rhizosphäre der Vergleichskultur Winterroggen analysiert. Im Ergebnis der Ahnlichkeitsanalyse zeigten sich

in allen drei Jahren zwar separate „Roggen-Cluster“ (Abb.3.3.2/2 und /3), jedoch blieb auch die Wirkung der verschieden Pflanzenarten insgesamt hinter dem Standorteinfluss auf die Rhizosphärenmikroflora zurück.

Zur näheren Charakterisierung des auch in der Rhizosphäre nachgewiesenen Standorteffekts wurde analog zu den Bodenproben ein Vergleich der internen Stabilität der Fingerprints mittels Jackknife vorgenommen. Nur in 15 von 33 Fällen wurden für die Muster der Rhizosphäre Selbstidentitäten von 75 - 100% ermittelt (Abb. 3.3.2/4). Auch hier zeichneten sich Musterähnlichkeiten zwischen Schlägen gleicher Bodentextur ab, was auf einen prägenden Einfluss der Bodenart auf die Rhizosphärenmikroflora schließen lässt. Die Häufigkeit solcher Ähnlichkeiten war bei den Rhizosphärenmustern jedoch geringer als bei den Bodenmustern. Dies kann als Indiz für den oben vermuteten Sorteneinfluss bzw. für die Wirkung weiterer modifizierender Faktoren (z.B. Bewirtschaftung, saisonale Effekte) angesehen werden.

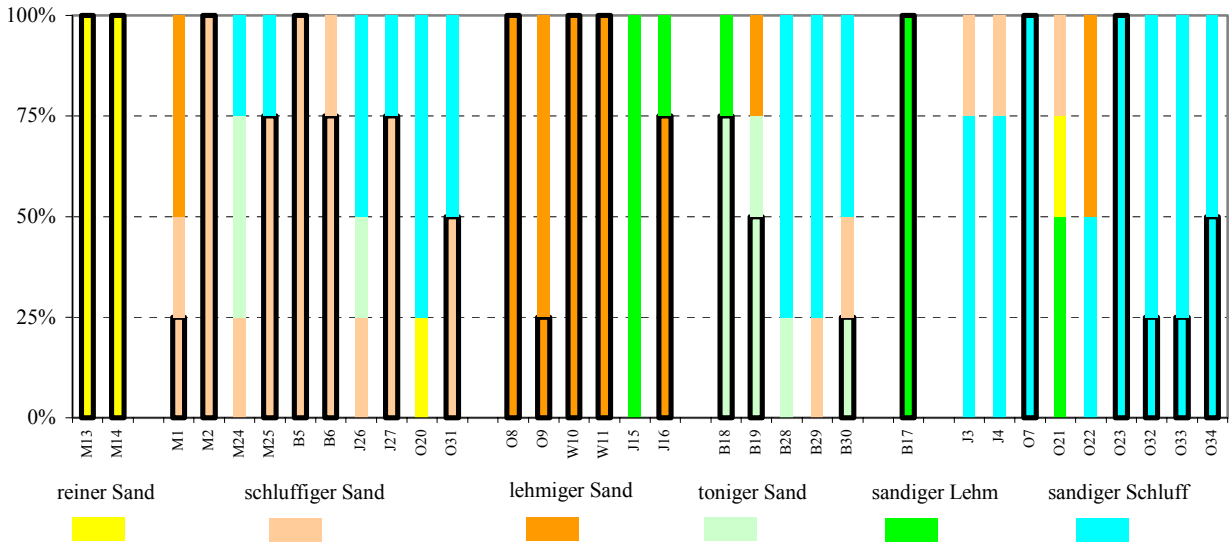


Abb. 3.3.2/4: Interne Stabilität (Selbstidentität 0 bis 100%) der T-RFLP-Muster der Bakterienflora der Rhizosphäre der Untersuchungsschläge in Abhängigkeit von der Bodentextur. (vgl. Abb. 3.3.1/3)

Bakterielle Gemeinschaften der Phyllosphäre. Die Fingerprints der Phyllosphärenmikroflora zeigten im Vergleich zu den Boden- und Rhizosphärenmustern generell eine niedrigere Anzahl terminaler Restriktionsfragmente. Dennoch war auch hier eine Variabilität zwischen den Varianten zu beobachten (Abb. 3.3.2/5). Allerdings wichen die Muster der Feldwiederholungen derselben Varianten teilweise stärker als in den anderen beiden Habitaten voneinander ab, womit in der Clusteranalyse weniger ausgeprägte Effekte sichtbar wurden.

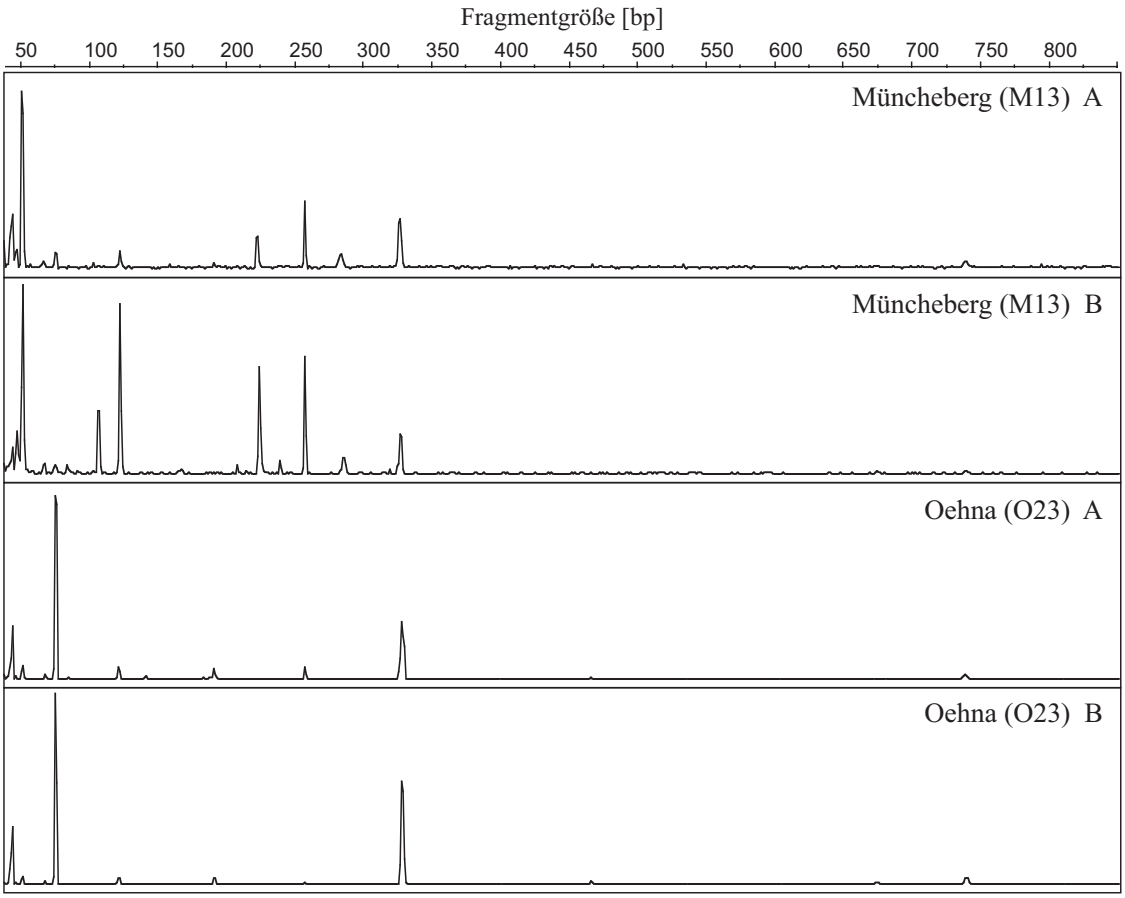


Abb. 3.3.2/5: T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre der Kartoffelsorten Adretta am Standort Müncheberg (M13) und Solara am Standort Oehna (O23). A und B repräsentieren Ergebnisse aus jeweils zwei unabhängigen Feldproben (Probenahme: 25.06. bis 03.07.02)

Für die Phyllosphärenproben des ersten Jahres wurde lediglich eine Unterteilung der Muster in zwei heterogene Hauptgruppen ausgewiesen (nicht dargestellt). Die erste Gruppe beinhaltete sämtliche Müncheberger Proben (M1,2) sowie sechs von sieben ausgewerteten Proben aus Brück (B5,6). In die zweite Gruppe gingen die ebenfalls zu verschiedenen Regionen gehörenden Standorte Jahnsfelde (J3,4) und Oehna/Welsickendorf (O7,O8,O9,W10,W11) ein. Im Unterschied zu den Boden- und Rhizosphärenproben konnten Muster von Einzelschlägen innerhalb der beiden Hauptgruppen kaum voneinander unterschieden werden. Ein differenzierteres Bild zeigte sich 2002 und 2003. Wie aus Abb. 3.3.2/6 zu entnehmen ist, ließen sich bei den Proben des Jahres 2002 die Muster mehrerer Sorten bzw. Anbauflächen oder Regionen voneinander abgrenzen. Ein Hauptcluster bildeten die Oehnaer Schläge O21, O22 und O23 mit den Sorten Tomensa, Sommergold und Solara. Auch die Sorte Leyla in Brück wies relativ einheitliche Muster auf. Weiterhin ergab sich bei stabilen Mustern eine stark separierte Gruppierung der am Standort Jahnsfelde direkt nebeneinander angebauten Sorten Linda und Sava. Da bereits die Rhizosphärenmuster dieser Sorten in gleicher Weise getrennt clusterten, stellt dies einen weiteren Hinweis für detektierbare Wirkungen des Pflanzengenotyps auf die

pflanzenassoziierte Mikroflora dar. Auch 2003 traten ähnliche, jedoch etwas schwächere Tendenzen einer Sorten- bzw. Schlaggruppierung auf (nicht dargestellt). Auffällig war hier die gemeinsame Gruppierung aller Müncheberger Muster und der Muster eines Schlages in Jahnsfelde innerhalb eines separaten Clusters. Daneben wurden einzelne Muster verschiedener Schläge in Oehna und Brück jeweils zusammen gruppiert, wobei sich jedoch nur die Sorte Sommergold als relativ stabil erwies.

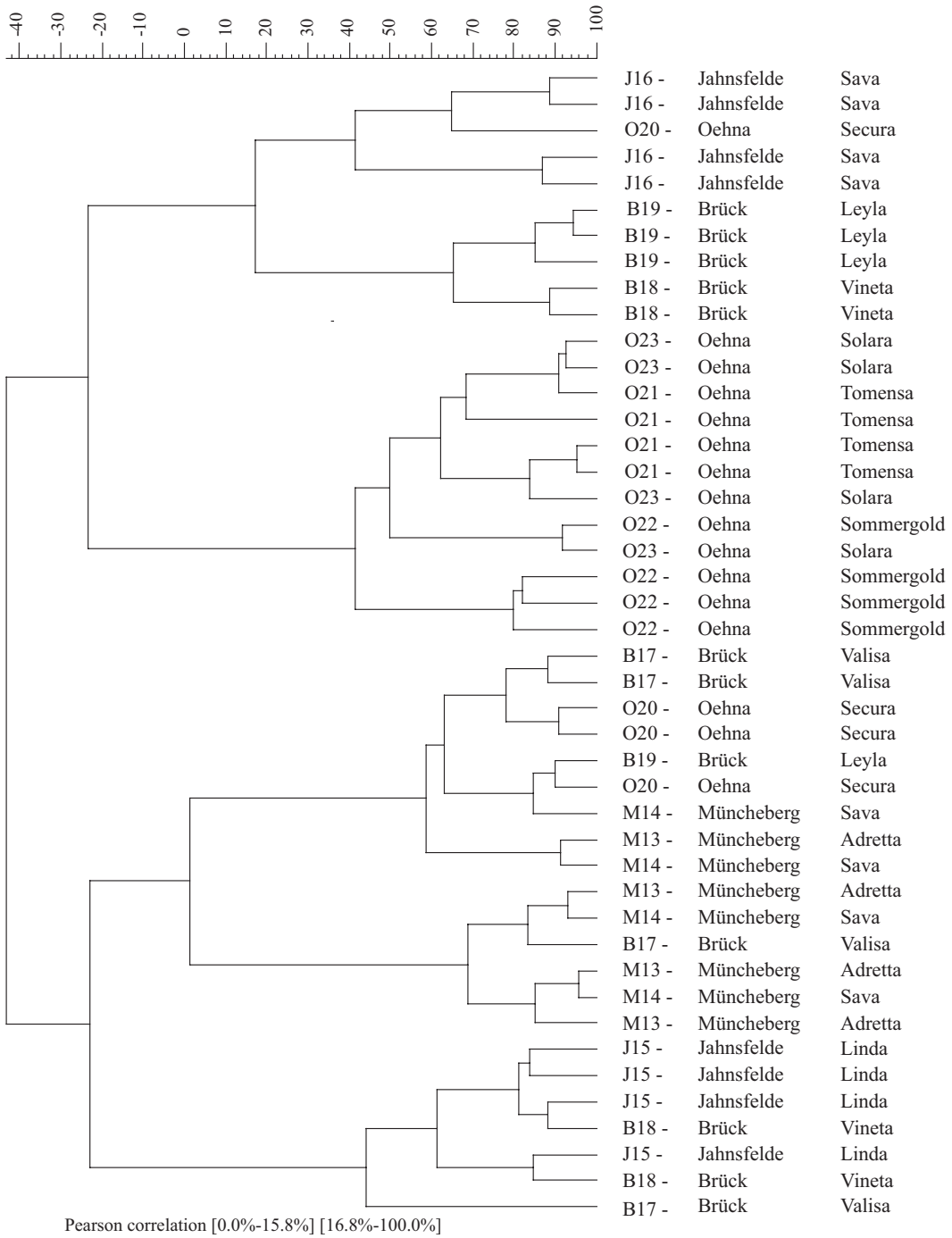


Abb. 3.3.2/6: Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre auf den Schlägen 2002 (Probenahme: 25.06. bis 03.07.02).

In der Gesamtbetrachtung der Ergebnisse bei den bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre konnten somit durchaus Einflüsse der Sorte, sicher in Kombination mit der Anbauregion, festgestellt werden. Eine mit den Boden- und Rhizosphärenmustern vergleichbare Standort- bzw. Schlagspezifik der T-RFLP-Muster zeichnete sich dabei jedoch nicht ab.

3.4 Zusammensetzung der Begleitflora

Schläge. Durch den Herbizideinsatz bzw. die mechanische Pflege und die unkrautunterdrückende Wirkung der Kartoffelbestände variierten die Gesamtdeckungsgrade der Begleitflora auf den Schlagflächen im Mittel der Jahre am ersten Erhebungstermin (Ende Juni) lediglich zwischen 1 und 5%. Eine insgesamt stärkere Besiedlung mit Begleitkräutern und -gräsern wurde am zweiten Termin (August) infolge der nachlassenden Konkurrenz der Stauden und dem abgeschwächten Herbizideinfluss festgestellt. Dabei war die Gesamtverunkrautung mit 21 bis 31% auf den Flächen in Jahnsfelde und Brück im Mittel erheblich höher als auf den übrigen Untersuchungsschlägen (Tab. 3.4/1).

Tab. 3.4/1: Zusammensetzung der Ackerbegleitflora auf den Kartoffelschlägen (Deckungsgrade in %) im Mittel der Jahre (2001 - 2003) und Anbauflächen pro Standort.

Leitunkräuter -Arten	Müncheberg		Jahnsfelde		Brück		Oehna/Welsickendorf	
	Juni	August	Juni	August	Juni	August	Juni	August
Amaranthus retroflexus						0.23		
Capsella bursa pastoris				0.15	0.14			
Chenopodium album	0.07	0.81	0.07	4.29	0.91	3.59	0.57	3.15
Cirsium arvense	0.14		1.24	11.75		0.04	0.05	0.08
Echinochloa crus- galli	0.01	1.73	0.08	1.08	0.30	1.88	1.09	0.14
Elytrigia repens	0.54	1.07	1.67	4.60	0.35	0.09	0.27	0.13
Equisetum arvense	0.06	0.06	0.81	1.16	0.31	1.13		
Erodium cicutarium					0.02			
Erysium cheiranthoides				0.78		0.75		
Galium aparine			0.02	0.64	0.12	0.84	0.26	0.05
Geranium dissectum					0.09			
Lamium purpureum			0.01	0.04		0.04		
Matricaria perforata			0.20		0.17	1.94		
Polygonum aviculare			0.01	0.36	0.27	0.35	0.05	0.02
Polygonum convolvulus		0.03	0.69	3.75	0.96	8.98		0.42
Polygonum lapathifolium				0.47	0.32			0.02
Raphanus raphanistrum						0.73		0.02
Rumex stenophyllus			0.10					
Sonchus asper				0.16				
Stellaria media				1.01	0.02	0.08		0.12
Taraxacum officinale						0.03		
Thlaspi arvense			0.10					
Veronica hederaefolia			0.27	0.36				
Viola arvensis			0.04	0.58		0.87	0.13	0.07
Gesamt-Deckungsgrad	0.82	3.68	5.33	31.18	4.00	21.59	2.42	4.23
Anzahl Arten	5	5	14	16	13	16	7	11

Als dominierende bzw. auf allen Standorten vorkommende Begleitkräuter bzw. -gräser erwiesen sich der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*), die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*), die Hühnerhirse (*Echinocloa crus-galli*), die Quecke (*Elytrigia repens*) sowie der Windenknöterich (*Polygonum convolvulus*). Daneben zeigte sich, dass sowohl der Artenbestand als auch die Deckungsgrade der Arten in Abhängigkeit vom Untersuchungsstandort variierten. So wurden auf den mit Herbiziden behandelten Flächen in Müncheberg und Oehna/Welsickendorf durchschnittlich nur 5 bis 11 Arten mit einer Gesamtdeckung von maximal 4% beobachtet, wohingegen auf den ökologisch geführten Schlägen in Jahnsfelde sowie den herbizidbehandelten Schlägen in Brück im Mittel 13 bis 16 Kräuter und Gräser mit teilweise erhöhten Deckungsgraden gefunden wurden. Der Einfluss des Untersuchungsgebietes wurde auch im Ergebnis der Verrechnung der Einzeldaten sichtbar. Ein Beispiel hierfür ist das für den zweiten Erhebungstermin erstellte Dendrogramm zur Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung der Untersuchungsschläge 2003 (Abb. 3.4/1).

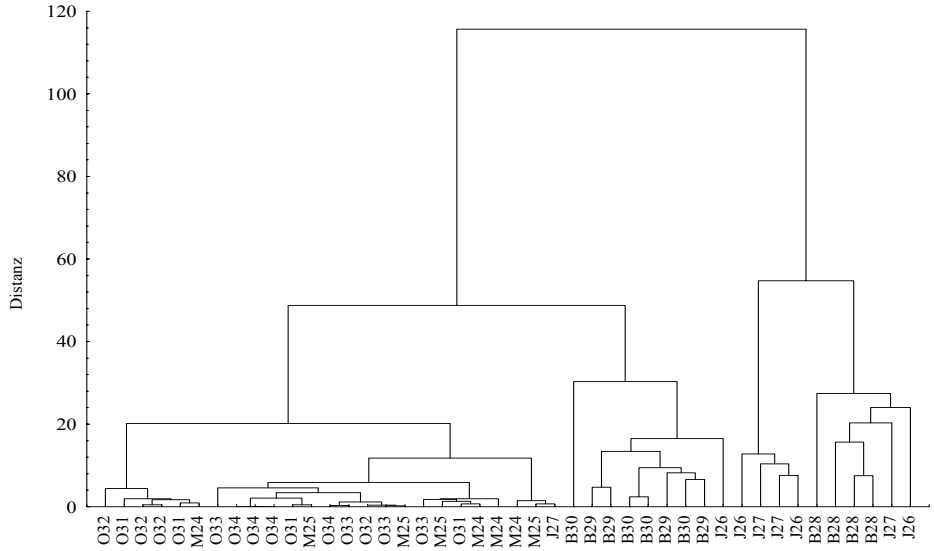


Abb. 3.4/1: Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Untersuchungs-Schlägen 2003 (2. Erhebungstermin).

Auffällig ist ein separates Cluster, in welches der Schlag B28 in Brück sowie die Jahnsfelder Flächen J26 und J27 eingeordnet wurden, während die restlichen Schläge des Standorts Brück (B29, B30) sowie alle Müncheberger und Oehnaer Flächen zwei weitere, klar voneinander abgegrenzte Zweige bildeten. Prinzipiell vergleichbare Clusterungen, die die Besonderheiten der Schläge in Brück und Jahnsfelde auswiesen, ergaben sich beim zweiten Erfassungstermin auch in den anderen Jahren. Weniger ausgeprägt waren diese Unterschiede hingegen bei der ersten Erhebung im Juni aufgrund des geringeren Beikrautbesatzes (nicht dargestellt).

Schlagränder. Die Schlagränder stellten in jeder Region sowohl schmale Übergänge zwischen dem Kartoffelschlag und angrenzenden Wegen, Straßen, Hecken oder Grünlandflächen als auch mehrere Meter breite Schlagrestbereiche dar.

Tab. 3.4/2: Zusammensetzung der Begleitflora an den Schlagrändern (Deckungsgrade in %) im Mittel der Jahre (2001 - 2003) und Anbauflächen.

Art	Müncheberg		Jahnsfelde		Brück		Oehna/Welsickendorf	
	Juni	August	Juni	August	Juni	August	Juni	August
Achillea millefolium					0.59	0.77		
Amaranthus retroflexus	3.84	1.48		1.67	0.47	0.23	0.69	2.43
Anchusa officinalis	0.06		1.72					
Angallis arvensis	0.04							
Apera spica venti					0.16			
Artemisia vulgaris					0.04	0.22	0.70	0.18
Capsella bursa pastoris	0.28	0.28	2.84	2.17	0.27	0.15	0.14	0.67
Chenopodium album	0.71	1.59	0.81	10.73	1.48	2.33	2.94	4.19
Cirsium arvense	0.13	0.63	0.42	0.83	1.05	0.80	0.02	
Convolvulus arvensis	0.76				0.43			
Echinochloa crus- galli	5.19	19.55	4.22	7.52	3.58	5.75	1.94	1.97
Elytrigia repens	0.72	0.84	0.34	2.92	3.88	1.58	0.70	1.24
Equisetum arvense	0.23		0.82	0.46		0.34	0.14	
Erodium cicutarium	0.11	0.95	0.16		0.18			0.08
Erysium cheiranthoides				0.21	1.05	0.98		
Galium aparine	0.16	0.08			0.38	0.73	0.14	0.23
Galinsoga parviflora		0.24		2.19	0.28	0.04		
Geranium dissectum					0.15		0.17	0.14
Lamium amplexicaule					0.08			
Lamium purpureum			0.58		0.06		0.05	
Matricaria discoidea			1.86	0.21			0.09	0.19
Matricaria perforata	0.06	0.08	0.25	2.18	2.24	3.09	0.47	0.96
Myosotis arvensis			0.55		0.33	0.21		
Papaver rhoeas					0.06			
Plantago major								0.31
Poa annua							0.12	
Polygonum aviculare	0.16	0.81	1.21	1.11	0.63	0.20	0.30	1.14
Polygonum convolvulus	0.60	1.92	2.78	4.16	1.97	2.23	0.77	0.49
Polygonum lapathifolium			0.34	1.04	1.03	0.98	0.09	
Raphanus raphanistrum	0.38		0.78			0.22		
Rumex stenophyllus			0.23		0.23	0.23		
Solanum nigrum					0.43	0.00		
Sonchus asper						0.12		
Spergula arvensis			1.96	0.38				
Stellaria media	0.46	1.72	0.51	0.21			0.34	0.39
Taraxacum officinale		0.63			0.41	0.12	0.10	0.08
Thlaspi arvense	0.25		0.86	0.63				
Urtica urens			0.03					0.05
Veronica hederaefolia			1.30	1.04				
Viola arvensis	0.55	0.59	1.73	1.11	0.27	0.87	0.26	0.57
Gesamt-Deckungsgrad	14.67	31.37	26.29	40.74	21.73	22.18	10.16	15.32
Anzahl Arten	20	16	24	20	28	24	21	19

1.Termin, Juni: Hauptvegetation, 2.Termin, August: Seneszenz und Spätverunkrautung der Kartoffelbestände

Dadurch war oft eine Beeinflussung durch die Bearbeitungsmaßnahmen auf den jeweiligen Schlägen gegeben. Darüber hinaus wurden einzelne Ränder auch direkt mit Herbiziden behandelt oder gegrubbert (Jahnsfelde), wodurch die Beikrautbesiedlung teilweise extrem in Abhängigkeit von den Standorten und Erhebungsterminen schwankte. Unter diesen Bedingungen wurde eine mittlere Unkrautdeckung zwischen 10 und 40% ermittelt. Im Vergleich zu den Schlägen wiesen die Randflächen vor allem jedoch ein größeres Artenspektrum an Begleitkäutern auf. Aus Tab. 3.4/2 ist zu entnehmen, dass die Ränder zum einen von den gleichen dominanten typischen Sommerkulturarten wie die bearbeiteten Schläge, zum anderen aber auch von zahlreichen weiteren, innerhalb der Kartoffelbestände weniger oder nicht vorkommenden Arten besiedelt wurden. Übereinstimmend zu den Anbauflächen wurden die höchsten Artenvorkommen in Jahnsfelde und Brück ermittelt. Bedingt durch die vereinzelten Unkrautbekämpfungen zum Freihalten größerer offener Randflächen konnten in den Ähnlichkeitsvergleichen der Artenzusammensetzung nur teilweise klare Unterschiede zwischen den Standorten nachgewiesen werden. Bei den Erhebungen an wenig gestörten Flächen zeichnete sich jedoch der Einfluss des Untersuchungsgebietes auf die Ackerbegleitflora abermals ab.

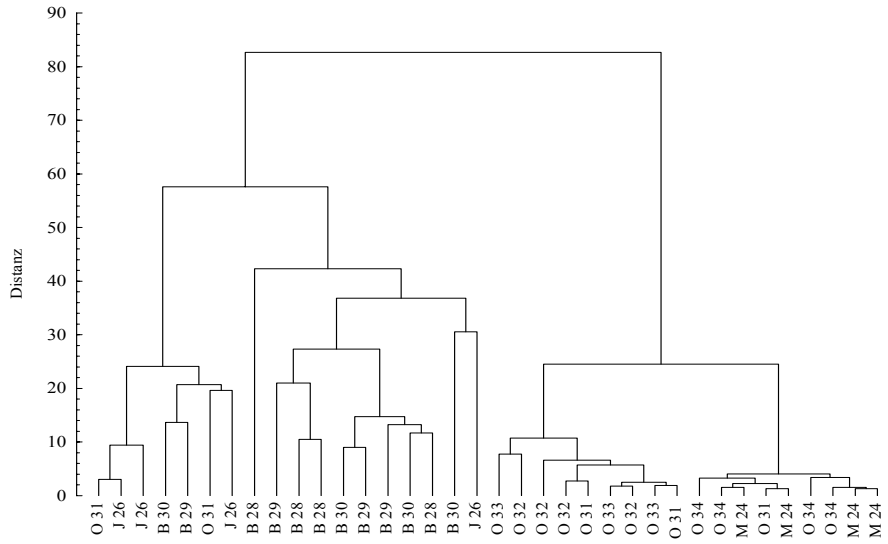


Abb. 3.4/2: Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Rändern der Untersuchungsschläge 2003 (1. Erhebungstermin).

Wie Abb. 3.4/2 am Beispiel der ersten Erhebung an den Standorten des Jahres 2003 zeigt, ließen sich die Orte Müncheberg und Oehna i.w. von den Orten Jahnsfelde und Brück differenzieren. Daneben deuteten sich innerhalb der Hauptcluster auch gemeinsame Gruppierungen von Flächen der gleichen Orte an. Tendenzen standortsspezifischer Clusterungen insbesondere für Jahnsfelde und Brück wurden ferner 2001 beim ersten Termin sowie 2002 und 2003 beim zweiten Termin gefunden.

3.5 Begleitfauna der Kartoffelbestände

3.5.1 Epigäische Begleitfauna

3.5.1.1 Übersicht über die Arten- und Individuenzahlen

In den dreijährigen Erhebungen zur Kartoffelbegleitfauna erwiesen sich die Laufkäfer mit insgesamt 95 Arten und 45.222 Individuen als arten- und individuenreichste Tiergruppe. Lediglich von den Artenzahlen (90) her kommen ihnen die Spinnen nahe, deren Individuenzahlen jedoch 1,8 mal niedriger waren. Die Weberknechte waren mit nur 7 Arten in 510 Individuen vertreten, wovon eine der wenigen xerophilen Offenlandarten, *Phalangium opilio*, den überwiegenden Anteil der Individuen ausmachte. Eine Übersicht über die Gesamtvariabilität der ermittelten Arten- und Individuenzahlen der Spinnen- und Laufkäfergemeinschaften vermittelt Tab. 3.5.1.1.

Tab. 3.5.1.1: Arten und Individuenzahlen der Webspinnen und Laufkäfer auf den Untersuchungsstandorten 2001-2003. (M=Müncheberg, J=Jahnsfelde, B=Brück, O=Oehna, W=Welsickendorf).

	2001					2002					2003			
	Spinnen		Käfer			Spinnen		Käfer			Spinnen		Käfer	
Standorte	Arten	Ind.	Arten	Ind.	Standorte	Arten	Ind.	Arten	Ind.	Standorte	Arten	Ind.	Arten	Ind.
M1	18	554	36	2254	M13	23	982	33	500	M24	13	129	22	238
M2	14	671	35	2915	M14	18	1027	27	504	M25	15	84	23	323
J3	20	1160	42	2209	J15	18	1314	36	3251	J26	19	1308	26	1622
J4	18	1053	39	2763	J16	18	1172	38	3575	J27	24	1162	38	3264
B5	15	121	29	465	B17	12	227	31	1197	B28	17	284	32	455
B6	12	127	24	532	B18	21	534	29	1411	B29	23	308	32	1423
O7	26	782	37	3824	B19	14	231	32	863	B30	16	111	16	202
O8	14	980	26	732	O20	20	1350	37	986	O31	27	1098	21	408
O9	15	592	27	1420	O21	19	2242	22	1600	O32	23	637	23	501
W10	16	385	26	680	O22	14	1298	28	802	O33	23	538	21	234
W11	13	850	30	1661	O23	15	1897	30	1723	O34	20	476	22	686
Mittelwert	16,5	661,4	31,9	1768,6		17,5	1115,8	31,2	1492,0		20,0	557,7	25,1	850,5
Std. Abw.	4,0	349,9	6,1	1121,5		3,4	628,2	4,8	1033,4		4,4	444,8	6,4	933,0
Minimum	12	121	24	465		12	227	22	500		13	84	16	202
Maximum	26	1160	42	3824		23	2242	38	3575		27	1308	38	3264

3.5.1.2 Spinnen und Weberknechte

Artenlisten. Das Arteninventar und die Individuenzahlen der Spinnen und Weberknechte für die einzelnen Fangjahre sind den Tabellen 3.5.1.2/1 bis 3.5.1.2/3 zu entnehmen. Die höchsten Arten- und Individuenzahlen stellen die Baldachinspinnen. Im Jahr 2001 waren es 23 Arten (44,2 %) in 7020 Individuen, was einem relativen Anteil von 96,5 % entspricht. 2002 waren die Baldachinspinnen ebenfalls mit 23 Arten zu verzeichnen (48,9 %), die zusammen 12.274 Individuen oder 98,6 % der Gesamtindividuenzahl ausmachten. Im letzten Untersuchungsjahr wurden 24 Baldachinspinnenarten mit 5419 Individuen entsprechend einem Anteil von 88,3 % ermittelt. Während der relative Artenanteil der Baldachinspinnen in allen drei Jahren

stets unter der Hälfte aller nachgewiesenen Arten blieb, lag ihr Anteil am Gesamtindividuenbestand jedenfalls in den Jahren 2001 und 2002 weit über 90 %. Das bedeutet, dass zwar etwas mehr als die Hälfte der Arten keine Baldachinspinnen waren, ihr Individuenanteil am Gesamtbestand jedoch nahezu keine Rolle spielt.

Tab. 3.5.1.2/1: Artenliste und korrigierte Fangzahlen adulter Spinnen und Weberknechte im Fangjahr 2001.

Art	Autor	Kürzel	M1	M2	J3	J4	B5	B6	O7	O8	O9	W10	W11	Ges.
Webspinnen *(Aranea)*														
Aculepeira ceropegia	(WALCKENAER, 1802)	Acu cer										1		1
Araeoncus humilis	(BLACKWALL, 1841)	Ara hum	3	1	4		1		6	18	4	7	2	46
Araniella opisthographa	(KULCZYNSKI, 1905)	Arn opi				1								1
Bathyphantes gracilis	(BLACKWALL, 1841)	Bat gra	1			1		3	5	4	6	2		22
Diplostyla concolor	(WIDER, 1834)	Dis con	2		1							1	1	5
Drassyllus lutetianus	(L. KOCH, 1866)	Drs lut				1				1				2
Drassyllus praeficus	(L. KOCH, 1866)	Drs pra			1		1							2
Drassyllus pusillus	(C. L. KOCH, 1833)	Drs pus		1	2	3			1		1			8
Erigone atra	(BLACKWALL, 1833)	Eri atr	16	2	27	24	19	22	180	193	109	133	61	786
Erigone dentipalpis	(WIDER, 1834)	Eri den	3	9	18	14	4	4	134	35	39	104	18	382
Erigone longipalpis	(SUNDEVALL, 1830)	Eri lon					1							1
Euophrys frontalis	(WALCKENAER, 1802)	Euo fro			1			1	2					4
Haplodrassus dalmatensis	(L. KOCH, 1866)	Hap dal		1					1	1	1			4
Lepthyphantes flavipes	(BLACKWALL, 1854)	Lep fla								1				1
Lepthyphantes pallidus	(O. P.-CAMBRIDGE, 1871)	Lep pal	1	1		1								3
Lepthyphantes tenuis	(BLACKWALL, 1852)	Lep teu	7	5	7	7	4	18	23	50	24	20	11	176
Mangora acalypha	(WALCKENAER, 1802)	Man aca											1	1
Meioneta rurestris	(C. L. KOCH, 1836)	Mei rur	48	25	54	45	59	68	39	68	65	47	115	633
Micaria pulicaria	(SUNDEVALL, 1832)	Mic pul			4	2								6
Microlinyphia pusilla	(SUNDEVALL, 1830)	Mil pus				1								1
Neottiura bimaculata	(LINNÉ, 1767)	Net bim			1									1
Oedothorax agrestis	(BLACKWALL, 1853)	Oed agr							1					1
Oedothorax apicatus	(BLACKWALL, 1850)	Oed api	434	597	999	916	18	4	295	593	324	62	636	4878
Oedothorax fuscus	(BLACKWALL, 1834)	Oed fus	3		2	1			15	10	10	2		43
Oedothorax retusus	(WESTRING, 1851)	Oed ret				1					1			2
Ostearius melanopygius	(O. P.-CAMBRIDGE, 1879)	Ost mel	3	1			4	1	1					10
Ozyptila praticola	(C. L. KOCH, 1837)	Ozy pra	2			2			1					5
Pachygnatha clercki	(SUNDEVALL, 1823)	Pac cle	1						1					2
Pachygnatha degeeri	(SUNDEVALL, 1830)	Pac deg										1		1
Pardosa agrestis	(WESTRING, 1861)	Par agr	25	25	27	31	1	1	58	4	1	1		174
Pardosa palustris	(LINNAEUS, 1758)	Par pal			1		2		6				1	10
Pardosa prativaga	(L. KOCH, 1870)	Par pra							1					1
Pardosa pullata	(CLERCK, 1757)	Par pul			1									1
Pelecopsis parallela	(WIDER, 1834)	Pel par							1		1			2
Phrurolithus festivus	(C. L. KOCH, 1835)	Phr fes			3									3
Pocadicnemis juncea	(LOCKET & MILLIDGE, 1953)	Poc jun										1		1
Porrhomma microphthalmum	(O. P.-CAMBRIDGE, 1871)	Por mic			5		4	2	3		5	1	1	21
Robertus arundineti	(O. P.-CAMBRIDGE, 1871)	Rob aru						1	1					2
Salticus zebraneus	(C. L. KOCH, 1837)	Sal zeb								1				1
Theridion impressum	(L. KOCH, 1881)	The imp							1				1	2
Theridion varians	(HAHN, 1833)	The var					1							1
Tiso vagans	(BLACKWALL, 1834)	Tis vag				1	1				1			3
Trochosa ruricola	(DE GEER, 1778)	Tro rur	2	1	1	1				1		1		7
Troxochrus scabriculus	(WESTRING, 1851)	Trc sca											1	1
Walckenaeria atrotibialis	(O. P.-CAMBRIDGE, 1878)	Wal atr	1											1
Walckenaeria furcillata	(MENGE, 1869)	Wal fur		1										1
Xerolycosa miniata	(C. L. KOCH, 1834)	Xer min	1					2	3					6
Xerolycosa nemoralis	(WESTRING, 1861)	Xer nem					1		1					2
Xysticus kochi	(THORELL, 1872)	Xys koc			1				1			1	1	4
Xysticus sabulosus	(HAHN, 1832)	Xys sab	1											1
Zelotes longipes	(L. KOCH, 1866)	Zel lon		1										1
Zora nemoralis	(BLACKWALL, 1861)	Zor nem							1					1

Weberknechte (*Opiliones*)														
Opilio saxatilis	(C. L. KOCH, 1839)	Opi sax											1	1
Phalangium opilio	(LINNAEUS, 1758)	Pha opi	29	31	38	13		3	1			3	7	125
Rilaena triangularis	(HERBST, 1799)	Ril tri		1	1	1								3

Tab. 3.5.1.2/2: Artenliste und korrigierte Fangzahlen adulter Spinnen und Weberknechte im Fangjahr 2002.

Art	Autor	Kürzel	M13	M14	J15	J16	B17	B18	B19	O20	O21	O22	O23	Ges.
Webspinnen (*Aranea*)														
Alopecosa trabalis	(CLERCK, 1757)	Alo tra				1								1
Araeoncus humilis	(BLACKWALL, 1841)	Ara hum	2	19	2	1	6	15	4	7	15	6	4	81
Bathyphantes gracilis	(BLACKWALL, 1841)	Bat gra	3	2	2	1	13	22	7	6	18	16	13	103
Clubiona subsultans	(THORELL, 1875)	Clu sub			1									1
Collinsia distincta	(SIMON, 1884)	Col dis									1			1
Diplostyla concolor	(WIDER, 1834)	Dis con	2					2	1	1	1		1	8
Drassodes pubescens	(THORELL, 1856)	Drd pub				1								1
Drassyllus lutetianus	(L. KOCH, 1866)	Drs lut			1						1			2
Drassyllus pusillus	(C. L. KOCH, 1833)	Drs pus			1			1			1			3
Enoplognatha ovata	(CLERCK, 1757)	Eno ova						1						1
Erigone atra	(BLACKWALL, 1833)	Eri atr	59	75	54	37	51	190	54	378	214	195	331	1638
Erigone dentipalpis	(WIDER, 1834)	Eri den	54	42	70	34	10	45	8	277	60	75	162	837
Erigone longipalpis	(SUNDEVALL, 1830)	Eri lon		1				5					1	7
Evarcha arcuata	(CLERCK, 1757)	Eva arc	2											2
Haplodrassus dalmatensis	(L. KOCH, 1866)	Hap dal		1										1
Lepthyphantes insignis	(O. P.-CAMBRIDGE, 1913)	Lep ins		1										1
Lepthyphantes tenuis	(BLACKWALL, 1852)	Lep teu	4	4	2		11	39	10	3	12	19	15	119
Linyphia triangularis	(CLERCK, 1757)	Lin tri	1					1						2
Meioneta rurestris	(C. L. KOCH, 1836)	Mei rur	10	22	128	97	108	32	55	12	47	51	41	603
Microlinyphia pusilla	(SUNDEVALL, 1830)	Mil pus			1	1		1			1		2	6
Neottiura bimaculata	(LINNÉ, 1767)	Net bim		1								1		2
Oedothorax apicatus	(BLACKWALL, 1850)	Oed api	810	835	1024	967	11	40	62	582	1843	924	1314	8412
Oedothorax fuscus	(BLACKWALL, 1834)	Oed fus	9	4	1		6	102	9	4	16	4	4	159
Oedothorax retusus	(WESTRING, 1851)	Oed ret	2	1		1	6	26	7	2				45
Ostearius melanopygius	(O. P.-CAMBRIDGE, 1879)	Ost mel	10	10	1			6	3	1				31
Pachygnatha clercki	(SUNDEVALL, 1823)	Pac cle								1				1
Pachygnatha degeeri	(SUNDEVALL, 1830)	Pac deg	1	2				1		3		1	3	11
Pardosa agrestis	(WESTRING, 1861)	Par agr	4	4	17	18				63		1		107
Pardosa palustris	(LINNAEUS, 1758)	Par pal	2							4		1		7
Pardosa prativaga	(L. KOCH, 1870)	Par pra	1		1	1		1			1		1	6
Pelecopsis parallela	(WIDER, 1834)	Pel par	1						3					4
Pirata hygrophilus	(THORELL, 1872)	Pir hyg				1								1
Pirata piraticus	(CLERCK, 1757)	Pir pir									1		1	2
Pocadicnemis juncea	(LOCKET & MILLIDGE, 1953)	Poc jun				1								1
Porrhomma microphthalmum	(O. P.-CAMBRIDGE, 1871)	Por mic	1		5	6	3		6	1	7	3	4	36
Robertus arundineti	(O. P.-CAMBRIDGE, 1871)	Rob aru	1		1	1				1				4
Savignia frontata	(BLACKWALL, 1833)	Sav fro										1		1
Silometopus reussi	(THORELL, 1871)	Sil reu						2						2
Theridion impressum	(L. KOCH, 1881)	The imp		1		1	1							3
Tibellus oblongus	(WALCKENAER, 1802)	Tib obl								1				1
Tiso vagans	(BLACKWALL, 1834)	Tis vag								1				1
Trochosa ruricola	(DE GEER, 1778)	Tro rur		2	2		1							5
Troxochrus scabriculus	(WESTRING, 1851)	Trc sca									1			1
Xerolycosa miniata	(C. L. KOCH, 1834)	Xer min	1			2		1	2	2				8
Xysticus kochi	(THORELL, 1872)	Xys koc						1			1			2
Zelotes clivicola	(L. KOCH, 1870)	Zel cli	1											1
Zelotes subterraneus	(C. L. KOCH, 1833)	Zel sub	1								1			2
Weberknechte (*Opiliones*)														
Oligolophus tridens	(C. L. KOCH, 1836)	Oli tri					2							2
Phalangium opilio	(LINNAEUS, 1758)	Pha opi	2	3	30	16	3							54
Rilaena triangularis	(HERBST, 1799)	Ril tri	1			1								2

Tab. 3.5.1.2/3: Artenliste und korrigierte Fangzahlen adulter Spinnen und Weberknechte im Fangjahr 2003.

Art	Autor	Kürzel	M24	M25	J26	J27	B28	B29	B30	O31	O32	O33	O34	Ges.
Webspinnen *(Aranea)*														
Achaearanea riparia	(BLACKWALL, 1834)	Ach rip		2		2								4
Aelurillus v-insignitus	(CLERCK, 1757)	Ael vin								2				2
Alopecosa barbipes	(SUNDEVALL, 1833)	Alo bar					6		8	2				16
Alopecosa cuneata	(CLERCK, 1757)	Alo cun	4			2	1	2	3	2				14
Alopecosa pulverulenta	(CLERCK, 1757)	Alo pul		2	2	2		5					2	13
Araeoncus humilis	(BLACKWALL, 1841)	Ara hum	6	14	10	8	4	18	1	22,5	11	16	7	117,5
Araneus diadematus	(CLERCK, 1757)	Arn dia								1			2	3
Arctosa perita	(LATREILLE, 1799)	Art per							8			2		10
Bathyphantes gracilis	(BLACKWALL, 1841)	Bat gra	4		6	8	6	10	2	13	3	11	14	77
Bathyphantes parvulus	(WESTRING, 1851)	Bat par			2								2	4
Centromerita concinna	(THORELL, 1875)	Cen con								2				2
Clubiona comta	(C. L. KOCH, 1839)	Clu com									2			2
Clubiona neglecta	(O. P.-CAMBRIDGE, 1862)	Clu neg									2			2
Dicymbium nigrum brevisetosum	(BLACKWALL, 1834)	Dib nig										1		1
Diplostyla concolor	(WIDER, 1834)	Dis con		2										2
Drassyllus praeficus	(L. KOCH, 1866)	Drs pra				2					4			6
Drassyllus pusillus	(C. L. KOCH, 1833)	Drs pus							1					1
Enoplognatha thoracica	(HAHN, 1833)	Eno tho		2										2
Erigone atra	(BLACKWALL, 1833)	Eri atr	13,3	12	50	58	65	40	19	317,5	55	68	88	785,8
Erigone dentipalpis	(WIDER, 1834)	Eri den		6	18	18	28	3		155	1	23	16	268
Erigone longipalpis	(SUNDEVALL, 1830)	Eri lon			2	2	7	1		14,5		3		29,5
Haplodrassus dalmatensis	(L. KOCH, 1866)	Hap dal				2								2
Lepthyphantes flavipes	(BLACKWALL, 1854)	Lep fla								2				2
Lepthyphantes mengei	(KULCZYNSKI, 1887)	Lep men			2						1		2	5
Lepthyphantes tenuis	(BLACKWALL, 1852)	Lep teu	2		2	2		2		4,5	12	23	48	95,5
Mangora acalypha	(WALCKENAER, 1802)	Man aca										5	4	9
Meioneta rurestris	(C. L. KOCH, 1836)	Mei rur	32	12	34	18	32	93	7	31,5	37	43	35	374,5
Microlinyphia pusilla	(SUNDEVALL, 1830)	Mil pus		4								4	2	10
Oedothorax apicatus	(BLACKWALL, 1850)	Oed api	54	12	1038	922	62	69	24	464,5	405	270	158	3479
Oedothorax fuscus	(BLACKWALL, 1834)	Oed fus			4	20		1		5	1	1	1	33
Oedothorax retusus	(WESTRING, 1851)	Oed ret	2			6	3	4			6	4	9	34
Ostearius melanopygius	(O. P.-CAMBRIDGE, 1879)	Ost mel				2	5		2			3		12
Pachygnatha degeeri	(SUNDEVALL, 1830)	Pac deg	3,3		22			10	1	11	4	3		54,3
Pardosa agrestis	(WESTRING, 1861)	Par agr	2	6	84	62	39	22	6	16,5	58	48	54	397,5
Pardosa agricola	(THORELL, 1856)	Par agc			10									10
Pardosa palustris	(LINNAEUS, 1758)	Par pal	2		2			2		1	1	1	5	14
Pardosa prativaga	(L. KOCH, 1870)	Par pra						2		2	1	2		7
Pelecopsis parallela	(WIDER, 1834)	Pel par						1	7			1		9
Pellenes tripunctatus	(WALCKENAER, 1802)	Pel tri					4							4
Phrurolithus festivus	(C. L. KOCH, 1835)	Phr fes		2							4			6
Pocadicnemis pumila	(BLACKWALL, 1841)	Poc pum		2										2
Porrhomma microphthalmum	(O. P.-CAMBRIDGE, 1871)	Por mic	2		14	4		2	3	11,5	14	2	20	72,5
Robertus arundineti	(O. P.-CAMBRIDGE, 1871)	Rob aru								1				1
Robertus lividus	(BLACKWALL, 1836)	Rob liv				2								2
Savignia frontata	(BLACKWALL, 1833)	Sav fro								1				1
Silometopus reussi	(THORELL, 1871)	Sil reu								2				2
Sitticus zimmermanni	(SIMON, 1877)	Sit zim									2			2
Tegenaria agrestis	(WALCKENAER, 1802)	Teg agr					4							4
Tetragnatha pinicola	(L. KOCH, 1870)	Tet pin				2								2
Trochosa ruricola	(DE GEER, 1778)	Tro rur					14	5		6,5	6		5	36,5
Walckenaeria atrotibialis	O. P.-CAMBRIDGE, 1878	Wal atr								2				2
Xerolycosa miniata	(C. L. KOCH, 1834)	Xer min		2		2		8	14		1	2		29
Xerolycosa nemoralis	(WESTRING, 1861)	Xer nem				2								2
Xysticus kochi	(THORELL, 1872)	Xys koc			2	10		4	5		6			27
Zelotes latreillei	(SIMON, 1878)	Zel lat	2					2		2				6
Zelotes longipes	(L. KOCH, 1866)	Zel lon					2	2						4
Zelotes petrensis	(C. L. KOCH, 1839)	Zel pet					2			2,5		2		6,5
Zelotes subterraneus	(C. L. KOCH, 1833)	Zel sub		4	4	4							2	14
Weberknechte (*Opiliones*)														
Lacinius ephippiatus	(C. L. KOCH, 1835)	Lac eph						2						2
Leiobunum blackwalli	(MEADE, 1861)	Lei bla									4			4
Leiobunum rotundum	(LATREILLE, 1798)	Lei rot			2	2								4
Opilio saxatilis	C. L. KOCH, 1839	Opi sax	3,3		4	28		2			4			41,3
Phalangium opilio	(LINNAEUS, 1758)	Pha opi	20		138	114								272

Dominanzverhältnisse. Die Auswertung der Dominanzspektren der epigäischen Spinnenassoziationen ergab auf den untersuchten Standorten vorwiegend eine Dominanz von *Oedothorax apicatus.* In mehreren Fällen belegten aber auch andere Arten wie *Erigone atra* und *Meioneta rurestris* erste Plätze. Beispielhaft für die Dominanzverhältnisse auf den Untersuchungsschlägen sind in Abb. 3.5.1.2/1 die Dominanzspektren der Spinnenassoziationen des Fangjahres 2002 dargestellt. Die Verhältnisse in den einzelnen Gebieten lassen sich über den gesamten Untersuchungszeitraum wie folgt charakterisieren:

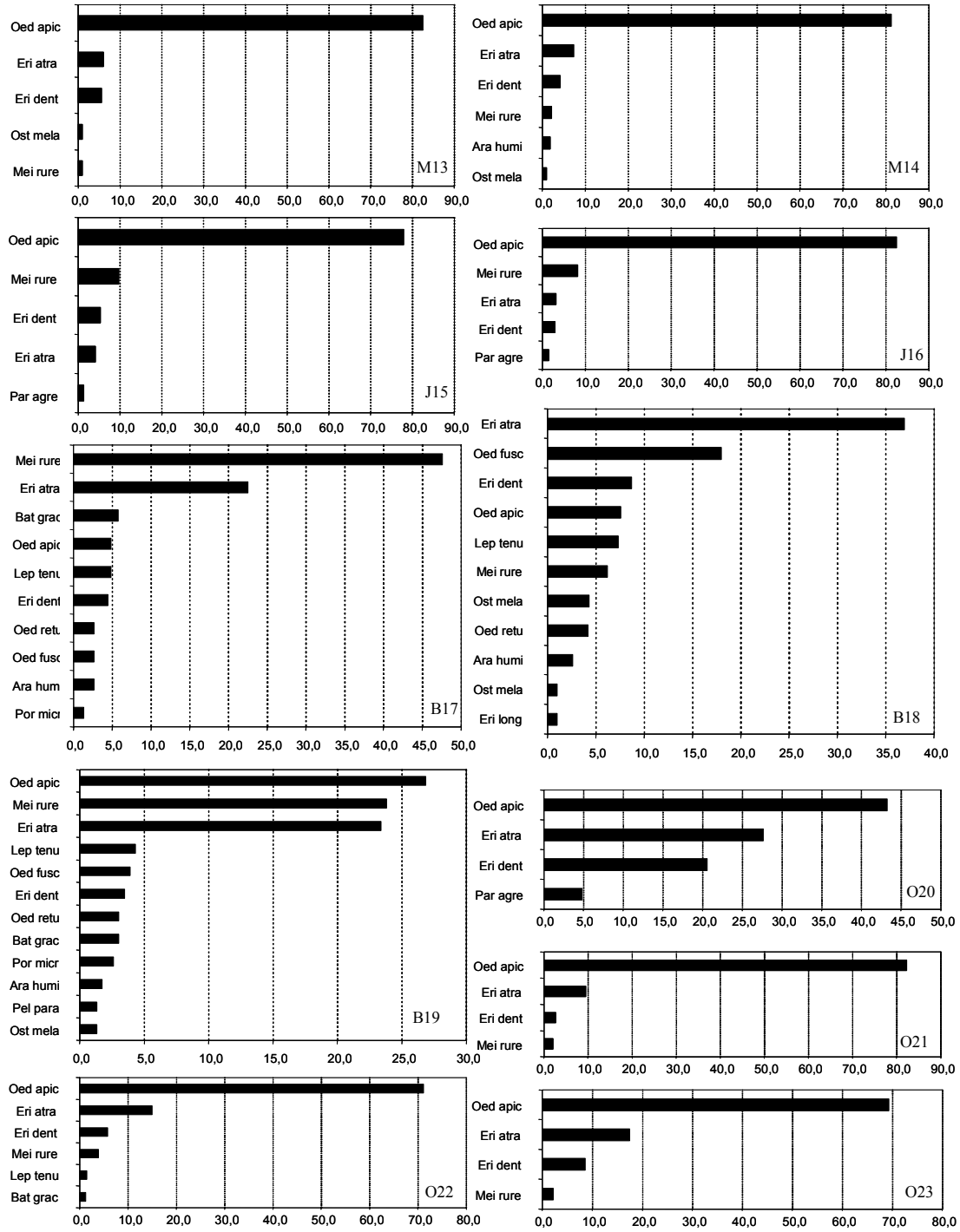


Abb. 3.5.1.2/1: Dominanzspektren der epigäischen Spinnenassoziationen des Fangjahres 2002. Artenkürzel s. Tab. 3.5.1.2/2. Alle Arten mit einer Dominanz >1 % sind dargestellt, Angaben in Prozent.

Auf den Müncheberger Standorten dominierte in allen Jahren *Oedothorax apicatus*. Lediglich auf einem Schlag in Müncheberg (M25) wurde *Araeoncus humilis* als häufigste Art ermittelt. Nach *Oedothorax apicatus* folgte 2001 die Wolfspinne *Pardosa agrestis* auf dem zweiten Platz unter den dominanten Arten, jedoch fehlte sie in den Folgejahren in dieser Kategorie.
Auf den Schlägen in Jahnsfelde findet sich unter den dominanten Arten *Oedothorax apicatus* ebenfalls auf dem ersten Platz. Daneben kam in den Jahren 2001 und 2003 auch *Pardosa agrestis* vergleichsweise häufig vor, 2002 wurde *Pardosa agrestis* dagegen selten gefunden.
Im Gebiet um Brück dominierte im Jahr 2001 sowie auf jeweils einem Schlag in den Jahren 2002 und 2003 (B17, B29) *Meioneta rurestris.* Auf zwei Schlägen der Jahre 2002 und 2003 (B18, B28) stand *Erigone atra* an erster Stelle in der Dominanzstaffelung, während auf den restlichen Schlägen (B19,B30) wiederum *Oedothorax apicatus* als häufigste Art erschien. *Pardosa agrestis* war an den Standorten in Brück 2001 zwar unter den Dominanten vorhanden, stellte jedoch nur eine vergleichsweise niedrige Individuenanzahl. Im Jahre 2002 fehlte sie völlig, währenddessen sie 2003 auf den Schlägen B28 und B29 die dritt- bzw. vierthäufigste und auf dem Schlag B30 eine mittlere Position einnahm.
An den Standorten im Gebiet von Oehna/Welsickendorf erwies sich wiederum *Oedothorax apicatus* fast ausnahmslos als individuenreichste Art. *Pardosa agrestis* fehlte 2001 und 2002 unter den dominanten Arten bzw. stellte nur wenige Individuen, kam jedoch auf den Schlägen 2003 in zweiter und vierter Häufigkeitsposition vor.

Diversität. Um die Arten- und Individuenverteilung der Spinnengemeinschaften an den Standorten zu charakterisieren, wurde das Diversitätsmaß α (log series) berechnet. Die höchsten Diversitätswerte traten bei den Spinnen in jedem Jahr in einem der Standorte in Brück auf (s. Tab. 3.5.1.2/4), die niedrigsten in jedem Untersuchungsjahr in einer anderen Region: 2001 in Welsickendorf, 2002 in Oehna und 2003 in Jahnsfelde. Generell sind die Diversitätswerte für Spinnen auf Äckern als sehr gering einzuschätzen (vgl. Ratschker, 2001). Das liegt vor allem daran, das einerseits nur geringe Artenzahlen festgestellt wurden, andererseits die Individuenzahlen sich sehr ungleich auf die Arten verteilten (Abb. 3.5.1.2/1). Teilweise kann die überall dominant vorkommende Art *Oedothorax apicatus* über 90 % aller Individuen ausmachen. Dass Randeffekte durch angrenzende Strukturen, wie gut ausgebildete Hecken, die Diversitätswerte an den Standorten um Brück erhöht haben könnten, ist vermutlich auszuschließen, da das Artenspektrum und die Dominanzverhältnisse mit den anderen Gebieten nahezu identisch waren (Tab. 3.5.1.2/1 bis 3.5.1.2/3 und Abb. 3.5.1.2/1).

Tab. 3.5.1.2/4: α-Werte und Varianzen (Var) für Spinnen auf den Untersuchungsschlägen 2001-2003. (M=Müncheberg, J=Jahnsfelde, B=Brück, O=Oehna, W=Welsickendorf), hellgrau unterlegt: höchste Diversitätswerte, dunkelgrau unterlegt: niedrigste Diversitätswerte.

Standorte	2001 α	2001 Var	Standorte	2002 α	2002 Var	Standorte	2003 α	2003 Var
M1	3,72	0,77	M13	4,22	0,77	M24	3,14	0,76
M2	2,58	0,48	M14	3,10	0,53	M25	4,85	1,57
J3	3,54	0,63	J15	2,95	0,48	J26	3,14	0,52
J4	3,16	0,56	J16	3,02	0,51	J27	4,20	0,74
B5	4,62	1,42	B17	2,70	0,61	B28	3,92	0,90
B6	3,36	0,94	B18	4,43	0,94	B29	5,63	1,38
O7	5,50	1,16	B19	3,28	0,77	B30	5,01	1,57
O8	2,41	0,42	O20	3,36	0,56	O31	4,99	0,92
O9	2,97	0,59	O21	2,85	0,43	O32	4,67	0,95
W10	3,42	0,73	O22	2,19	0,34	O33	4,88	1,04
W11	2,26	0,39	O23	2,22	0,33	O34	4,20	0,88

Faunistische Ähnlichkeit der Standorte. Die Charakterisierung der faunistischen Ähnlichkeit der Standorte erfolgte mittels Clusteranalysen, die Ergebnisse für die Jahre 2001 bis 2003 sind in Abb. 3.5.1.2/2 dargestellt.

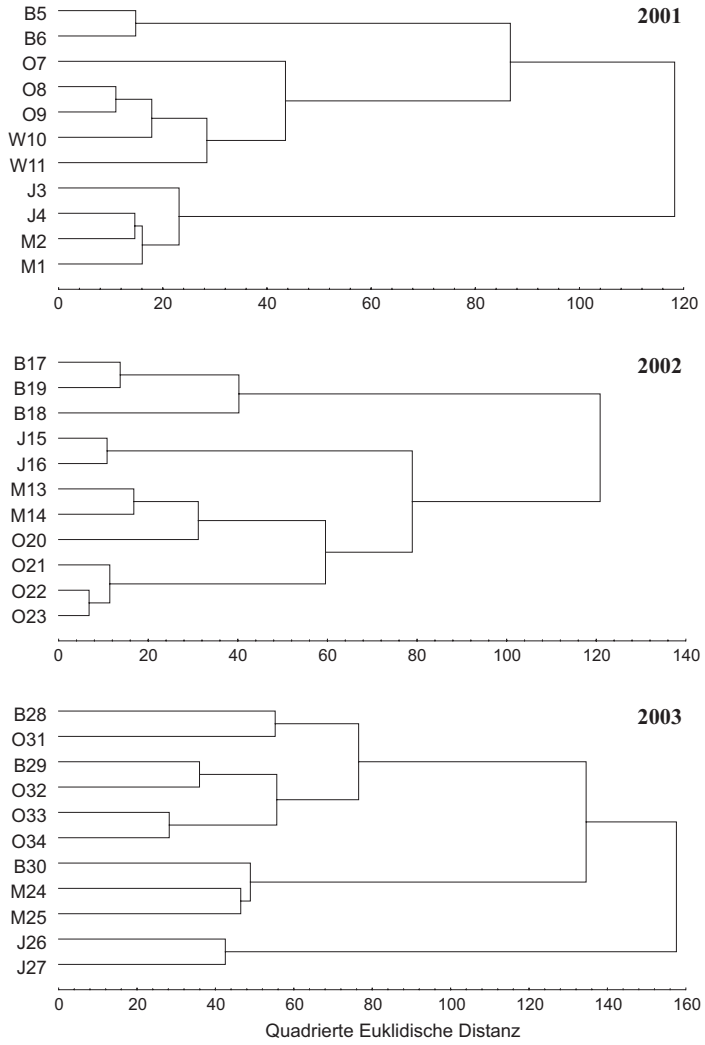


Abb. 3.5.1.2/2: Dendrogramm auf der Grundlage der Individuenidentität der Spinnen für die Untersuchungsjahre 2001-2003. (M=Müncheberg, J=Jahnsfelde , B=Brück, O=Oehna, W=Welsickendorf; S=Sand, Ss=sandiger Schluff, sS=schluffiger Sand, lS=lehmiger Sand, tS=toniger Sand).

Für das Jahr 2001 ist eine deutliche regionale Gruppierung der Spinnenassoziationen zu erkennen. Im zweiten Untersuchungsjahr zeigte sich ein ähnlicher Trend, der jedoch etwas schwächer ausgebildet war. Die Untersuchungen des Jahres 2003 ließen dagegen kaum einen regionalen Bezug erkennen. Lediglich einzelne Schläge der verschiedenen Regionen wurden zusammen geclustert. Deutlich zeigte sich die gemeinsame Gruppierung der Ackerschläge an den Standorten Müncheberg und Jahnsfelde. Ähnliche Bodenverhältnisse sowie die Zugehörigkeit zum gleichen Landschaftsraum sind dafür offensichtlich ausschlaggebend.

Spinnenassoziationen als pedologische Indikatoren. Die Ergebnisse der Clusteranalysen, die zum Teil klare Beziehungen zwischen den Spinnenassoziationen und den Standorten aufzeigten, konnten durch die Ergebnisse der Detrended Correspondence Analyses (DCAs) bezogen auf den Einfluß der Bodenart auf die Spinnenfauna bestätigt werden. Dies ist für das Jahr 2001 im Ordinationsdiagramm (Abb. 3.5.1.2/3) dargestellt. Hier wurden die Standortgruppen, die jeweils einem Bodentyp entsprechen, durch Ellipsen gekennzeichnet.

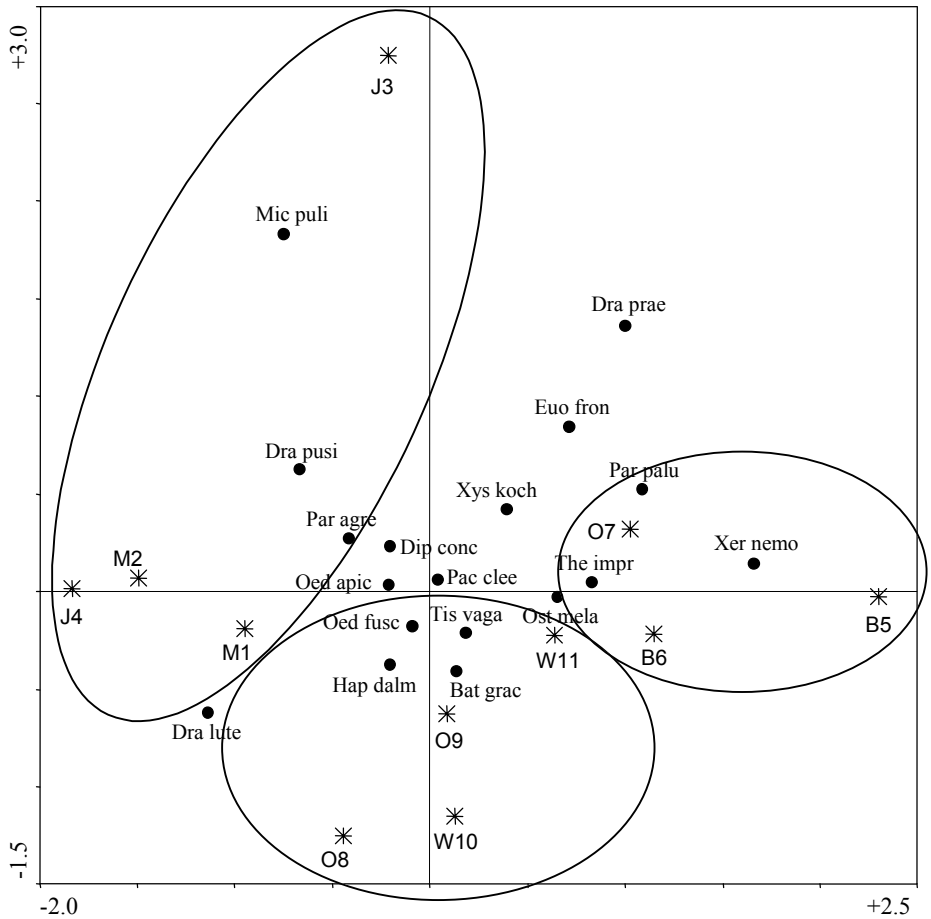
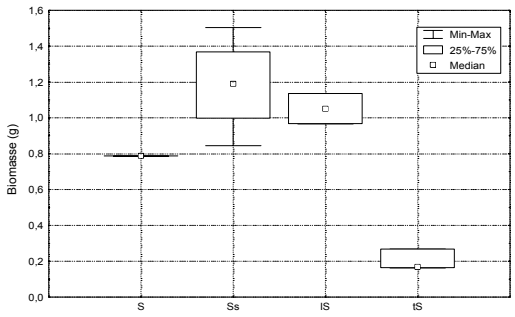


Abb. 3.5.1.2/3: Ordinationsdiagramm als Ergebnis einer Detrended Correspondence Analysis (DCA) für die Spinnen des Untersuchungsjahres 2001. Die Standortgruppen, die jeweils gleiche Bodentypen repräsentieren, sind durch Ellipsen hervorgehoben. Standorte auf lehmigem Sand: Oehna: O8, O9, Welsickendorf: W10, W11. Standorte auf schluffigem Sand: Brück: B5, B6, Müncheberg: M1, M2. Standorte auf sandigem Schluff: Jahnsfelde: J3, J4, Oehna: O7 Artenkürzel: s.Tab. 3.5.1.2/1.

Dabei bilden die lehmigen Sandstandorte O8, O9, W10, W11 eine Gruppe, wohingegen die Standorte auf den sandigen Schluffen (J3,J4,O7) und schluffigen Sande (M1,M2,B5,B6) in zwei Gruppen aufgeteilt werden. Dabei treten Standorte der beiden Bodentypen in den Clustern gemischt auf. Für das Jahr 2002 wurden die Standorte der Bodentypen sandiger Schluff und schluffiger Sand zusammengefasst. Davon trennten sich die Standorte in Brück auf tonigem Sand und die beiden Standorte auf lehmigem Sand in Jahnsfelde. Eine weitere Abtrennung ergab sich für die reinen Sande in Müncheberg (nicht dargestellt). Auch im Jahr 2003 stellen sich die Gruppierungsverhältnisse der Standorte recht einheitlich dar. Es zeigten sich tendenziell Abgrenzungen zwischen den tonigen Sanden in Brück, den schluffigen Sanden in Müncheberg und Oehna sowie den sandigen Schluffen in Oehna (nicht dargestellt).

Biometrische Parameter. Als biometrische Parameter wurden die in ökologischen Studien häufig verwendeten mittleren Körpermassen sowie die charakteristischen Arten ausgewertet. Wie unter 2.6.2 beschrieben, geht in die Berechnung der mittleren Körpermasse neben den Arten- und Individuenzahlen auch die Größenklasse der Individuen ein. Bezüglich der Größenklassen zeigte sich, dass bei den Spinnen die Klasse II (2-4,9 mm Körperlänge) in allen Untersuchungsjahren den größten Artenanteil einnahm. Klare Beziehungen zwischen der Körperlänge und den Standorten bzw. Bodenarten deuteten sich dabei nicht an. Die errechneten mittleren Körpermassen hingegen zeigten eine tendenzielle Abhängigkeit von der Bodenart des Standortes.

Aus Abb. 3.5.1.2/4 ist zu entnehmen, dass die Körpermassen in den Standortgruppen sandige Schluffe“ (2001 und 2002) und „schluffige Sande“ (2003) stets am höchsten waren. Im ersten Jahr war die mittlere Körpermasse auf den sandigen Schluffen etwa zweimal so hoch wie auf den schluffigen Sanden und fast dreimal so hoch wie auf den lehmigen Sanden. Allerdings ergab sich hierfür keine statistische Sicherung auf dem 5 %-Niveau. Im zweiten Jahr wies die Gruppe der sandigen Schluffe gegenüber der parallel untersuchten Gruppen lehmige und tonige Sande ebenfalls deutlich erhöhte Werte auf, die sich auch statistisch sichern ließen. 2003 wurden in der Gruppe der schluffigen Sande die höchsten Werte ermittelt, die jedoch wie im ersten Jahr auf dem 5 %-Niveau nicht abgesichert werden konnten.



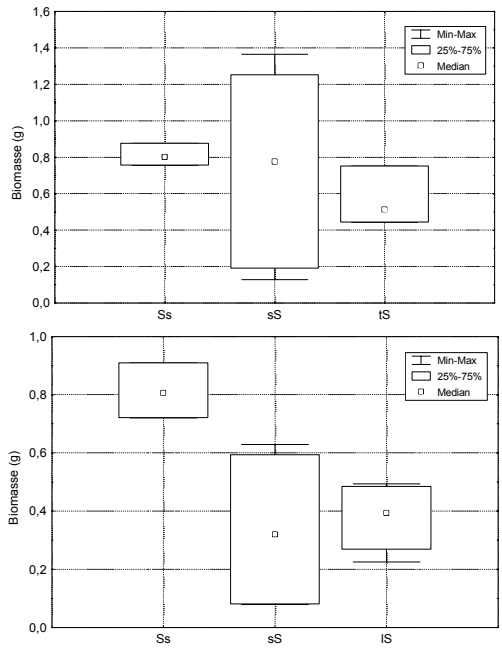


Abb. 3.5.1.2/4: Medianwerte, obere und untere Quartile sowie Maxima und Minima der mittleren Körpermassen der Spinnen für die Standortgruppen der Untersuchungsjahre 2001 - 2003. (S=Sand ,sS=schluffiger Sand,lS=lehmiger Sand, tS=toniger Sand, Ss=sandiger Schluff).

Charakteristische Arten. Mit der Berechnung der Nischenbreite und der Aktivitätsdominanz wurden für die auf die unterschiedlichen Böden normierten Standortgruppen charakteristische Arten bestimmt. In den Jahren 2001 und 2002 war es jeweils nur eine Art (*Ostearius melanopygius* für schluffige Sande 2001 und *Oedothorax retusus* für die Standortgruppe der tonigen Sande 2002), die jedoch nicht in der Gruppe von sieben charakteristischen Arten des gleichen Bodentyps im Untersuchungsjahr 2003 vorhanden war. Für die Standortgruppe der schluffigen Sande wurde *Oedothorax fuscus* und für die der sandigen Schluffe *Lepthyphantes tenuis* und *Mangora acalypha* ermittelt. Letztere ist jedoch eher eine Bewohnerin der niedrigen Krautschicht als des Bodens. Für die Standortgruppen der Sande und der lehmigen Sande konnten keine charakteristischen Arten ermittelt werden. Bemerkenswert ist, dass weder *Bathyphantes gracilis*, *Erigone atra*, *Erigone dentipalpis* noch *Oedothorax apicatus*, die auf vielen Standorten als dominante Arten auftreten und in der Literatur oft als typische Ackerarten genannt werden (vgl. z. B. Blick et al., 2000), für keine der Standortgruppen als Charakterart identifiziert werden konnten. Dies ist damit zu erklären, da sie eurytop sind und in allen Standortgruppen mit großer Häufigkeit vorkamen.

3.5.1.3 Laufkäfer

Artenlisten. Das Arteninventar und die entsprechenden Individuenzahlen der Laufkäfer sind den Tabellen 3.5.1.3/1 bis 3.5.1.3/3 zu entnehmen. Eine Übersicht über die Gesamtvariabilität befindet sich in Tab. 3.5.1.1. Im Gegensatz zu den Spinnen sind die Laufkäfergemeinschaften sehr viel artenreicher.

Tab. 3.5.1.3/1: Artenliste und korrigierte Fangzahlen der Laufkäfer im Fangjahr 2001.

Art	Autor	Kürzel	M1	M2	J3	J4	B5	B6	O7	O8	O9	W10	W11	Ges.
Acupalpus meridianus	(LINNÉ, 1761)	Acu mer			12	7	1							20
Acupalpus parvulus	(STURM, 1825)	Acu par					9	1			1			11
Amara apricaria	(PAYKULL, 1790)	Ama apr			1		1	2	19			1	1	25
Amara aulica	(PANZER, 1797)	Ama aul	1			3				1	2			7
Amara bifrons	(GYLLENHAL, 1810)	Ama bif	2	3		1		1	4	1	7	1	3	23
Amara consularis	(DUFTSCHMID, 1812)	Ama cos		2	1	1			34		1		8	47
Amara fulva	(O. F. MÜLLER, 1776)	Ama ful			2	1								3
Amara ingenua	(DUFTSCHMID, 1812)	Ama ing				1			5				1	7
Amara plebeja	(GYLLENHAL, 1810)	Ama ple			4	4					1			9
Amara similata	(GYLLENHAL, 1810)	Ama sim			1		1	1	1	1		1	7	13
Amara spreta	DEJEAN, 1831	Ama spr							1					1
Amara tricuspidata	DEJEAN, 1831	Ama tri				1								1
Anchomenus dorsalis	(PONTOPIDDAN, 1763)	Anc dor	3	8	22	55	1		1	1	2	8	24	125
Anisodactylus binotatus	(FABRICIUS, 1787)	Ani bin				1								1
Asaphidion flavipes	(LINNÉ, 1761)	Asa fla											1	1
Bembidion femoratum	STURM, 1825	Bem fem	245	250	9	8	3		34		8	152	145	854
Bembidion lampros	(HERBST, 1784)	Bem lam	7	6	51	58	1			1	1	3	147	275
Bembidion properans	(STEPHENS, 1828)	Bem pro	78	62	71	54	25	3	30	15	9	42	225	614
Bembidion quadrimaculatum	(LINNÉ, 1761)	Bem qua	75	89	46	70	49	17	7	1	12	11	62	439
Bembidion tetracolum	SAY, 1823	Bem tetr	1			1	19	2						23
Broscus cephalotes	(LINNÉ, 1758)	Bro cep	10	6	6	1								23
Calathus ambiguus	(PAYKULL, 1790)	Cal amb	6	30	2	2	10		10		6		8	74
Calathus cinctus	MOTSCHULSKY, 1850	Cal cin	101	145	21	9	9	10	81	50	218	157	162	963
Calathus erratus	(C. R. SAHLBERG, 1827)	Cal err	199	223	225	97	26	9	773	42	217	128	166	2105
Calathus fuscipes	(GOEZE, 1777)	Cal fus	213	152	156	254		25	61	2	40	9	16	928
Calathus melanocephalus	(LINNÉ, 1758)	Cal mel	3	4	2		3	4	4	1	5		2	28
Calathus micropterus	(DUFTSCHMID, 1812)	Cal mic			1									1
Calosoma auropunctatum	(HERBST, 1784)	Cas aur	6	7					47	7	11	3		81
Carabus auratus	LINNÉ, 1761	Car aur	1		1	1								3
Clivina collaris	(HERBST, 1784)	Cli col	5	2		1	3	1						12
Clivina fossor	(LINNÉ, 1758)	Cli fos	29	26	5	7	10	10		3	3	9		102
Dolichus halensis	(SCHALLER, 1783)	Dol hal	3	22		2								27
Dyschirius globosus	(HERBST, 1784)	Dys glo			1		4	71						76
Elaphrus riparius	(LINNÉ, 1758)	Elp rip											1	1
Harpalus affinis	(SCHRANK, 1781)	Har aff	31	64	201	169	13	12	156	42	25	13	41	767
Harpalus anxius	(DUFTSCHMID, 1812)	Har anx		1	1	1	1		2					6
Harpalus distinguendus	(DUFTSCHMID, 1812)	Har dis	1	5	8	3			18	7	2	1	215	260
Harpalus froelichii	STURM, 1818	Har fro		2					3				4	9
Harpalus pumilus	STURM, 1818	Har pum	1				1		1					3
Harpalus rufipalpis	STURM 1818	Har ruf								1			1	2
Harpalus signaticornis	(DUFTSCHMID, 1812)	Har sig		1	2				1	1		1		6
Harpalus smaragdinus	(DUFTSCHMID, 1812)	Har sma			1	1							1	3
Harpalus subcylindricus	DEJEAN, 1829	Har sub							1					1
Harpalus tardus	(PANZER,1797)	Har tar			7	13			12			1		33
Loricera pilicornis	(FABRICIUS, 1775)	Lor pil		2			4	7	6	4		10	1	34
Microlestes minutulus	(GOEZE, 1777)	Mic min	20	26	34	62	26	8	3	1	5	2	16	203
Nebria brevicollis	(FABRICIUS, 1792)	Neb bre	1		2				1					4
Notiophilus rufipes	CURTIS, 1829	Not ruf						1						1
Olisthopus rotundatus	(PAYKULL, 1798)	Oli rot			1									1
Paradromius linearis	(DEJEAN, 1826)	Par lin	134											134
Poecilus cupreus	(LINNÉ, 1758)	Poe cup	271	320	645	891	106	216	15	42	130	47	122	2805
Poecilus lepidus	(LESKE, 1785)	Poe lep	3	2	114	94		1	58					272
Poecilus punctulatus	(SCHALLER, 1783)	Poe pun	2	1	10	3			442	14	3	14	9	498
Poecilus versicolor	(STURM 1824)	Poe ver	79	60	70	100	10	10	4	4	12	3	8	360
Pseudoophonus calceatus	(DUFTSCHMID, 1812)	Pse cal	3	2					10	1				16
Pseudoophonus griseus	(PANZER, 1797)	Pse gri		4			1		1					6
Pseudoophonus rufipes	(DE GEER, 1774)	Pse ruf	579	1092	200	325	122	10	1870	150	22	27	109	4506
Pterostichus melanarius	(ILLIGER, 1798)	Pte mel	103	274	256	452	4	93	69	333	414	18	92	2108
Pterostichus nigrita	(PAYKULL, 1790)	Pte nit			1									1
Pterostichus oblongopunctatus	(FABRICIUS, 1787)	Pte obl			1									1
Pterostichus strenuus	(PANZER, 1797)	Pte str									1			1
Stomis pumicatus	(PANZER, 1796)	Sto pum			1									1

Syntomus foveatus	(GEOFFROY, 1785)	Syn fov	1	2	2	1			36			14		56
Synuchus vivalis	(ILLIGER, 1798)	Syn viv	1			1	1							3
Trechus quadristriatus	(SCHRANK, 1781)	Tre qua	16	8	10	7	1	17	3	6	262	4	63	397
Zabrus tenebrioides	(GOEZE, 1777)	Zab ten	20	12	2									34

Tab. 3.5.1.3/2: Artenliste und korrigierte Fangzahlen der Laufkäfer im Fangjahr 2002.

Art	Autor	Kürzel	M13	M14	J15	J16	B17	B18	B19	O20	O21	O22	O23	Ges.
Abax parallelepipedus	(PILLER & MITTERPACHER, 1783)	Aba par	1		4	3								8
Acupalpus flavicollis	(STURM, 1825)	Acu fla					1							1
Acupalpus meridianus	(LINNÉ, 1761)	Acu mer			3	6	7							16
Acupalpus parvulus	(STURM, 1825)	Acu par							3					3
Agonum muelleri	(HERBST, 1784)	Ago mue											1	1
Agonum sexpunctatum	(LINNÉ, 1758)	Ago sex							1					1
Amara apricaria	(PAYKULL, 1790)	Ama apr	2				1		2	2				7
Amara aulica	(PANZER, 1797)	Ama aul		1	1				1	1			1	5
Amara bifrons	(GYLLENHAL, 1810)	Ama bif		1		1		3	1	5		1	4	16
Amara communis	(PANZER, 1797)	Ama com										1		1
Amara consularis	(DUFTSCHMID, 1812)	Ama cos	3	1	1		1	3		6		1		16
Amara familiaris	(DUFTSCHMID, 1812)	Ama far					1		1					2
Amara fulva	(O. F. MÜLLER, 1776)	Ama ful	4							1				5
Amara plebeja	(GYLLENHAL, 1810)	Ama ple			2		1							3
Amara similata	(GYLLENHAL, 1810)	Ama sim				2		1			1		4	8
Anchomenus dorsalis	(PONTOPIDDAN, 1763)	Anc dor	1	14	19	13		18	1		119	11	208	404
Anisodactylus binotatus	(FABRICIUS, 1787)	Ani bin							1					1
Asaphidion flavipes	(LINNÉ, 1761)	Asa fla							1			4	6	11
Bembidion femoratum	(STURM, 1825)	Bem fem	44	141	167	89	6	3	2	52	89	55	39	687
Bembidion lampros	(HERBST, 1784)	Bem lam	10	14	207	264	41			1	110	5	2	654
Bembidion obtusum	(AUDINET-SERVILLE, 1821)	Bem obt								1				1
Bembidion properans	(STEPHENS, 1828)	Bem pro	3	44	58	61	5	17	18	85	57	50	108	506
Bembidion quadrimaculatum	(LINNÉ, 1761)	Bem qua	5	47	254	359	126	30	113	15	55	30	26	1060
Bembidion tetracolum	(SAY, 1823)	Bem tetr			4	4	83	1	113		6	1	26	238
Bradycellus csikii	(LACZÓ, 1912)	Brc csi								2				2
Broscus cephalotes	(LINNÉ, 1758)	Bro cep	3		46	17				92				158
Calathus ambiguus	(PAYKULL, 1790)	Cal amb				4	2		15	30	1	4	3	59
Calathus cinctus	(MOTSCHULSKY, 1850)	Cal cin	37	23	9	6	2	18	2	130	200	64	164	655
Calathus erratus	(C. R. SAHLBERG, 1827)	Cal err	14	13	23	8	1	50	9	213	81	39	88	539
Calathus fuscipes	(GOEZE, 1777)	Cal fus	4	11	25	30	18	111		32	29	17	24	301
Calathus melanocephalus	(LINNÉ, 1758)	Cal mel				1	2			24		4	12	43
Calathus rotundicollis	(DEJEAN, 1828)	Cal rot				4								4
Calosoma auropunctatum	(HERBST, 1784)	Cas aur	2				1			18		1	1	23
Carabus auratus	(LINNÉ, 1761)	Car aur			2	1								3
Carabus granulatus	(LINNÉ, 1758)	Car gra						5	9					14
Chlaenius nigricornis	(FABRICIUS, 1787)	Chl nig					1							1
Cicindela hybrida	(LINNÉ, 1758)	Cic hyb	12											12
Clivina collaris	(HERBST, 1784)	Cli col			3	4	2		1			1		11
Clivina fossor	(LINNÉ, 1758)	Cli fos		5	34	21	6	36	13		14	9	13	151
Dyschirius globosus	(HERBST, 1784)	Dys glo					3		42					45
Harpalus affinis	(SCHRANK, 1781)	Har aff	19	18	146	205	6	36	6	20	13	5	25	499
Harpalus anxius	(DUFTSCHMID, 1812)	Har anx								1				1
Harpalus distinguendus	(DUFTSCHMID, 1812)	Har dis	2	2	7	7				3	2	1	26	50
Harpalus froelichii	(STURM, 1818)	Har fro	50	1	1			1						53
Harpalus latus	(LINNÉ, 1758)	Har lat			1									1
Harpalus luteicornis	(DUFTSCHMID, 1812)	Har lut				1								1
Harpalus picipennis	(DUFTSCHMID, 1812)	Har pic								1				1
Harpalus pumilus	(STURM, 1818)	Har pum		1										1
Harpalus rufipalpis	(STURM 1818)	Har ruf						1						1
Harpalus servus	(DUFTSCHMID, 1812)	Har sev	2											2
Harpalus signaticornis	(DUFTSCHMID, 1812)	Har sig	2	1	3	1		1		1	1			10
Harpalus smaragdinus	(DUFTSCHMID, 1812)	Har sma			2	2		1		3				8
Harpalus subcylindricus	(DEJEAN, 1829)	Har sub								1				1
Harpalus tardus	(PANZER,1797)	Har tar	13	1	4	4		19	1					42
Loricera pilicornis	(FABRICIUS, 1775)	Lor pil		1	8	2	5	19	14	13	20	32	38	152
Masoreus wetterhallii	(GYLLENHAL, 1813)	Mas wet	1											1

Microlestes minutulus	(GOEZE, 1777)	Mic min	1	12	14	20	17	4	16	1		1	2	88
Nebria brevicollis	(FABRICIUS, 1792)	Neb bre								1				1
Ophonus rufibarbis	(FABRICIUS, 1792)	Oph ruf							1					1
Poecilus cupreus	(LINNÉ, 1758)	Poe cup	22	51	1548	1933	707	761	394	3	268	107	437	6231
Poecilus lepidus	(LESKE, 1785)	Poe lep	149	29	62	67		4		4				315
Poecilus punctulatus	(SCHALLER, 1783)	Poe pun			12	6				5	3		47	73
Poecilus versicolor	(STURM 1824)	Poe ver	20	10	48	90	23	25	11		20	6	30	283
Pseudoophonus calceatus	(DUFTSCHMID, 1812)	Pse cal	2				1	1		9			1	14
Pseudoophonus griseus	(PANZER, 1797)	Pse gri	1			1				6				8
Pseudoophonus rufipes	(DE GEER, 1774)	Pse ruf	59	28	148	119	95	47	56	134	10	72	136	904
Pterostichus anthracinus	(ILLIGER, 1798)	Pte ant				2								2
Pterostichus melanarius	(ILLIGER, 1798)	Pte mel	1	19	357	179	29	181	7		190	258	218	1439
Pterostichus niger	(SCHALLER, 1783)	Pte nig							1					1
Pterostichus vernalis	(PANZER, 1796)	Pte ver					1							1
Stomis pumicatus	(PANZER, 1796)	Sto pum			2	2								4
Syntomus foveatus	(GEOFFROY, 1785)	Syn fov	8	1	1					48				58
Syntomus truncatellus	(LINNÉ, 1761)	Syn tru								19				19
Synuchus vivalis	(ILLIGER, 1798)	Syn viv							1			1	4	6
Trechus quadristriatus	(SCHRANK, 1781)	Tre qua	2	14	25	36	2	13	6	3	311	21	29	462
Zabrus tenebrioides	(GOEZE, 1777)	Zab ten	1					1						2

Tab. 3.5.1.3/3: Artenliste und korrigierte Fangzahlen der Laufkäfer im Fangjahr 2003.

Art	Autor	Kürzel	M24	M25	J26	J27	B28	B29	B30	O31	O32	O33	O34	Ges.
Abax parallelepipedus	(PILLER & MITTER-PACHER, 1783)	Aba par			4	8								12
Amara aenea	(DE GEER, 1774)	Ama aen				2								2
Amara apricaria	(PAYKULL, 1790)	Ama apr				2		1						3
Amara aulica	(PANZER, 1797)	Ama aul		2		2	2					2		8
Amara bifrons	(GYLLENHAL, 1810)	Ama bif				6	4			4,5		4	4	22,5
Amara consularis	(DUFTSCHMID, 1812)	Ama cos	6,7	2	10	14	8	2	49,5	2,5				94,7
Amara equestris	(DUFTSCHMID, 1812)	Ama equ					2							2
Amara fulva	(O. F. MÜLLER, 1776)	Ama ful			2	2	2		4					10
Amara gebleri	(DEJEAN, 1831)	Ama geb					2							2
Amara plebeja	(GYLLENHAL, 1810)	Ama ple	2	3,3		2	6	9	1	4		3		30,3
Amara similata	(GYLLENHAL, 1810)	Ama sim	10			2	2	2		10	2			28
Amara spreta	(DEJEAN, 1831)	Ama spr						2						2
Anchomenus dorsalis	(PONTOPIDDAN, 1763)	Anc dor			30	68	2	2			54	16	21	193
Asaphidion flavipes	(LINNÉ, 1761)	Asa fla									6			6
Bembidion femoratum	(STURM, 1825)	Bem fem	24,7	12		2	8	2		7	4		62	121,7
Bembidion lampros	(HERBST, 1784)	Bem lam	32	25,3	16	58	3	2		5	120	7	34	302,3
Bembidion properans	(STEPHENS, 1828)	Bem pro	16	28		14	29	15		44,5	9	3	31	189,5
Bembidion quadrimaculatum	(LINNÉ, 1761)	Bem qua	13,3	10	42	12	18	41	5	78	3	9	27	258,3
Bembidion tetracolum	(SAY, 1823)	Bem tetr		2				7			22		2	33
Broscus cephalotes	(LINNÉ, 1758)	Bro cep			16	32			2			2		52
Calathus ambiguus	(PAYKULL, 1790)	Cal amb	20	6	16	28	12	14			14	2	2	114
Calathus cinctus	(MOTSCHULSKY, 1850)	Cal cin	8,7		6	12	4	2	7,5	2,5	2	2	8	54,7
Calathus erratus	(C. R. SAHLBERG, 1827)	Cal err	2		48	66	2	10	5,5		46	12	21	212,5
Calathus fuscipes	(GOEZE, 1777)	Cal fus			54	218	10	221	2,5		36	8	44	593,5
Calathus melanocephalus	(LINNÉ, 1758)	Cal mel				4		4			2			10
Calosoma auropunctatum	(HERBST, 1784)	Cas aur			2	10	13	2			2			29
Carabus auratus	(LINNÉ, 1761)	Car aur				26								26
Carabus coriaceus	(LINNÉ, 1758)	Car cor	3,3											3,3
Cicindela hybrida	(LINNÉ, 1758)	Cic hyb	14				4							18
Clivina collaris	(HERBST, 1784)	Cli col			4	10		4					2	20
Clivina fossor	(LINNÉ, 1758)	Cli fos		2	36	18		11			5		3	75
Dolichus halensis	(SCHALLER, 1783)	Dol hal				4								4
Dyschirius globosus	(HERBST, 1784)	Dys glo						3						3
Harpalus affinis	(SCHRANK, 1781)	Har aff	4	6	48	72	24	19	27,5	18,5	8	4	2	233
Harpalus anxius	(DUFTSCHMID, 1812)	Har anx					2							2
Harpalus distinguendus	(DUFTSCHMID, 1812)	Har dis			2					2,5				4,5
Harpalus froelichii	(STURM, 1818)	Har fro	16,7				20		6	8				50,7
Harpalus hirtipes	(PANZER, 1797)	Har hir					2							2
Harpalus pumilus	(STURM, 1818)	Har pum					11							11
Harpalus signaticornis	(DUFTSCHMID, 1812)	Har sig				4	5			4		9		22

Harpalus smaragdinus	(DUFTSCHMID, 1812)	Har sma		2			6	2	5,5	3		2		20,5
Harpalus tardus	(PANZER,1797)	Har tar	6,7	2	10	12	19	2				5		56,7
Loricera pilicornis	(FABRICIUS, 1775)	Lor pil								13,5		4	18	35,5
Microlestes minutulus	(GOEZE, 1777)	Mic min	2	2		4	4	17			3	3		35
Ophonus azureus	(FABRICIUS, 1775)	Oph azu			2									2
Panagaeus bipustulatus	(FABRICIUS, 1775)	Pan bip					2							2
Poecilus cupreus	(LINNÉ, 1758)	Poe cup	8	26	214	410	2	163	2	7	46		35	913
Poecilus lepidus	(LESKE, 1785)	Poe lep	4	32	156	234				1				427
Poecilus versicolor	(STURM 1824)	Poe ver	2	42	38	96		11		1	2	1	1	194
Pseudoophonus calceatus	(DUFTSCHMID, 1812)	Pse cal		4	2	2			10,5	4			2	24,5
Pseudoophonus griseus	(PANZER, 1797)	Pse gri		4	8	6		10						28
Pseudoophonus rufipes	(DE GEER, 1774)	Pse ruf	32	98,7	728	1244	200	689	65,5	180	57	27	103	3424
Pterostichus melanarius	(ILLIGER, 1798)	Pte mel	6	6	124	552	25	148	2	7	40	109	232	1251
Pterostichus niger	(SCHALLER, 1783)	Pte nig											2	2
Pterostichus oblongopunctatus	(FABRICIUS, 1787)	Pte obl						2						2
Syntomus foveatus	(GEOFFROY, 1785)	Syn fov		2										2
Synuchus vivalis	(ILLIGER, 1798)	Syn viv			4									4
Trechus quadristriatus	(SCHRANK, 1781)	Tre qua				4		2			16		30	52
Zabrus tenebrioides	(GOEZE, 1777)	Zab ten	4	4		2		2	5,5		2			19,5

Dominanzverhältnisse. Die Dominanzstaffelung ist deutlich komplexer als bei den Spinnen. Dennoch finden sich unter den Dominanten häufig die gleichen eurytopen Offenland-bewohner wie *Poecilus cupreus, Pterostichus melanarius* und *Pseudoophonus rufipes*. An den Standorten des Gebietes Teltow-Fläming (Oehna, Welsickendorf) traten dagegen unter den Dominanten ausgesprochene xero-thermophile Arten, wie z. B. *Calthus cinctus*, *Calathus erratus* und *Bembidion properans* auf. Anspruchsvollere Arten, wie z. B. *Carabus auratus* und *Carabus granulatus* sowie ausgesprochene Spezialisten, wie *Calosoma auropunctatum* und *Zabrus tenebrioides* waren dagegen sehr viel seltener vertreten.

Ähnlichkeiten in den Dominanzverhältnissen traten sowohl teilweise bei Standorten der gleichen Region auf, wie es z.B. 2002 in Jahnsfelde und Brück der Fall war, als auch bei Standorten verschiedener Regionen. Vereinzelt wurden aber auch sehr verschiedene Verhältnisse auf benachbarten bzw. wenige Kilometer voneinander entfernten Schlägen gefunden, wie beispielsweise in Müncheberg und Oehna im Jahr 2002 (Abb. 3.5.1.3/1a,b). Im einzelnen lassen sich die Dominanzverhältnisse im Untersuchungszeitraum wie folgt charakterisieren.

Im Jahr 2001 können die Standorte hinsichtlich der höchsten Dominanzen in vier Gruppen eingeteilt werden. In der ersten Gruppe, an den Standorten in Welsickendorf dominierten xero-thermophile Arten, wie diejenigen der Gattung *Calathus*, *Harpalus distinguendus,* und als Ausnahme befand sich eine kleine Art, *Bembidion properns* an erster Position der dominanten Arten. Ansonsten waren überwiegend mittelgroße Arten an den vorderen Dominanzpositionen. In der zweiten Gruppe, auf den Oehnaer Schlägen trat mit Ausnahme

von O7 *Pterostichus melanarius* als dominante Art auf, die jedoch auch an nahezu allen anderen Standorten und Untersuchungsjahren unter den Dominanten zu finden ist.

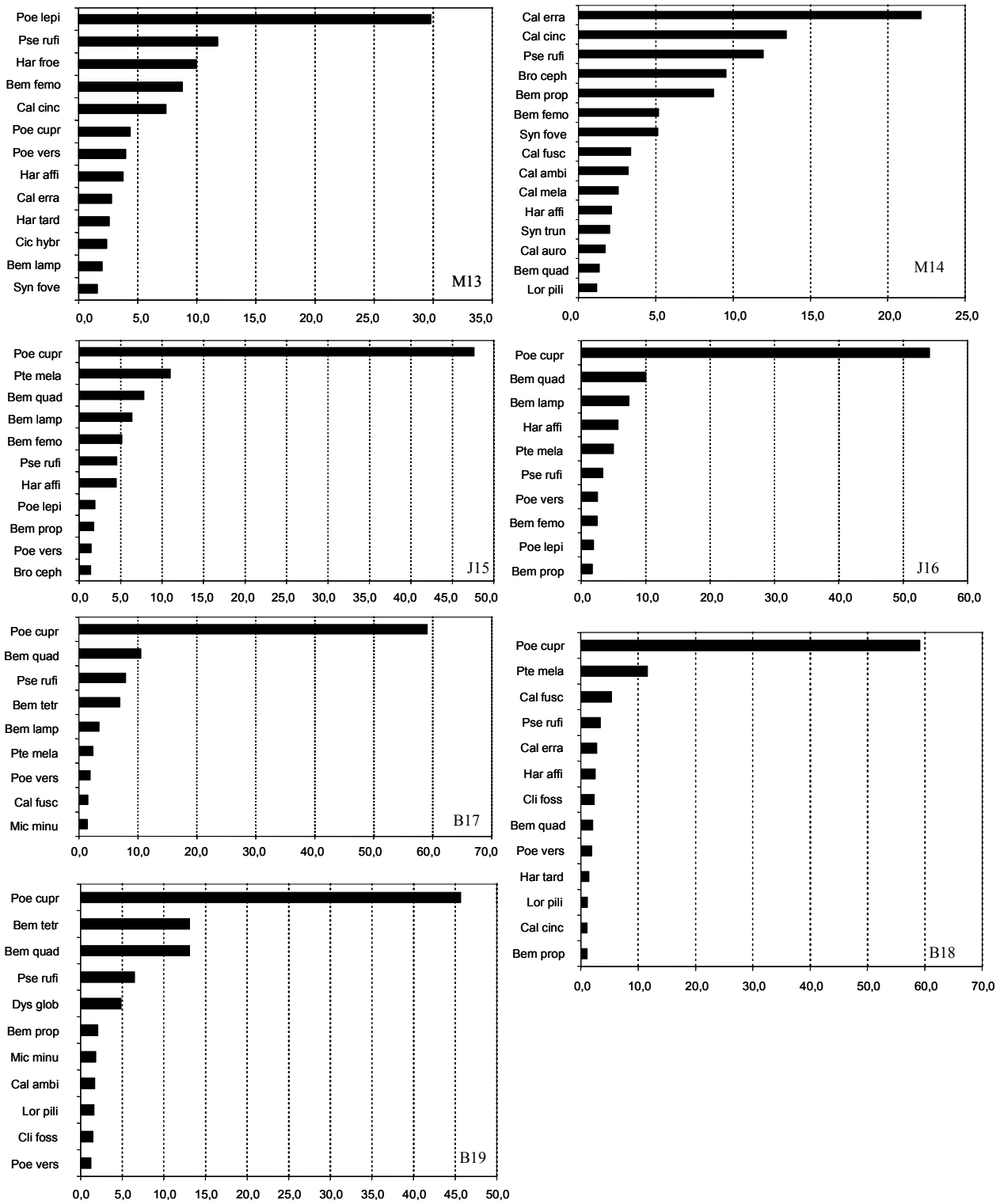


Abb. 3.5.1.3/1a: Dominanzspektren der epigäischen Laufkäferassoziationen des Fangjahres 2002. Artenkürzel s. Tab. 3.5.1.3/2. Alle Arten mit einer Dominanz >1 % sind dargestellt. Angaben in Prozent.

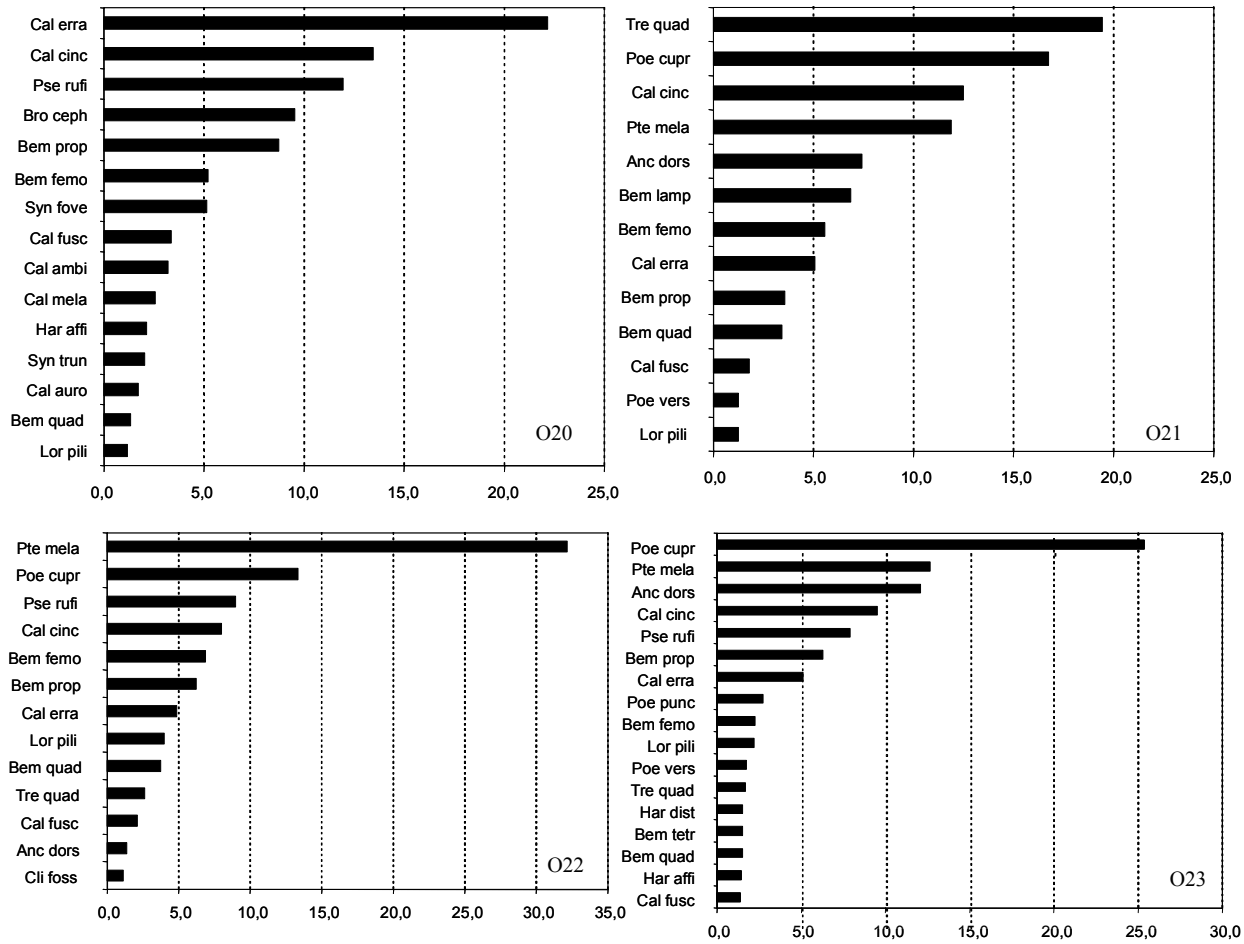


Abb. 3.5.1.3/1b: Dominanzspektren der epigäischen Laufkäferassoziationen des Fangjahres 2002. Artenkürzel s. Tab. 3.5.1.3/2. Alle Arten mit einer Dominanz >1 % sind dargestellt. Angaben in Prozent.

In der dritten Gruppe, dem Schlag O7 sowie den Müncheberger Schlägen stand die eurytope Offenlandart *Pseudoophonus rufipes* an erster Position. Es folgten hier auch eine Reihe von xero-thermophilen Offenlandarten. An den Standortorten bei Jahnsfelde und um Brück schließlich besaß der auch auf mäßig feuchten Wiesen zahlreich vorkommende *Poecilus cupreus* die höchsten Aktivitäts-Abundanzwerte. An den Standorten bei Jahnsfelde sowie an B6 (Brück) wird sie von einer ebenfalls auf Wiesen häufigen Art, *Pterostichus melanarius*, gefolgt (nicht dargestellt).

Im Untersuchungsjahr 2002 war an den Standorten in Jahnsfelde und um Brück sowie an dem Oehnaer Standort O23 *Poecilus cupreus* als die häufigste Art zu beobachten (Abb. 3.5.1.3/1a,b). Es folgten an den Standorten um Brück eine Reihe xero-thermophiler Arten, an den Standorten bei Jahnsfelde eurytope Freiflächenbewohner. Die Standorte bei Müncheberg zeichneten sich ebenfalls durch eine Reihe xero-thermophiler Arten aus, darunter auch reine Sandstandorte bevorzugende Arten wie *Broscus cephalotes* und *Cicindela hybrida*. Auffallend ist, dass selbst an trockenen Standorten auch häufig die ansonsten im Feuchten lebende Art *Loricera pilicornis* unter den Dominanten zu finden ist. Die vier Standorte um

Oehna sind bezüglich der dominanten Arten sehr viel variabler. An jedem der Standorte ist jeweils eine andere Art die häufigste (Abb. 3.5.1.3/1b).

Bezüglich der häufigsten Art war das Untersuchungsjahr 2003 das gleichförmigste. An acht der 11 untersuchten Standorte ist *Pseudoophonus rufipes* die häufigste Art. An drei der vier Standorte um Oehna nahm sie die zweite Position ein. Alle untersuchten Standorte zeichneten sich durch eine Reihe von xero-thermophilen Arten aus, darunter auch Stenotope auf Sand, wie *Cicindela hybrida* an dem Müncheberger Standort M24 und *Pseudoophonus calceatus* an B30 (Brück). Als Spezialisten sind *Zabrus tenebrioides*, der Getreidelaufkäfer, an B30 und *Calosoma auropunctatum*, der Puppenräuber, an B28 zu nennen.

Diversität. Wie für die Spinnen wurde auch für die Gruppe der Laufkäfer die Diversität berechnet (Tab. 3.5.1.3/4). Die Diversitätswerte sind durchschnittlich etwas höher als bei den Spinnen (vgl. 3.5.1.2). Dies liegt zum einen daran, dass die Laufkäferassoziationen artenreicher sind, zum anderen aber, dass die Individuen sich gleichmäßiger auf die Arten verteilen, was aus der Dominanzverteilung ersichtlich wird (Abb. 3.5.1.3/1a,b). Die Anteile der häufigsten Art liegen meist zwischen 20 und 30%. Lediglich *Poecilus cupreus* überschreitet 50% an einigen Standorten (J16, B17, B18).

Die höchsten Diversitätswerte traten bei den Laufkäfern in jedem Untersuchungsjahr in verschiedenen Regionen auf: 2001 in Jahnsfelde, 2002 in Müncheberg und 2003 in Brück. Die niedrigsten Werte waren in allen drei Jahren auf Schlägen in Oehna zu beobachten.

Tab. 3.5.1.3/4: α-Werte und Varianzen (Var) für Laufkäfer auf den Untersuchungsstandorten 2001- 2003. (M=Müncheberg, J=Jahnsfelde, B=Brück, O=Oehna, W=Welsickendorf). Hellgrau unterlegt: höchste Diversitätswerte; dunkelgrau unterlegt: niedrigste Diversitätswerte.

Standorte	2001 α	2001 Var	Standorte	2002 α	2002 Var	Standorte	2003 α	2003 Var
M1	6,52	1,18	M13	7,93	1,91	M24	5,92	1,59
M2	5,97	1,02	M14	6,10	1,38	M25	5,66	1,39
J3	7,68	1,41	J15	5,67	0,89	J26	4,40	0,74
J4	6,67	1,14	J16	5,94	0,93	J27	6,04	0,96
B5	7,28	1,83	B17	5,81	1,09	B28	7,85	1,93
B6	5,48	1,25	B18	5,30	0,97	B29	5,81	1,06
O7	6,09	1,00	B19	6,54	1,34	B30	4,09	1,04
O8	5,47	1,15	O20	7,70	1,60	O31	4,70	1,05
O9	4,82	0,86	O21	3,61	0,59	O32	4,98	1,08
W10	5,42	1,13	O22	5,64	1,14	O33	5,59	1,49
W11	5,27	0,93	O23	5,16	0,89	O34	4,34	0,86

Faunistische Ähnlichkeit der Standorte. Wie in Abb. 3.5.1.3/2 dargestellt, zeigte die Clusteranalyse für die Laufkäfer ähnlich wie bei den Spinnen mehrheitlich standort- und regionalspezifische Gruppierungen, die auch einen Einfluß der Bodenart der einzelnen Standorte andeuten. 2001 standen mit Ausnahme des Schlages O7 die Anbauflächen einer

jeden Region zusammen. Dabei bildeten die lehmigen Sande (O8, O9, W10, W11), sowie die schluffigen Sande und sandigen Schluffe (J3, J4, M1, M2) jeweils gemeinsame Cluster. Wie bei den Spinnen war die standortabhängige Gruppierung 2002 weniger stark ausgebildet.

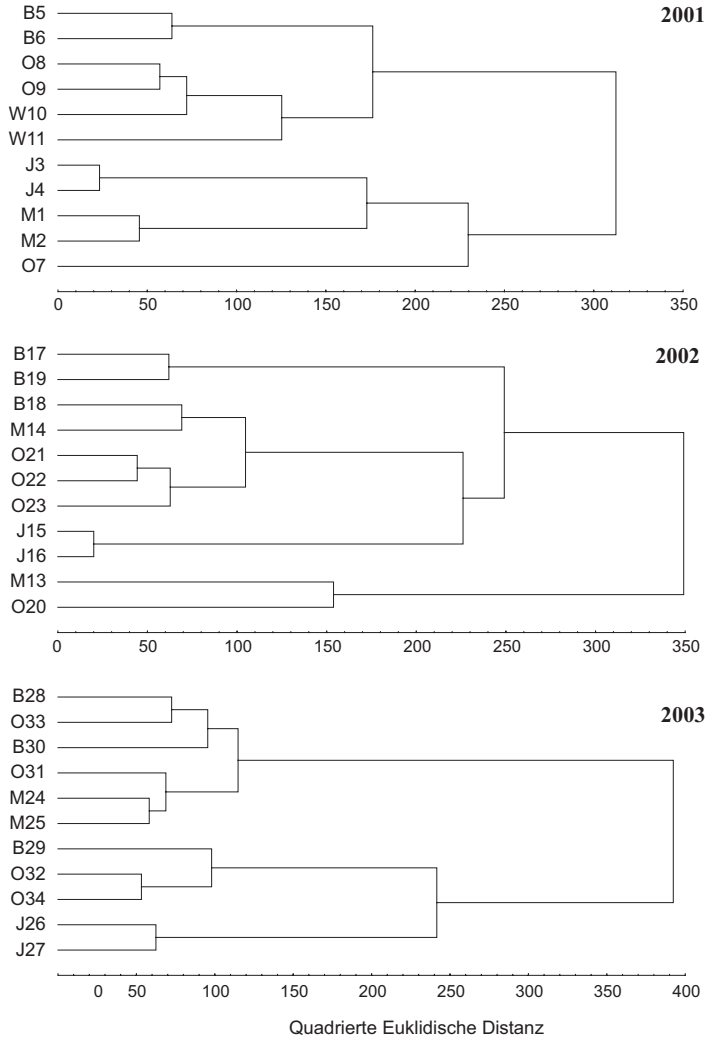


Abb. 3.5.1.3/2: Dendrogramm auf der Grundlage der Individuenidentität der Laufkäfer für die Untersuchungsjahre 2001-2003. (M=Müncheberg, J=Jahnsfelde, B=Brück, O=Oehna, W=Welsickendorf; S=Sand, Ss=sandiger Schluff, sS=schluffiger Sand, lS=lehmiger Sand, tS=toniger Sand).

Die Ergebnisse für das Jahr 2003 zeigen im Dendrogramm insgesamt etwas schwächere Beziehungen zwischen den Standorten bzw. Bodenverhältnissen und den Laufkäferassoziationen. Zusammen gruppiert werden lediglich die beiden Müncheberger bzw. Jahnsfelder Schläge.

Die Ergebnisse der Clusteranalysen demonstrieren somit, dass die Laufkäferassoziationen insgesamt von komplexen, regional geprägten Faktoren, bei denen die Bodenart eine Rolle spielt, beeinflusst werden. Jahresbedingte Schwankungen können diese Effekte zum Teil stark überdecken.

Laufkäferassoziationen als pedologische Indikatoren. Ausgehend von den Clusteranalysen wurden auch für die Laufkäfer wie bereits für die Spinnen „Detrended Correspondence"-Analysen (DCAs) als weitere Methode zur Abbildung der Beziehung zwischen den Laufkäferassoziationen und den Bodentypen durchgeführt. Hier konnte ebenfalls ein Zusammenhang der beiden Größen festgestellt werden, jedoch zeigten sich zum Teil abweichende Tendenzen im Vergleich zu den Clusteranalysen. Ein Beispiel eines Berechnungsergebnisses ist in Abb. 3.5.1.3/3 für die Untersuchungsflächen des Jahres 2001 dargestellt. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen für die Spinnen (s. Kap. 3.5.1.2) lassen sich hier die Standorte auf lehmigem Sand (unteres Cluster) gegenüber den übrigen abgrenzen. Bei den Laufkäfern bilden jedoch auch die Standorte auf schluffigem Sand (oben links) und auf sandigem Schluff deutlich voneinander getrennte Gruppen. Hinsichtlich dieser Gruppierung war das Ergebnis der DCA für die Laufkäfer auch gegenüber der Clusteranalyse unterschiedlich.

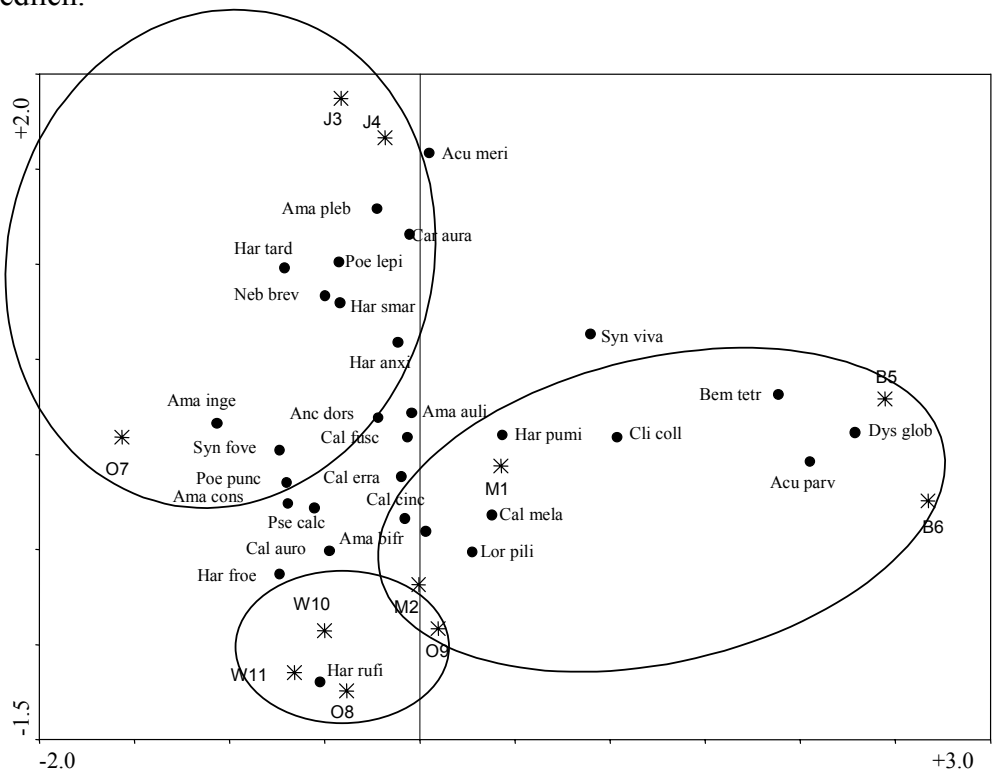


Abb. 3.5.1.3/3: Ordinationsdiagramm als Ergebnis einer Detrended Correspondence Analysis (DCA) für die Laufkäfer des Untersuchungsjahres 2001. Die Standortgruppen, die jeweils gleiche Bodentypen repräsentieren, sind durch Ellipsen hervorgehoben. Standorte auf lehmigem Sand: Oehna: O8, O9, Welsickendorf: W10, W11. Standorte auf schluffigem Sand: Brück: B5, B6, Müncheberg: M1, M2. Standorte auf sandigem Schluff: Jahnsfelde: J3, J4, Oehna: O7 Artenkürzel: Tab. 3.5.1.3.1.

Biometrische Parameter. Analog zu den Spinnen wurden auch für die Laufkäfer die mittleren Körpermassen sowie charakteristische Arten bestimmt. Abweichend von den Spinnen ließ sich allerdings für den Parameter mittlere Körpermasse bei den Laufkäfern keine

einheitliche Tendenz in der Abhängigkeit von den Untersuchungsstandorten nachweisen. Eine Übersicht über die Variabilität dieser Größe gibt Abb. 3.5.1.3/4.

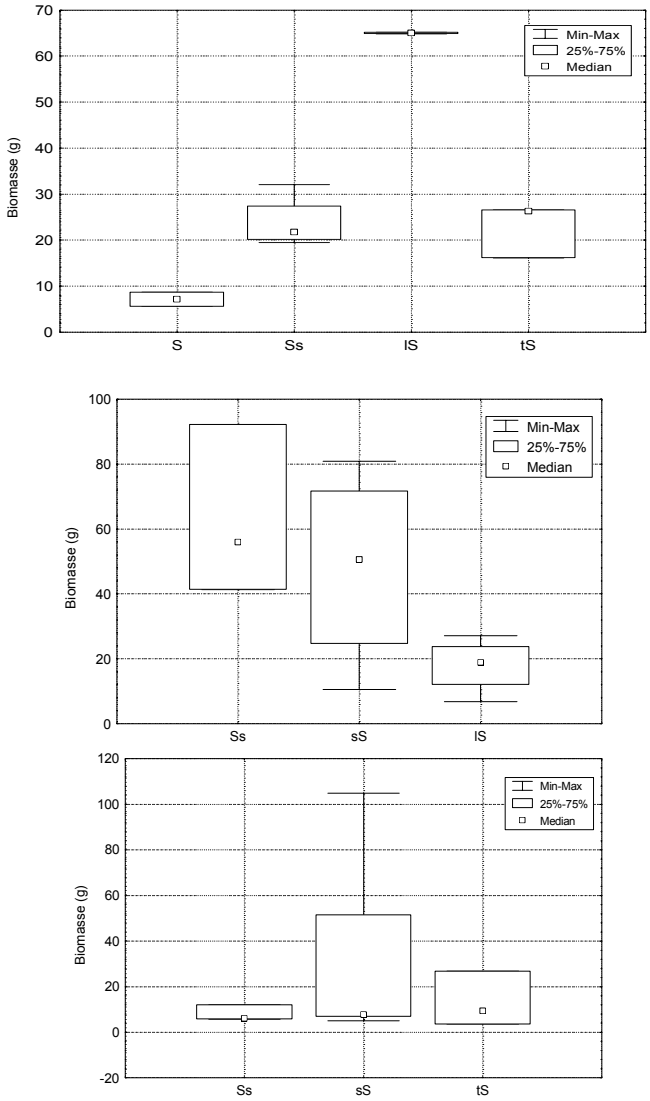


Abb. 3.5.1.3/4: Medianwerte, obere und untere Quartile sowie Maxima und Minima der mittleren Körpermassen der Laufkäfer für die Standortgruppen des Untersuchungsjahre 2001 - 2003. (S=Sand, sS=schuffiger Sand, Ss=sandiger Schluff, lS=lehmiger Sand, tS=toniger Sand).

Charakteristische Arten. Sehr viel differenzierter als bei den Spinnen stellt sich für die Laufkäfer die Situation der Charakterarten für die einzelnen Bodentypen und Untersuchungsjahre dar. Ein Beispiel hierzu ist der Vergleich der Tab. 3.5.1.3/5 und 3.5.1.3/6. Es ist zu erkennen, dass für die einzelnen Standorte stets eine Reihe charakteristischer Arten ausgewiesen wurden, jedoch ist in der Gegenüberstellung der charakteristischen Arten der Standorte keine Übereinstimmung zu finden. Dies gilt auch unter Einbeziehung des nicht dargestellten Jahres 2003. So wurde *Dyschirius globosus* 2001 als Charakterart für schluffige Sande, 2002 hingegen für tonige Sande ausgewiesen. Analog war *Trechus quadristriatus* 2001 chakteristisch für lehmige Sande, 2003 jedoch für die sandigen Schluffe.

Tab. 3.5.1.3/5: Charakteristische Laufkäferarten (grau hinterlegte Dominanzwerte) für die Standortgruppen des Jahres 2001. sS=schluffiger Sand, Ss=sandiger Schluff, lS=lehmiger Sand, Nb=Nischenbreite.

Arten	sS	Ss	lS	Nb
Paradromius linearis	3,0			0,00
Dyschirius globosus	1,5	0,0		0,02
Zabrus tenebrioides	0,7	0,0		0,08
Dolichus halensis	0,5	0,0		0,08
Bembidion tetracolum	0,4	0,0		0,09
Poecilus punctulatus	0,0	6,7	1,0	0,07
Poecilus lepidus	0,1	3,4		0,01
Amara consularis	0,0	0,5	0,2	0,23
Harpalus tardus		0,4	0,0	0,03
Trechus quadristriatus	0,8	0,3	8,1	0,16
Harpalus distinguendus	0,1	0,4	5,4	0,18

Tab. 3.5.1.3/6: Charakteristische Laufkäferarten (grau hinterlegte Dominanzwerte) für die Standortgruppen des Jahres 2002. tS=toniger Sand, lS=lehmiger Sand, S=Sand, Ss=sandiger Schluff, Nb=Nischenbreite.

Arten	tS	lS	S	Ss	Nb
Bembidion tetracolum	5,9	0,1		0,7	0,19
Dyschirius globosus	1,4				0,00
Bembidion lampros	1,2	6,9	2,4	2,3	0,25
Harpalus affinis	1,3	5,1	3,7	1,2	0,29
Harpalus froelichii	0,0	0,0	5,1		0,03
Cicindela hybrida			1,2		0,00
Amara fulva			0,4	0,0	0,12
Calathus melanocephalus	0,1	0,0		0,8	0,12
Calosoma auropunctatum	0,0		0,2	0,4	0,30
Syntomus truncatellus				0,4	0,00

3.5.2 Blütenbesucher

Arten- und Individuenzahlen. Als Blütenbesucher wurden in den Untersuchungsgebieten jährlich 9 bis 15 Schwebfliegenarten (Diptera: Syrphidae) und bis zu vier Hummelarten (Hymenoptera: Apidae) registriert. Die auf den Einzelflächen erfassten Arten gehen aus den Tab. 3.5.2/1 bis 3.5.2/3 hervor. Die höchsten Arten- und Individuenzahlen beider Tiergruppen waren 2003 zu verzeichnen. Bei den Hummeln waren es 4 Arten mit 136 Individuen, bei den Schwebfliegen 15 Arten mit 647 Individuen. Im Vorjahr wurden jeweils die niedrigsten Zahlen registriert: 1 Hummelart mit 38 Individuen und 9 Schwebfliegenarten mit 309 Individuen. Im Gegensatz zu naturnahen Habitaten sind die hier betrachteten Blütenbesucherzönosen relativ artenarm (vgl. v. Hagen & Aichhorn, 2003 und Kormann, 2002). Neben Einzelfunden treten Ubiquisten wie *Bombus terrestris* bei den Hummeln und *Episyrphus balteatus*, *Metasyrphus corollae* und *Sphaerophoria scripta* bei den Schwebfliegen in allen drei Jahren und nahezu allen Untersuchungsstandorten auf.

Die Schwebfliegen waren weniger als Blütenbesucher als vielmehr auf der Suche nach Blattlauskolonien zur Eiablage unterwegs, wie sich aus Beobachtungen bei den Erfassungsterminen ergab. Die Fangzahlen der Schwebfliegen in den einzelnen Kartoffel-

beständen sind sehr unterschiedlich. So wurden im Jahre 2001 an den Standorten M1, J3 und B5 weniger als 10 Individuen gekeschert, an den Standorten J4 und M2 dagegen mehr als 100 (Tab. 3.5.2/1). Die schwach blühenden Kartoffelsorten auf den letztgenannten Standorten wurden, vor allen auch wegen eines entsprechenden Angebotes an Blattläusen, intensiver besucht als die stärker blühende Sorte Adretta. 2002 wurden die höchsten Fangzahlen (>50) an den Standorten M14 und J15 ermittelt, die niedrigsten (<20) an B17, J16, O20 und O21 (Tab. 3.5.2/2). Im letzten Jahr wurden nur am Standort J26 weniger als 20 Individuen gekeschert, während an den Standorten J27, M24 und O33 mehr als 90 Individuen registriert wurden (Tab. 3.5.2/3).

Tab. 3.5.2/1: Artenliste der Schwebfliegen und Hummeln im Untersuchungsjahr 2001.

ART	AUTOR	KÜRZEL	M1	M2	J3	J4	B5	B6	O7	O8	O9	W10	W11	Ges.
Syrphidae-Schwebfliegen														
Episyrphus balteatus	DE GEER, 1776	Epi balt	-	32	1	35	-	13	15	17	3	6	23	145
Metasyrphus corollae	(FABRICIUS, 1794)	Met coroll	3	61	2	15	2	12	25	1	4	2	7	134
Platycheirus albimanus	(FABRICIUS, 1781)	Pla albi	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2
Platycheirus peltatus	(MEIGEN, 1822)	Pla pelt	-	2	-	5	2	2	-	-	-	-	4	15
Platycheirus scambus	(STAEGER, 1845)	Pla scam	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Platycheirus scutatus	(MEIGEN, 1822)	Pla scu	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2
Scaeva pyrastri	(LINNAEUS, 1758)	Sca pyra	-	10	-	8	-	4	7	-	-	-	-	29
Sphaerophoria rueppelli	(WIEDEMANN, 1834	Sph ruep	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Sphaerophoria scripta	(LINNAEUS, 1758)	Sph scri	-	8	2	38	4	2	10	23	33	12	13	145
Syrphus vitripennis	(MEIGEN, 1822)	Syr vit	-	-	1	-	-	1	6	-	-	-	-	8
Individuen			3	114	6	103	8	34	64	41	40	22	47	482
Artenzahl			1	6	4	7	3	6	6	3	3	5	4	10
Apidae-Hummeln														
Bombus lapidarius	(LINNAEUS, 1758)	Bom lapi	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	4
Bombus terrestris	(LINNAEUS, 1758)	Bom terr	13	1	8	-	6	3	-	2	-	4	2	39
Individuen			14	1	9	1	6	3	-	2	-	4	3	43
Artenzahl			2	1	2	1	1	1	0	1	0	1	2	2

Tab. 3.5.2/2: Artenliste der Schwebfliegen und Hummeln im Untersuchungsjahr 2002.

ART	AUTOR	KÜRZEL	M13	M14	J15	J16	B17	B18	B19	O20	O21	O22	O23	Ges.
Syrphidae-Schwebfliegen														
Episyrphus balteatus	DE GEER, 1776	Epi balt	1	12	41	1	3	10	10	-	2	14	5	99
Melanostoma mellinum	(LINNAEUS, 1758)	Mel mell	-	1	5	-	3	-	4	-	-	-	-	13
Metasyrphus corollae	(FABRICIUS, 1794)	Met coroll	6	12	6	1	2	9	7	2	3	7	2	57
Platycheirus clypeatus	(MEIGEN, 1822)	Pla clyp	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Platycheirus immarginatus	ZTTERSTEDT, 1849	Pla imma	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Platycheirus peltatus	(MEIGEN, 1822)	Pla pelt	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Scaeva pyrastri	(LINNAEUS, 1758)	Sca pyra	-	1	3	1	2	-	-	8	-	1	-	16
Sphaerophoria scripta	(LINNAEUS, 1758)	Sph scri	6	29	16	7	4	-	5	1	7	13	10	98
Syrphus vitripennis	(MEIGEN, 1822)	Syr vit	2	-	-	1	-	10	-	-	1	2	7	23
Individuen	Individuen		15	55	71	11	14	29	29	11	13	37	24	309
Artenzahl	Artenzahl		4	5	5	5	5	3	7	3	4	5	4	9
Apidae-Hummeln														
Bombus terrestris	(LINNAEUS, 1758)	Bom terr	11	-	-	7	-	11	2	7	-	-	-	38
Individuen	Individuen		11	-	-	7	-	11	2	7	-	-	-	38
Artenzahl	Artenzahl		1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1

Die Besiedlung der Kartoffelflächen durch Hummeln wird offensichtlich vor allem durch die Blühneigung der einzelnen Sorten bestimmt. Ein Hinweis hierfür sind die hohen Individuenzahlen der Hummeln, die 2001 auf drei verschiedenen Anbauflächen der stark blühenden Sorte Adretta registriert wurden. Im Gegensatz dazu kamen auf Schlägen mit

schwach blühenden Sorten, wie z.B. Linda (J3, J27), Sava (M14) Serafina (O7), Sommergold (O9, O22, O34) meist keine oder nur wenige Hummeln vor (Tab. 3.5.2/1 bis /3).

Tab. 3.5.2/3: Artenliste der Schwebfliegen und Hummeln im Untersuchungsjahr 2003.

ART	AUTOR	KÜRZEL	B28	B29	B30	J26	J27	O31	O32	O33	O34	M24	M25	Ges.
Syrphidae-Schwebfliegen			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eristalis tenax	LINNAEUS, 1758	Eri tena	-	-	-	-	-	5	2	-	-	2	-	9
Epistrophe eligans	(HARRIS, 1780)	Epi elig	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Episyrphus balteatus	DE GEER, 1776	Epi balt	22	19	22	3	14	21	12	24	13	26	32	208
Melanostoma mellinum	(LINNAEUS, 1758)	Mel mell	2	6	2	-	5	-	-	-	-	2	5	22
Metasyrphus corollae	(FABRICIUS, 1794)	Met coroll	3	4	1	2	33	23	16	18	4	24	12	140
Platycheirus cyaneus	(MUELLER, 1764)	Pla cyan	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	5
Platycheirus peltatus	(MEIGEN, 1822)	Pla pelt	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Platycheirus scutatus	(MEIGEN, 1822)	Pla scut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Scaeva pyrastri	(LINNAEUS, 1758)	Sca pyra	-	-	5	-	11	2	6	19	1	10	6	60
Sphaerophora rueppelli	(WIEDEMANN, 1834)	Sph ruep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3
Sphaerophoria scripta	(LINNAEUS, 1758)	Sph scri	3	6	1	5	23	13	35	31	3	24	22	166
Syrphus ribesii	(LINNAEUS, 1758)	Syr ribe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3
Syrphus vitripennis	(MEIGEN, 1822)	Syr vit	-	3	-	1	3	2	1	9	1	1	4	25
Torpidia scita	(HARRIS, 1780)	Tor scit	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Volucella bombylans	(LINNAEUS, 1758)	Vol bomb	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Individuen	Individuen		30	38	31	11	90	68	77	103	22	94	83	647
Artenzahl	Artenzahl		4	5	5	4	7	7	9	6	5	10	8	15
Apidae-Hummeln														
Bombus lapidarius	(LINNAEUS, 1758)	Bom lapi	2	3	1	-	3	1	-	3	-	3	5	21
Bombus lucorum	(LINNÉ, 1761)	Bom luco	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Bombus pratorum	(LINNÉ, 1761)	Bom prat	1	4	2	-	-	-	1	-	-	-	-	8
Bombus terrestris	(LINNAEUS, 1758)	Bom terr	12	13	20	-	3	11	7	13	2	13	11	105
Individuen	Individuen		16	20	23	0	6	12	8	16	2	17	16	136
Artenzahl	Artenzahl		4	3	3	0	2	2	2	2	1	3	2	4

Faunistische Ähnlichkeit der Standorte. Die Ermittlung der relativen faunistischen Ähnlichkeiten der Untersuchungsstandorte erfolgte mittels Clusteranalysen. Aus den Dendrogrammen in Abb. 3.5.2/1 ist zu entnehmen, dass sich die Blütenbesucher in einigen Fällen nach Standorten oder der angebauten Sorte gruppierten. So bildeten 2001 die Schläge M1, J3 und B5, die mit der Sorte Adretta bestellt waren, einen separaten Zweig. Ein vergleichbarer „Sorteneffekt“ konnte in den anderen Jahren, vor allem auch bedingt durch den meist nur einmaligen Anbau jeder Sorte, nicht mehr gefunden werden.

Regionale Effekte, die typisch für die Käfer- und Spinnengemeinschaften waren, traten hier nur in Einzelfällen auf (2001: Cluster der Standorte Oehna und Welsickendorf bzw. 2003: Region Brück). Obwohl durch die sehr variablen Untersuchungsbedingungen spezifische Effekte oft nicht sichtbar waren, scheint das Auftreten und die Häufigkeit der Blütenbesucher insgesamt durchaus unter dem Einfuß von regionalen Faktoren, insbesondere aber der angebauten Sorte zu stehen.

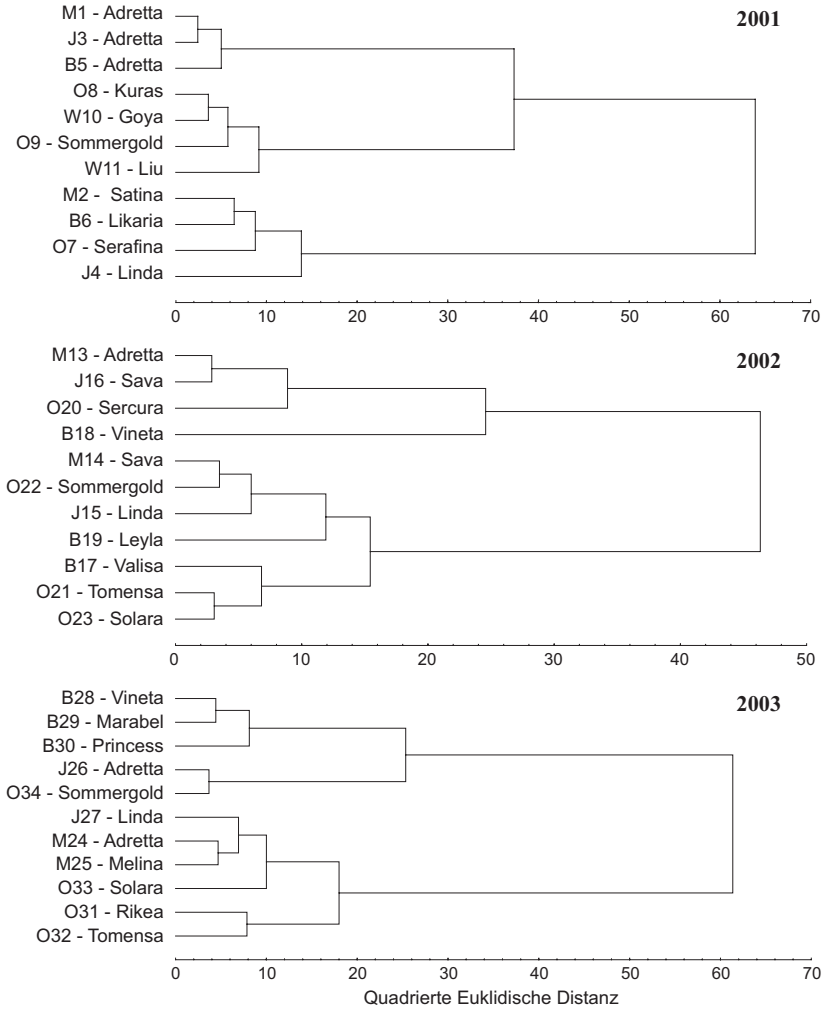


Abb. 3.5.2/1: Dendrogramm auf der Grundlage der Individuenidentität der Blütenbesucher-Artenassoziationen für die Untersuchungsjahre 2001 bis 2003. Ergänzend zu den Standorten sind die jeweiligen Anbausorten aufgeführt. M=Müncheberg, J=Jahnsfelde, B=Brück, O=Oehna. (ln+1)-transformierte Fangzahlen, Methode nach WARD.

3.5.3 Phytophage Käfer

Außer dem Kartoffelkäfer *Leptinotarsa decimlineata* wurden in allen drei Untersuchungsjahren keine anderen phytophagen Käfer an den Kartoffelpflanzen beobachtet. Die Erfassungen erfolgten im ersten Jahr zu zwei Terminen, zum Zeitpunkt des Reihenschlusses und nach der Blüte der Kartoffelpflanzen. Da in den Folgejahren nur noch zu je einem Erfassungstermin beprobt wurde, wurden die beiden Termine des Jahres 2001 in der Tab. 3.5.3.1, die die Ergebnisse der Erhebungen über den gesamten Zeitraum enthält, zusammengefasst. Die einzelnen Entwicklungsstadien des Kartoffelkäfers wurden entlang eines 50 m Transektes erfasst.

Tab. 3.5.3.1: Auftreten von Kartoffelkäfern an den Untersuchungsstandorten 2001- 2003. (Erfassungstermine 2001: 3. Juni- und 2. Julidekade, zusammengefasst dargestellt; 2002/03: 1. Julidekade

	Adulti	Larven	Eipakete
Ökologischer Landbau (Jahnsfelde (J3/4, J15/16, J26/27)			
J3/4 (2001)	10 / 6	155 / 27	4 / 0
J15/16 (2002)	19/ 19	926 / 674	2 / 1
J26/27 (2003)	30 / 75	750 / 876	3 / 6
Integrierter Pflanzenbau – mittlere Intensität (Müncheberg, Brück)			
M1/2 (2001)	6 / 16	4 / 56	2 / 5
M13/14 (2002)	3 / 1	22 / 79	3 / 2
M24/25 (2003)	7/ 2	21 / 17	0 / 0
B5 (2001)	3	10	2
B6 (2001)	1	21	1
B 17 (2002)	0	16	0
B18 (2002)	0	7	1
B19 (2002)	0	4	11
B28 (2003)	5	25	1
B29 (2003)	5	50	0
B30 (2003)	3	27	0
Integrierter Pflanzenbau – hohe Intensität (Oehna, Welsickendorf)			
O7 (2001)	0	1	0
O8 (2001)	0	10	1
O9 (2001)	0	37	0
W10 (2001)	11	175	4
W11(2001)	2	140	2
O20 (2002)	0	24	1
O21 (2002)	3	69	5
O22 (2002)	1	5	1
O23 (2002)	2	8	1
O31 (2003)	4	32	2
O32 (2003)	18	150	5
O33 (2003)	10	110	0
O34 (2003)	17	150	2

Erwartungsgemäß zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Bewirtschaftung auf den Befall. Wie aus Tab. 3.2.1 (Abschnitt 3.2.1) zu entnehmen, wurden die integriert bewirtschafteten Flächen in Müncheberg, Brück und Oehna in der Regel mindestens einmal mit Insektiziden behandelt. Dadurch konnte das Auftreten adulter Käfer wie auch von Larven und Eipaketen erheblich reduziert werden. Da die Behandlung im integrierten Pflanzenbau nach dem Schadschwellenprinzip erfolgt, waren auch auf diesen Flächen zum Teil höhere Befallswerte zu verzeichnen. Sehr hohe bis extreme Werte traten dagegen nur auf den Flächen des ökologischen Landbaus in Jahnsfelde auf. Hier wurde zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers ein in der ökologischen Bewirtschaftung zugelassenes Bt-Präparat (Novodor) angewendet, das hauptsächlich gegen die Larven wirkt und daher bereits sehr frühzeitig angewendet werden muss. Besonders 2002 und teilweise auch 2003 konnte der Befallsverlauf mit diesem Mittel nicht mehr wirkungsvoll beeinflusst werden, was zu den extremen Befallswerten bzw. 2002 sogar zu einem totalen Ernteverlust führte.

4 Diskussion

4.1 Untersuchungskonzept

Im vorliegenden Projekt sollten unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis ausgewählte biotische Parameter der Agrarbiozönose „Kartoffelfeld“ charakterisiert und die Variabilität der betrachteten Parameter im Rahmen einer Baseline-Studie abgebildet werden. Die Untersuchungen wurden auf typischen Kartoffelanbauflächen im Land Brandenburg unter differenzierten natürlichen Standortbedingungen und Produktionsverfahren (integrierter Pflanzenbau *vs.* ökologischer Landbau) durchgeführt. Damit wurden die analysierten Parameter durch ein komplexes Zusammenwirken variabler Boden- und Witterungsverhältnisse aber auch durch unterschiedliche Landschaftsstrukturen (z.T. ausgeräumte Agrarlandschaften *vs.* stark strukturierte Gebiete) und landwirtschaftlicher Bearbeitungsmaßnahmen beeinflusst. Auf dieser Grundlage lagen für die zu treffenden Aussagen hinreichend variable Ausgangsbedingungen vor. Eine Kausalanalyse zur Wirkung von Einzelfaktoren war auf Grund der Heterogenität der Untersuchungsbedingungen dagegen nicht Ziel der Studie, noch ist sie bei dem gegebenen Untersuchungskonzept leistbar. Vor diesem Hintergrund sind die Ergebnisse der Studie, die Diskussion und die sich ergebenen Schlussfolgerungen zu betrachten.

4.2 Ausbreitungspotenzial der Kartoffel

Zur Bewertung des generativen Ausbreitungspotenzials der Kartoffel wurde die Frucht- und Samenbildung sowie die Samenkeimfähigkeit von 20 Kartoffelsorten untersucht, die von 2001 bis 2003 unter differenzierten Boden- und Witterungsbedingungen aufwuchsen. Dabei wurden drei Sorten (Adretta, Linda und Sommergold) in allen Untersuchungsjahren angebaut. Insgesamt zeigte sich eine beträchtliche Variation der Blühneigung und der Ausbildung von Beeren und Samen, wobei das Vorkommen von Blüten und Früchten bzw. Samen generell nur in einem lockeren Zusammenhang stand. So entwickelte die stark blühende Sorte Adretta in Müncheberg in Abhängigkeit vom Untersuchungsjahr, insbesondere der Wasserversorgung in der Blühphase, 40 bis 17.900 Samen/m², während die schwach blühende Sorte Linda in Jahnsfelde generell keine bzw. sehr wenig Beeren ansetzte, so dass die Samenmenge auf den ausgewählten Probeflächen nicht quantifizierbar war. Die in Oehna angebaute Sorte Sommergold bildete hingegen bei geringer bis mittlerer Häufigkeit von Blüten nur in einem der drei Jahre Beeren aus, die jedoch nicht bis zur Ernte ausreiften. Ähnlich ausgeprägte genotypische Unterschiede der Frucht- und Samenbildung von Kartoffeln sind aus Sortimentsanalysen bekannt. In einer Studie von Lawson (1983) an einem Kartoffelsortiment in Schottland wird hierzu eine Variationsbreite der Samenproduktion von <1 bis 249 x 10^6 Samen/ha angegeben. Die auf dem Feld verbleibenden Samen sind, wie auch die nicht geernteten Knollen oder

Knollenteile, Ausgangspunkt für die Etablierung von Kartoffeldurchwuchs (Unkrautkartoffeln) in den Nachfrüchten der Kartoffel (Wedgwood, 1988; Askew,1993). Kartoffeldurchwuchs ist besonders unter dem milderen Klima in Westeuropa ein Problem, da hier die frostempfindlichen Knollen häufiger als bei uns überwintern. Sowohl die aus Knollen als auch die aus Samen hervorgehenden Unkrautkartoffeln können zur Verbreitung von Schaderregern wie Kartoffelviren und -nematoden sowie zu technischen Ernteproblemen in der Folgefrucht führen. Nach Askew (1993) sind die aus Samen stammenden Kartoffelpflanzen im Vergleich zu den knollenbürtigen Pflanzen kleiner und weniger kräftig, produzieren aber ebenso Knollen, die eine weitere Verbreitung der Pflanzen ermöglichen. Im Gegensatz zu den nicht winterharten Knollen (vgl. Becker & Ulrich, 1999) bleiben die Kartoffelsamen im Boden mehrere Jahre lebensfähig. So kann unter Laborbedingungen von einer Überlebensdauer von mindestens zehn Jahren (Ross,1969; Barker & Johnson,1980) sowie unter Feldbedingungen von mindestens sieben Jahren (Lawson, 1983) ausgegangen werden. Auf eine längere Überdauerung unter unseren Klimabedingungen lassen auch die im Projekt durchgeführten Keimversuche mit den geernteten Samen der untersuchten Sorten schließen. Hier konnte gezeigt werden, dass die kritische Temperatur für das Überleben gequollener Kartoffelsamen um etwa -18°C schwankt. Auch in diesem Merkmal war eine signifikante genotypische Variation zu verzeichnen. Aufgrund des Überdauerungspotenzials der Samen kann es also beim Anbau von Sorten mit stärkerer Frucht- und Samenbildung zu einer kumulativen Anreicherung des Bodens mit keimfähigen Kartoffelsamen und damit auch zum wiederkehrenden Aufwuchs samenbürtiger Pflanzen kommen. Auch auf den Untersuchungsflächen des Projektes wurden in mehreren Fällen aus Samen stammende Durchwuchskartoffeln unterschiedlicher phänologischer Entwicklung beobachtet. Unklar ist allerdings, ob es sich dabei um Nachkommenschaften von im Vorjahr oder bereits vor längerer Zeit angebauter Sorten handelte. Insbesondere konnte auf den betreffenden Schlägen keine Beziehung zwischen der Frucht- bzw. Samenbildung der zuvor untersuchten Sorte und dem in der Nachfrucht aufgetretenen Durchwuchs festgestellt werden. Auffällig war jedoch, dass stark entwickelte und teilweise blühende Durchwuchskartoffeln vor allem in Sommerkulturen mit guter Wasserversorgung, weniger dagegen in Wintergetreidebeständen vorkamen. Dies legt den Schluss nahe, dass die Keimung und der Aufwuchs der Samenkartoffeln durch die Bodenbearbeitung im Frühjahr, eine ausreichende Bodenfeuchte und die anfangs geringe Konkurrenz der Sommerkultur begünstigt werden. Entscheidend für die Entwicklung der Sämlinge ist darüber hinaus die Herbizidbehandlung in der Folgekultur. So wurde beispielsweise im Sommer 2003 auf einem beregneten Maisschlag in Oehna, auf dem im Jahr zuvor durch die Sorte Secura sehr reichhaltig Samen

ausgebildet wurden, kein Kartoffeldurchwuchs beobachtet. Wahrscheinliche Ursache hierfür ist ein offenbar nachhaltiger Herbizideinfluss, da der Maisbestand auch völlig unkrautfrei war. Für die Etablierung von Kartoffelpflanzen in Folgekulturen ist somit das Zusammenwirken mehrerer begünstigender Faktoren nötig. Einzelne dieser Faktoren wie die Samenbildung der Kartoffelpflanzen, die Entwicklung des Kartoffelsamenpools im Boden sowie das Keimverhalten der Samen sind in starkem Maße umweltabhängig und daher schwer kalkulierbar. Dies sollte auch beim Anbau transgener Kartoffeln beachtet werden, insbesondere dann, wenn die Verbreitung der transgenen Eigenschaft vermieden werden soll. Ein spezielles Problem dürfte dabei die Einkreuzung transgener Sorten in benachbarte konventionelle Bestände sein. Hierdurch könnten sich über die ursprüngliche Anbaufläche hinaus transgene Samen und bzw. später transgene Sämlinge etablieren.

Dass die Vermehrung von Kartoffeln über Samen sehr effizient sein kann und daher sogar wirtschaftliche Bedeutung hat, belegen die Ergebnisse des Samenkartoffelanbaus, der True Potato Seed (TPS)-Technik. Dieses Verfahren findet besonders in wirtschaftlich schwachen tropischen Regionen Anwendung, da hierdurch die Kosten für den Transport, die Lagerung bzw. den Kauf von Pflanzknollen entfallen und zudem über Knollen übertragene Krankheiten eingedämmt werden. So werden derzeit Samenkartoffeln in rund 30 Ländern, darunter mehrere lateinamerikanische Staaten, China, Vietnam, Indien und Äthiopien, produziert (Portillo, 1997; Yilma, 1991). Das Verfahren beruht auf der Anzucht von Sämlingen in Beeten bzw. Gewächshäusern und der nachfolgenden Auspflanzung der aus den Sämlingen erhaltenen „Mini-Knollen“ ins Freiland. Damit werden bei verminderten Kosten ähnlich hohe Erträge wie bei der üblichen Klonvermehrung erzielt (Portillo, 1997; Yilma, 1991; Sikka et al., 1994; Fuglie et al., 2001). Über anbautechnische Möglichkeiten, die Samenmenge der Kartoffel für die Saatguterzeugung zu steigern, berichten u.a. Randhawa & Bhargava (1994) und Engels et al. (1994). Allerdings steht den teilweise vorteilhaften Seiten der TPS-Technik ein entscheidender Nachteil gegenüber – die mangelnde Uniformität der produzierten Knollen, was auf die hohe Heterozygotie der autotetraploiden Kulturkartoffel zurückzuführen ist. Dadurch entstehen sowohl durch Selbstbestäubung als auch durch Fremdbestäubung der selbstfertilen Blüte spaltende Nachkommenschaften (Ross, 1985). Das Problem der Bereitstellung ausreichend homogener Kartoffelpflanzen bzw. -knollen über die TPS-Technik ist deswegen auch Ausgangspunkt züchterischer Arbeiten am CIP (Centro International de la Papa) (Portillo,1997).

4.3 Variabilität bakterieller Gemeinschaften

Im Rahmen der T-RFLP-Analysen zur Untersuchung der Zusammensetzung der Mikroflora des Bodens, der Rhizo- und Phyllosphäre war zu klären, wie hoch die Variabilität der bakteriellen Gemeinschaften innerhalb einzelner Anbauflächen ist und inwieweit sie durch Standort- und Anbaufaktoren einschließlich der verwendeten Sorte geprägt werden. Unter variablen Boden- und Bewirtschaftungsbedingungen in Brandenburg sollten Basisdaten geschaffen werden, die Hinweise für die weitere Ausgestaltung des anbaubegleitenden Monitorings geben.

Für die Gemeinschaftsanalyse der Mikroflora des Bodens und der Rhizosphäre wurde unter Verwendung universeller Eubakterienprimer ein ca. 920 bp Fragment der 16S rDNA amplifiziert und mit dem Restriktionsenzym *Hha*I gespalten. Auf dieser Basis ließen sich nach Auftrennung in der Kapillarelektrophorese reproduzierbare Fingerprints hoher Auflösung erzeugen, die bereits im visuellen Vergleich eine Prägung durch den Standort andeuteten. Für die bakteriellen Gemeinschaften des Bodens und der Rhizosphäre konnte so nach Verrechnung der Daten aller Untersuchungsjahre vorwiegend eine klare Standortabhängigkeit nachgewiesen werden, wobei sich die erhaltenen Fingerprintmuster oft als schlagspezifisch erwiesen. Auch andere Studien, wie Dunbar et al. (2000), Sessitsch et al. (2001,2002) und Johnsen et al. (2003) stützten sich auf die T-RFLP-Analyse der ribosomalen DNA zur Untersuchung der Zusammensetzung bakterieller Gemeinschaften in Boden- und Rhizosphärenproben. Wie im bearbeiteten Projekt basierten die meisten Untersuchungen auf der Amplifikation der 16S rDNA, teilweise aber auch, wie bei Johnsen et al. (2003), auf der Amplifikation der ITS-Region. Unabhängig von den einzelnen methodischen Ansätzen konnte gezeigt werden, dass die Bakteriengemeinschaften verschiedener Böden bzw. Standorte voneinander unterscheidbar sind und bakterielle Fingerprints daher zum Vergleich und zur Identifikation von Standorten herangezogen werden können. Letztlich wurde in einer Veröffentlichung von Horswell et al. (2002) das DNA-Profiling bakterieller Gemeinschaften mittels T-RFLP sogar als praktikables Verfahren bei der forensischen Identifikation von Bodenspuren beschrieben.

Neben dem T-RFLP sind jedoch auch andere PCR-basierte Fingerprinttechniken wie die DGGE- und die SSCP-Analyse der ribosomalen DNA zur Charakterisierung bzw. Typisierung bakterieller Gemeinschaften des Bodens geeignet. Innerhalb des Querschnittsverbundes „Methoden zur Untersuchung von Mikrobengemeinschaften für das anbaubegleitende Monitoring von transgenen Pflanzen“ unter Beteiligung verschiedener vom BMBF geförderter Forschungsvorhaben konnte in vergleichenden Untersuchungen gezeigt werden, dass die Anwendung der drei Fingerprinttechniken bei Vor- und Nachteilen jeder einzelnen Methode prinzi-

piell übereinstimmende Befunde zur Variabilität bakterieller Gemeinschaften innerhalb und zwischen verschiedenen Untersuchungsstandorten brachte (www.biosicherheit.de). Im Ergebnis der Ähnlichkeitsanalyse der jeweiligen Muster der bakteriellen Gemeinschaften wurden weitgehend übereinstimmende Gruppierungen der einzelnen Standorte ausgewiesen.

Während in den meisten Studien (z.B. Marschner et al., 2001; Dunbar et al., 2002), wie auch in den Untersuchungen des BMBF-Querschnittsverbundes „Mikrobenmonitoring“ vorwiegend deutlich differenzierte Böden analysiert wurden, handelte es sich bei den Standorten des Projektes generell um diluviale Sandböden, für die oft ähnliche Texturverhältnisse charakteristisch waren. Dass diese Standorte dennoch in vielen Fällen unterschieden werden konnten, spricht für die Sensitivität der genutzten Methode. Dabei hat sich die Verrechnung der Densitogramme über die Pearson-Korrelationsmatrix bzw. den WARD-Algorithmus bewährt. Zu ähnlichen Ergebnissee kommen auch Blackwood et al. (2003), die mit der clusteranalytischen Verrechnung der T-RFLP-Muster auf Grundlage der relativen Peakhöhen über Pearson/WARD zu einer spezifischen Clusterung gelangten. In unseren Untersuchungen ergab sich insbesondere für die Muster des Bodens bei >50% aller untersuchten Proben eine hohe interne (gruppenspezifische) Stabilität, die sich jeweils in separaten Clusterungen der T-RFLP-Muster zeigte. Die Muster von Schlägen mit geringer interner Stabilität ähnelten oft Schlägen, die eine übereinstimmende Textur aufwiesen. Dabei war es zum Teil unerheblich, ob der Schlag aus der gleichen oder einer anderen Region stammte. Damit zeigten die Fingerprints der untersuchten Schläge überwiegend eine klare Abhängigkeit von der Textur des Bodens. Diese Beziehung fanden auch Johnsen et al. (2003), die insgesamt 47 landwirtschaftliche Böden analysierten. Darüber hinaus konnten sie signifikante Korrelationen zwischen den T-RFLP-Mustern und den Bodenparametern elektrische Leitfähigkeit sowie mineralischer Stickstoff und mineralischer Kohlenstoff aufzeigen. Beziehungen der Fingerprints zum pH-Wert und dem organischen Kohlenstoffgehalt des Bodens ergaben sich in dieser Studie dagegen nicht. Sessitsch et al. (2001) konnten einen klaren Zusammenhang zwischen der Mikroflora und den abiotischen Bodenparametern, insbesondere den Korngrößenfraktionen, zeigen. Anhand von Bodenproben aus einem Dauerfeldversuch wiesen sie nach getrennter Untersuchung der Korngrößenfraktionen Sand, Schluff und Ton nach, dass sich die einzelnen Fraktionen sowohl in der mikrobiellen Biomasse als auch in der Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaften signifikant unterscheiden. So wurde in Verbindung mit höheren Biomassen die höchste Diversität in den kleinen Fraktionen (Feinschluff und Ton.) gefunden, während die Diversität in den gröberen Fraktionen, offenbar bedingt durch die geringere Nährstoffversorgung, den stärkeren Einfluß von Protozoen und die Konkurrenz zu Pilzen deutlich geringer

war. Ferner belegten sie nach Klonierung und Sequenzierung der 16S rDNA unterschiedliche Preferenzen einzelner Bakteriengruppen für die Ton- und Schluff- bzw. Sandfraktion. Von deutlich geringerer Bedeutung für die bakteriellen Gemeinschaften waren demgegenüber externe Faktoren wie die organische Düngung.

Obgleich der Einfluß von abiotischen Bodenparametern wie der Textur auf die bakterielle Mikroflora des Bodens inzwischen unstrittig ist, sind zum Verständnis der Einflussfaktoren auf die mikrobiellen Gemeinschaften des Bodens nach Johnsen et al. (2003) weitere Untersuchungen erforderlich. In besonderem Maße gilt das für die Gemeinschaften der Rhizosphäre. In unseren Untersuchungen erwies sich die Rhizosphärenmikroflora ähnlich wie die Bodenmikroflora weitgehend standortabhängig, wobei die Textur hier ebenfalls als prägender Faktor auffiel. Allerdings war diese Abhängigkeit in der Betrachtung aller Untersuchungsschläge weniger stark ausgeprägt, was sich als Hinweis für weitere beeinflussende Größen deuten läßt. Ein Sorteneinfluß zeichnete sich auf den Untersuchungsschlägen jedoch nur in Einzelfällen durch klare Unterschiede in den Mustern verschiedener Sorten ab, die unter gleichen Standortbedingungen angebaut wurden. Da im Rahmen des Projektes aufgrund der heterogenen Untersuchungsbedingungen eine Bewertung des Sorteneinflusses kaum möglich war, wurde im Jahr 2002 in Müncheberg und Oehna sowie am Versuchsstandort Dahnsdorf der BBA ein randomisierter Sortenversuch zur Abschätzung der Wirkungen von Standort und Sorte durchgeführt. Die ebenfalls mittels Clusteranalyse ausgewerteten Ergebnisse dieses Versuchs wiesen eine eindeutige Gruppierung der Muster nach ihren Anbauorten aus und belegten damit, dass auch die Rhizosphärenmikroflora der verwendeten Kartoffelsorten (Désirée, Linda und Solara) am stärksten durch den Standort beeinflußt wurde. Ein Einfluß der Sorte war erst nachgeordnet, innerhalb der Anbauorte zu erkennen (Becker & Ulrich, 2002).

In parallelen Untersuchungen in einem Freisetzungsversuch mit transgenen fructansythetisierenden Kartoffellinien (BMBF-Verbund; www.biosicherheit.de) konnte gezeigt werden, dass die Rhizosphärenmikroflora teilweise stärker vom Pflanzenstandort innerhalb derselben Versuchsanlage (Blockeffekt) als von den angebauten transgenen bzw. unveränderten Kartoffellinien und Sorten abhing. Klare Effekte des Pflanzengenotyps waren nur vereinzelt in der Gegenüberstellung verschiedener konventioneller Sorten nachweisbar. Damit ließen sich im Rahmen der mehrjährigen Freisetzung auch keine spezifischen, über Sortenwirkungen hinausgehenden Effekte der untersuchten transgenen Linien detektieren. Weitgehend übereinstimmende Ergebnisse, die einen eher geringen, zeitlich begrenzten oder stark von Umweltfaktoren überlagerten Einfluss des Pflanzengenotyps auf die Zusammensetzung der bakteriellen Rhizosphärengemeinschaften belegen, teilen u.a. Lottmann et al. (1999), Lottmann &

Berg (2001), Heuer et al. (2002) sowie Sessitsch et al. (2003) mit. Im Unterschied zu unseren Untersuchungen mit fructanbildenden Kartoffeln konzentrieren sich die Arbeiten der genannten Autoren auf T4-Lysozym- und Cecropin exprimierende Kartoffellinien, deren transgene Veränderung auf die Bekämpfung phytopathogener Bakteriengruppen ausgerichtet ist. So wird insgesamt deutlich, dass bei allen bisher untersuchten transgenen Linien die Wirkung nicht über den Einfluss des Pflanzengenotyps unterschiedlicher Sorten hinausgeht. Somit ergibt sich für die Rhizosphärengemeinschaften offensichtlich sowohl eine starke Prägung durch den Boden sowie Jahres- und saisonale Faktoren (Heuer et al., 2002) als auch verschiedene standortbedingte biotische Einflüsse bzw. Interaktionen. Marschner et al. (2001) zeigten hierzu, dass die bakteriellen Rhizosphärengemeinschaft neben dem Bodentyp und der Pflanzenart auch von der untersuchten Wurzelzone signifikant beeinflußt wird. Eine weitere, meist wenig beachtete Einflussgröße ist die Bodenfauna, deren Bedeutung Bonkowski et al. (2000) im Rahmen der Interaktionen zwischen Rhizosphärenmikroflora, Pflanzenwachstum und Wurzelexsudation nachwiesen. In diesem System wirken die Organismen der Bodenfauna einschließlich der Protozoen regulierend auf die bakterielle Mikroflora. Besonders vor diesem Hintergrund stellen sich die erzeugten Fingerprints der bakteriellen Rhizosphärenpopulationen lediglich als Momentaufnahme einer Einzelkomponente eines zurzeit noch wenig verstandenen vielfältigen biologischen Systems dar.

Während für die bakteriellen Gemeinschaften des Bodens und der Rhizosphäre bei gleichem methodischen Vorgehen jeweils komplexe und in ihrer Grundstruktur ähnliche Fingerprints erzeugt werden konnten, erfolgte die T-RFLP-Analyse der Gemeinschaften der Phyllosphäre unter Verwendung einer veränderten Primer-Enzym-Kombination. Dies war notwendig, um eine Parallelamplifikation von Chloroplasten-DNA auszuschließen. Die hierbei erhaltenen Muster zeigten im Vergleich zu den Mustern der anderen beiden Habitate eine deutlich geringere Komplexität und Stabilität, was wahrscheinlich durch die geringere bakterielle Besiedlung der Phyllosphäre mit bedingt ist. Dennoch ließen sich tendenziell übereinstimmend mit den Ergebnissen in der Rhizosphäre vereinzelt Wirkungen des Standortes bzw. der Region aber auch der Sorte nachweisen. Allerdings ergeben sich für die Bewertung der Effekte in den bakteriellen Gemeinschaften in der Phyllosphäre weniger Ansatzpunkte, da möglicherweise zahlreiche Einflüsse durch die Pflanze und deren Reaktionen auf Umwelteinflüsse, wie Trockenheit oder Krankheitsbefall vorliegen. Darüber hinaus könnte in unseren Untersuchungen auch das physiologische Alter der Pflanzen eine bestimmende Größe für die Variabilität der Zusammensetzung der Phyllosphärenmikroflora sein. Dieses Merkmal variierte bei den untersuchten Sorten sowohl aufgrund ihres unterschiedlichen Reifeverhaltens (Nutzung von Sorten

unterschiedlicher Reifegruppen) als auch infolge der unterschiedlichen Wasser- und Nährstoffversorgung auf den Untersuchungsflächen. Da die Ausgangsbedingungen auf den Schlägen ebenso wie die resultierende Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften insgesamt sehr heterogen waren, lassen sich definierte Einflussfaktoren schwer abschätzen.

4.4 Kartoffelbegleitflora

Auf den Kartoffelschlägen der Untersuchungsgebiete war eine für Hackfruchtbestände typische Ackerbegleitflora vorzufinden. Es dominierten der Weiße Gänsefuß, die Ackerkratzdistel, die Hühnerhirse, die Quecke und der Windenknöterich. Als besonders artenarm erwiesen sich, wie erwartet, die meisten mit Herbiziden behandelten Flächen, auf denen oft nur zwei bis drei der genannten Hauptarten vorkamen. Teilweise wurde hierbei zugleich auch ein gehäuftes Vorkommen dieser Arten beobachtet. Sehr wahrscheinlich ist, dass es sich dabei um Populationen mit Herbizidresistenzen handelte. Insbesondere in der Region Oehna/Welsickendorf ist seit längerem Triazin-resistenter Weißer Gänsefuß bekannt (pers. Mitt.). Interessanterweise zeigten die Erhebungen jedoch auch am Beispiel der Schläge in der Region Brück, dass herbizidbehandelte Ackerflächen relativ artenreich sein können. Im Untersuchungszeitraum konnte in Brück trotz Herbizidbehandlung mehrfach eine ähnliche Begleitflora wie auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen in Jahnsfelde festgestellt werden. Damit stellt auch die Begleitflora einen ökologischen Parameter dar, der durch mehrere, in der Agrarlandschaft wirkende Einflussfaktoren, wie dem Samenvorrat im Boden oder dem Pollen- und Sameneintrag aus einem weniger intensiv genutzten Umland, geprägt wird. Letztere Bedingungen trafen offensichtlich für die integriert bewirtschafteten Kartoffelanbauflächen in Brück zu, die Bestandteil einer stark strukturierten Agrarlandschaft sind.

4.5 Kartoffelbegleitfauna

Die Status-quo-Analyse zur Variabilität der Begleitfauna von Kartoffelbeständen umfasste die Untersuchung des Artenspektrums, der Dominanz und Abundanz epigäischer und hypergäischer Lebensgemeinschaften der Kartoffelschläge der Untersuchungsgebiete sowie den Vergleich der Standorte bzw. Kartoffelbestände anhand der untersuchten Parameter. Darüber hinaus wurde mittels Cluster- und Ordinationsverfahren versucht, Abhängigkeiten von Umweltfaktoren, wie der Bodenart oder der angebauten Kartoffelsorte zu ermitteln.

Die Untersuchung der Spinnengemeinschaften auf den Kartoffelschlägen erbrachten eine klare Dominanz von *Oedothorax apicatus,* einer Art, die Blick et al. (2000) als Ackerspinne *per se* bezeichnen. Von den 33 beprobten Standorten, stellte *Oedothorax apicatus* an 25 Orten die meisten Individuen. Auf den restlichen Standorten kamen auch Linyphiiden mit großer Häu-

figkeit vor, wobei *Oedothorax apicatus* hierbei ebenfalls oft vertreten war. Als weitere häufige Arten erwiesen sich *Erigone atra*, *Erigone dentipalpis* und *Bathyphantes gracilis*. Zu ähnlichen Ergebnissen der Artendominanz der Spinnen kamen auch Krössel (1982) und Platen (1996) in länger zurückliegenden Untersuchungen auf einer Kartoffelfläche in Berlin-Kladow. Für die Spinnenzönosen war auf den Untersuchungsschlägen somit eine extrem schiefe Dominanzverteilung typisch. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus Untersuchungen von Äckern mit anderen Feldfrüchten wie Getreide, Mais und Zuckerrüben sowie nachwachsenden Rohstoffen (Al Hussein, 1997; Ratschker, 2001; Ratschker & Roth, 2000; Volkmar et al., 2000; Volkmar et al., 2001) und weist die Ackerflächen als gestörte Standorte aus. Die Untersuchung von Al Hussein (1997) zeigte, dass sich bei einer Umstellung von intensiver auf ökologische Bewirtschaftung das Artenspektrum der Spinnen dahingehend ändert, dass mehr große Arten aus der Familie der *Gnaphosidae* und *Lycosidae* auftreten. Ursache dieser Änderung ist wahrscheinlich die reichhaltigere Krautschicht und der Wegfall der Insektizidbehandlung auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen. Der Vergleich des Artenspektrums und der Dominanzverteilung der sehr intensiv bearbeiteten Standorte in Oehna und den Flächen des ökologischen Landbaus in Jahnsfelde hat dagegen keinen nennenswerten Unterschied ergeben. Dies ist wahrscheinlich auf die generell intensive Bodenbearbeitung beim Kartoffelanbau zurückzuführen, die möglicherweise größeren Arten keine optimalen Existenzmöglichkeiten bietet. Auch deutete sich auf den Untersuchungsschlägen kein Einfluss der angebauten Kartoffelsorte auf die Zusammensetzung der Spinnenassoziationen an, obgleich sich die Sorten mitunter deutlich in der Wüchsigkeit unterschieden und damit auf Feldern unterschiedliche Feuchte- und Belichtungsfaktoren gegeben waren. Im Gegensatz dazu war in den Ergebnissen der Clusteranalysen und der Ordination eine klare Beeinflussung der Spinnenassoziationen durch den Standort bzw. die Region zu erkennen. Eine Beziehung zu Standortfaktoren konnte weiterhin auch bei dem biometrischen Parameter mittlere Körpermasse festgestellt werden. Allerdings muss offen bleiben, ob und inwieweit für diese Effekte die unterschiedlichen Böden verantwortlich sind, da die Bodenarten der Schläge in den einzelnen Jahren oft auch mit der Region identisch waren, womit insgesamt mehr Einflussgrößen als nur die Bodenart vorgelegen haben. Zumindest eine alleinige Abhängigkeit der Spinnenassoziationen vom Boden ist aus der Fortpflanzungsbiologie der Spinnen, die ihre Eier in Kokons ablegen und entweder im Falle der netzbauenden Spinnen in der Vegetation fixieren oder im Falle der Wolfspinnen mit sich tragen, nicht zu erklären. In der Gesamtbetrachtung der Erhebungen scheinen die Gemeinschaften der Spinnen somit eindeutig von den natürlichen und agronomischen Bedingungen auf den untersuchten Kartoffelanbauflächen beeinflusst worden zu sein.

Die Laufkäfergemeinschaften erwiesen sich im Vergleich zu den Spinnenzönosen sehr viel arten- und individuenreicher. Auch die Dominanzstaffelung war bei den Laufkäfern deutlich komplexer. Dominierend waren in der Regel eurytope Offenlandbewohner wie *Poecilus cupreus, Pterostichus melanarius* und *Pseudoophonus rufipes*. Mehrfach traten aber auch ausgesprochen xero-thermophile Arten, wie z. B. *Calthus cinctus*, *Calathus erratus* und *Bembidion properans* unter den Dominanten auf, während anspruchsvollere Arten oder Spezialisten relativ selten gefunden wurden. Weiterhin war die α-Diversität etwas höher als bei den Spinnen, was einerseits durch die höhere Artenzahl, vor allem aber durch die höhere Gleichverteilung der Individuen auf die Arten bedingt ist. Wesentlich für die Laufkäferzönosen ist jedoch auch deren offensichtliche Beeinflussung durch Standortfaktoren. Im Gegensatz zu den Spinnen könnte bei den Laufkäfern auch die Bodenart eine stärkere Rolle spielen, was sich in den Ergebnissen der Clusteranalysen für die Jahre 2001 und 2002 und der Ordinationen andeutete. Müller-Motzfeld (1989) kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass sich Laufkäfer gut als pedologische Indikatoren eignen. Diese Eigenschaft kann auf die Fortpflanzungsbiologie der Laufkäfer sowie auch der speziellen Lebensweise einiger Arten abgeleitet werden. Laufkäfer legen im Gegensatz zu den Spinnen ihre Eier meist am oder im Boden ab, so dass die Bodentextur und die Bodenfeuchtigkeit eine entscheidende Rolle bei der Wahl des Standortes spielen. Arten wie z. B. *Cicindela hybrida* und *Broscus cephalotes* halten sich in Ruhephasen im Boden eingegraben auf. Hat der Boden einen zu hohen Tonanteil, würden sich ihre Wohnröhren bei Austrocknung verengen und verhärten, was ihnen keinen weiteren Aufenthalt ermöglichen würde. Entsprechend traten diese beiden, neben anderen psammophilen Arten nur an Standorten mit hohem Sandanteil (Jahnsfelde, Müncheberg) auf. Den deutlichen Einfluss des Standortes hebt auch Armstrong (1995) hervor, der auf zwei konventionell und ökologisch bewirtschafteten Kartoffeläckern in Nord-Schottland die Artenzusammensetzung und die Individuenzahlen von Laufkäfern untersuchte. Er stellte fest, dass der Standorteinfluss hierbei größer war als der Bewirtschaftungseinfluss. Übereinstimmendes zeigt sich auch in der Gegenüberstellung der Flächen des ökologischen Landbaus in Jahnsfelde mit den integriert bewirtschaften Flächen. Dabei war in keinem Fall eine über Standorteffekte hinausgehende Wirkung der ökologischen Wirtschaftsweise auf die Laufkäfer zu verzeichnen.

Die auf den Kartoffelanbauflächen erfassten Blütenbesucher erwiesen sich als vergleichsweise artenarm. Dabei waren die Schwebfliegen weniger an den Kartoffelblüten als vielmehr zum Aufsuchen von Blattlauskolonien zur Eiablage tätig, was der räuberischen monophagen Ernährung der Larven vieler Schwebfliegenarten entspricht (Kormann, 2002). Eine Beziehung der Schwebfliegen zum Blühverhalten der angebauten Kartoffelsorten war daher kaum zu

erwarten. Die Hummeln hingegen besuchten erwartungsgemäß vorrangig stärker blühende Sorten. Besonders deutlich zeigte sich dies im ersten Untersuchungsjahr auf den Schlägen mit der stark blühenden Sorte Adretta, auf denen 2001 die meisten Hummeln erfasst wurden. Hinzu kommt, dass in dieser Sorte, sicher vermittelt über einen relativ geringen Blattlausbefall, 2001 nur relativ wenig Schwebfliegen nachgewiesen werden konnten. Dementsprechend ergab die Clusteranalyse zur faunistischen Ähnlichkeit der Standorte dieses Untersuchungsjahres auch eine separate Gruppierung der Adretta-Schläge. In den anderen Jahren waren die Ergebnisse weniger eindeutig. Mögliche Ursache hierfür könnte neben zufallsbedingten Effekten durch die diskontinuierliche Fangmethode auch das zeitlich unterschiedliche Blühverhalten der Sorten sein. So befanden sich die einzelnen Sorten während des Erfassungstermins oft in unterschiedlichen Blühstadien, so dass nicht immer dem Blühpotenzial der Sorte entsprechende Individuenzahlen ermittelt werden konnten. Verallgemeinernd scheinen für die Blütenbesucher insgesamt jedoch stärker Sorten- als regionale Faktoren bestimmend zu sein.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zur Erstellung einer Baseline-Studie über die Variation biotischer Parameter beim Anbau von Kartoffeln wurde im Forschungsvorhaben die Boden- und pflanzenassoziierte Mikroflora, die Kartoffelbegleitfauna und -flora sowie das Ausbreitungspotenzial der Kartoffelsorten unter Praxisbedingungen im Land Brandenburg analysiert. Als Untersuchungsbasis dienten jährlich 11 Anbauflächen in fünf Landwirtschaftsbetrieben der Landkreise Märkisch Oderland, Potsdam-Mittelmark und Teltow-Fläming. Die Untersuchungen zur Standortcharakterisierung ergaben, dass die ausgewählten Schläge sowohl in der Textur als auch in der organischen Bodensubstanz variierten, wenngleich ausschließlich für den Kartoffelanbau geeignete diluviale Standorte genutzt wurden. Somit ergaben sich ähnliche, aber eindeutig differenzierte Ausgangsbedingungen. Daneben unterschieden sich die Standorte auch in den Bewirtschaftungssystemen und -intensitäten.

Auf dieser Grundlage konnte in den Untersuchungen zur Mikroflora gezeigt werden, dass die mittels T-RFLP der 16S rDNA bestimmte Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens und der Rhizosphäre eindeutig durch den Untersuchungsstandort geprägt wurde, wobei sich die Fingerprintmuster beider Habitate häufig als schlagspezifisch erwiesen. Dabei ergab sich eine klare Abhängigkeit der bakteriellen Gemeinschaften von der Bodentextur. Dieser Effekt war im Boden stärker als in der Rhizosphäre ausgeprägt. Auch unter Hinzuziehung paralleler Untersuchungen und Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen traten Sortenwirkungen in ihrer Intensität deutlich hinter den Standorteffekten zurück. Im Vergleich zum Bo-

den und zur Rhizosphäre waren die Muster der Phyllosphärengemeinschaft durch eine geringe Anzahl an Restriktionsfragmenten und durch eine höhere Variabilität der T-RFLP-Muster innerhalb der einzelnen Schläge charakterisiert. Eindeutige Wirkungen auf die Mikroflora wurden hier - auch bedingt durch das Untersuchungskonzept - nicht beobachtet.

Eine Gebietsabhängigkeit konnte in der Gesamtbetrachtung der analysierten Einzelschläge auch für die Kartoffelbegleitflora nachgewiesen werden. Dementsprechend ließen sich Gruppen von Standorten, teilweise auch einzelne Schläge hinsichtlich des Artenvorkommens und der Abundanz einzelner Arten voneinander abgrenzen.

In den Erhebungen zum Ausbreitungspotenzial der Kartoffel zeigte sich in den von 2001 bis 2003 durchgeführten Felderhebungen und Beobachtungen sowie durch Keimversuche im Labor, dass unter unseren Bedingungen wahrscheinlich die frostfesten Kartoffelsamen einen wesentlichen Anteil am Durchwuchs der Kartoffeln in der Nachfrucht haben.

Die Untersuchungen zur Kartoffelbegleitfauna ergaben, dass die Zönosestruktur der epigäischen Kartoffelfauna (Laufkäfer, Spinnen, Weberknechte) vordergründig durch regionale, standortspezifische Faktoren geprägt ist. Besonders bei den Laufkäfern deutete sich ein Zusammenhang zwischen den Mustern in der Artenkomposition und der Bodenart (Textur) an. Da die Textur neben räumlich-strukturellen Habitateigenschaften auch das oberflächennahe Mikroklima prägt, dürfte mit den vorliegenden Bodenarten eine natürliche Variationsursache für die epigäische Begleitfauna gegeben sein. Ähnlich wie die Käfer- war auch die Zusammensetzung der Spinnenassoziationen nicht nachweisbar von der angebauten Kartoffelsorte abhängig, obgleich sich die Sorten mitunter deutlich in der Wüchsigkeit unterschieden und damit auf Feldern unterschiedliche Feuchte- und Belichtungsfaktoren gegeben waren. Die blütenbesuchenden Schwebfliegen und Hummeln scheinen hingegen auch von sorten- bzw. bestandesspezifischen Faktoren beeinflusst worden zu sein. Da neben der Blühphänologie andere Bestandesmerkmale, wie der Blattlausbefall (Attraktivität für Schwebfliegen) und Landschaftsstrukturelemente die Blütenbesucher maßgeblich beeinflussten, muss offen bleiben, ob sich die Artenkomposition der Blütenbesucherzönosen allein aus der Blühneigung der Bestände erklärt. Insgesamt kann nach den vorliegenden Ergebnissen nicht davon ausgegangen werden, dass eine der untersuchten Tiergruppen sowohl in ihrer Artenzusammensetzung als auch in ihrer Individuenhäufigkeit vorrangig von der Kartoffelsorte abhängig ist. Zur Bewertung der Qualität von Agrarstandorten scheinen Laufkäfer aufgrund ihrer differenzierteren Artenassoziationen besser geeignet zu sein als Spinnen.

In Auswertung der Ergebnisse können für das anbaubegleitende Monitoring folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Die blütenbesuchenden Insekten zeigten sich zwar durch den Pflanzengenotyp beeinflusst, durch die komplexe Interaktion von einer Vielzahl von Umweltparametern scheinen sie für das Monitoring jedoch eher ungeeignet zu sein. Eine Bedeutung der angewendeten Methoden könnte sich ergeben, wenn definierten Wirkungszusammenhängen nachgegangen wird.

Sowohl die Käfer- und Spinnenassoziationen als auch die bakteriellen Gemeinschaften in den untersuchten Habitaten waren deutlich vom Untersuchungsstandort abhängig, obwohl vergleichsweise geringe Unterschiede zwischen den Standorten bestanden. Dieser Effekt war wesentlich stärker ausgeprägt als die Beeinflussung durch den verwendeten Pflanzengenotyp. Da auch beim Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen bislang die Wirkungen der transgenen Linien bzw. Sorten nicht über den Rahmen konventioneller Sorten hinausgehen, erscheinen diese Parameter für ein Monitoring, das auf einem flächenhaften Vergleich des Anbaus von konventionellen und transgenen Kartoffeln beruht, ungeeignet. Sinnvoll ist ein solches Monitoring, wenn bedingt durch die transgene Veränderung deutlich über das Spektrum konventioneller Sorten hinausgehende Effekte zu erwarten sind. Andererseits wäre die Anwendung dieser Parameter in einem anbaubegleitenden Monitoring vorstellbar, das auf einem System, analog zum BDF-Programm oder zur Integrierten Ökologischen Dauerbeobachtung, beruht. Das Monitoring würde hier auf zeitlichen Veränderungen der Parameter auf definierten Flächen basieren. Allerdings ist es auf dieser Grundlage problematisch, einen kausalen Zusammenhang zwischen Veränderungen der Parameter und dem Anbau der transgenen Kartoffeln nachzuweisen.

Die Untersuchung des Ausbreitungspotenzials verdeutlichte die Fähigkeit der Kartoffel, sich in der Nachfrucht zu etablieren. Dies sollte in einem Monitoringprogramm transgener Kartoffeln vorrangig berücksichtigt werden, zumal dieser Parameter einfach zu erheben ist.

Referenzen

Al Hussein, I. A. (1997): Auswirkungen von Bewirtschaftungsumstellung und landschafts-räumlicher Neuordnung auf ausgewählte Vertreter der Agrozoozönose am Beispiel der Webspinnen (Arachnida: Araneae) des „Ökohofes Seeben“ bei Halle (Saale). - Arch. Phytopath. Pflanz. 31: 101-114.

Amann, R., Ludwig, W. & Schleifer, K.H. (1995): Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. Microbiol. Rev. 59: 143-169.

Armstrong, G. (1995): Carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity and abundance in organic potatoes and conventionally grown seed potatoes in the north of Scotland. - Pedobiologia 39: 231-237.

Askew, M.F. (1993): Volunteer potatoes from tubers and true potato seed. Aspects of applied biology, 35: 9-15.

Backhaus, K., Erichson, B., Pinke, W. & Weiber, W. (1996): Multivariate Analyse-methoden. Springer Vlg., Berlin, Heidelberg, New York, 591 S

Barber, H. S. (1931): Traps for cave inhabiting insects. - J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 46: 259-266.

Barker, W.G., Johnson, G.R. (1980): The longevity of the seeds of the common potato (Solanum tuberosum). American potato journal, 57: 601-607.

Barndt, D., Brase, S., Glauche, M., Gruttke, H., Kegel, B., Platen, R.& Winkelmann, H.. (1991): Die Laufkäferfauna von Berlin (West) – mit Kennzeichnung und Auswertung der verschollenen und

gefährdeten Arten (Rote Liste, 3. Fassung). In: Auhagen, A., Platen, R. & Sukopp, H. (Hrsg.), Rote Liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Berlin. - Landschaftsentw. u. Umweltforsch. S6: 243-275.

Barthel, J. (1997): Einfluss von Nutzungsmuster und Habitatkonfiguration auf die Spinnen-fauna der Krautschicht (Araneae) in einer süddeutschen Agrarlandschaft. - Agrarökologie 25, Verlag Agrarökologie, Bern, Hannover, 173 S.

Bastian, O. (1986): Schwebfliegen (Syrphidae). Die neue Brehm-Bücherei 576, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 186 S.

Becker, R. & A. Ulrich (1999): Untersuchungen zum Überdauerungs- und Keimungsverhalten von Vermehrungsorganen transgener Kartoffellinien mit erhöhter Akkumulation löslicher Zucker und Entwicklung molekularbiologischer Methoden zu deren Identifizierung. – Abschlußbericht zum Projekt des Landesumweltamtes Brandenburg [Förderkennzeichen: ZB-010/99]: 45 S.

Becker, R., Ulrich, A. (2002): Untersuchung der bakteriellen Rhizosphärenpopulationen konventioneller Kartoffelsorten zur Charakterisierung möglicher Einflüsse gentechnischer Veränderungen. – Abschlußbericht zum Projekt des Landesumweltamtes Brandenburg [Förderkennzeichen: BST 18/02]: 12 S.

Blackwood, C.B., Marsh, T., Kim, S-H. & Paul, E.A (2003): Terminal restriction fragment length polymorphism data analysis for quantitative comparision of microbioal communities. Appl. Environ. Microbiol.69: 926-932.

Blick, T., Pfiffner, L. & Luka, H. (2000): Epigäische Spinnen auf Äckern der Nordwest-Schweiz im mitteleuropäischen Vergleich (Arachnida, Araneae). - Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 12: 267-277.

Bonkowski, M., Cheng, W., Griffiths, B., Alphei, J. & Scheu, St. (2000): Microbial-faunal interactions in the rhizosphere and effects on plant growth. Eur. J. Soil Biol. 36, 135-147.

Braak, C.J.F. ter & Smilauer, P. (1998): CANOCO Reference Manual and User's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (Version 4). Microcomputer Power, Ithaca, 352 S.

BSA, 2001: Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes, Kartoffeln. Landbuch Verlag Hannover.

Chandler, D. P, Li, S. H., Spadoni, C. M, Drake, G. R, Balkwill, D. L., Fredrickson, J. K. & F. J. Brockman, 1997: A molecular comparison of culturable aerobic heterotrophic bacteria and 16S rDNA clones derived from a deep subsurface sediment. FEMS Microbiol. Ecol. 23: 131-144.

Chelius, M.K.& Triplett, E. W. (2001) The diversity of archaea and bacteria in association with the roots of zea mays L. Microb. Ecol. 41: 252-263.

Chin, K. J., Lukow, T. & Conrad, R. (1999): Effect of temperature on structure and function of the methanogenic archaeal community in an anoxic rice field soil. Appl. Environ. Microbiol. 65: 2341-2349.

Dunbar J, Ticknor L.O., Kuske C.R. (2000): Assessment of microbial diversity in four southwestern United States soils by 16S rRNA gene terminal restriction fragment analysis. Appl. Environ. Microbiol. 66: 2943-2950.

Engelmann, H.-D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. - Pedobiologia 18: 378-380.

Engels C. , Schwenkel J. , Sattelmacher B. , Bedewy R.EL.(1994): Potato production from true potato seed (TPS) in Egypt: Effect of the growing season on seedling development, recovery from transplanting and yield. Potato Research 37: 233 – 243.

Freude, H. (1976): Carabidae (Laufkäfer). In: Freude, H., Harde, K.W. & Lohse, G.A. (Hrsg.), Die Käfer Mitteleuropas, Bd. 2, Adephaga 1. Vlg. Goecke & Evers, Krefeld, 302 S.

Fuglie, K.O., Do, N.T.B., Dao, C.H. & Nguyen, H.T. (2001): Economoc returns to research on true potato seed in vietnam. CIP Programm report 1999-2000, 211-217.

Grimm, J., Monse, M., Hierold, W., Schmidt, R., Süß, A., Kämmerer, A., Stähler, M., Schmidt, H., Behrend, R. (1996): Abschlussbericht zum F&E-Vorhaben A8-2/93 - Bodendauerbeobachtung zur Bodenzustands-beschreibung und -überwachung im Land Brandenburg. Im Auftrag des LUA, Ref. Bodenschutz, 154 S.

Hagen, E. von & Aichhorn, A. (2003): Hummeln – bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen. Fauna Vlg., Nottuln, 327 S.

Heimer, S. & Nentwig, W. (1991): Spinnen Mitteleuropas. Ein Bestimmungsbuch. Parey, Berlin, Hamburg, 543 S.

Henschel, J, Stumpf, H. & Mahsberg, D. (1996): Mass-length relationships of spiders and harvestman (*araneae* and *opiliones*). Rev. suisse Zool. Hors Série 1: 265-268.

Heuer, H. & Smalla, K. (1999): Bacterial phyllosphere communities of Solanum tuberosum L. and T4-lysozyme-producing transgenic variants. FEMS Microbiol. Ecol. 28: 357-371.

Heuer, H., Kroppenstedt, R. M., Lottmann, J., Berg, G.& Smalla, K. (2002): Effects of T4 lysozym release from transgenic potato roots on bacterial rhizosphere communities are negligible relative to natural factors. Appl. Environ. Microbiol. 68: 1325-1335.

Herron, P. R., & Wellington, E. M. H. (1990): New methods for extraction of streptomycete spores from soil and application to the study of lysogeny in sterile amended and nonsterile soil. Appl. Environ. Microbiol. 56:1406–1412.

Heydemann, B. (1957): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. - Verh. Dtsch. Zool. Ges. 50:332-347.

Horswell, J., Cordinier, S.J., Maas, E.W., Martin, T.M., Sutherland, K.B.W., Spier, T.W., Nogales, B. & Osborn, A.M. (2002): Forensic Comparision of Soils by bacterial community DNA profiling. J. Forensic Sci. 47: 350-353.

Jarosik, V. (1989): Mass vs. lengh relationship for carabid beetles (Col., *Carabidae*). Pedobiologia 33: 87-90.

Johnsen, M.J., Lee, K.Y. & Scow, K.M. (2003): DNA fingerprinting reveals links among agricultural crops, soil properties, and the composition of soil microbial communities. Geoderma 114: 279 –303.

KA 4 (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, 1994

Kormann, K. (2002): Schwebfliegen und Blasenkopffliegen Mitteleuropas. Fauna Natur-führer Bd. 1. Fauna Vlg., Nottuln, 270 S.

Krössel, C. (1982): Die Carabidenfauna der Ackerflächen von Berlin (West) unter besonderer Berücksichtigung eigener Untersuchungen. Wiss. Hausarb. i. Rahmen der 1. Staatsprüfung f. das Amt d. Lehrers. Technische Universität Berlin, 141 S.

Lawson, H.M.(1983). True potato seeds as arable weeds. Potato research 26: 237-246.

Liu, W. T., Marsh, T. L., Cheng, H. & Forney, L.J. (1997): Characterization of microbial diversity by determining terminal restriction fragment length polymorphisms of genes encoding 16S rRNA. Appl. Environ. Microbiol. 63: 4516-4522.

Locket, G.A. & Millidge, A.F. (1951/53): British spiders. Vol. I&II. Ray Rociety, London, 310 S. & 449 S.

Locket, G.A., Millidge, A.F. & Merrett, P. (1974): Bristish spiders Vol. III. Ray Society, London, 315 S.

Lohse, G.A. & Lucht, W. (1989): Die Käfer Mitteleuropas Bd. 12 (1. Supplementband mit Katalogteil). Goecke & Evers Vlg., Krefeld, 346 S.

Lottmann, J., Heuer, H., Smalla, K. & Berg, G. (1999): Influence of transgenic T4-lysozym-producing potato plants on potentially beneficial plant associated bacteria. FEMS Microbiol. Ecology 29: 365-377.

Lottmann, J. & Berg, G. (2001): Phenotypic and genotypic characterisation of antagonistic bacteria associated with roots of transgenic and non-transgenicpotato plants. Microbiol. Res. 156: 75-82.

Lucht, W. & Klausnitzer, B. (1998): Die Käfer Mitteleuropas Bd. 15 (4. Supplementband). Fischer Vlg., Jena, 398 S.

Magurran, A. E. (1988): Ecological diversity and its measurement. Croom Helm, Sydney, London, 179 S.

Marschner, P., Yang, C.-H., Lieberei, R. & Crowley, D.E. (2001): Soil and plant specific effects on bacterial community composition in the rhizosphere. Soil Biol. and Biochemistry, Vol. 33: 1437-1445.

Martens, J. (1978): Weberknechte, *Opiliones*. In: Senglaub, K., H.-J. Hannemann und H. Schumann [Hrsg.]: Die Tierwelt Deutschlands. 64. Teil. Fischer Vlg., Jena, 464 S.

Mühlenberg, M. (1993): Freilandökologie. UTB, Quelle & Meyer Vlg., Heidelberg, 3. Auflage.

Müller-Motzfeld G. (1989): Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) als pedobiologische Indikatoren. Pedobiologia 145-153.

Platen, R. (1996): Spinnengemeinschaften mitteleuropäischer Kulturbiotope. - Arachnol. Mitt. 12: 1-45.

Platen, R., Broen, B. v., Herrmann, A., Ratschker, U. M. & Sacher, P. (1999): Gesamtartenliste und Rote Liste der Webspinnen, Weberknechte und Pseudoskorpione des Landes Brandenburg (Arachnida: Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones) mit Angaben zur Häufigkeit und Ökologie. - Natursch. u. Landschaftspfl. i. Brandenburg. Beilage zum Heft 2, Potsdam, 79 S.

Platen, R., Moritz, M. & Broen, B.v. (1991): Liste der Webspinnen- und Weberknecht-arten (Arach.: Araneida, Opilionida) des Berliner Raumes und ihre Auswertung für Naturschutzzwecke (Rote Liste). In: Auhagen, A., Platen, R. & Sukopp, H. (Hrsg.), Rote Liste der gefährdeten Pflanzen und Tiere in Berlin. - Landschaftsentw. u. Umweltforsch. S6: 169-205.

Portillo, Z. (1997): Agriculture-Peru: True Potato Seed, a Blessing for the Poor Written 4:07 PM Jun 28, 1997 by newsdesk in cdp:ppn.peru, InterPress Service, Worldwide distribution via the APC networks.

Randhawa, G.J.&, Bhargava, R. (1994): Berry and true potato seed production in relation to nitrogen fertilization. Journal Agronomy & Crop Science, 172: 69-72.

Ratschker, U. M. (2001): Die Zönose der Spinnen und Weberknechte in der Agrarland-schaft des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin. Ökologische und naturschutzfachliche Untersuchungen (Arachnida: Araneae, Opiliones). Dissertation, Technische Universität Dresden, Tharandt, 218 S. + Anhang.

Ratschker, U. M. & Roth, M. (2000): Vergleich von Spinnenzönosen auf biologisch-dynamisch und konventionell bewirtschafteten Äckern der nordostdeutschen Tiefebene. - Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 12: 359-364.

Roberts, M..J.. (1985): The spider fauna of Great Britain and Ireland. Vol. 1 Atypidae-Theridiosomatidae. Harley Books, Colchester, 229 S.

Roberts, M..J. (1987): The spider fauna of Great Britain and Ireland Vol.2 Linyphiidae. Harley Books, Colchester, 204 S.

Ross, R.W. (1969): Seed dormancy and longevity in Solanum spp. American potato journal 46: 438.

Ross, H., (1985): Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen (Hrsg. Fischbeck, Plarre und Schuster), 2. Aufl., Bd. 2: Spez. Teil, 212-214.

Scheffler, I., Kielhorn, K.-H., Wrase, D.W., Korge, H. & Braasch, D. (1999): Rote Liste und Artenliste der Laufkäfer des Landes Brandenburg (Col.: Carabidae). - Natursch. u. Landschaftspfl. i. Brandenburg. Beilage zum Heft 4, 27 S.

Sessitsch, A., Weilharter, A., Gerzabek, M. H., Kirchmann, H. & Kandeler, E. (2001): Microbial Population structures in soil particle size fractions of a long-term field experiment. Appl. Environ. Microbiol. 67: 4215-4224.

Sessitsch, A., Reiter, B. Pfeifer, U. & Wilhelm, E. (2002): Cultivation-independent population analysis of bacterial endophytes in three potato varieties based on eubacterial and Actinomycetes-specific PCR of 16S rRNA genes. FEMS Microbiol. Ecology 39, 23-32.

Sessitsch, A., Kan, F.-Y. & Pfeifer, U. (2003): Diversity and community structure of culturable *Bacillus* spp. populations in the rhizosphere of transgenic potatoes expressing the lytic peptide cecropin B. Appl. Soil Ecology 22: 149-158.

Sikka, L.C., Bhagari, A.S., Ssebuliba, J.M. and Kanzikwera, R. (1994). Potato production from true potato seed. Acta Hort. (ISHS) 380:484-489.

Thiele, H. U. (1977): Carabid beetles in their environments. Springer Vlg., Berlin, Heidelberg, New York, 369 S.

Volkmar, C., Kreuter, T. & Stark, A. (2000): Auswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe (Lein, Hanf, Kamille, Salbei) auf ausgewählte Arthropodengruppen (Araneae, Coleoptera, Diptera) in der sächsischen Agrarlandschaft. - Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 12: 411-418.

Volkmar, C., Lübke-Al Hussein, M., Jany, D., Hunold, I., Richter, L. & Wetzel, T. (2001): Agrarökologische Begleituntersuchungen beim Anbau transgener und konventioneller Zuckerrüben am Standort Friemar (Freistaat Thüringen). - Arch. Phytopath. Pflanz. 34: 165-203.

Ward, J. H. (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236.

Wedgwood, R.B. (1988): Control of berry production of potato plants. Journal agric. Sci., Camb., 110: 39-46.

Wiehle , H.(1956): Linyphiidae-Baldachinspinnen. – Die Tierwelt Deutschlands 44. Teil, G. Fischer Vlg., Jena, 337 S.

Wiehle, H. (1960): Micryphantidae-Zwergspinnen. – Die Tierwelt Deutschlands 47. Teil, G. Fischer Vlg., Jena, 620 S.

Yilma, S. (1991): The potential of true potato seeds in potato production in Ethiopia. Acta Hort. (ISHS), 270:389-394.

Zusammenfassung

In Vorbereitung des Langzeitmonitorings transgener Kulturpflanzen wurde die Variation ökologischer Parameter beim Anbau von Kartoffeln unter Praxisbedingungen im Land Brandenburg (2001-2003) analysiert. Ziel der Untersuchungen war es, im Rahmen einer Baseline-Studie ökologisch relevante Parameter der Agrarbiozönose „Kartoffelfeld“ zu analysieren und hinsichtlich ihrer Eignung für das Monitoring gentechnisch veränderter Kartoffeln zu bewerten. Die Studie konzentrierte sich auf die Untersuchung der Boden- und pflanzenassoziierten Mikroflora, der Begleitfauna und -flora sowie auf die Abschätzung des Ausbreitungspotentials der Kartoffel. Daneben wurden zur Kennzeichnung der Versuchsbedingungen Standort- und Witterungsgrößen erfasst. Untersuchungsgrundlage waren jährlich 11 unterschiedlich bewirtschaftete Schläge (Ökologischer Landbau *vs.* Integrierter Pflanzenbau mittlerer und hoher Intensität), die sowohl in der Textur als auch in der organischen Bodensubstanz variierten, wenngleich ausschließlich für den Kartoffelanbau geeignete diluviale Standorte genutzt wurden. Somit lagen ähnliche, aber eindeutig differenzierte Ausgangsbedingungen vor.

Auf dieser Grundlage konnte in den Untersuchungen zur Mikroflora gezeigt werden, dass die mittels T-RFLP der 16S rDNA bestimmte Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens und der Rhizosphäre eindeutig durch den Untersuchungsstandort geprägt wurde, wobei sich die Fingerprintmuster beider Habitate häufig als schlagspezifisch erwiesen. Dabei ergab sich eine Abhängigkeit der bakteriellen Gemeinschaften von der Bodentextur. Dieser Effekt war im Boden stärker als in der Rhizosphäre ausgeprägt. Sortenwirkungen traten in ihrer Intensität deutlich hinter den Standorteffekten zurück. Im Vergleich zum Boden und zur Rhizosphäre waren die Muster der Phyllosphärengemeinschaft durch eine geringe Anzahl an Restriktionsfragmenten und durch eine höhere Variabilität der T-RFLP-Muster innerhalb der einzelnen Schläge charakterisiert. Eindeutige Wirkungen auf die Mikroflora wurden hier - auch bedingt durch das Untersuchungskonzept - nicht beobachtet.

Eine Gebietsabhängigkeit konnte insgesamt auch für die Kartoffelbegleitflora beobachtet werden. So ließen sich häufig Gruppen von Standorten, teilweise auch Schläge hinsichtlich des Vorkommens und der Abundanz einzelner Beikrautarten voneinander abgrenzen.

Analog ergaben die Untersuchungen zur Kartoffelbegleitfauna, dass die Zönosestruktur der epigäischen Kartoffelfauna (Laufkäfer, Spinnen, Weberknechte) vordergründig durch regionale, standortspezifische Faktoren geprägt ist. Besonders bei den Laufkäfern deutete sich ein Zusammenhang zwischen den Mustern in der Artenkomposition und der Bodenart (Textur) an. Die blütenbesuchenden Schwebfliegen und Hummeln scheinen hingegen eher von Sorten- bzw. Bestandesfaktoren beeinflusst worden zu sein. Da neben der Blüte andere Bestandesmerkmale, wie der Blattlausbefall (Attraktivität für Schwebfliegen) und Landschaftsstrukturelemente die Blütenbesucher maßgeblich beeinflussten, muss offen bleiben, ob sich die Artenkomposition der Blütenbesucherzönosen allein aus der Blühneigung der Bestände erklärt. Insgesamt kann nach den vorliegenden Ergebnissen nicht davon

ausgegangen werden, dass eine der untersuchten Tiergruppen in ihrer Artenzusammensetzung und Individuenhäufigkeit vorrangig von der Kartoffelsorte abhängig ist.

In den Felderhebungen und Laborkeimversuchen zur Charakterisierung des Ausbreitungspotentials der Kartoffel war zu erkennen, dass unter unseren Bedingungen wahrscheinlich die frostfesten Samen wesentlich an der Verbreitung der Kartoffeln in der Nachfrucht beteiligt sind.

Schlussfolgerungen. Die blütenbesuchenden Insekten zeigten sich zwar durch den Pflanzengenotyp beeinflusst, durch die komplexe Interaktion von zahlreichen Umweltparametern scheinen sie für das Monitoring jedoch eher ungeeignet zu sein. Eine Bedeutung der angewendeten Methoden könnte sich ergeben, wenn definierten Wirkungszusammenhängen nachgegangen wird. Sowohl die Käfer- und Spinnenassoziationen als auch die bakteriellen Gemeinschaften in den untersuchten Habitaten waren deutlich vom Untersuchungsstandort abhängig, obwohl vergleichsweise geringe Unterschiede zwischen den Standorten bestanden. Dieser Effekt war wesentlich stärker ausgeprägt als die Beeinflussung durch den verwendeten Pflanzengenotyp. Da auch in anderen Studien zum Anbau gentechnisch veränderter Kartoffeln bislang die Wirkungen der transgenen Linien bzw. Sorten nicht über den Rahmen konventioneller Sorten hinausgehen, erscheinen diese Parameter für ein Monitoring, das auf einem flächenhaften Vergleich des Anbaus von konventionellen und transgenen Kartoffeln beruht, ungeeignet. Sinnvoll ist ein solches Monitoring, wenn bedingt durch die transgene Veränderung deutlich über das Spektrum konventioneller Sorten hinausgehende Effekte zu erwarten sind. Andererseits wäre die Anwendung dieser Parameter in einem anbaubegleitenden Monitoring vorstellbar, das auf einem System, analog zum BDF-Programm oder zur Integrierten Ökologischen Dauerbeobachtung, beruht. Das Monitoring würde hier auf zeitlichen Veränderungen der Parameter auf definierten Flächen basieren. Allerdings ist es auf dieser Grundlage problematisch, einen kausalen Zusammenhang zwischen Veränderungen der Parameter und dem Anbau der transgenen Kartoffeln nachzuweisen. Die Untersuchung des Ausbreitungspotenzials verdeutlichte die Fähigkeit der Kartoffel, sich in der Nachfrucht zu etablieren. Dies sollte in einem Monitoringprogramm transgener Kartoffeln vorrangig berücksichtigt werden, zumal dieser Parameter einfach zu erheben ist.

Abstract

In order to set up long-term monitoring of transgenic plants, the variation of ecological parameters in conventionally grown potato fields in the state of Brandenburg (2001-2003) was investigated. In the baseline study, relevant parameters in conventionally managed potato fields were analysed and evaluated with respect to their suitability for the monitoring of genetically modified potatoes. The investigations were focussed on the soil and plant associated microflora, on spiders and insects living in potato fields, and on the accompanying weeds as well as on the spread characters of potato plants. Furthermore, abiotic soil factors and weather conditions were recorded. The study was carried out yearly on 11 potato field sites differing in management systems and intensities, which varied in soil quality and cultivation intensity, though only diluvial soils of low and medium quality were used. Therewith, the field sites were characterised by similar, but clearly distinguishable soil conditions.

Against this background, analysis of microbial communities by T-RFLP of 16S rDNA showed site-specific fingerprint profiles indicating a clear impact of field sites on the bacterial community structure in soil and in the rhizosphere of potato plants. In this context, an obvious influence of soil texture, especially on the soil bacterial communities was observed. In contrast, the effect of plant genotype was hardly detectable. Compared to the soil and the rhizosphere, the T-RFLP profiles of the phyllosphere communities displayed a lower number of restriction fragments and a higher variability within the single sites. Consequently, clear effects on the phyllosphere microflora could not be detected.

Site specific effects were also observed in the structure of weed flora in the potato fields. In many cases groups of field sites or even single sites could be classified with respect to the occurrence and abundance of distinct weed species.

Likewise, the community composition of active ground beetles, spiders and harvestman varied clearly in dependence on the regions and field sites. Particularly the ground beetles revealed relations to the soil texture. Merely the community of flower visiting insects seemed to be influenced by plant specific factors, such as the behaviour of flowering. On the other hand, further ecological factors like the occurrence of aphids were related to the abundance of hover flies and bumblebees. Conclusively, the investigations of the plant associated fauna could not prove, that one of the insect or spider groups analysed depends markedly on the potato genotype.

The field and laboratory analyses of spread characteristics of conventionally grown potatoes confirmed, that volunteer potatoes are able to arise in fields post-harvest under our conditions, which is often due to the frost hardiness of their seeds.

Conclusions. The flower visiting insects revealed a dependence on the plant genotype but were also influenced by further environmental factors. Due to these complex interactions, this parameter does not seem to be applicable for the general surveillance, but can be used for a case-specific monitoring. Both the epigeal fauna and the bacterial communities were clearly

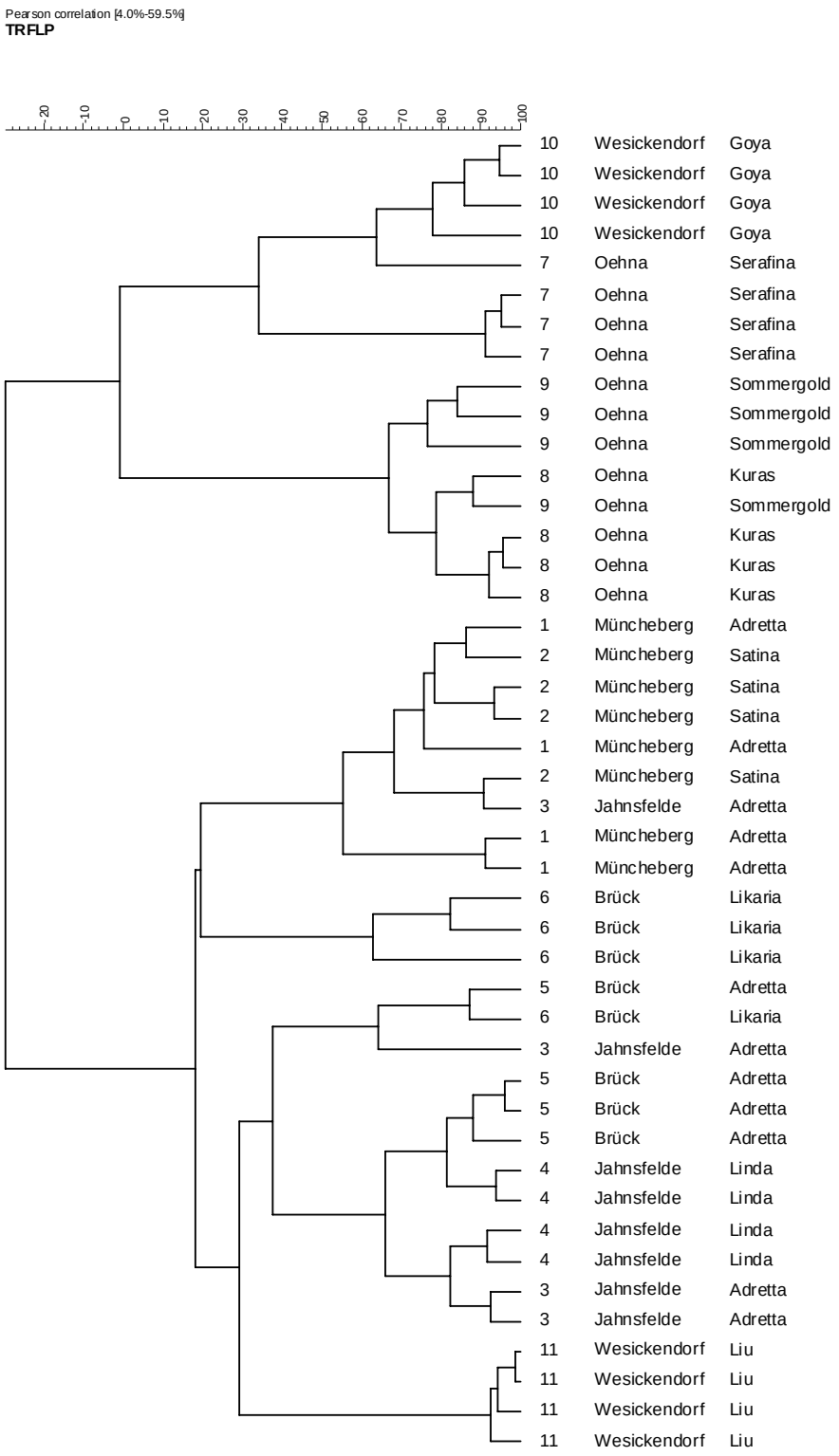
influenced by the regions and field sites studied, though only comparatively slight differences between the sites were given. This impact was more distinctive than the effect of the plant genotypes used. In all corresponding studies done so far, the effects of genetically modified potatoes did not exceed the effect of the various conventional varieties. For these reasons neither the epigaic fauna nor the bacterial communities are appropriate parameters for a monitoring basing on a comparison of transgenic and conventional potatoes planted on a set of different field sites. Otherwise, these parameters should be considered for a monitoring comparable to the German BDF or IÖDB program. Here, the monitoring would be based on temporal alternations of the parameters on defined field sites. However in such a case, the problem arises to identify causal connection between the alternations and the cultivation of transgenic plants. The analyses of spread behaviour of potatoes pointed out the capability of volunteer potatoes to establish in our regions. This phenomenon should be taken into account in a monitoring program, especially since this parameter is easy to observe.

Anhang zum Bericht

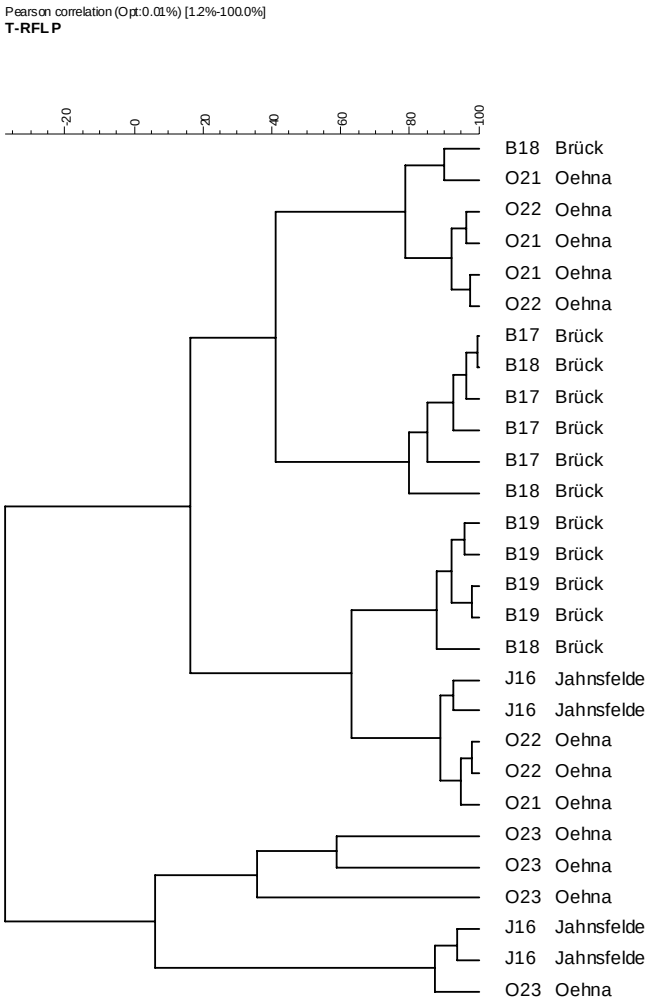
„Evaluierung von Kriterien für das Monitoring transgener Kartoffelpflanzen mit Änderungen im Grundstoffwechsel“

Übrige Abbildungen zu Ergebnissen der Untersuchungsjahre 2001 – 2003

(Boden- und pflanzenassoziierte Mikroflora, Kartoffelbegleitflora, Kartoffelbegleitfauna)

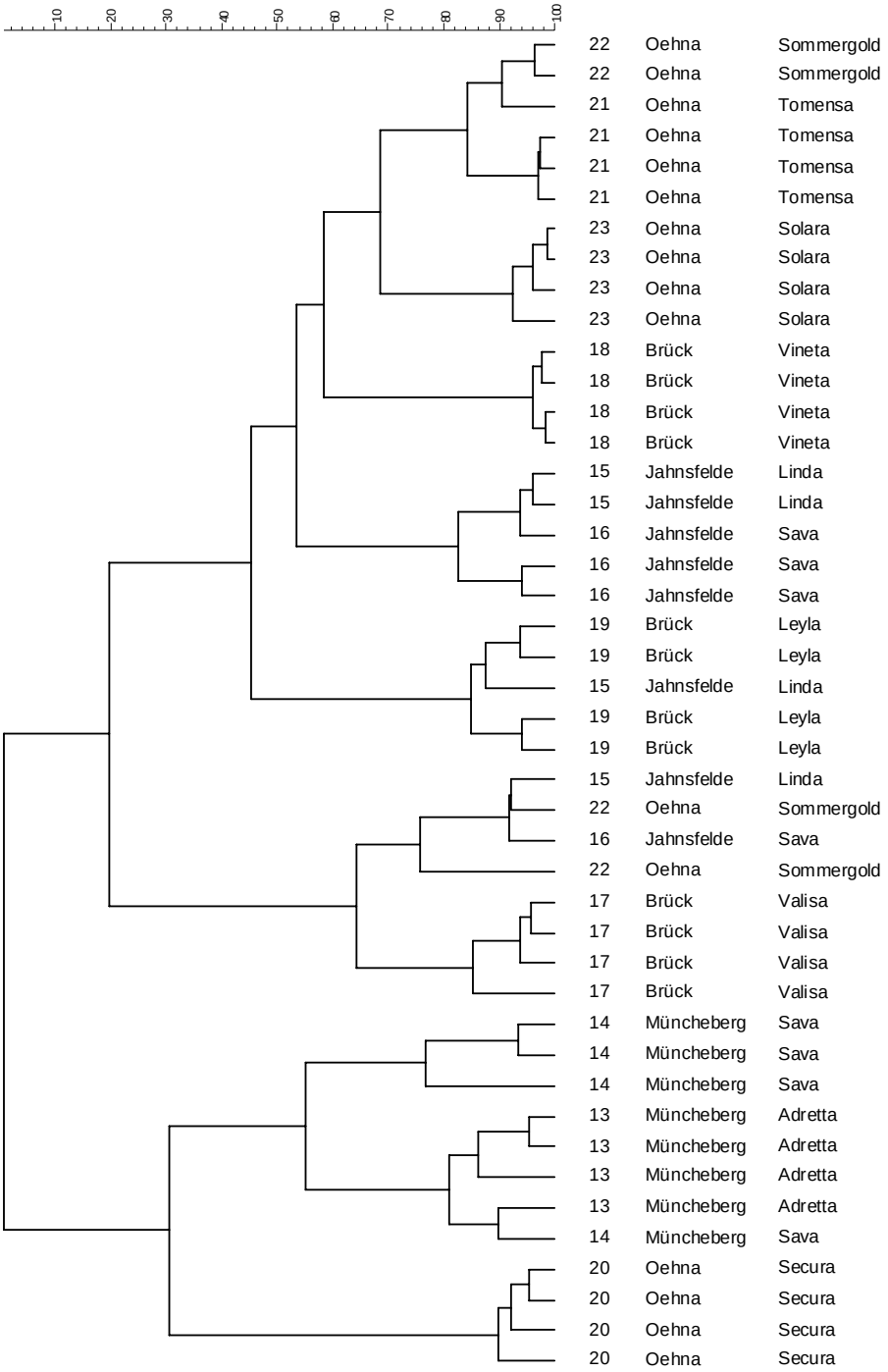


Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens auf den Untersuchungsschlägen im Herbst 2001 - Probenahme: 05.- 12.Oktober

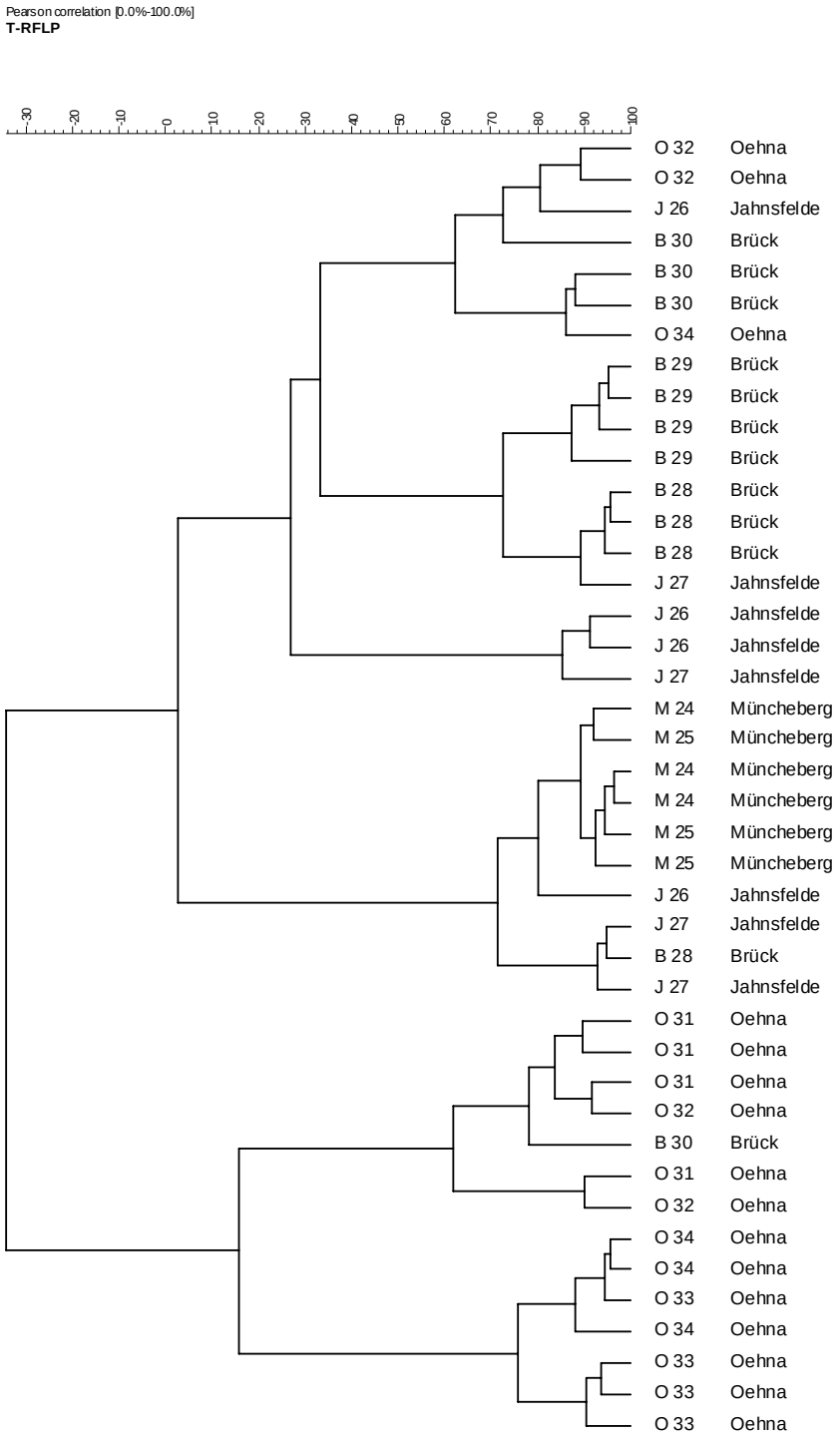


Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens auf den Untersuchungsschlägen im Frühjahr 2002 - Probenahme 05. bis 09. April

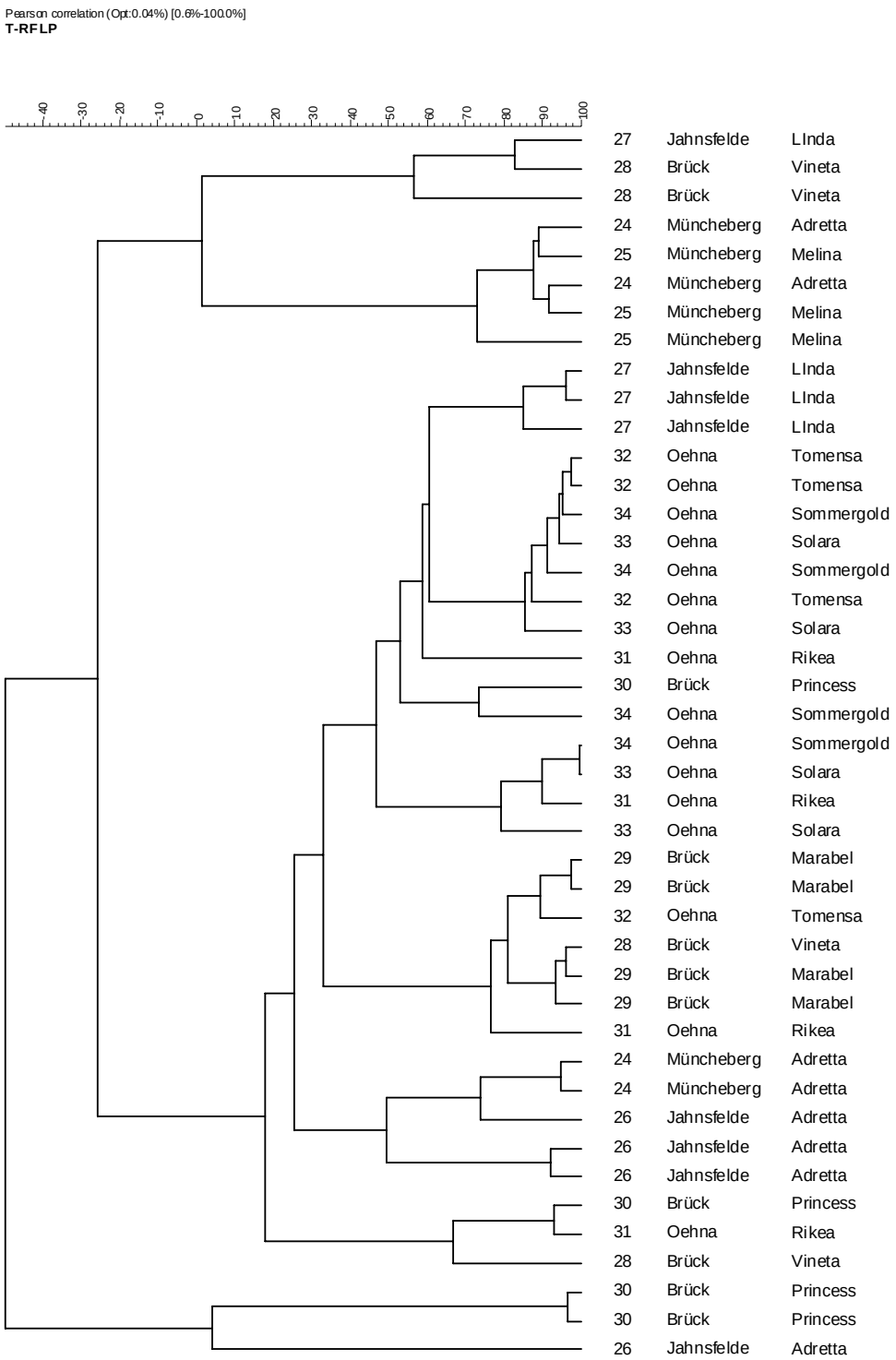
Pearson correlation (Opt:0.01%) [0.6%-91.4%]
T-RFLP



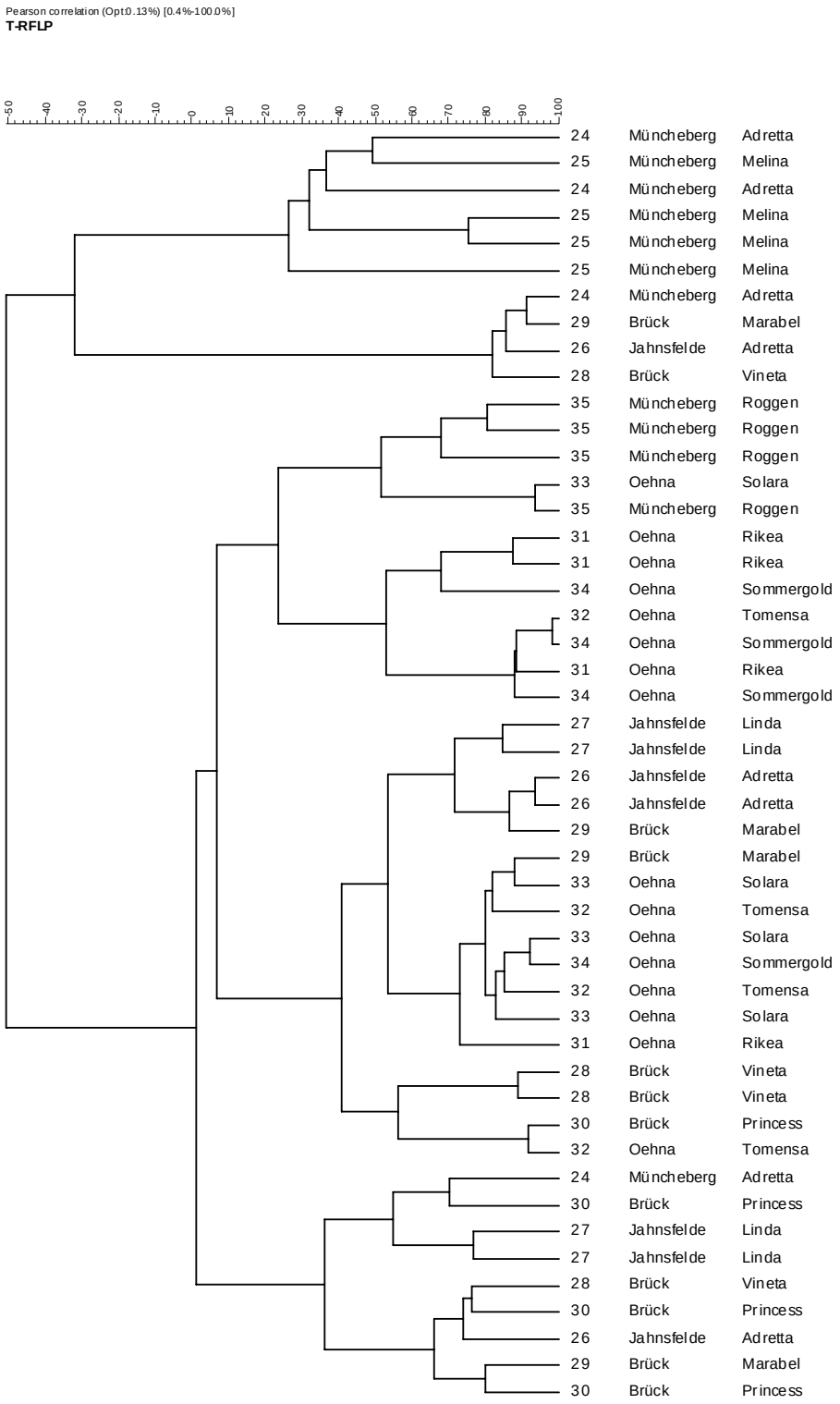
Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens auf den Untersuchungsschlägen im Herbst 2002 - Probenahme 05. bis 12. Oktober



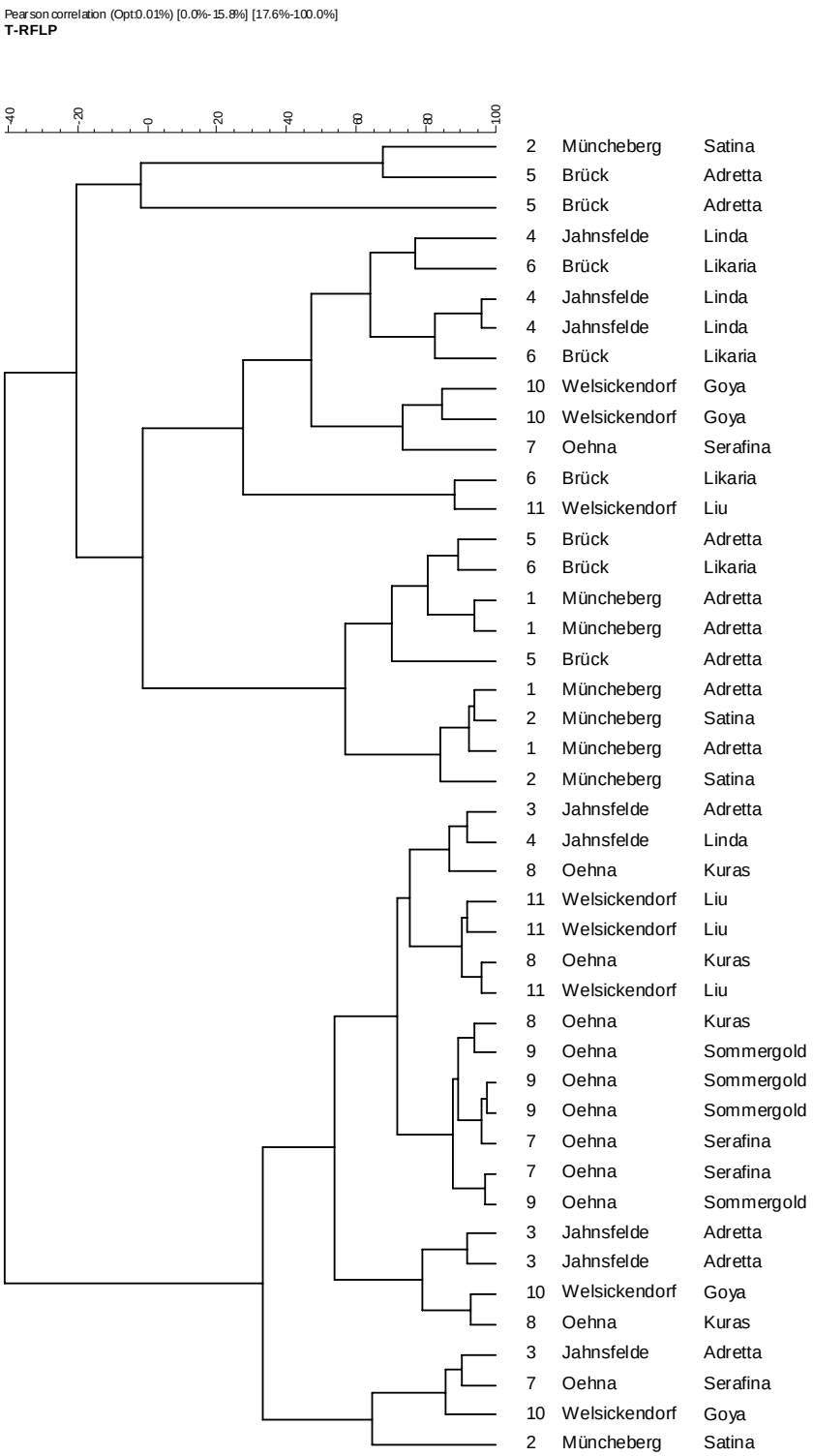
Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens auf den Untersuchungsschlägen im Frühjahr 2003 - Probenahme 05. bis 11. April



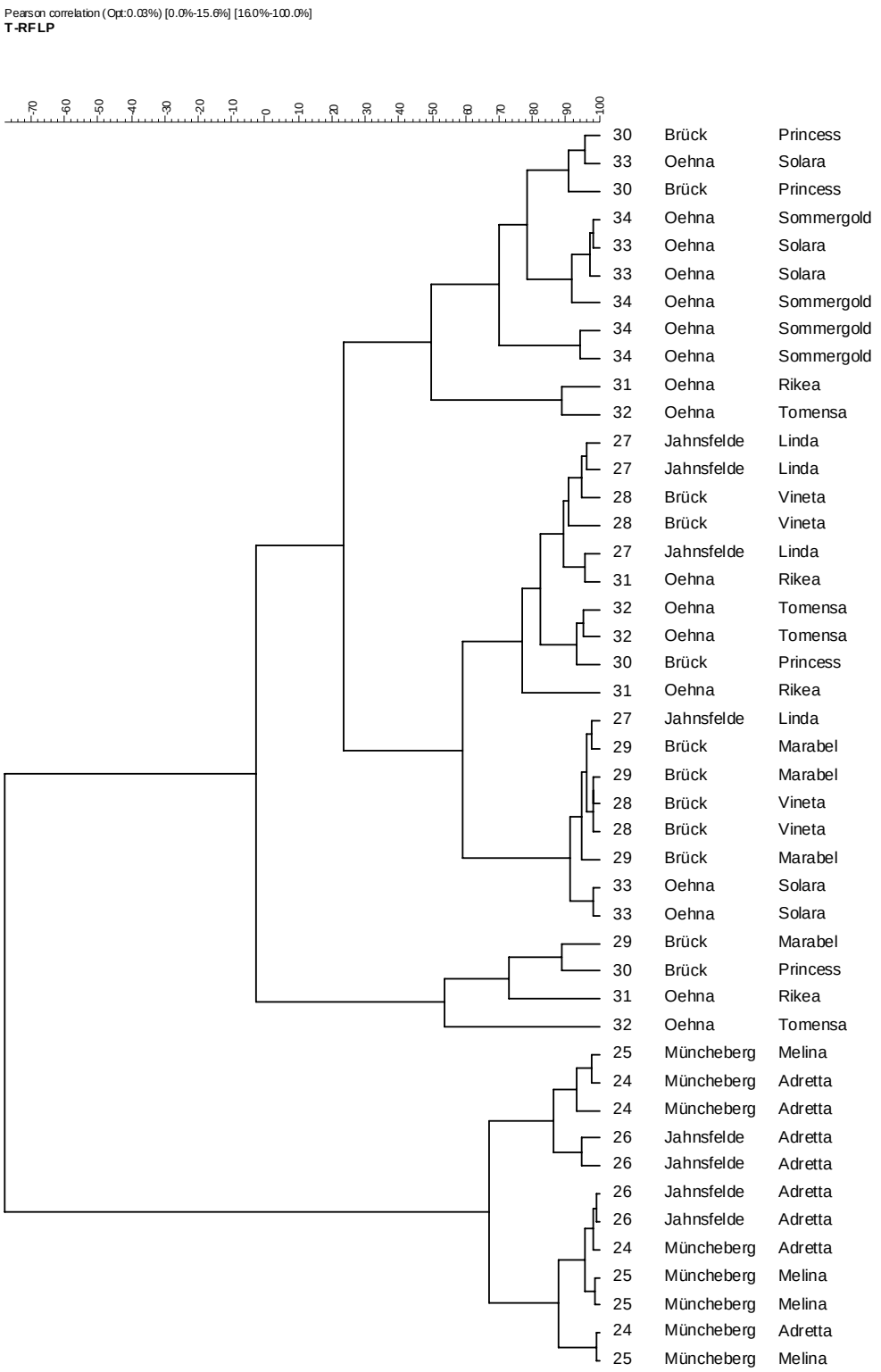
Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens auf den Untersuchungsschlägen im Herbst 2003 - Probenahme 05. bis 12. Oktober



Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre auf den Untersuchungsschlägen 2003 (Probenahme: 25.06. bis 03.07.03).

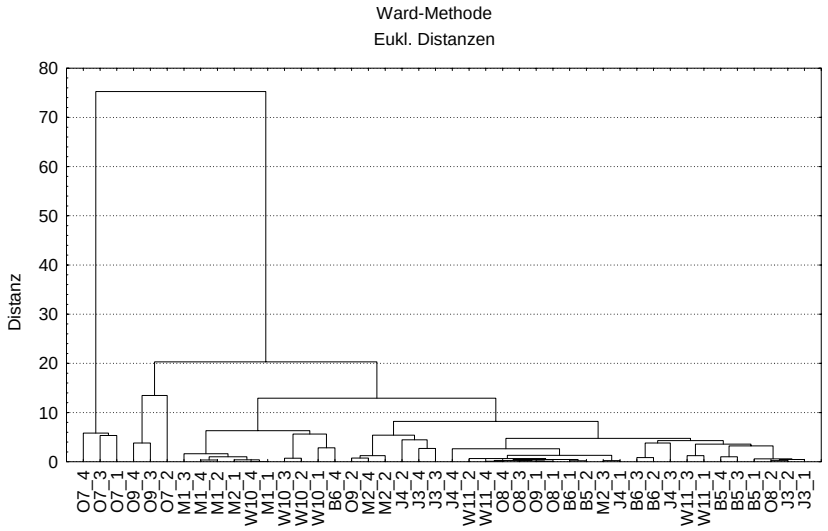


Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre auf den Untersuchungsschlägen 2001 (Probenahme: 25.06. bis 03.07.01).

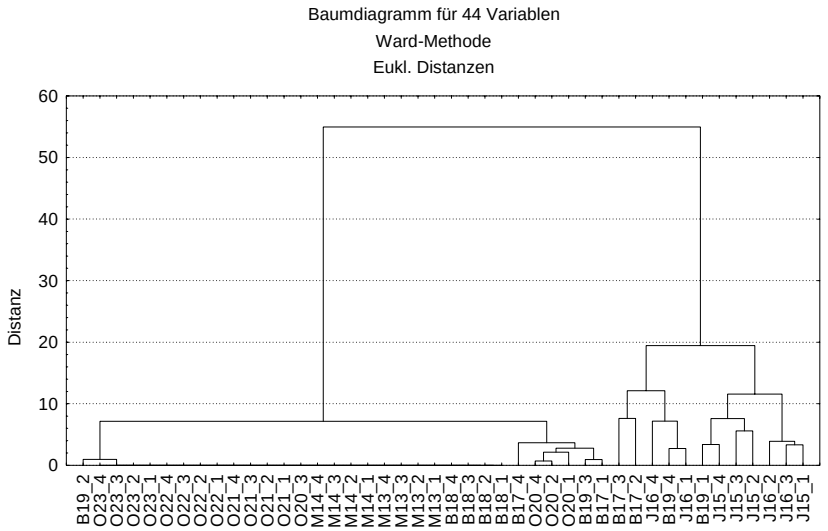


Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre auf den Schlägen 2003 (Probenahme: 25.06. bis 03.07.03).

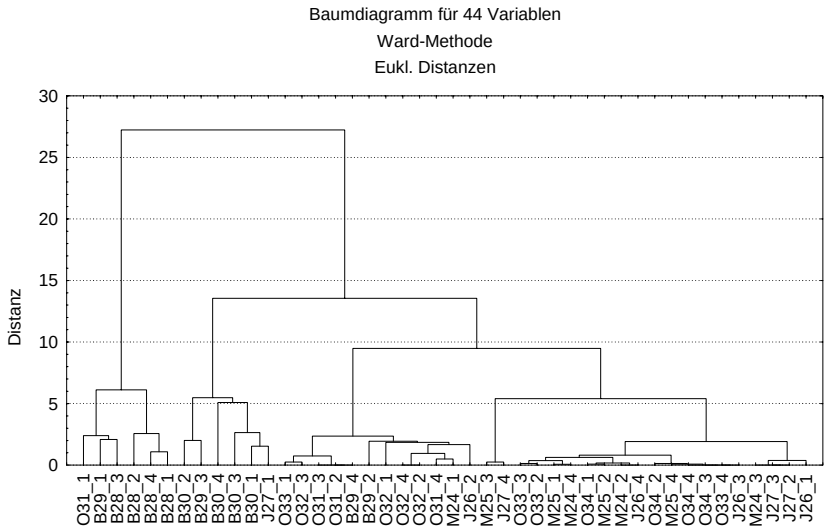
zu 3.4 Zusammensetzung der Begleitflora



2001

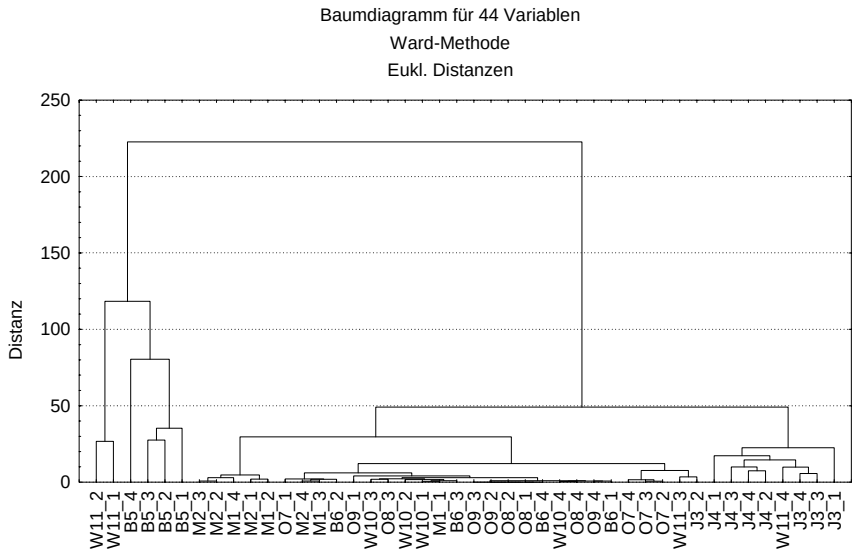


2002

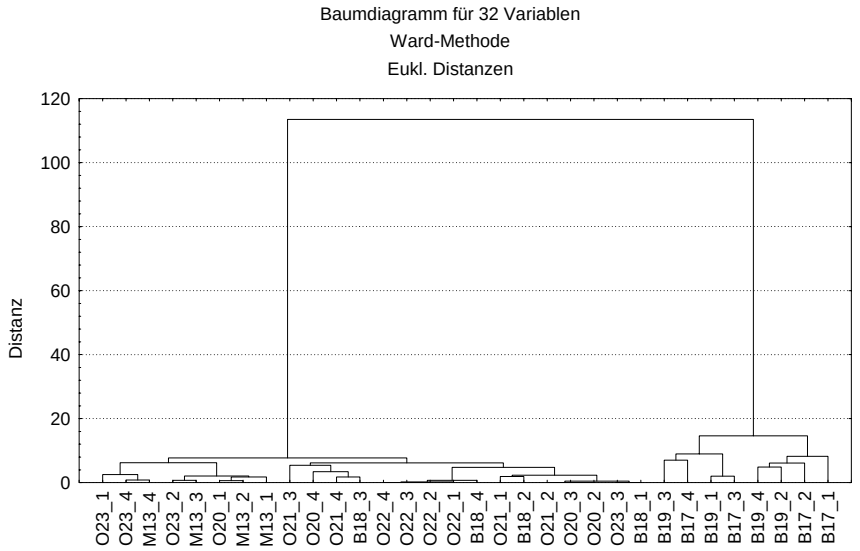


2003

Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Untersuchungs-Schlägen: 1. Erhebungstermin 2001 - 03.

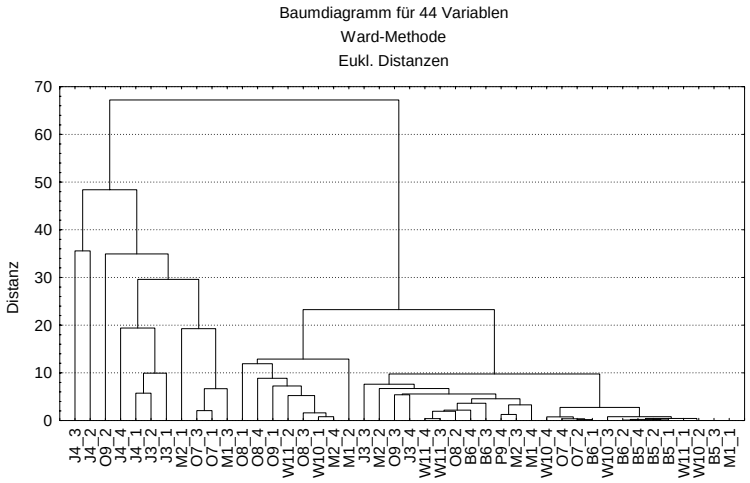


2001

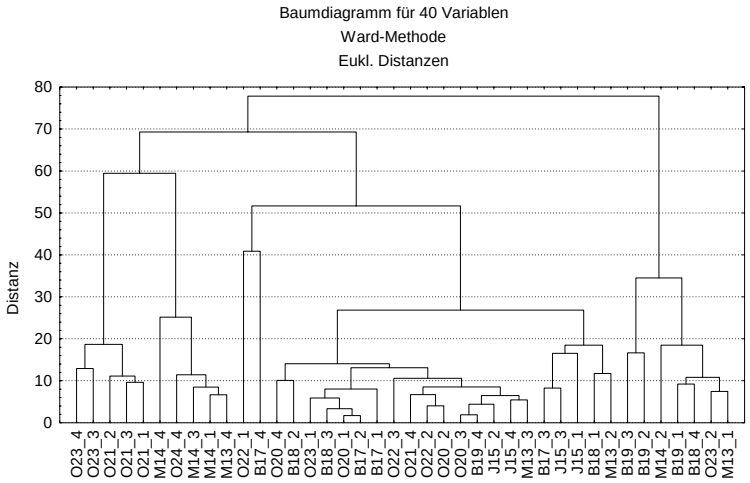


2002

Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Untersuchungs-Schlägen: 2. Erhebungstermin 2001, 02 (Jahnsfelde 2002 nicht gewertet).

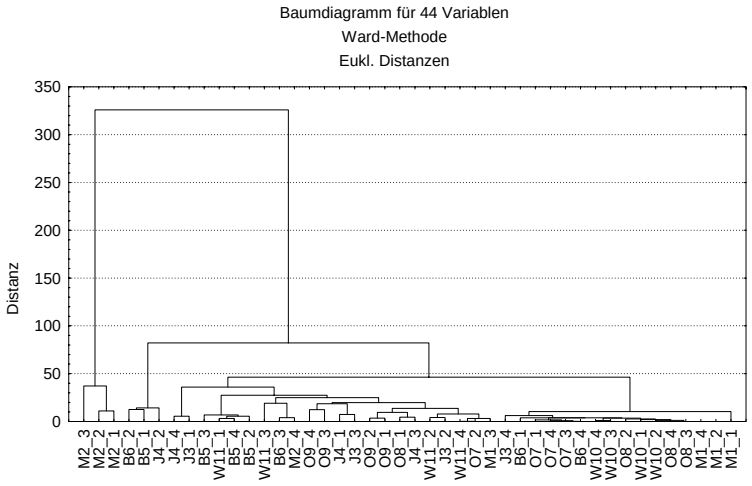


2001

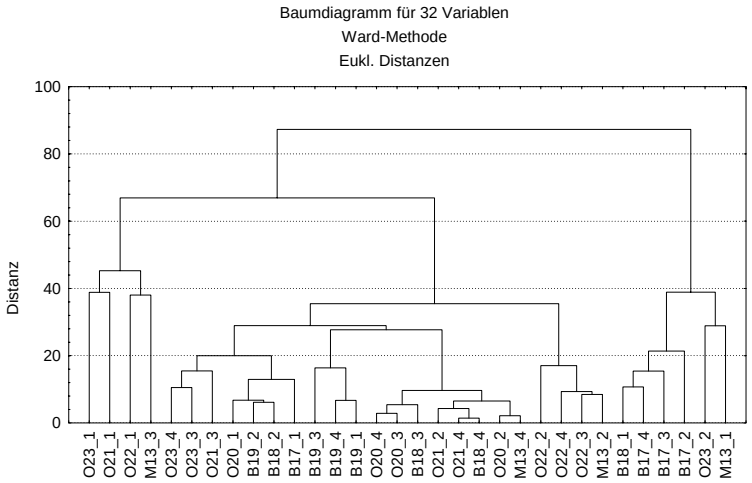


2002

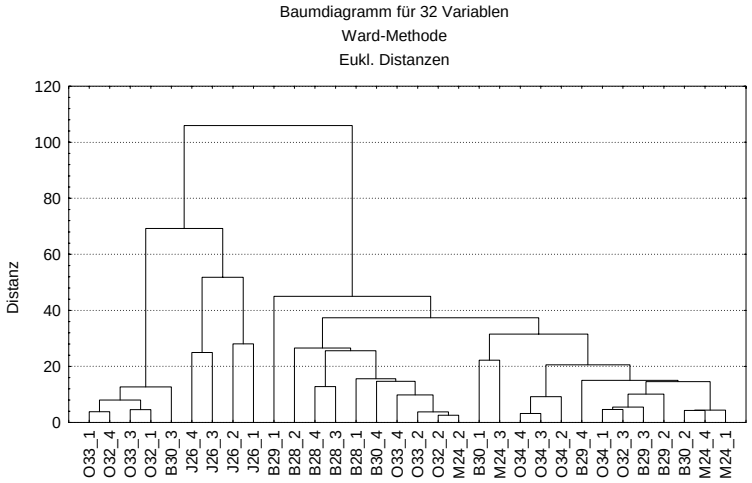
Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Rändern der Untersuchungsschläge: 1. Erhebungstermin 2001, 02.



2001



2002



2003

Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung der Kartoffelbegleitflora auf den Rändern der Untersuchungsschläge: 2. Erhebungstermin 2001 - 03

zu 3.5.1.2 Spinnen und Weberknechte

Dominanzspektren der epigäischen Spinnenassoziationen des Fangjahres 2001. Artenkürzel s. Tab. 3.5.1.2/2. Alle Arten mit einer Dominanz >1 % sind dargestellt, Angaben in Prozent.

Dominanzspektren der epigäischen Spinnenassoziationen des Fangjahres 2003. Artenkürzel s. Tab. 3.5.1.2/2. Alle Arten mit einer Dominanz >1 % sind dargestellt, Angaben in Prozent.

zu 3.5.1.3 Laufkäfer

Dominanzspektren der epigäischen Laufkäferassoziationen des Fangjahres 2001. Artenkürzel s. Tab. 3.5.1.3/2. Alle Arten mit einer Dominanz >1 % sind dargestellt. Angaben in Prozent.

Dominanzspektren der epigäischen Laufkäferassoziationen des Fangjahres 2003. Artenkürzel s. Tab. 3.5.1.3/2. Alle Arten mit einer Dominanz >1 % sind dargestellt. Angaben in Prozent.

Charakteristische Laufkäferarten (grau hinterlegte Dominanzwerte) für die Standortgruppen des Jahres 2003. sS=schluffiger Sand, Ss=sandiger Schluff, lS=lehmiger Sand, Nb=Nischenbreite.