

**UNTERSUCHUNGEN ZUR INDUKTION DES HYPOPUSSTADIUMS
BEI DER MILBE *ACARUS FARRIS* (OUDEMANS, 1905)**

D I P L O M A R B E I T

angefertigt am
Institut für Angewandte Zoologie
des Fachbereichs Biologie der
Freien Universität Berlin

von Wolfgang Böttner

Berlin 1990

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. MATERIAL UND METHODE	4
3. GEWINNUNG VON <i>ACARUS FARRIS</i> -FREILANDPOPULATIONEN	8
4. UNTERSUCHUNG VERSCHIEDENER FUTTERSORTEN AUF	18
EIGNUNG ALS INDUKTIONSFAKTOR ZUR HYPOPUSBILDUNG	
4.1. Einleitung	18
4.2. Material und Methode	19
4.3. Ergebnisse	22
4.3.1. Mortalität	23
4.3.2. Bildung von Tritonymphen	24
4.3.3. Induktion von Hypopodes	24
4.3.4. Entwicklungsdauer	25
4.3.5. Eignungsgrad der Futtersorten als Substrat	25
zur Aufzucht von Tritonymphen und Hypopodes	
4.3.6. Korrelationen der Parameter für die Gruppe	27
der hypopusinduzierenden und die Gruppe der	
tritonympheninduzierenden Futtersorten	
4.4. Diskussion	37

	Seite
5. UNTERSUCHUNG DER POPULATIONSDICHTE ALS MÖGLICHER INDUKTIONSFAKTOR DER HYPOPODESBIKDUNG	41
5.1. Einleitung	41
5.2. Material und Methode	41
5.3. Ergebnisse	44
5.3.1. Hypopusinduktion	44
5.3.2. Sterblichkeit	45
5.4. Diskussion	51
6. UNTERSUCHUNG ZUR INTRA- UND INTERPOPULATIONVARIABILITÄT BEI VIER BERLINER <i>ACARUS FARRIS</i> -POPULATIONEN	54
6.1. Einleitung	54
6.2. Material und Methode	55
6.3. Ergebnisse	58
6.3.1. Hypopusinzidenz	58
6.3.1.1. Versuchs- und Kontrollgruppe bei M5 und R3	58
6.3.1.2. Vergleich der Versuchsgruppen L1, L2, M5 und R3	58

	Seite
6.3.2. Mortalität	59
6.3.2.1. Versuchs- und Kontrollgruppe bei M5 und R3	59
6.3.2.2. Vergleich der Versuchsgruppen L1 , L2 , M5 und R3	59
6.3.3. Gelegegröße	60
6.4. Diskussion	65
7. SELEKTIONSEXPERIMENT ZUR UNTERSUCHUNG DER GENETISCHEN BASIS DER HYPOPUSBILDUNG	67
7.1. Einleitung	67
7.2. Material und Methode	68
7.2.1. Material und Methode der Selektion auf hypopusfreie Entwicklung	68
7.2.2. Material und Methode der Selektion zur Erhöhung der Hypopusinzidenz	69
7.3. Ergebnisse	71
7.3.1. Ergebnisse der Selektion auf hypopus- freie Entwicklung	71
7.3.1.1. Hypopusinduktion	71
7.3.1.2. Mortalität	72

	Seite
7.3.2. Ergebnisse der Selektion zur Erhöhung der Hypopusinzidenz	78
7.3.2.1. Hypopusinduktion	78
7.3.2.2. Sterblichkeit	79
7.3.2.3. Relation zwischen Hypopusinduktion und Mortalität	79
7.4. Diskussion	86
8. ZUSAMMENFASSUNG	89
9. LITERATURVERZEICHNIS	92
10. DANKSAGUNG	100

1. EINLEITUNG

Die astigmatische Milbe *Acarus farris* Oudemans, 1905 ist eine Art des *Acarus siro*-Komplexes. Der *Acarus siro*-Komplex wird erst seit 1964 (GRIFFITHS, 1964) in die drei verwandten Arten *Acarus siro* L. 1758, *Acarus farris* Oudemans, 1905 und *Acarus immobilis* Griffiths, 1964 aufgeteilt. Da sich die Adulten der drei Arten zwischenartlich paaren, jedoch fertile Hybride selten auftreten, weisen GRIFFITHS (1962, 1964a), CHMIELEWSKI (1975) und BOCZEK & CROSS (1983) auf das Vorhandensein von 'post mating'-Isolationsmechanismen hin.

Frühere Autoren gingen von einer Spezies "*Acarus siro*" mit in ökologischer, physiologischer und morphologischer Hinsicht unterschiedlichen Eigenschaften aus (z.B. SCHULZE, 1923, 1924; KNÜLLE, 1963). Hieraus resultieren die teilweise widersprüchlichen Beschreibungen der ökologischen und physiologischen Eigenschaften von "*Acarus siro*" in älteren Untersuchungen.

Acarus farris ist eine vorwiegend, wenn auch nicht ausschließlich im Freiland (u.a. in Vogelnestern) vorkommende Art, die sich ebenfalls in gelagerten Produkten wie Heu, Stroh, Getreide (Weizen, Hafer, Triticale, Reis) und anderen Samen [z.B. Rübsen (*Brassica rapa*)] findet. Der Ausbreitungsschwerpunkt liegt in den gemäßigten Klimazonen der Nordhalbkugel (IS, DK, PL, DDR, D, CSSR, NL, F, GB, IR, USA, CAN, J, EAK, MA, Bermuda) (KNÜLLE, 1963; GRIFFITHS, 1964a,b; SINHA & WALLACE, 1966; SINHA, 1968; HARDY-SMITH, 1970; FLEURAT-LESSARD, 1974; HUGHES, 1976; SINHA et al., 1979; WHITE et al., 1979; KARG, 1980; KORSGAARD et al., 1985; WEIDNER, 1985a,b).

Die Entwicklung von *Acarus farris* ist durch das Auftreten folgender obligatorischer Stadien gekennzeichnet: Ei, Larve, Protonympe, Tritonympe und Adultus.

Bei vielen meist freilebenden astigmatischen Milben kann unter bestimmten Bedingungen ein fakultatives Stadium, der sogenannte Hypopus, in den Entwicklungszyklus zwischen Protonymphen und Tritonymphen eingeschoben werden (KNÜLLE, 1959; O'CONNOR, 1982). Dieses Stadium ist der Deutonymphen anderer Acariformes homolog.

Der Hypopus von *Acarus farris* weicht von den obligatorischen Stadien in Morphologie, Physiologie und Verhalten stark ab, ist jedoch ebenso empfindlich gegenüber Trockenheit (SCHULZE, 1924; GRIFFITHS, 1964a). Der Hypopus ist stark sklerotisiert; seine Mundwerkzeuge und der Darm sind rückgebildet, weshalb er nicht zur Nahrungsaufnahme befähigt ist. Auf der Ventralseite des Opisthosomas weist er eine Saugnapfplatte auf. Aufgrund seiner Fähigkeit zu schneller Bewegung und zur Anheftung an andere Milben oder Insekten ist der Hypopus von *Acarus farris* das Phoresiestadium der Milbe und gehört damit zu der von FAIN (1971) beschriebenen Gruppe entomophiler Hypopodes.

Bei den Astigmata wird neben den Faktoren relative Luftfeuchte, Temperatur, CO²-Konzentration und Populationsdichte (POLEZHAEV, 1938, 1940; ROHDE, 1959; WALLACE, 1960; GRIFFITHS, 1966; BARKER, 1968; CHMIELEWSKI, 1971, 1977, 1983; SEETHALER, 1980) vor allem das Futter (sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht) für die Induktion des Hypopusstadiums verantwortlich gemacht (PERRON, 1954; BEHURA, 1957; TÜRK & TÜRK, 1957; ROHDE, 1959; KNÜLLE, 1963, 1987; WOODRING, 1963; GRIFFITHS, 1966, 1967; CUTCHER, 1968; CUTCHER & WOODRING, 1969; WOODRING, 1969; CHMIELEWSKI, 1977, 1983; STRATIL, 1977, 1983; GERSON & SCHNEIDER, 1982; LAWONNUS, 1984; STRATIL & KNÜLLE, 1985; NAUMANN, 1986).

Eingehende Analysen derjenigen Umweltfaktoren, welche mit der Hypopusbildung bei *Acarus*-Arten in Zusammenhang stehen, wurden insbesondere von GRIFFITHS (1966, 1967), aber auch von CHMIELEWSKI (1983) durchgeführt.

Für die Hypopusbildung werden genetische und Umweltfaktoren verantwortlich gemacht (HUGHES, 1976; CHMIELEWSKI, 1967, 1977, 1983). STRATIL (1983) und KNÜLLE (1987) liefern experimentelle Nachweise für diese Hypothese.

In dieser Arbeit soll untersucht werden, welchen Einfluß nutritive Faktoren und die Besatzdichte der Versuchskammern auf die Hypopusinduktion unter konstanten abiotischen Bedingungen bei *Acarus farris* haben (variable Induktionsbedingungen bei vergleichbarer genetische Basis).

Des weiteren wird untersucht, ob sich *Acarus farris*-Populationen unterschiedlicher Herkunft hinsichtlich der Hypopusbildung unterscheiden und in wieweit sich die Hypopusinzidenz durch gerichtete Selektion beeinflussen läßt (konstante Induktionsbedingungen und variable genetische Basis).

2. MATERIAL UND METHODE

Milben aus vier verschiedenen Freilandpopulationen wurden als Versuchstiere verwendet. Sie wurden unterschiedlich lange unter konstanten Laborbedingungen gehalten. Die vier Populationen stammen von verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben West-Berlins. Die Beschreibung der Gewinnung des Freilandmaterials und der Isolierung von reinen *Acarus farris*-Populationen findet sich in Kapitel 3 dieser Arbeit.

Die Milbenzuchten, aus denen die für die jeweiligen Experimente benötigten Versuchstiere stammten, wurden bei 20°C gehalten.

Die für die Milben geeignete relative Luftfeuchte von ca. 85% wurde durch eine gesättigte KCl-Lösung mit einem Bodensatz an ungelöstem Salz erzeugt (WINSTON & BATES, 1960), die sich am Boden eines, mit einem gut schließenden Deckel versehenen Gefäßes befand.

Die eigentlichen Zuchtgefäße, in denen sich Milben und Futter befanden, waren Kunststoffbecher, die in der Salzlösung standen. Neben der Regulierung der Luftfeuchte verhinderte die Salzlösung somit gleichzeitig ein Entkommen der Milben.

Als Futter wurde den Tieren der Massenzuchten eine Mischung aus circa 50% Weizenschrot, 30% Weizenkeimen und 20% Trockenhefe, die im folgenden "Getreide-Mix" genannt wird, gegeben. Einmal pro Monat wurden die Kulturen mit "Getreide-Mix" nachgefüttert, circa alle sechs Monate wurde ein Großteil des verbrauchten Futters entfernt und durch neues ersetzt. Der hierbei auftretende Verlust von im alten Futter befindlichen Milben wurde in Kauf genommen.

Alle Zuchten wurden bei konstantem Lichtregime von 12 Std. Licht zu 12 Std. Dunkelheit gehalten.

Das Heraussammeln von Tritonymphen, Hypopodes und Adulten aus Zuchten, sowie das An- bzw. Umsetzen während der Versuche erfolgte durch Ansaugen an eine feine Glaspipette mittels eines dünnen Schlauchs mit Mundstück. Die übrigen Stadien, vorwiegend Larvenruhestadien, wurden mit einer in einen Glasstab als Halter eingeschmolzenen Insektennadel umgesetzt.

Während der Versuche wurden die Milben in Plexiglaskammern nach SEETHALER (1974) gehalten. Die Kammern bestanden aus drei miteinander verschraubten Teilen. Die kegelstumpfförmige Bohrung im Mittelteil bildete den eigentlichen Kammerinnenraum. Den Boden dieses Innenraums bildete eine engmaschige Nylongaze, die zwischen den Bohrungen des Mittel- und Unterteils eingespannt war und den Gasaustausch mit der Umgebung ermöglichte. Als oberer Abschluß diente ein seitlich beweglicher, durchsichtiger Deckel. Eine Kontrolle des Kammerinneren war ohne Öffnen der Kammer möglich.

In den Versuchen wurden Kammern dieser Bauart in zwei unterschiedlichen Größen verwendet. Die kleineren Versuchskammern hatten ein Volumen des Innenraums von ca. 25 mm³ bei einer Höhe von 2 mm und werden im folgenden "kleine Kammern" genannt. Die größeren Versuchskammern besaßen einen Rauminhalt von ca. 315 mm³ bei einer Höhe von 5 mm. Diese Kammern werden als "große Kammern" bezeichnet.

Während der Versuche wurden die Kammern auf Drahteinsätzen in Exsikkatoren aufbewahrt, deren Fußteile zur Erzeugung der gewünschten relativen Luftfeuchte mit einer 3 cm hohen Schicht gesättigter Salzlösung und einem Bodensatz an ungelöstem Salz gefüllt waren. Mit "Pernix"-Haarhygrometern der Fa. Lamprecht wurden die Luftfeuchtwerte überprüft. Die Exsikkatoren befanden sich während der Versuche in einem Klimaraum (BBC).

Der Feuchtegehalt des Futters in den Kammern wurde, bevor diese Kammern mit Versuchstieren besetzt wurden, den Bedingungen der Versuche angeglichen. Hierzu wurden die mit

Futter versehenen Kammern entweder über Nacht bei 85% relativer Luftfeuchte oder einige Stunden auf feuchten Papiertüchern gelagert, wobei die Kammern mit Kunststoffolie abgedeckt wurden. Durch dieses Verfahren wurde eine Beeinflussung der Versuchstiere durch trockenes Futter vermieden.

Zur Gewinnung der Versuchstiere wurde zwischen der Generation der Tiere, die der Massenkultur entnommen wurde und der eigentlichen Versuchstiergeneration eine weitere Generation eingeschoben, die ihren gesamten Entwicklungszyklus auf Trockenhefe als Futter durchlief. Diese Entwicklung bei hochwertiger Ernährung schloß eine Beeinträchtigung der Versuchstiere durch Hunger bzw. Mangelernährung der Eltern aus. Bei Verwendung von direkt aus der Massenzucht genommenen Tieren als Eltern der Versuchstiere, hätte eine derartige Beeinträchtigung nicht ausgeschlossen werden können.

Auf Trockenhefe entwickelten sich **alle** überlebenden Versuchstiere **direkt** zu Tritonymphen.

In den Selektionsexperimenten wurde nur beim Start der Versuche mit Tieren aus den Massenkulturen eine solche zusätzliche Generation eingeschoben, da die Entwicklung aller weiteren Generationen unter kontrollierten Bedingungen stattfand.

Die Milben der Versuchstiergeneration entwickelten sich vom Ei bis zum Larvenruhestadium auf Trockenhefe, um eine hohe Mortalität der Larven durch defizientes Futter zu vermeiden. Da die Induktionssensibilität bei *Acarus immobilis* im frühen Protonymphenstadium am höchsten ist (GRIFFITHS, 1966), wurden in Anlehnung an diese Ergebnisse die *Acarus farris*-Milben als Larvenruhestadien in die zu untersuchenden Versuchsbedingungen gebracht.

Durch keine der überprüften Variationen der Haltungsbedingungen (Einlegen von ziehharmonikaartig gefalteten Filterpapierstreifen als Eiablagefläche; Hell-Dunkel-Wechsel, um die Tiere, aufgrund des in der Literatur beschriebenen tendenziell negativ phototaktischen Verhaltens, vom Deckel

fernzuhalten) waren die Weibchen daran zu hindern, die Eier an allen Innenflächen der Kammer, d.h. auch an der Deckelunterseite, abzulegen. Bei jedem Öffnen der Kammer gingen die am Deckel befindlichen Eier verloren.

Aufgrund der Eiablagedauer von *Acarus farris* konnte die Ablage nicht über den gesamten Zeitraum in einer Kammer durchgeführt werden. Nach circa vier bis fünf Tagen wurden deshalb die Eltern in neue Kammern mit frischer Trockenhefe umgesetzt. Nach viermaligem Umsetzen wurde die Eiablage beendet und die Eltern verworfen.

Vom Zerquetschtwerden zwischen Deckel und Seitenrand der Kammern waren alle Stadien bedroht. Etwas geringer gefährdet waren alle Häutungsruhestadien (geringe und glatte Körperoberfläche), die Hypopodes (derbe Kutikula) und die Adulten (Größe und Beweglichkeit), weshalb generell versucht wurde, nur mit diesen Stadien zu hantieren. Insgesamt wurden die Deckelbewegungen auf ein Minimum beschränkt.

Die Eiablagekammern, in denen sich nach Entfernung der Eltern nur noch Nachkommen annähernd gleichen Entwicklungsstandes befanden, wurden erst geöffnet, nachdem der Großteil der Tiere als Larvenruhestadien vorlag. Der teilweise Verlust von Larven durch Quetschung und von bereits geschlüpften Protonymphen mußte in Kauf genommen werden. Bei den täglichen Kontrollen, die sich an das erstmalige Öffnen der Kammer anschlossen, wurden alle vorliegenden Larvenruhestadien entnommen und in die vorgesehenen Versuchsbedingungen gebracht.

Eine detaillierte Versuchsbeschreibung wird im Kapitel "Material und Methode" der jeweiligen Experimente angegeben. Ebenso finden sich dort die Angaben über die zur statistischen Absicherung der Versuchsergebnisse verwendeten Tests.

Die im Text angegebenen Tabellen und Abbildungen finden sich am Ende des Ergebnisteils des jeweiligen Versuchs.

3. GEWINNUNG VON *ACARUS FARRIS*-FREILANDPOPULATIONEN

In der Zeit zwischen März 1986 und September 1987 wurden auf verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben in West-Berlin, die sich sowohl in öffentlicher als auch privater Hand befanden, Materialproben genommen, die in weiteren Arbeitsschritten auf das Vorkommen von *Acarus farris*-Milben überprüft wurden.

Auf dem Gelände der Höfe wurde an solchen Stellen Material gesammelt, an denen das Vorkommen der Milben, den Literaturangaben zur Folge, wahrscheinlich war. Die Probenentnahmeorte lagen zumeist an selten gefegten Stellen im Inneren von Ställen und Scheunen (Kante Wand-Boden, Bodenritzen, unter Rosten). Diese Orte liegen dunkel und sind deshalb auch im Sommer kühl, wodurch die zum Überleben der aktiven Stadien notwendige Feuchte von mehr als 70% r.F. ganzjährig gegeben zu sein scheint.

Das gesammelte Substrat war eine Mischung aus Heu-, Einstreu- und Futtermittelresten, Staub und Erde, sowie den mitgesammelten Lebewesen.

Am Entnahmeort wurde das Material in Plastikbeutel gefüllt und diese gut verschlossen, um ein Entweichen der Feuchte und der Tiere zu verhindern.

Das an den Probeorten entnommene Material war, bedingt durch seine Struktur und Zusammensetzung, zu unübersichtlich, um die zum Aufbau einer Zucht benötigten Milben unter einer Stereolupe herauszusammeln zu können. Bei einer solchen Untersuchung wäre das Substrat durch das Licht der Arbeitsleuchte zu stark erwärmt worden und dadurch ausgetrocknet, was empfindliche Milben geschädigt hätte. Ebenso wurde aus Gründen der Zuchthygiene auf eine geringe Verweildauer des Rohmaterials am Arbeitsplatz geachtet, d.h., eine Kontamination von bereits bestehenden Milbenkulturen mit aus dem Material entweichenden, unerwünschten Spezies sollte vermieden werden.

Aus den genannten Gründen wurden die zu untersuchenden Milben aus dem Rohmaterial in ein für sie attraktives und gleichzeitig übersichtliches Futter (Trockenhefe) gelockt.

Hierzu wurde das Untersuchungsgut in eine große, mit einem gut schließenden Deckel versehene Glasschale so eingefüllt, daß die Hälfte des Schalenbodens frei blieb. Auf einen Teil dieser freien Fläche wurde die Trockenhefe in einer flachen Schicht gestreut.

Zur Erhöhung der Luftfeuchte (Überleben der Milben, Aktivieren der Hefe: Duft!) wurde ein mit Wasser gefülltes Gefäß in die Schale gesetzt.

Die so vorbereitete Glasschale wurde bei Außentemperatur circa drei Tage an einem schattigen Ort stengelassen.

Nach Ablauf dieser Frist wurde die Schale mit Hilfe einer Stereolupe überprüft. Befanden sich auf der Hefe nur *Acarus*-Milben, wurden Hefe und Tiere zusammen entnommen und in eine große Kammer gefüllt. Kamen daneben auch andere Milben vor, wurden die *Acarus*-Milben einzeln herausgelesen und in eine mit frischem Futter versehene Kammer gesetzt.

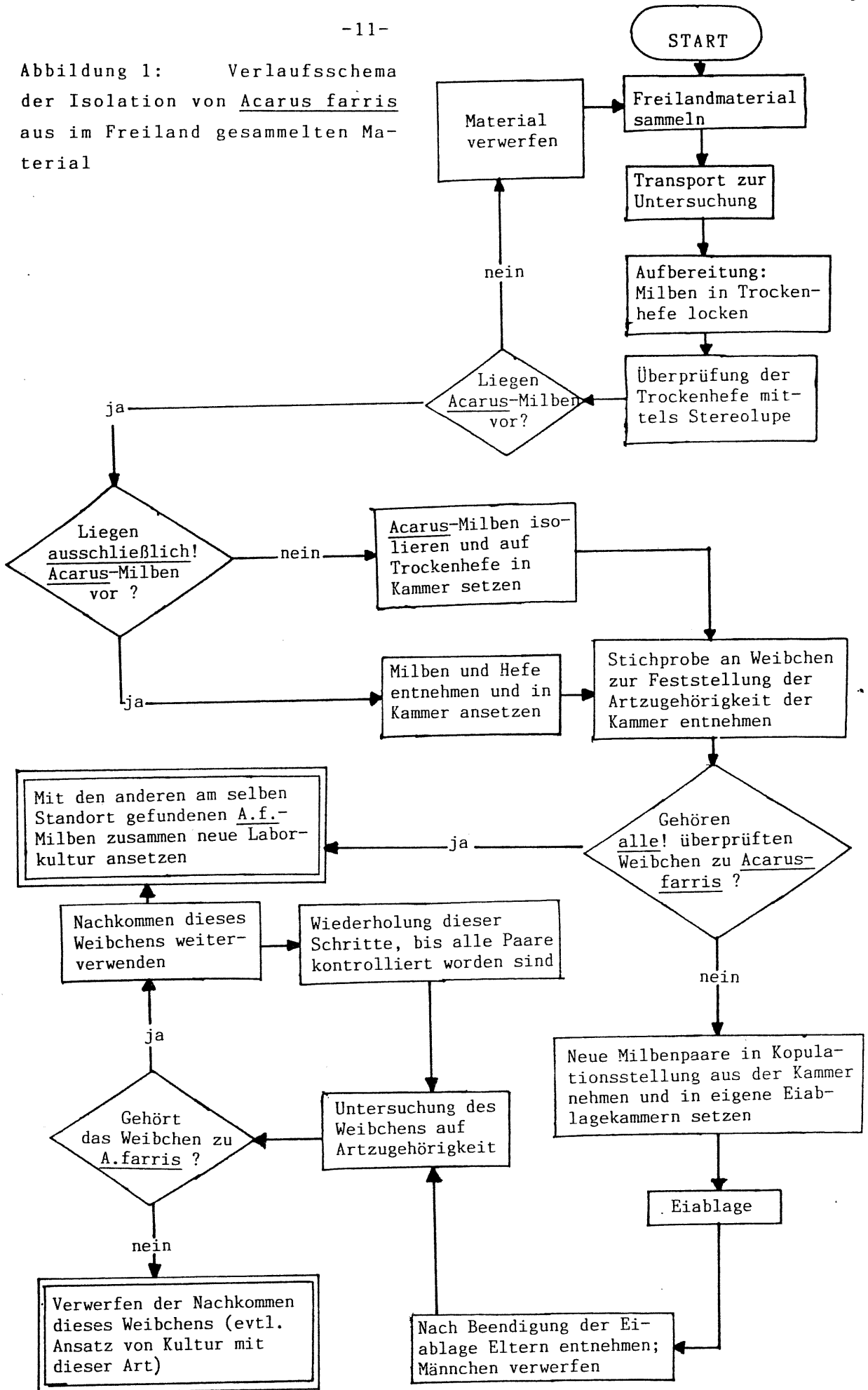
Zur Kontrolle der Artzugehörigkeit wurden den Kammern stichprobenartig Weibchen entnommen. Wenn durch diese Kontrolle gesichert war, daß eine reine *Acarus farris*-Population vorlag, wurden die Tiere direkt zum Aufbau einer Massenzucht verwendet.

Lag hingegen eine Mischpopulation aus *Acarus siro* und *Acarus farris* vor, mußte ein weiterer Verfahrensschritt eingeschoben werden.

Hierzu wurden einzelne Paare in Kopulationsstellung in kleine Kammern umgesetzt. Dies ermöglichte die eindeutige Zuordnung der Nachkommenschaft zum jeweiligen Weibchen. Nach Abschluß der Eiablage wurden die Elternpaare entnommen und die Weibchen auf ihre Artzugehörigkeit hin überprüft. Diejenigen Nachkommen, deren Mütter *Acarus farris*-Milben waren, wurden gemeinsam in eine große Kammer gefüllt und zum Aufbau einer Laborpopulation verwendet. Die Nachkommenschaft der übrigen Paare wurde verworfen.

Eine graphische Darstellung der Verfahrensschritte zum Aufbau einer Reinkultur von *Acarus farris* zeigt das Verlaufsschema in der Abbildung 1.

Abbildung 1: Verlaufsschema der Isolation von Acarus farris aus im Freiland gesammeltem Material



Eine Zusammenstellung von Zeitpunkten und Orten (Stadtteil, Betrieb, Fundstelle auf dem Betriebsgelände) der Materialentnahme und den Ergebnissen der Untersuchung hinsichtlich des Vorkommens von *Acarus farris*-Populationen, findet sich in den Tabellen 1, 2, 3 und 4.

Auf 13 landwirtschaftlichen Betrieben wurden an 33 Orten der Betriebsgelände 39 Materialproben entnommen.

Die Differenz zwischen Anzahl der Entnahmestellen und Anzahl der Materialproben erklärt sich dadurch, daß in drei Betrieben in Lübars mit sechs Entnahmestellen im Abstand von einem Jahr erneut Material gesammelt wurde.

In vier der 39 untersuchten Proben fanden sich reine *Acarus farris*-Populationen. Zwei dieser Proben wurden im März 1986 in Lübars gefunden. Sie stammten von zwei Entnahmestellen, die im gleichen Raum nur ca. zwei Meter von einander entfernt lagen, weshalb die Tiere als zu einer Population gehörig angesehen und zusammen weiterverwendet wurden. Diese Tiere bildeten die Basis der Laborpopulation **L1**.

Die anderen beiden Proben wurden am gleichen Ort im Mai 1987 gefunden; die Milben dieser Proben waren der Ausgang der Laborpopulation **L2**.

In drei der untersuchten Proben kamen *Acarus farris* und *Acarus siro* gemeinsam vor. Zum Aufbau reiner Kulturen wurde *Acarus farris* von den anderen Milben getrennt (siehe Abbildung 1).

Von den im Juni 1987 auf dem "Veterinärmedizinischen Versuchsgut Marienfelde" gefundenen *Acarus farris*-Milben stammt die Laborkultur **M5** ab.

Die beiden im September 1987 gewonnenen Materialproben aus Rudow, in denen *Acarus farris* und *Acarus siro* zusammen vorkamen, wurden unter zwei nebeneinander liegenden Holzpaletten gefunden, auf denen Heuballen lagerten. Die aus diesem Material isolierten *Acarus farris*-Milben wurden gemeinsam der Ausgang der Laborpopulation **R3**. Die bei

diesem Verfahren ebenfalls gewonnenen *Acarus siro*-Milben wurden verworfen.

In 14 der verbleibenden 32 Proben kam *Acarus siro* vor, in fünf dieser Fälle wurde gleichzeitig *Glycyphagus spec.* gefunden, in zwei weiteren der Predator *Haemogamasus pontiger*.

In zwei Proben trat nur *Glycyphagus spec.* auf und in einer ausschließlich *Tyrophagus spec.*.

In 15 Proben des Untersuchungsgutes wurden weder *Acarus farris* noch andere hier berücksichtigte Milben gefunden.

Tabelle 1: Zusammenstellung von Zeitpunkten und Entnahmeorten von Materialproben zur Gewinnung von *Acarus farris*-Freilandpopulationen

Nr.	Datum	(Stadtteil, Gehöft, etc.)	Entnahmeorte	Material	Milbenfunde:		A. f.-Kultur
					<i>Acarus</i>	andere	
1.	03.86	Lübars, Kühne, Alt-Lübars 27	1. Boden v. Pferdebox	Heu- u. Strohreste	-	-	-
			2. Boden v. Pferdebox	Heu- u. Strohreste	-	-	-
			3. Boden v. Pferdebox	Heu- u. Strohreste	-	-	-
2.	03.86	Lübars, Qualitz, Alt-Lübars 21	1. Nut v. Stall-schiebetür	Heu- u. Strohreste, Staub	-	-	-
			2. Nut v. Stall-schiebetür	Heu- u. Strohreste, Staub	-	-	-
3.	03.86	Lübars, Müller, Alt-Lübars 23	1. u. 2.: Heu-abwurfstelle im Stall unter Heuballen	Heureste u. -staub	A. f.	-	L1
4.	05.87	Lübars, Kühne, Alt-Lübars 27	1. Boden v. Pferdebox	Heu- u. Strohreste	-	-	-
			2. Boden v. Pferdebox	Heu- u. Strohreste	-	-	-
			3. Boden v. Pferdebox	Heu- u. Strohreste	A. s.	-	-
5.	05.87	Lübars, Qualitz, Alt-Lübars 21	1. Nut v. Stall-schiebetür	Heu- u. Strohreste, Staub	-	-	-

Tabelle 2: Zusammenstellung von Zeitpunkten und Entnahmeorten von Materialproben zur Gewinnung von *Acarus farris*-Freilandpopulationen

Nr.	Datum	(Stadtteil, Gehöft, etc.)	Entnahmeorte	Material	Milbenfunde:		A. f.-Kultur
					<i>Acarus</i>	andere	
6.	05.87	Lübars , Leidner Alt-Lübars 29	1. Boden v. Pferdebox	Strohreste	-	-	-
7.	05.87	Lübars , Müller, Alt-Lübars 23	1.: Heu- abwurfstelle im Stall unter Heuballen	Heureste u. -staub	<i>A. f.</i>	-	L2
			2. Kante Wand/ Boden	Heureste u. -staub	<i>A. f.</i>	-	L2
8.	05.87	Zehlendorf , Reit- stall OTH, On- kel-Tom-Str. 172	1. freistehende Futterkisten	Futterreste u. -staub	<i>A. s.</i>	-	-
9.	06.87	Marienfelde , Lehmann, Alt-Mari- felde 37	1. Heuboden	Heustaub	-	-	-
			2. Heuboden	Heustaub	-	-	-
10.	06.87	Marienfelde , Vet.- med. Vers.-Gut, Alt-Mari- felde 17-21	1. Holzrost im Ziegenkoben	Einsteu- u. Futterreste	<i>A. f.</i> , <i>A. s.</i>	-	M5
			2. Heuboden	Heureste u. -staub	-	-	-
			3. Strohlager (Ziegenstall)	Strohreste u. -staub	<i>A. s.</i>	<i>Haem.pont.</i>	-
			4. Strohlager (Ziegenstall)	Strohreste u. -staub	<i>A. s.</i>	<i>Haem.pont.</i>	-

Tabelle 3: Zusammenstellung von Zeitpunkten und Entnahmeorten von Materialproben zur Gewinnung von *Acarus farris*-Freilandpopulationen

Nr.	Datum	(Stadtteil, Gehöft, etc.)	Entnahmeorte	Material	Milbenfunde:		
					<i>Acarus</i>	andere	<i>A. f.</i> -Kultur
11.	06.87	Marienfelde , Wiese, Alt-Marienfelde 37	1. Heulager	Heustaub	<i>A. s.</i>	<i>Glyc. sp.</i> - Hypopodes	-
			2. Futtersäcke	Bodenstaub	-	-	-
12.	07.87	Bukow , Mette, Bukower Chaus. 205	1. Schweinestall	Einsteustaub	-	<i>Tyroph. sp.</i>	-
			2. Ränder Strohlager	Strohreste u. -staub	<i>A. s.</i> - Hypopus	-	-
13.	07.87	Dahlem , Domäne Dahlem, Königin- Luise-Str.49	1. Heuboden beim Büro	Heureste u. -staub	-	<i>Glyc. sp.</i>	-
			2. Heuboden beim Büro	Heureste u. -staub	-	<i>Glyc. sp.</i>	-
			3. Heuboden beim Büro	Heureste u. -staub	-	<i>Glyc. sp.</i>	-
			4. Heulager im Ziegenstall	Heureste u. -staub	-	<i>Glyc. sp.</i>	-
			5. Kleiekiste (Schweinestall)	Kleie	<i>A. s.</i>	-	-
14.	07.87	Lichtenrade , Pohnhof Richter, Heiterwanger Weg 36	1. Heuboden	Heustaub	<i>A. s.</i>	-	-
			2. Futterlager	Futterreste u. -staub	<i>A. s.</i>	-	-

Tabelle 4: Zusammenstellung von Zeitpunkten und Entnahmeorten von Materialproben zur Gewinnung von *Acarus farris*-Freilandpopulationen

Nr.	Datum	(Stadtteil, Gehöft, etc.)	Entnahmeorte	Material	Milbenfunde:		A. f.-Kultur
					<i>Acarus</i>	andere	
15.	07.87	Steglitz , Futtermittelhand., Ahornstr. 23	1. Heulager (unter Planen)	Heustaub	A. s.- Hypopus	Glyc.sp.- Hypopus	-
			2. Heulager (unter Planen)	Heustaub	A. s.- Hypopus	Glyc.sp. Hypopus	-
			3. Heulager (unter Planen)	Heustaub	A. s.- Hypopus	Glyc.sp. Hypopus	-
16.	09.87	Rudow , Gericke Klein-Ziethener Weg	1. einzelne Heuballen	Heustaub	A. s.	Glyc.sp.	-
			2. Heubox im Mietstall	Bodenstaub	A. s., A. f.	Glyc.sp.	R3
			3. Heubox im Mietstall	Bodenstaub	A. s., A. f.	Glyc.sp.	R3
			4. "Nobody"-Box	Bodenstaub	A. s.	Glyc.sp.	-

4. UNTERSUCHUNG VERSCHIEDENER FUTTERSORTEN AUF EIGNUNG ALS INDUKTIONSFAKTOR ZUR HYPOPUSBILDUNG

4.1. Einleitung

Für die Hypopusbildung wird bei den Astigmata vor allem das Futter verantwortlich gemacht (KNÜLLE, 1963; GRIFFITHS, 1964a, b; SINHA & WALLACE, 1966; SINHA, 1968; HARDY-SMITH, 1970; FLEURAT-LESSARD, 1974; HUGHES, 1976; SINHA et al., 1979; WHITE, et al., 1979; KARG, 1980; KORSGAARD et al., 1985; WEIDNER, 1985a, b).

Die Wirkung des Futters auf die Versuchstiere läßt sich mit drei Ursachenkomplexen in Verbindung bringen:

- **Nährstoffgehalt:** Der Komplex umfaßt Makronährstoffe, Vitamine, Mineralien, etc. und die Relationen dieser Inhaltsstoffe zueinander (GRIFFITHS, 1966, 1967).

- **Verdaubarkeit der Nahrungsbestandteile:** Diese Einflußgröße wird vorwiegend von der Ausstattung der Milben mit Verdauungsenzymen bestimmt (GRIFFITHS, 1967; BOWMAN, 1983; CHILDS & BOWMAN, 1983). Beispielsweise kann *Acarus siro*, im Gegensatz zu *Rhizoglyphus echinopus*, Cellulose nicht verdauen (BOWMAN & CHILDS, 1982).

- **Vorkommen potentiell toxischer Substanzen:** Diese Futterbestandteile können die Entwicklungsdauer und das Ausmaß der Hypopusbildung sowie der Mortalität verändern (NAUMANN, 1986; BORRISS & LIBBERT, 1984).

Der Versuch hat zum Ziel, zwei Futtersorten zu ermitteln, die sich in ihrer Wirkung auf die Induktion des Hypopusstadiums diametral unterscheiden. Zum einen soll eine Futtersorte gefunden werden, auf der sich möglichst viele Hypopodes bilden, wodurch sich näherungsweise die obere Grenze der Induzierbarkeit des Hypopusstadiums durch Nahrungsfaktoren in einer Versuchspopulation feststellen ließe.

Zum anderen wird eine weitere Futtersorte gesucht, auf welcher die Hypopusbildung bei der gleichen Population möglichst vollständig unterbleibt. Ein solches Futter würde es den Milben ermöglichen, unter "guten" Bedingungen eine hohe Generationsfolge zu erzielen.

Da diese Futtersorten in Selektionsexperimenten eingesetzt werden sollen, müssen sie zusätzlich gewährleisten, daß die Versuchstiere ihren Lebenszyklus schnell durchlaufen und eine geringe Mortalität aufweisen. Sinn der geforderten kurzen Entwicklungsdauer ist es, die beobachtbare Anzahl gezüchteter Generationen im Untersuchungszeitraum zu erhöhen. Die Mortalität der Versuchstiere muß möglichst gering sein, um bei den Züchtungen auf ein großes Reservoir Überlebender zurückgreifen zu können und somit Inzuchteffekte zu vermeiden.

Im vorliegenden Versuch wird der Einfluß des Futters auf die Hypopusinduktion, die Entwicklungsdauer vom Larvenruhestadium bis zum Erreichen des Hypopus- bzw. Tritonymphenstadiums und die Mortalität bei *Acarus farris* untersucht.

4.2. Material und Methode

Zur Durchführung des Versuchs wurden Tiere der Population L1 verwendet. Diese befand sich bei Versuchsbeginn seit einem Jahr unter Laborbedingungen.

Zu Beginn des Versuchs wurden circa 50 Paare in Kopulationsstellung der Massenkultur entnommen und in eine große Kammer zur Eiablage gesetzt; als Futter diente Trockenhefe. Nach fünftägiger Eiablage wurden die Tiere der Parentalgeneration entfernt.

Die so gewonnenen Tiere der F₁-Generation wurden als Adulte zur Eiablage auf vier große Kammern mit je ca. 50 Paaren verteilt, wobei wieder Trockenhefe als Futter verwendet wurde.

Nach fünftägiger Eiablage wurden die Tiere der F₁-Generation entfernt, die F₂-Generation wurde als eigentliche Versuchstiergeneration eingesetzt. Dieses Vorgehen schloß eine Beeinflussung der Versuchstiere, durch unzureichende Haltungsbedingungen, denen die Parentalgeneration in der stark bevölkerten Massenkultur ausgesetzt war, aus.

Es erfolgte eine tägliche Kontrolle der vier Kammern, bei der diejenigen Tiere, die als Larvenruhestadien vorlagen, zu je circa 25 Individuen in kleine Kammern gesetzt wurden, in denen sich die zu untersuchende Futtersorte befand.

In Tabelle 5 findet sich eine Zusammenstellung der untersuchten Substrate, ihrer Herkunft (Markenname, Verwendungszweck, etc.) und der für sie in den Versuchen verwendeten Abkürzungen, sowie den aus verschiedenen Quellen zusammengetragenen Angaben der wichtigsten Inhaltsstoffe:

- Haferflocken, Soßenbinder, Weizenkleie, Tetraphyll: Herstellerangaben;
- Trockenhefe: HOPPE (1958); GRIFFITHS (1966, 1967);
- Weizenkeime: HOPPE (1958); SOUCI (1981); GRIFFITHS (1966);
- Weizenmehl, Trockenfleisch, Kakao, Nudeln, Kartoffeln: SOUCI (1981)
- Tubifex: keine Angaben

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse annähernd zu gewährleisten, wurden gewichtsgleiche Mengen der Substrate verfüttert.

Die Kontrolle der Versuchskammern erfolgte wiederum täglich. Für jedes überlebende Tier wurde die individuelle Entwicklungsdauer, daß heißt hier, der Zeitraum vom Ansatz der Versuchskammern mit Larvenruhestadien bis zum Erreichen des Hypopus- bzw. Tritonymphenstadiums, festgehalten.

Die Daten wurden für die Gruppe der Hypopodes bzw. der Tritonymphen getrennt ausgewertet. Die hierbei errechneten Mittelwerte der Entwicklungsdauer auf jedem Substrat wurden der Varianzanalyse unterzogen und mit Hilfe des multiple-range-Tests für ungleiche Gruppengröße nach RENNER (1981) miteinander verglichen.

Die Anteile der Mortalität, der Hypopus- und der Tritonymphenbildung auf den unterschiedlichen Futtersorten wurden innerhalb der jeweiligen Gruppe mittels Chi²-Test miteinander verglichen (Aufteilung von "2 x s Feldertafeln" in "s - 1 Vierfeldertafeln" nach KIMBALL, 1954). Die Versuchsansätze wurden gegen eine Vergleichsgruppe (einzelner Ansatz oder Zusammenfassung mehrerer Ansätze) getestet. Die Zusammensetzung der Vergleichsgruppen ist aus der im jeweiligen Textabschnitt angegebenen Darstellung ersichtlich.

Die Ergebnisse dieses Versuchs finden sich in den Tabellen 6, 7 und 8 sowie den Abbildungen 2, 3, 4, 5 und 6.

Wiesen beispielsweise die Mortalitätsanteile der Tiere auf bestimmten Futtersorten keine gesicherten Unterschiede auf, wurde ein Mittelwert aus ihnen gebildet, bei nachweisbaren Unterschieden wurden die ursprünglichen Werte beibehalten.

Das gleiche Verfahren der Mittelwertbildung wurde bei der Untersuchung der Hypopus- bzw. Tritonymphenbildungsprozentsätze sowie der Entwicklungsdauer angewendet.

Da Aussagen über die Art der Verteilungen der Ergebnisse der obengenannten Parameter aufgrund der niedrigen Anzahl angesetzter Versuchstiere nicht sicher erschienen und diskrete mit kontinuierlichen Merkmalen verglichen werden sollten, wurden die im Versuch gewonnenen Daten in Rangzahlen überführt. Bei denjenigen Meßwerten, die nach dem Chi²-Test keine gesicherten Unterschiede aufwiesen, wurden mittlere Ränge verteilt.

Die Rangzahlen von Mortalität, Hypopusbildungssatz und Entwicklungsdauer bis zum Hypopus bei Tieren eines bestimmten Futters, gab dessen Qualität als Substrat zur Induktion von Hypopodes an.

Das gleiche Verfahren wurde zur Feststellung der relativen Eignung einer Futtersorte als Aufzuchtmedium für sich direkt aus Protonymphen entwickelnde Tritonymphen angewendet. Hier wurden für jede Futtersorte verschiedene Rangplätze für Mortalität, Tritonymphenbildungssatz und Entwicklungsdauer bis zum Tritonymphenstadium gebildet.

Zum Nachweis von Korrelationen zwischen den in Rangzahlen überführten Daten wurde der Spearmansche-Rangkorrelations-Test eingesetzt.

Die Berechnungen wurden in zwei Gruppen durchgeführt. In die erste Gruppe wurden die Daten der Futtersorten einbezogen, die eine Induktion von Hypopodes zur Folge hatten, in die zweite Gruppe die Daten der Futtersorten, deren Verwendung zur Bildung von Tritonymphen führte.

4.3. Ergebnisse

Eine Zusammenstellung der Daten (absoluter und relativer Anteil der auf den verschiedenen Futtersorten gebildeten Stadien und der jeweiligen Entwicklungsdauer) findet sich in Tabelle 6.

Unter der Stereolupe erwies sich ausschließlich die Futtersorte Trockenfleisch (FL) optisch als stark inhomogen (grobkörnige und faserige Bestandteile unterschiedlicher Färbung). Die deutliche Abweichung der Verteilung der induzierten Hypopodes auf die fünf Kammern der Untersuchungsgruppe war offensichtlich auf diese Ungleichheit der Futterzusammensetzung zurückzuführen. Die sieben Hypopodes, die auf dieser Futtersorte erzeugt wurden, entstanden in nur einer Kammer; bei den übrigen Futtersorten hingegen war

die Verteilung der induzierten Hypopodes auf die Kammern der Gruppe weitaus gleichmäßiger. Aufgrund dieser Abweichung wurde die Sorte Trockenfleisch (FL) von der weiteren Bewertung ausgeschlossen.

4.3.1. Mortalität

Die Mortalität der Milben lag bei den 11 untersuchten Futtersorten zwischen 10% und 100% der eingesetzten Larvenruhestadien.

Die Futtersorten, deren Verwendung zum Tod aller Versuchstiere führte, waren Kakao (KK), Nudeln (NU), und Soßenbinder (SB).

Auf Kakao (KK) und Nudeln (NU) starben die Tiere als Protonymphen ein bis zwei Tage nach Verlassen der Larvenexuvie. Demgegenüber verblieben diejenigen Tiere, denen Soßenbinder (SB) als Futter angeboten wurde, bis zu 14 Tage im Protonymphenstadium, bevor sie ohne sich weiterzuentwickeln starben.

Bei den verbleibenden acht Futtersorten betrug der Anteil der Überlebenden zwischen 26% auf Kartoffeln (KA) und 90% auf Trockenhefe (HE).

Die Mortalitätsanteile der Tiere auf den verschiedenen Futtersorten wichen nicht immer signifikant voneinander ab.

Entsprechend ihrer Mortalität ließen sich folgende Gruppen von Futtersorten unterscheiden (siehe Abb. 2):

1. Tetracyll (9%), Trockenhefe (10%), Tubifex (10%) und Weizenkeime (10%)
2. Weizenkleie (17%)
3. Haferflocken (19%)
4. Weizenmehl (51%)
5. Kartoffeln (74%)

4.3.2. Bildung von Tritonymphen direkt aus Protonymphen

Die acht grundsätzlich zur Aufzucht von *Acarus farris* geeigneten Futtersorten hatten immer eine Bildung von Tritonymphen zur Folge, deren Anteil zwischen 26% bei Kartoffeln (KA) und 90% bei Trockenhefe (HE) lag.

Folgende Gruppen von Futtersorten ließen sich, entsprechend des von ihnen hervorgerufenen relativen Anteils von Tritonymphen unterscheiden: auf Trockenhefe (HE) betrug der Anteil der Tritonymphen 90%, bei Weizenkeimen (WK) und Haferflocken (HF) lag dieser Anteil bei 75%; Tetraphyll (TP), Tubifex (TX) und Weizenkleie (KL) führten zur Bildung von 62% Tritonymphen und auf Weizenmehl (ME) sowie Kartoffeln (KA) wurden 26% der Larvenruhestadien Tritonymphen (siehe Abb. 3).

4.3.3. Induktion von Hypopodes

Der Anteil gebildeter Hypopodes streute bei den acht Futtersorten, auf denen Versuchstiere überlebten, im Bereich von 0% bis 27% der eingesetzten Larvenruhestadien.

Bei der Verwendung von Trockenhefe (HE) und Kartoffeln (KA) unterblieb die Ausbildung von Hypopodes, d.h., alle Überlebenden entwickelten sich direkt zum Tritonymphenstadium.

Der χ^2 -Test ergab, daß signifikante Unterschiede der von den verschiedenen Futtersorten verursachten Induktionsätze nicht immer vorhanden waren. Entsprechend ihrer Hypopusinduktion unterschieden sich folgende Gruppen von Futtersorten (siehe Abb 5):

- Der gemittelte prozentuale Anteil gebildeter Hypopodes betrug bei den Futtersorten Tetraphyll (TP), Tubifex (TX), Weizenkleie (KL) und Weizenmehl (ME) 25% der angesetzten Larvenruhestadien.

- Bei Haferflocken (HF) und Weizenkeimen (WK) betrug der Anteil induzierter Hypopodes 10% der Larvenruhestadien.

4.3.4. Entwicklungsdauer

Die Entwicklungsdauer hing sowohl für Hypopodes als auch für Tritonymphen von der Art des eingesetzten Futters ab.

In der Gruppe der sechs Futtersorten mit Hypopusbildung ergaben sich folgende gesicherten Unterschiede der Entwicklungsdauer: Die mittlere Entwicklungsdauer betrug bei der Futtersorte Tetraphyll (TP) 6,4 Tage und bei Tubifex (TX) 7,4 Tage. Bei den Futtersorten Weizenkleie (KL) und Weizenkeimen (WK) betrug dieser Zeitraum 7,7 Tage. Die Entwicklung zum Hypopus dauerte auf Weizenmehl (ME) mit 8,9 Tagen am längsten (siehe Abb 6).

In der Gruppe der Futtersorten, bei denen eine Tritonymphenbildung erfolgte, betrug die mittlere Entwicklungsdauer auf der Futtersorte Trockenhefe (HE) 3,5 Tage, auf der Sorte Tetraphyll (TP) 3,9 Tage. Die Tritonymphenentwicklung dauerte auf Weizenkeimen (WK) 4,7 Tage. Auf Haferflocken (HF) entwickelten sich die Tritonymphen in 5,5 Tagen und auf den Futtersorten Weizenkleie (KL) sowie Tubifex (TX) in 5,9 Tagen. Auf Weizenmehl (ME) dauerte diese Entwicklung 8,0 Tage und auf Kartoffeln (KA) 14,0 Tage (siehe Abb 4).

4.3.5. Eignungsgrad der Futtersorten als Substrat zur Aufzucht von Tritonymphen und Hypopodes

Zur Bewertung der Eignung des Futters als Induktionsfaktor der Hypopusbildung standen sechs Futtersorten zur Verfügung, für die Bewertung des Futters als Substrat für sich direkt entwickelnde Tritonymphen acht Futtersorten.

Die in Rangzahlen überführten Daten der untersuchten Parameter Mortalität, Hypopus- bzw. Tritonymphenbildung und Entwicklungsdauer sowie die daraus abgeleiteten mittleren Ränge der Futtersorten stellt Tabelle 7 für die Gruppe "Tritonymphen" und Tabelle 8 für die Gruppe "Hypopodes" dar.

Unter den gegebenen Versuchsbedingungen erwies sich Trockenhefe (HE) als das am besten geeignete Futter, um Tritonymphen zu erzeugen. Weizenkeime (WK) und Tetraphyll (TP) waren gut, Haferflocken (HF) und Tubifex (TX) befriedigend geeignet. Entsprechend ihrer Ränge waren die Futtersorten Weizenkleie (KL), Weizenmehl (ME) und Kartoffeln (KA) wenig brauchbar. Die Mortalität, die Entwicklungsdauer und der Anteil entstandener Tritonymphen ist bei denjenigen Futtersorten, bei denen die Inhaltsstoffe quantitativ bekannt waren [Trockenhefe (HE), Weizenkeime (WK), Weizenkleie (KL), Weizenmehl (ME), Kartoffeln (KA), Haferflocken (HF)], signifikant mit dem Eiweißgehalt korreliert. Der Spaermansche-Rangkorrelations-Koeffizient beträgt $r_s = 0,971$, $n = 6$ Gruppen ($p < 0,01$).

Beim Vergleich der Daten der Gruppe "Hypopodes" zeigte sich Tetraphyll (TP) als Induktionsfaktor zur Hypopusbildung den anderen Futtersorten überlegen. Ähnlich wirksam war auch Tubifex (TX), das lediglich einen die Entwicklung etwas verzögernden Einfluß hatte.

Etwas weniger geeignet und einander gleichwertig waren Weizenkleie (KL) und Weizenkeime (WK).

Für Induktionsexperimente sind Haferflocken (HF) und Weizenmehl (ME) entsprechend ihrer Rangplätze als Futtersorten nicht geeignet.

4.3.6. Korrelationen der Parameter für die Gruppe der hypopusinduzierenden und die Gruppe der tritonympheninduzierenden Futtersorten

In der Gruppe "Tritonymphen" sind Korrelationen zwischen der Tritonymphenbildung und Entwicklungsdauer, der Bildung und der Sterblichkeit ($p < 0,05$), sowie zwischen Entwicklungsdauer und Mortalität gesichert ($p < 0,01$).

In der Gruppe "Hypopodes" wiesen nur die Entwicklungsdauer zum Hypopus und die Mortalität einen Zusammenhang auf ($p < 0,05$), während der Vergleich von Hypopusinduktion und Mortalität, sowie Entwicklungsdauer und Hypopusinduktion kein signifikantes Ergebnis erbrachte.

Tabelle 6 : Auswirkung auf die Entwicklung der Versuchstiere durch das ab dem Larvenruhestadium verfütterte Substrat. Bis zum Larvenruhestadium erhielten die Milben Trockenhefe als Futter.
 (n = Anzahl, % = relativer Anteil, ED = durchschnittliche Entwicklungsdauer in Tagen (d) vom Larvenruhestadium bis zum angegebenen Stadium)

Futtersubstrat	Larvenruhestadien (n)	Tote		direkt entwickelte Tritonymphen			Hypopodes		
		(n)	(%)	(n)	(%)	ED	(n)	(%)	ED
Trockenhefe	150	15	10	135	90	3,5	0	-	-
Tetraphyll	155	14	9	100	66	3,9	39	25	6,4
Weizenkeime	163	17	10	129	79	4,7	17	10	7,5
Tubifex	155	15	10	100	64	5,9	40	26	7,4
Weizenkleie	150	26	17	86	56	5,8	41	27	7,8
Haferflocken	149	29	19	105	70	5,4	15	10	7,8
Trockenfleisch	125	43	35	75	59	4,7	7	6	5,4
Weizenmehl	89	45	51	26	29	8,0	18	20	8,9
Kartoffel	125	93	74	32	26	14,0	0	-	-
Nudeln	60	60	100	0	-	-	0	-	-
Soßenbinder	60	60	100	0	-	-	0	-	-
Kakao	60	60	100	0	-	-	0	-	-

Abbildung 2: Signifikanzniveaus der mittels Chi²-Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Mortalität der Versuchstiere auf verschiedenen Futtersorten

Futtersorten : WK - Weizenkeime TX - Tubifex
 HE - Trockenhefe KL - Weizenkleie
 HF - Haferflocken ME - Weizenmehl
 KA - Kartoffel TP - Tetraphyll

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien
FS	: Futtersorten
% TOTE	: relativer Anteil der Toten

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

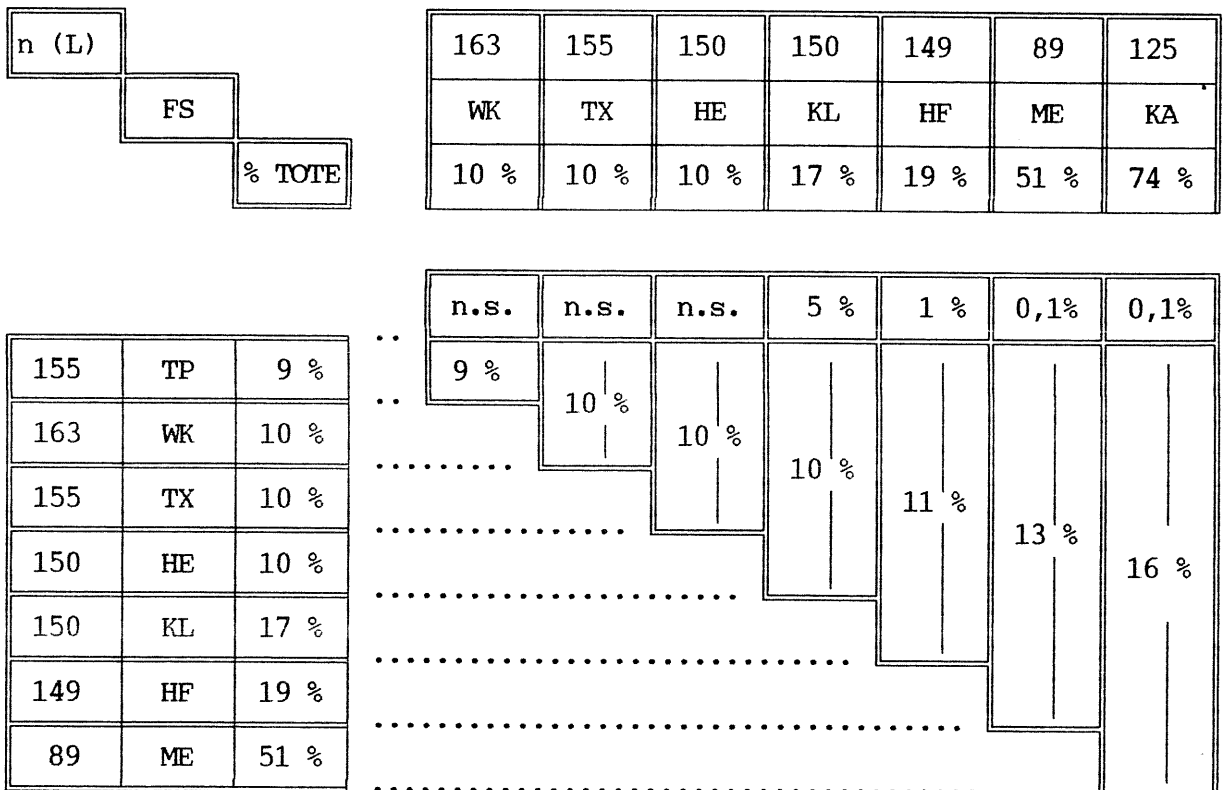


Abbildung 3: Signifikanzniveaus der mittels Chi²-Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Daten der Futtersorten, auf denen sich Tritonymphen bildeten

Futtersorten : WK - Weizenkeime TX - Tubifex
 HE - Trockenhefe KL - Weizenkleie
 HF - Haferflocken ME - Weizenmehl
 KA - Kartoffel TP - Tetraphyll

RELATIVER ANTEIL DER TRITONYMPHEN

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien
FS	: Futtersorten
% TN	: relativer Anteil der Tritonymphen

a%	a% : Signifikanzniveau (p < a%)
b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

n (L)	163	149	155	155	150	89	125
FS	WK	HF	TP	TX	KL	ME	KA
% TN	79 %	70 %	66 %	64 %	56 %	29 %	26 %

	5 %	0,1%	0,1%	1 %	0,1%	0,1%	0,1%
150 HE 90 %	90 %						
163 WK 79 %		84 %					
149 HF 70 %			80 %				
155 TP 66 %				76 %			
155 TX 64 %					75 %		
150 KL 56 %						71 %	
89 ME 29 %							68 %

Abbildung 4: Sigifikanzniveaus der mittels multiple-range-test festgestellten Unterschiede der Entwicklungsdauer der Versuchstiere auf verschiedenen Futtersorten

ENTWICKLUNGSDAUER DER TRITONYMPHEN

Futtersorten : WK - Weizenkeime TX - Tubifex
 HE - Trockenhefe KL - Weizenkleie
 HF - Haferflocken ME - Weizenmehl
 KA - Kartoffel TP - Tetraphyll

ED (d)	: Entwicklungsdauer der Tritonymphen in Tagen
FS	: Futtersorten
x%	: Signifikanzniveau ($p < x\%$)

ED (d)		3,5	3,9	4,7	5,4	5,8	5,9	8,0
	FS	HE	TP	WK	HF	KL	TX	ME

14,0	KA	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
8,0	ME	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	
5,9	TX	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	n.s.		
5,8	KL	0,1%	0,1%	0,1%	1 %			
5,4	HF	0,1%	0,1%	0,1%				
4,7	WK	0,1%	0,1%					
3,9	TP	1 %						

Abbildung 5: Signifikanzniveaus der mittels χ^2 -Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Daten der Futtersorten, auf denen sich Hypopodes bildeten

Futtersorten : WK - Weizenkeime TX - Tubifex
 HE - Trockenhefe KL - Weizenkleie
 HF - Haferflocken ME - Weizenmehl
 TP - Tetraphyll

RELATIVER ANTEIL DER HYPOPODES

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien
FS	: Futtersorten
% HYP	: relativer Anteil der Hypopodes

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

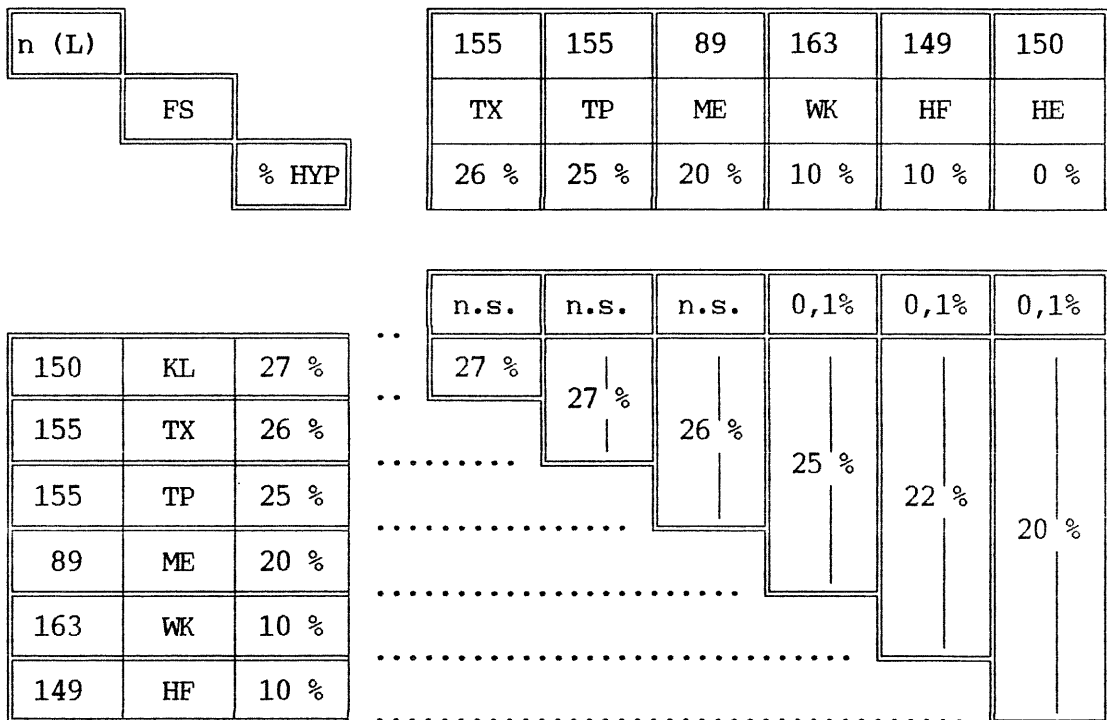


Abbildung 6: Sigifikanzniveaus der mittels multiple-range-test festgestellten Unterschiede der Entwicklungsdauer der Versuchstiere auf verschiedenen Futtersorten

ENTWICKLUNGSDAUER DER HYPOPODES

Futtersorten : WK - Weizenkeime TX - Tubifex
 HE - Trockenhefe KL - Weizenkleie
 HF - Haferflocken ME - Weizenmehl
 TP - Tetraphyll

ED (d)	: Entwicklungsdauer der Hypopodes in Tagen
FS	: Futtersorten
x%	: Signifikanzniveau ($p < x\%$)

ED (d)		6,4	7,4	7,5	7,8	7,8
	FS	TP	TX	WK	HF	KL

8,9	ME	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
7,8	KL	0,1%	n.s.	n.s.	n.s.	
7,8	HF	0,1%	n.s.	n.s.		
7,5	WK	0,1%	n.s.			
7,4	TX	0,1%				

Tabelle 7: Ermittlung des zur Bildung von Tritonymphen am besten geeigneten Futters

Hierzu wurden die mittels Chi²-Test gesicherten Werte der Tritonymphenbildung (% Tritonymphen), der Tritonymphenentwicklungsdauer (ED - Tritonymphen) und der Mortalität (% Tote) derjenigen Futtersorten in Rangzahlen überführt, die eine Tritonymphenbildung ermöglichten. Bei Gleichheit der ursprünglichen Daten wurden mittlere Ränge verteilt. Der Eignungsgrad eines bestimmten Futters als Substrat zur Tritonymphenbildung wird durch Stellung des Futters in der Tabelle wiedergegeben. Die geeignetste Futtersorte steht in der obersten Zeile, die ungeeignetste Sorte in der untersten Zeile. (Aufgrund ihrer inhomogenen Zusammensetzung wurde die Futtersorte Trockenfleisch von der Bewertung ausgeschlossen.)

Futtersorte	% Tritonymphen	ED - Tritonymphen	% Tote	relative Eignung
Trockenhefe	1	1	2,5	gut
Weizenkeime	2,5	3	2,5	
Tetraphyll	5	2	2,5	
Haferflocken	2,5	4	5,5	
Tubifex	5	5,5	2,5	
Weizenkleie	5	5,5	5,5	
Weizenmehl	7,5	7	7	
Kartoffel	7,5	8	8	schlecht

Tabelle 8: Ermittlung des zur Bildung von Hypopodes am besten geeigneten Futters.

Hierzu wurden die mittels Chi²-Test gesicherten Werte der Hypopusbildung (% Hypopodes), der Hypopodesentwicklungsdauer (ED - Hypopodes) und der Mortalität (% Tote) derjenigen Futtersorten in Rangzahlen überführt, die eine Hypopusbildung ermöglichten. Bei Gleichheit der ursprünglichen Daten wurden mittlere Ränge verteilt. Der Eignungsgrad eines bestimmten Futters als Substrat zur Hypopusbildung wird durch Stellung des Futters in der Tabelle wiedergegeben. Die geeignetste Futtersorte steht in der obersten Zeile, die ungeeignetste Sorte in der untersten Zeile. (Aufgrund ihrer inhomogenen Zusammensetzung wurde die Futtersorte Trockenfleisch von der Bewertung ausgeschlossen.)

Futtersorte	% Hypopodes	ED - Hypopodes	% Tote	relative Eignung
Tetraphyll	2,5	1	2	gut
Tubifex	2,5	2	2	
Weizenkleie	2,5	4	4,5	
Weizenkeime	5,5	4	2	
Haferflocken	5,5	4	4,5	
Weizenmehl	2,5	6	6	schlecht

4.4. Diskussion

In diesem Versuch wurde der Einfluß verschiedener Futtersorten auf die Induktion des Hypopusstadiums, die Entwicklungsdauer bis zum Erreichen des Hypopus- bzw. Tritonymphenstadiums und die Mortalität bei der Population L1 untersucht.

Das Experiment zeigt, daß nutritive Faktoren das quantitative Ausmaß der Hypopusbildung maßgeblich beeinflussen. Ebenso haben diese Faktoren einen Einfluß auf die Entwicklungsdauer von sowohl "direkten" Tritonymphen als auch Hypopodes und auf die Mortalität der Versuchstiere.

Die Hypopusbildung zeigt zwar eine deutliche Abhängigkeit von den eingesetzten Futtersorten, jedoch läßt sich, zumindest für die Futtersorten, von denen Analyseergebnisse der Inhaltsstoffe vorliegen, keine Korrelation zu den unterschiedlichen Anteilen dieser Inhaltsstoffe nachweisen. Die in den Beschreibungen der Zusammensetzung der Futtersorten gebräuchliche Gegenüberstellung von Ballaststoffen und sonstigen Komponenten, spiegelt die vorwiegend in Hinblick auf menschliche Ernährung getroffene Einteilung wider. Sie läßt sich jedoch nicht vollständig auf die Ernährung der Milben übertragen, da jene über eine andere Ausstattung mit Verdauungsenzymen verfügen, die ihnen einen Zugang zu Gerüstpolysacchariden (z.B. Zellulose, Chitin) erschließen (BOWMAN & CHILDS, 1982). Diese Polysaccharide stehen damit als Kohlenstoff- und Stickstoffquelle zur Verfügung.

GRIFFITHS (1966) stellte bei seinen Experimenten mit *Acarus*-Milben fest, daß die Hypopusbildung an einen Mindestgehalt des Futters an Vitaminen des B-Komplexes gebunden ist. Dieser Sachverhalt ist eine Erklärungsmöglichkeit für den hohen Anteil von Hypopodes bei Verfütterung von Tetraphyll. Von dieser Futtersorte liegen nur Angaben über die als Farbstoffe eingesetzten Zutaten vor;

als gelber Farbstoff wird Vitamin-B₂ (E 101) benutzt, der die Hypopusbildung begünstigen könnte. Des weiteren zeigen die Futtersorten Weizenkeime und Haferflocken, deren Vitamin-B-Gehalt relativ hoch liegt, gute Hypopusinduktionssätze.

GRIFFITHS (1967) stellte eine starke Verminderung des Anteils induzierter Hypopodes bei *Acarus immobilis* nach der Verfütterung von Hefe fest, die er u.a. auf den Ergosterolgehalt (Provitamin D₂) dieses Futters zurückführt.

Die auch in diesem Versuch festgestellte wirksame Unterdrückung des Hypopusstadiums auf Hefefutter (trotz hohen Vitamin-B-Gehalts) bei *Acarus farris* könnte ebenfalls auf dem Ergosterolgehalt beruhen.

Von den anderen Futtersorten lagen keine Angaben über den Ergosterolgehalt vor, so daß nicht ausgesagt werden kann, ob diese Komponente auch dort in einer die Hypopusinduktion beeinflussenden Menge vorhanden ist.

Bei denjenigen Futtersorten, deren quantitative Zusammensetzung bekannt ist, korreliert der Anteil der Tritonymphen unter der Nachkommenschaft mit dem Eiweißgehalt. Der Eiweißgehalt scheint somit entscheidend für den Anteil der Tritonymphen an der Nachkommenschaft zu sein.

Da die Parameter Tritonymphenanteil, Entwicklungsdauer zur Tritonymphe und Mortalität untereinander positiv korreliert sind, scheinen Mortalität und Entwicklungsdauer ebenfalls vom Eiweißgehalt abzuhängen.

Bei *Acarus immobilis* ist sowohl die Entwicklungsdauer als auch der Anteil der Tritonymphen von der Menge des angebotenen proteinarmeren Futters [Weizenmehl (ME)] abhängig. Je größer die zur Verfügung stehende Menge Mehls war, desto schneller verlief die Entwicklung zum Tritonymphenstadium und desto größer war der Tritonymphenanteil. Da die Milben selektiv fraßen, standen ihnen bei größerer Ausgangsmenge somit mehr proteinhaltige Partikel zur Verfügung (GRIF-FITHS, 1967).

Entscheidend für die Versorgung der Tiere mit Eiweiß ist nicht allein der Proteingehalt des Futters, sondern dessen Verdaubarkeit. Diese Verdaubarkeit ist durch die von Art zu Art verschiedene Enzymausstattung zum Aufschluß der wasserunlöslichen Proteine bestimmt (GRIFFITHS, 1967; BOWMAN & CHILDS, 1982; BOWMAN, 1983; CHILDS & BOWMAN, 1983). So ist *Acarus siro* in der Lage, Skleroproteine zu verdauen (BOWMAN, 1983), *Acarus immobilis* hingegen nicht (GRIFFITHS, 1967).

Auf einem Futterstoff mit hohem Eiweißgehalt (Kakao) wiesen die Versuchstiere einen hohen Mortalitätsanteil auf. Das Sterben aller Versuchstiere auf Kakao läßt sich vielleicht dadurch erklären, daß bei der Fermentation des Kakaos die Gerbstoffe das Eiweiß so verändern, daß es von den Milben nicht mehr abgebaut werden kann. Gerbstoffe (insbesondere Tannine) hemmen die Aktivität von Proteasen, Hydrolasen, α -Amylasen, Pektinasen und Cellulasen (BORRIS & LIBBERT, 1984). Spaltprodukte von Gerbstoffen (z. B. Gallussäure und Ellagsäure) können die Entwicklung pflanzenfressender Insektenlarven hemmen (TEUSCHER, 1989).

Eine weitere Erklärung wäre der Alkaloidgehalt des Substrats. Die Mortalität der Versuchstiere hängt weiterhin wahrscheinlich mit dem Fettgehalt zusammen. LAWOHNUS (1984) fand bei *Lepidoglyphus destructor* auch eine geringe Hypopusbildung und hohe Mortalität bei Verfütterung von stark lipidhaltigem pflanzlichen Substrat.

Genauere Aussagen darüber, welche Inhaltsstoffe allein oder in Kombination die Hypopusinzidenz beeinflussen, bleiben Untersuchungen mit definiertem Futter bzw. genauer Kenntnis des physiologischen Mechanismus der Hypopusbildung vorbehalten.

Die Gruppe der mit Trockenhefe gefütterten Versuchstiere wies den niedrigsten Prozentsatz gebildeter Hypopodes auf (0% Hypopodes). Da Mortalität und Entwicklungsdauer ebenfalls gering waren, wird dieses Futter daher zur Erzeugung von Tritonymphen eingesetzt.

In der Gruppe der mit Tetracyll gefütterten Versuchstiere fand sich der höchste Prozentsatz induzierter Hypopodes (27% Hypopodes), bei gleichzeitig kurzer Entwicklungsdauer und einem geringen Anteil Toter. Dementsprechend wird Tetracyll zur Hypopusinduktion verwendet.

5. UNTERSUCHUNG DER POPULATIONSDICHTE ALS MÖGLICHER INDUKTIONSFAKTOR DER HYPOPUSBILDUNG

5.1. Einleitung

Der Einfluß der Populationsdichte auf das Ausmaß der Hypopusbildung bei astigmatischen Milben ist von mehreren Autoren untersucht worden. Ein Teil der Verfasser schließt einen Einfluß der Populationsdichte auf die Hypopusinduktion bei den untersuchten Arten aus (CUTCHER, 1968; SEETHALER, 1980; STRATIL, 1983; STRATIL & KNÜLLE, 1985; NAUMANN, 1986), während andere diesen Einfluß als nachgewiesen ansehen (GRIFFITHS, 1966; CHMIELEWSKI, 1971, 1977, 1983).

Im folgenden wird die Wirkung der Populationsdichte auf die Hypopusinduktion bei *Acarus farris* unter standartisierten Bedingungen untersucht.

5.2. Material und Methode

Zur Gewinnung der für diesen Versuch benötigten Tiere wurden Adulte (ca. 30 Paare / Kammer) in große Kammern zur Eiablage gesetzt. Nach fünf Tagen wurden die Eltern den Kammern entnommen und in weitere Kammern umgesetzt. Nach Ablauf von fünf weiteren Tagen wurde die Eiablage beendet und die Adulten verworfen.

Die Nachkommenschaft blieb bis zum Erreichen des Larvenruhestadiums in der Eiablagekammer. Die larvale Entwicklung fand auf Trockenhefe (HE) statt.

Bei der täglichen Kontrolle mittels Stereolupe wurden alle vorliegenden Larvenruhestadien in die entsprechenden Versuchsbedingungen gebracht.

Um einen unterschiedlichen Verschmutzungsgrad des Futters durch Milbenkot bei Versuchsansätzen mit verschiedenen Besatzdichten zu vermeiden, wurde versucht, die Futtermenge pro Tier konstant zu halten (Augenmaß). Dies bedeutete, daß die Futtermenge in einer Kammer, in der sich beispielsweise 50 Tiere befanden, circa zehnmal so groß war wie diejenige Futtermenge, die in eine Kammer mit fünf Tieren gegeben wurde.

Um Hunger, und das durch Nahrungsmangel erzwungene Fressen von mit Kot kontaminiertem Futter als mögliche Induktionsfaktoren auszuschließen, wurde die Futtermenge so bemessen, daß bei Versuchsende ungefähr die Hälfte des Futters noch vorhanden war.

Der Versuch wurde dreimal mit Tieren unterschiedlicher Herkunft durchgeführt. Die Tiere der ersten Versuchsdurchführung stammten aus der Population L1. Diese Linie von Versuchstieren wurde als "L1" bezeichnet. Die Tiere der zweiten und dritten Versuchsdurchführung entstammten der Population R3, wobei die Tiere der zweiten Versuchsdurchführung ein Teil der F₁-Generation eines anderen Experiments waren, welches die Steigerung der Hypopusinzidenz zum Ziel hatte. Diese Linie wurde im weiteren als "R3 F₁" bezeichnet. Diejenigen Milben, die in der dritten Versuchsdurchführung verwendet wurden, waren Tiere der F₅-Generation desselben Versuchs. Diese Linie erhielt die Bezeichnung "R3 F₅".

Der Versuch wurde in kleinen Versuchskammern mit Ansätzen verschieden hoher Besatzdichte durchgeführt. In den drei Versuchsdurchführungen wurde die Induktion folgender Anzahlen von Tieren pro Kammer miteinander verglichen: Bei der Linie "L1" wurde die Hypopusbildung bei einem Besatz von 30 Milben pro Kammer mit der bei einem Besatz von 60 Milben pro Kammer verglichen. Nur die Versuchsdurchführung mit Tieren der Linie "L1" erfolgte ohne Verwendung einer Kontrollgruppe. Bei den Linien "R3 F₁" und "R3 F₅" wurden die Anteile der Induktion bei Besatzdichten von fünf, zehn

und dreißig Milben pro Kammer miteinander verglichen wurden. Bei der Linie "R3 F₅" kamen noch Ansätze mit fünfzig Tieren pro Kammer hinzu.

Die Tiere der Versuchsgruppen wurden auf Tetraphyll (TP) gehalten, die Tiere der Kontrollgruppe wiederum auf Trockenhefe (HE) gesetzt.

Die Kammern der Versuchsgruppen wurden durch das Anhängen der Kurzbezeichnung des Tetraphylls: "TP" an den Namen der Linie, aus der die Versuchstiere stammten, gekennzeichnet, die Kammern der Kontrollgruppen durch das Anhängen der Kurzbezeichnung der Trockenhefe: "HE" (siehe Tab. 8).

Unterschiede der Hypopusinduktion bei Versuchs- und Kontrollgruppen sowie Unterschiede der Mortalität von Versuchs- und Kontrollgruppen wurden mit Hilfe des Chi²-Tests nachgewiesen (Beschreibung des Verfahrens siehe Kapitel 4.2.). Eine mögliche Korrelation zwischen der Besatzdichte der Kammern und der Hypopusinduktion wurde mittels graphischer Auswertung nachgewiesen. Mit der gleichen Methode wurden die Daten der Besatzdichte und der Mortalität auf mögliche Korrelationen hin überprüft.

Zur Ermittlung einer Ausgleichsfunktion für den Einfluß der Besatzdichte auf die Hypopusinduktion beim Vergleich von Datensätzen, die aus Versuchen mit unterschiedlichen Besatzdichten stammten, wurde die Korrelation von Rohdaten und logarithmisch transformierten Daten verglichen. Es wurde diejenige Funktion als am besten angepaßt angesehen, welche die höchste Korrelation aufwies.

5.3. Ergebnisse

Die Daten dieses Experiments sind in Tabelle 9 und den Abbildungen 7 und 8 und 9 wiedergegeben.

Wie die Darstellungen zeigen, besteht bei einem Teil der Versuchsergebnisse zwischen dem Anteil induzierter Hypopodes und der Besatzdichte der Kammern mit Versuchstieren ein proportionaler Zusammenhang.

5.3.1. Hypopusinduktion

Bei der Versuchsdurchführung mit Tieren der Population L1, wurde zwischen dem Ansatz mit 30 Milben pro Kammer (12% Hypopodes) und dem Ansatz mit 60 Milben pro Kammer (11% Hypopodes) kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) der Induktionssätze festgestellt.

Die Ansätze der Versuchsgruppen "R3 F₁ TP" und "R3 F₅ TP" unterschieden sich in den Hypopusinduktionssätzen statistisch sehr gut gesichert ($p \ll 0.001\%$) von den jeweiligen Kontrollgruppen "R3 F₁ HE" und "R3 F₅ HE".

Bei den Versuchsgruppen "R3 F₁ TP" und "R3 F₅ TP" wurden signifikante Unterschiede der Induktion zwischen den verschiedenen Besatzdichten festgestellt. Bei der Versuchsgruppe "R3 F₁ TP" existiert ein gesicherter Zusammenhang ($p < 0.05$) zwischen der Anzahl der Milben pro Kammer und dem relativen Anteil induzierter Hypopodes. Bei der Versuchsgruppe "R3 F₅ TP" konnte der gleiche Zusammenhang auf dem 0,1%-Niveau gesichert werden.

Beim Vergleich der Induktionssätze der einzelnen Ansätze einer Versuchsdurchführung ergab sich bei der Versuchsgruppe "R3 F₁ TP", daß zwischen dem Ansatz 10 (L)/Kammer (15% Hypopodes) und 30 (L)/Kammer (23% Hypopodes) kein statistischer Unterschied zu sichern war ($p > 0,05$). Zwischen dem Ansatz 5 (L)/Kammer (10% Hypopodes) und der

Vergleichsgruppe konnte eine Differenz auf dem 1%-Niveau gesichert werden .

Bei der Versuchsgruppe "R3 F₅ TP" ergaben sich zwischen den Ansätzen 5 (L)/Kammer (11% Hypopodes) sowie 10 (L)/Kammer (21% Hypopodes) zu ihren jeweiligen Vergleichsgruppen signifikante Unterschiede ($p < 0,01$).

Die Induktion der Ansätze 30 (L)/Kammer (43% Hypopodes) und 50 (L)/Kammer (38% Hypopodes) unterschied sich nicht gesichert voneinander.

Auffällig ist die Parallele zwischen dem fehlenden Unterschied der Induktion bei den Ansätzen 30 (L)/Kammer und 60 (L)/Kammer in der Gruppe "L1 TP" sowie bei den Ansätzen 30 (L)/Kammer und 50 (L)/Kammer in der Gruppe "R3 F₅ TP".

Um das quantitative Ausmaß der Abhängigkeit der Hypopusbildung von der Anzahl sich gleichzeitig in einer Kammer befindenden Milben zu erfassen, wurde die Korrelation der Rohdaten mit jener der logarithmierten Daten verglichen.

Der graphische Vergleich zwischen der Korrelation der Rohdaten (Anzahl (L) zu Hypopodes) und den transformierten Daten (log Anzahl (L) zu Hypopodes) der Versuchsgruppe "R3 F₅ TP" zeigt, daß die Korrelation bei den transformierten Daten deutlich höher lag als bei den untransformierten Daten. Die höhere Korrelation der logarithmisch transformierten Daten zeigt, daß diese mathematische Beschreibung den biologischen Sachverhalt angemessener wiedergibt als die Rohdaten (siehe Abb 9).

Der Einfluß der Besatzdichte ist nicht linear proportional, sondern nimmt mit steigender Anzahl der Larvenruhestadien relativ ab.

5.3.2. Sterblichkeit

Die Mortalität der Versuchsgruppe "R3 F₁ TP" unterschied sich sehr stark von der Mortalität der Kontrollgruppe "R3 F₁ HE". Die Mortalität der Kontrollgruppe "R3 F₁ HE"

lag bei einem Anteil von 9% [n = 360 (L)], die der Versuchsgruppe "R3 F₁ TP" hingegen bei einem Anteil von 30% [n = 360 (L)]. Der Unterschied der Mortalitätsanteile ist statistisch sehr gut gesichert (p < 0,001).

Ebenso unterschied sich bei der Linie "R3 F₅" die Mortalität der Versuchsgruppe "R3 F₅ TP" deutlich von der der Kontrollgruppe "R3 F₅ HE". So betrug der Anteil der Toten bei der Kontrollgruppe "R3 F₅ HE" 10% [n = 602 (L)], während der Anteil der Toten bei der Versuchsgruppe "R3 F₅ TP" bei 20% [n = 605 (L)] lag. Auch hier konnte der Unterschied auf dem 0,1%-Niveau gesichert werden.

In den Versuchsgruppen "R3 F₁ TP" und "R3 F₅ TP" wurden signifikante Unterschiede der Mortalität zwischen den verschiedenen Besatzdichten festgestellt. So konnte die Differenz bei "R3 F₁ TP" auf dem 5%-Niveau und bei "R3 F₅ TP" auf dem 0,1%-Niveau gesichert werden. Die Mortalität der einzelnen Ansätze wurde mittels Chi²-Test untersucht.

Die Untersuchung der Frage, ob die Mortalität der Versuchstiere von der Besatzdichte, d.h. der Anzahl der Milben pro Kammer abhängt, führte für die Gruppen "R3 F₁ TP" und "R3 F₅ TP" zum gleichen Ergebnis. Zwischen Besatzdichte und Mortalität existiert keine Korrelation (siehe Abb 9).

Tabelle 9 Auswirkungen der unterschiedlichen Besatzdichten der Versuchskammern auf die Entwicklung der Versuchstiere

Den Versuchsbedingungen waren die Tiere ab dem Larvenruhestadium ausgesetzt. Bis zum Abschluß der larvalen Entwicklung erhielten die Milben Trockenhefe als Futter.

A = Kurzbezeichnung der Herkunftspopulation der Versuchstiere

B = Besatzdichte (Anzahl der zusammen angesetzten Larvenruhestadien pro Kammer)

C = Futter der Versuchsgruppen : Tetraphyll(TP)
Futter der Kontrollgruppen : Trockenhefe(HE)

A	B	C	Larven- ruhe- stadien (n)	Tote		"direkte" Trito- nymphen		Hypopodes	
				(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)
L1	30	TP	330	12	4	278	84	40	12
	60	TP	540	39	7	442	82	59	11
R3 F ₁	5	TP	120	34	28	74	62	12	10
		HE	120	14	12	106	88	0	-
	10	TP	120	27	23	75	63	18	15
		HE	120	7	6	113	94	0	-
	30	TP	120	46	38	46	38	28	23
		HE	120	10	8	109	91	1	1
R3 F ₅	5	TP	155	45	30	88	59	17	11
		HE	151	12	8	138	91	1	1
	10	TP	150	15	10	104	69	31	21
		HE	151	7	4	144	96	0	-
	30	TP	150	29	19	57	38	64	43
		HE	150	24	16	126	84	0	-
	50	TP	150	32	21	63	42	55	38
		HE	150	16	11	134	89	0	-

Abbildung 7: Signifikanzniveaus der mittels χ^2 -Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Mortalität der Versuchstiere und der Hypopusinzidenz der Population "R3 F₁" bei verschiedenen Besatzdichten

Die Tiere erhielten bis zum Larvenruhestadium Trockenhefe und anschließend Tetraphyll als Futter.

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien des Ansatzes
BD	: Besatzdichte (n (L) / Versuchskammer)
% X	: relativer Anteil der Toten bzw. Hypopodes

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
 b% 	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

1. T O T E

n (L)			120	120
	BD		10er	5er
		% TOTE	23 %	28 %

120	30er	38 %	5 %	n.s.
120	10er	23 %	38 %	30 %

.....

2. H Y P O P O D E S

n (L)			120	120
	BD		10er	5er
		% HYP	15 %	10 %

120	30er	23 %	n.s.	5 %
120	10er	15 %	23 %	19 %

.....

Abbildung 8: Signifikanzniveaus der mittels χ^2 -Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Mortalität der Versuchstiere und der Hypopousinzidenz der Population "R3 F₅" bei verschiedenen Besatzdichten

Die Tiere erhielten bis zum Larvenruhestadium Trockenhefe und anschließend Tetraphyll als Futter.

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien des Ansatzes
BD	: Besatzdichte (n (L) / Versuchskammer)
% X	: relativer Anteil der Toten bzw. Hypopodes

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

1. T O T E

n (L)			150	150	155
	BD		30er	10er	5er
		% TOTE	19 %	10 %	30 %

150	50er	21 %	n.s.	1 %	1 %
150	30er	19 %	21 %	20 %	17 %
150	10er	10 %			

2. H Y P O P O D E S

n (L)			150	150	155
	BD		30er	10er	5er
		% HYP	43 %	21 %	11 %

150	50er	38 %	n.s.	0,1%	0,1%
150	30er	43 %	38 %	40 %	33 %
150	10er	21 %			

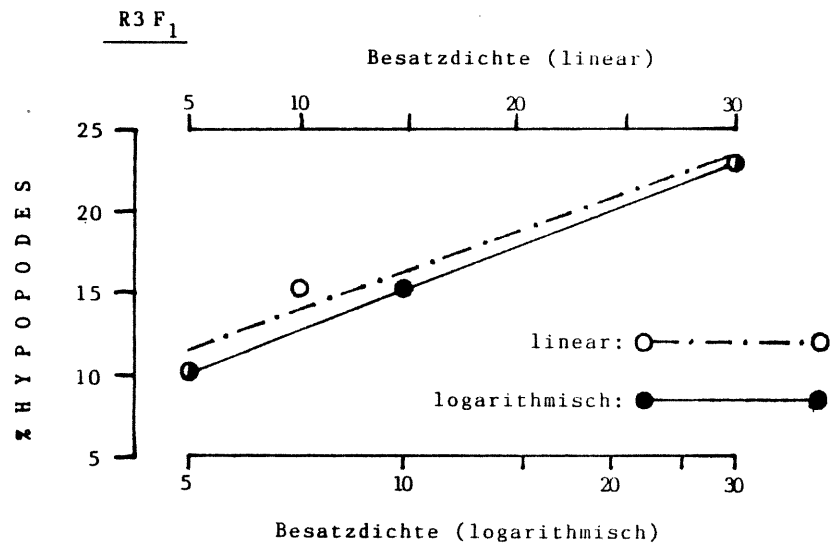
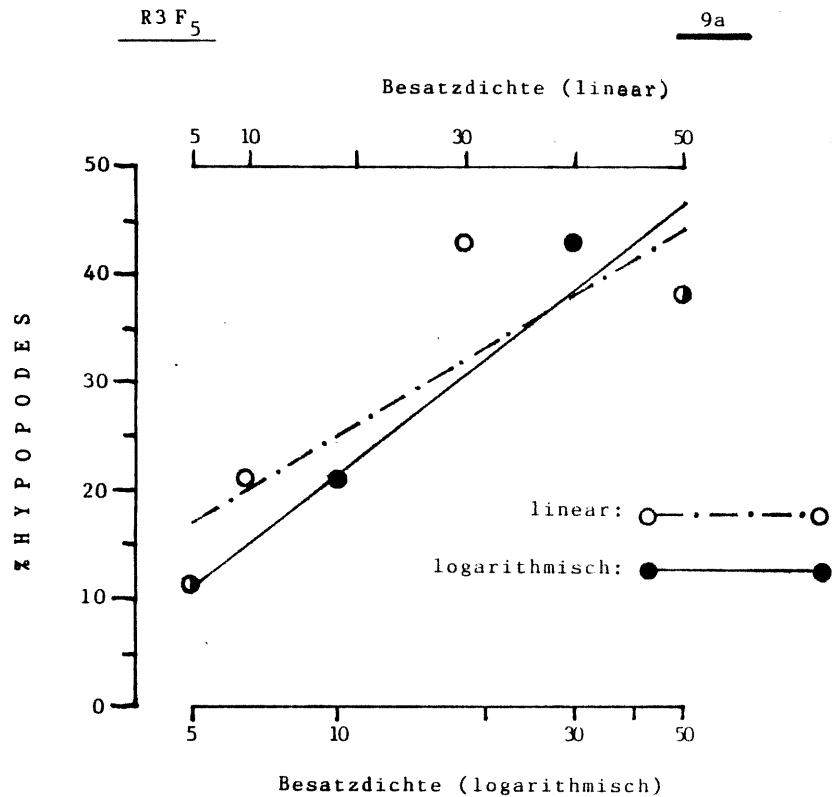
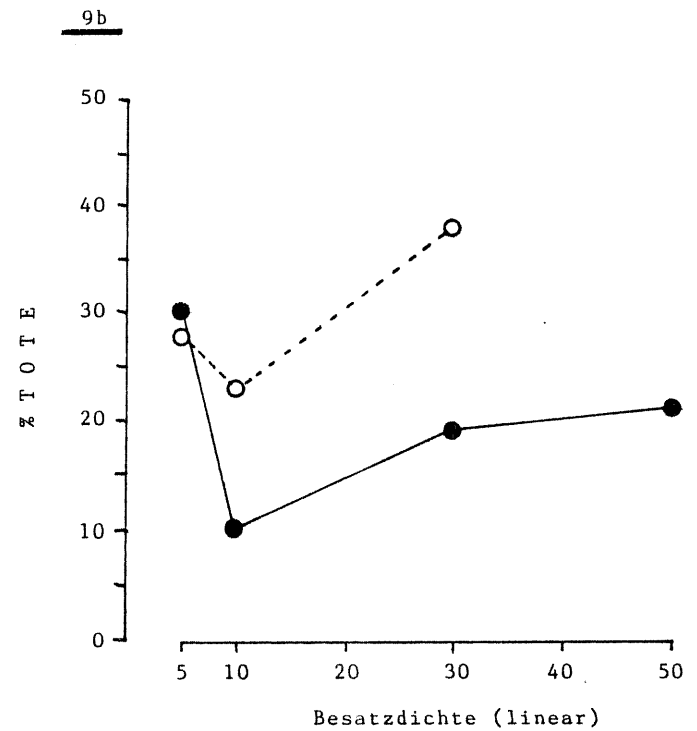


Abbildung 9: Einfluß unterschiedlicher Besatzdichten der Versuchskammern auf Hypopusinzidenz und Mortalität der Versuchstiere der Versuchsgruppen R3 F₁ und R3 F₅.

9a: Korrelation von Hypopusinzidenz und Besatzdichte (Anzahl der Larvenruhestadien pro Versuchskammer).
Vergleich der Anpassung von linearer und logarithmischer Darstellung der Besatzdichte

9b: Relation von Mortalität und Besatzdichte



5.4. Diskussion

In diesen Versuch konnte bei Versuchstieren unterschiedlicher Herkunft eine positive Korrelation zwischen der Besatzdichte der Versuchskammern [(L)/Kammer] und der Anzahl induzierter Hypopodes nachgewiesen werden. Hierbei stieg nicht nur die absolute Anzahl erzeugter Hypopodes, sondern auch deren relativer Anteil an den eingesetzten Versuchstieren.

Physisches Crowding als Induktionsfaktor schließen CUTCHER (1968) bei *Caloglyphus sp.*, SEETHALER (1980) bei *Glycyphagus domesticus*, STRATIL (1983) und STRATIL & KNÜLLE (1985) bei *Lepidoglyphus destructor* sowie NAUMANN (1986) bei *Glycyphagus domesticus* aus. Während STRATIL (1983) und STRATIL & KNÜLLE (1985) bei unterschiedlicher Besatzdichte der Versuchskammern und konstanter Futtermenge keine signifikante Differenz der Hypopusinduktion feststellten, lassen CUTCHER (1968) und NAUMANN (1986), die eine vermehrte Hypopusbildung bei steigender Besatzdichte auf konstanter Futtermenge nachwiesen, nur mittelbare Ursachen für den Anstieg gelten [CUTCHER (1968): Änderung der Salzkonzentration des Futters durch Faeces; NAUMANN (1986): Nahrungskontamination mit Faeces].

GRIFFITHS (1966), der bei *Acarus farris* eine Dichteabhängigkeit der Hypopusbildung feststellte, läßt hingegen beide Alternativen, Crowding oder inadäquate Versorgung mit Futter, nebeneinander stehen.

Faeces können die Versuchstiere sowohl über eine Verunreinigung des Futters mit toxischen und / oder unverdaulichen Stoffen als auch über geruchlich wirkende Komponenten beeinflussen. Aufgrund der von GRIFFITHS (1967) für *Acarus immobilis* festgestellten selektiven Fraßgewohnheiten ist nicht anzunehmen, daß die Versuchstiere bei einem mit der Besatzdichte steigenden Futterangebot, mit Faeces kontaminiertes Substrat fressen. Da in diesem Versuch allen Versuchstieren die gleiche individuelle Futtermenge zuge-

messen wurde, wird das Vorliegen des Faktors "Fressen von kontaminiertem Futter" für unwahrscheinlich gehalten. Die Förderung der Hypopusbildung durch Geruchsfaktoren des Milbenkots kann hingegen nicht von vornherein ausgeschlossen werden. So erhielt SEETHALER (1980) bei der Untersuchung dieses Faktors bei *Glycyphagus domesticus* (Population 'G7') keine Hypopodes; NAUMANN (1986) bestätigte mit einem anderen Versuchsaufbau die von SEETHALER (1980) gefundenen Ergebnisse an der gleichen Population, führte diese jedoch auf die in der untersuchten Population geringe Bereitschaft zur Hypopusbildung zurück.

Bei einer Freilandpopulation mit hoher Induktionsbereitschaft ließ sich die Wirkung geruchlicher Faktoren dagegen nachweisen (NAUMANN, 1986). Der Gasaustausch des Versuchskammerinneren erfolgte durch eine Schicht alten Substrats aus einer Massenzucht, welches stark mit Faeces verschmutzt war. In dem mit *Acarus farris* durchgeführten Versuch kann der Einfluß olfaktorischer Reize auf die Hypopusinduktion aufgrund des geringen Kontaminationsgrades des Futters (geringe Versuchsdauer, nur Beeinflussung durch eigenen Kot, große Substratmenge) vernachlässigt werden.

GRIFFITHS (1966) und CHMIELEWSKI (1983) fanden bei ihren Versuchen mit *Acarus farris* und *Acarus immobilis* einen mit steigender Anzahl von Elternpaaren je Versuchskammer wachsenden relativen Anteil an Hypopodes unter der Nachkommenschaft. In diesen Versuchen wirkt die abnehmende Futterqualität und/oder physisches Crowding auf die Eltern der Versuchstiere und/oder auf die Versuchstiere direkt.

Im Populationsdichteversuch dieser Arbeit wirken auf die Eltern der Versuchstiere und die Versuchstiere selbst während des Larvenstadiums keine Crowding-Bedingungen, somit muß eine spätere, für die dichteabhängige Hypopeninduktion empfindliche Phase (wahrscheinlich das Protonymphenstadium) vorhanden sein. In diesen Entwicklungsabschnitt fällt auch die Induktionssensibilität der Milben gegenüber nutritiven Faktoren (GRIFFITHS, 1967; STRATIL, 1983). Ob

die Versuchstiere analog zur Induktion des Hypopusstadiums durch nutritive Faktoren während des späten Larvenstadiums auch gegenüber der Populationsdichte sensibel sind, wurde nicht untersucht.

Weder GRIFFITHS (1966) noch CHMIELEWSKI (1983) bieten eine rechnerische Beschreibung der Abhängigkeit der Hypopusinduktion von der Besatzdichte. Neben der in dieser Arbeit gewählten logarithmischen Transformation der Besatzdichte wäre auch ein Modell des Einflusses in Form einer exponentiellen Sättigung denkbar. Hierfür könnten die nicht signifikanten Differenzen der Hypopusinduktion bei den Ansätzen 30 (L) und 60 (L) pro Versuchskammer der Gruppe "L1 TP" sowie 30 (L) und 50 (L) pro Versuchskammer der Gruppe "R3 F₁ TP" sprechen. Aufgrund der rechnerischen Einfachheit und der gegebenen statistischen Absicherung wurde die logarithmischen Transformation der Besatzdichte beibehalten.

Entsprechend den Ergebnissen von STRATIL (1983), STRATIL & KNÜLLE (1985) und NAUMANN (1986) erbrachte diese Arbeit keinen signifikanten Hinweis darauf, daß die Mortalität von der Besatzdichte abhängt.

6. UNTERSUCHUNG DER INTRA- UND INTERPOPULATIONVARIABILITÄT BEI VIER BERLINER *ACARUS FARRIS*-POPULATIONEN

6.1. Einleitung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden an verschiedenen Standorten West-Berlins *Acarus farris*-Populationen gesammelt.

Die aus verschiedenen Herkunftstypen stammenden Populationen einer Art können Unterschiede in der Fähigkeit, Hypopodes zu bilden, aufweisen. Diese Fähigkeit ist bei aus Freilandbedingungen stammenden Populationen groß, während sie bei unter Laborbedingungen gehaltenen Populationen mit fortschreitender Haltungsdauer abnimmt (CHMIELEWSKI, 1967, 1977a, b; LAWOHNUS, 1984; NAUMANN, 1986; KNÜLLE, 1987).

Bei *Acarus siro*, einer im Gegensatz zu *Acarus farris* fast ausschließlich in Gebäuden (z.B. Getreidelager) vorkommenden Art des *Acarus siro*-Komplexes, haben die vorwiegend guten Lebensbedingungen bei den meisten Stämmen zum Verlust der genetischen Variabilität bezüglich der Hypopusbildung geführt (CUNNINGTON, 1984; KNÜLLE, 1987). Nur Laborhaltung, welche Freilandbedingungen nachbildet (periodische Hungerphasen), kann bei den Tieren einen Rest an Bereitschaft zur Hypopusbildung bewahren (GRIFFITHS, 1966). Es liegt nahe, daß die Variationsbreite der Hypopusinzidenz bei einer gegebenen Population Ausdruck der unvorhersehbaren Schwankungen der Lebensbedingungen ist, unter denen die Art lebt.

Aufgabe des Versuchs ist nachzuweisen, ob sich die untersuchten *Acarus farris*-Populationen in Hypopusinduktion, Mortalität und durchschnittlicher Gelegegröße voneinander unterscheiden.

6.2. Material und Methode

In diesem Versuch wurden Tiere der Populationen **L1**, **L2**, **M5** und **R3** untersucht. Die Tiere der einzelnen Populationen befanden sich bei Versuchsbeginn unterschiedlich lange unter Laborbedingungen. Die Population **L1** wurde vor Beginn des Versuchs seit zehn Monaten, die Population **M5** seit vier Monaten und die Populationen **L2** und **R3** seit einem Monat unter Laborbedingungen gehalten. Zur Gewinnung der für den Versuch benötigten Milben wurden den Massenkulturen jeweils ca. 50 Paare in Kopulationsstellung entnommen und zur Eiablage und in je eine große Kammer gesetzt. Nach zwei Tagen wurde die Eiablage durch Entfernen der Adulten beendet. Im weiteren Versuchsverlauf wurden ausschließlich kleine Kammern eingesetzt.

Die so gewonnenen Nachkommen wurden als Tritonymphenruhestadien (jeweils ca. 100 - 150 Tiere) einzeln in Kammern gesetzt, um mehrfache und bevorzugte Paarungen nach Erreichen des Adultstadiums auszuschließen. Als Adulte wurden die Tiere zufallsmäßig einander zur Paarbildung zugeteilt. Jedes Paar wurde zur Eiablage in eine eigene Kammer gesetzt. Nach fünf Tagen wurden die Elternpaare entnommen und in neue Kammern zur weiteren Eiablage umgesetzt. Diejenigen Kammern, in die die Weibchen im gleichen Zeitraum Eier legten, wurden als eine Kammerserie bezeichnet. Beim Ansatz mit Versuchstieren der Population **L1** wurden drei Serien erzeugt (1. - 5., 5. - 9. und 9. - 13. Eiablagetag) und bei den Ansätzen der Populationen **L2**, **M5** und **R3** vier Serien (zusätzlich 13. - 17. Ablagetag).

Bei der täglichen Kontrolle wurden aus den Populationen **L1** und **L2** alle sich bildenden Larvenruhestadien unter Hypopusinduktionsbedingungen gebracht (Futtersorte Tetraphyll); bei den Populationen **M5** und **R3** wurde hingegen die Hälfte der anfallenden Larvenruhestadien auf Tetraphyll (TP) (Induktionsbedingungen) und die andere Hälfte

der Larvenruhestadien auf Trockenhefe (HE) als Kontrollansatz gehalten.

Die Versuchsgruppen wurden durch die Abkürzung des Namens der Population, aus der die Versuchstiere stammten, gekennzeichnet, die Kontrollgruppen durch zusätzliches Anhängen der Kurzbezeichnung der Trockenhefe "HE" an das Namenskürzel der Herkunftspopulation.

Bei jedem Paar einer Population wurde der absolute und der relative Anteil an Toten, Tritonymphen sowie der Hypopodes an der Nachkommenschaft festgehalten.

Wie in Kapitel 5 gezeigt, läßt sich die Abhängigkeit des Anteils induzierter Hypopodes von der Besatzdichte der Larvenruhestadien in den Versuchskammern durch eine Logarithmusfunktion beschreiben. Der Einfluß der Besatzdichte auf den Prozentsatz der Hypopodes nimmt also mit steigender Anzahl eingesetzter Larvenruhestadien relativ ab.

Da die Weibchen ihre Eier aus Handhabungsgründen in bis zu vier Versuchskammern ablegten, muß die Gesamtzahl der Larvenruhestadien je Paar durch die Zahl der Eiablagekammern dieses Paares geteilt werden, um die durchschnittliche Besatzdichte je Kammer zu ermitteln:

$$\underline{(n(L) / \text{Paar} / n \text{ Eiablagekammern} = n(L) / \text{Eiablagekammer}).}$$

Da diese Besatzdichte je Elternpaar jedoch innerhalb und zwischen den Versuchsgruppen stark schwankte, wurden die Daten rechnerisch standardisiert. Es wurde errechnet, welcher Prozentsatz bei einer hypothetischen Besatzdichte von dreißig Larvenruhestadien pro Kammer vorgelegen hätte.

Korrekturformel des relativen Anteils der Hypopodes

- 1) $\frac{n \text{ Hypopodes}}{n \text{ Larvenruhestadien}} = \% \text{ Hypopodes}$
- 2) $\frac{\% \text{ Hypopodes} \times \log 30}{\log n \text{ Larvenruhestadien}} = \text{korrigierter Wert}$

Erwarteter Anteil Hypopodes bei einer angenommenen
Besatzdichte von 30 (L) / Versuchskammer

Da in Kapitel 5 gezeigt wurde, daß Besatzdichte und Mortalität nicht korreliert sind, wurden an diesen Daten keine Transformationen vorgenommen.

Zur Feststellung der empirischen Verteilung der Ergebnisse innerhalb jeder Gruppe wurden die Prozentsätze der Toten bzw. der Hypopodes in zehn Klassen mit einer Klassenbreite von jeweils fünf Prozent unterteilt; die erste Klasse umfaßt alle Paare, unter deren Nachkommen keine Toten bzw. Hypopodes auftraten, die zehnte Klasse alle Paare, deren Nachkommenschaft einen Anteil von mehr als vierzig Prozent Toten bzw. Hypopodes aufwies.

Zum Nachweis des Einflusses des Futters auf den Anteil induzierter Hypopodes sowie der Toten an der Nachkommenschaft wurden die Daten der jeweiligen Versuchs- und Kontrollgruppe der Populationen **M5** und **R3** untersucht.

Mittels χ^2 -Test wurden die Versuchsgruppen der verschiedenen Populationen auf Unterschiede des relativen Anteils an Toten sowie Hypopodes an der Nachkommenschaft untersucht.

Der Übersichtlichkeit halber werden im Text des Ergebnisteils die Populationen nur durch ihren relativen Anteil an Toten bzw. Hypopodes beschrieben; die zur Auswertung verwendeten Graphiken stellen jedoch Unterschiede der Verteilungsform aller Art dar.

Die Streubreite der Ergebnisse (Mortalität bzw. Hypopusinduktion) innerhalb einer Verteilung gibt die Intrapopulationsvariabilität wieder. Der Vergleich von Ergeb-

nissen (Verteilungsform) verschiedener Populationen gibt die Interpopulationsvariabilität von *Acarus farris* im Berliner Raum stichprobenartig wieder.

6.3. Ergebnisse

Die Ergebnisse dieses Experiments sind in Tabelle 10 und den Abbildungen 10, 11 und 12 wiedergegeben.

6.3.1. Hypopusinzidenz

6.3.1.1. Versuchs- und Kontrollgruppen bei M5 und R3

Bei dem Vergleich der Versuchsgruppe M5 (3% Hypopodes, Futter: Tetracyll) mit der Kontrollgruppe M5 HE (< 1% Hypopodes, Futter: Trockenhefe) konnte eine signifikante Differenz ($p < 0.001$) nachgewiesen werden. Bei dem Vergleich der Versuchsgruppe R3 (5% Hypopodes, Futter: Tetracyll) mit der Kontrollgruppe R3 HE (< 1% Hypopodes, Futter: Trockenhefe) zeigten sich ebenfalls gesicherte Unterschiede ($p < 0,001$) (siehe Abb. 11).

6.3.1.2. Vergleich der Versuchsgruppen L1, L2, M5 und R3

Zwischen den relativen Anteilen der Hypopusinzidenz der Versuchsgruppen M5 (3%), R3 (5%), L2 (9%) und L1 (12%) bestehen insgesamt und in Beziehung zur jeweiligen Vergleichsgruppe hochsignifikante Unterschiede ($p < 0,001$) (siehe Abb. 10).

6.3.2. Mortalität

6.3.2.1. Versuchs- und Kontrollgruppe bei M5 und R3

Bei der Population **M5** ergab der Vergleich der Versuchsgruppe **M5** (25% Tote, Futter: Tetraphyll) mit der Kontrollgruppe **M5 HE** (20% Tote, Futter: Trockenhefe) einen signifikanten Unterschied auf den 1%-Niveau.

Der Vergleich der Versuchsgruppe **R3** (21% Tote, Futter: Tetraphyll) mit der Kontrollgruppe **R3 TP** (14% Tote, Futter: Trockenhefe) erbrachte einen signifikanten Unterschied ($p < 0,01$) (siehe Abb. 11).

6.3.2.2. Vergleich der Versuchsgruppen L1, L2, M5 und R3

Beim Vergleich der Populationen **L1** (13% Tote) und **L2** (13% Tote) wurde kein signifikanter Unterschied der Sterblichkeit festgestellt. Ein Einfluß der unterschiedlich langen Haltung unter Laborbedingungen (**L1**: 10 Monate, **L2**: 1 Monat) war somit nicht nachzuweisen.

Die Population **M5** (25% Tote) unterschied sich deutlich ($p < 0,01$ %) von den Populationen **L1** und **L2** (jeweils 13% Tote), nicht jedoch von **R3** (21% Tote).

Die Versuchsgruppen der Populationen **M5** (25% Tote) und **R3** (21% Tote) unterschieden sich hingegen deutlich ($p < 0,001$) von ihren Vergleichsgruppen (siehe Abb. 10).

6.3.3. Gelegegröße

Hinsichtlich der Gelegegröße (Anzahl der Larvenruhestadien je Paar nach fünf Tagen Eiablage) wiesen die vier Populationen nur geringe Unterschiede auf. So betrug die durchschnittliche Gelegegröße bei **L1**: 18,8 (L), bei **L2**: 21,9 (L), bei **M5**: 17,6 (L) und bei der Population **R3**: 22,2 (L). Diese Differenzen wurden statistisch nicht gesichert.

Tabelle 10: Interpopulationsvariabilität bei vier Berliner *Acarus farris*-Populationen

Bis zum Abschluß der larvalen Entwicklung erhielten die Versuchstiere Trockenhefe als Futter. Die mit dem Kürzel der Trockenhefe "HE" gekennzeichneten Kontrollgruppen wurden weiterhin mit Trockenhefe gefüttert; die anderen Ansätze erhielten Tetraphyll

Der relative Anteil der Hypopodes wurde nach der Formel:
 " % HY / log n (L) x log 30 " korrigiert (siehe Kapitel 6.2)

Popula- tion	Paare	Kammern	Stadien			Ø n(L)/ Kammer	Korrektur d. Anteil Hypopodes
			Abk.	(n)	(%)		
L1	38	104	(L)	1951	100	18,8	12
			TT	248	13		
			HY	208	11		
			TN	1495	77		
L2	25	93	(L)	2041	100	21,9	9
			TT	255	13		
			HY	167	8		
			TN	1619	79		
M5	33	122	(L)	1270	100	10,4	3
			TT	312	25		
			HY	22	2		
			TN	936	74		
M5 HE	33	122	(L)	1092	100	7,2	<1
			TT	214	20		
			HY	1	<1		
			TN	877	80		
R3	40	150	(L)	1770	100	11,8	5
			TT	371	21		
			HY	66	4		
			TN	1333	75		
R3 HE	40	148	(L)	1545	100	10,4	<1
			TT	212	14		
			HY	4	<1		
			TN	1329	86		

Abbildung 10: Signifikanzniveaus der mittels Chi²-Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Mortalität der Versuchstiere und der Hypopousinzidenz verschiedener *Acarus farris*-Populationen

Die Tiere erhielten bis zum Larvenruhestadium Trockenhefe und anschließend Tetraphyll als Futter.

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien des Ansatzes
POP	: Herkunftspopulation der Versuchstiere
% X	: relativer Anteil der Toten bzw. Hypopodes

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b% b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

1. T O T E

n (L)			2041	1770	1270
	POP		L2	R3	M5
		% TOTE	13 %	21 %	25 %

1951	L1	13 %	..	n.s.	0,1%	0,1%
2041	L2	13 %	..	13 %	13 %	15 %
1770	R3	21 %			
					

2. H Y P O P O D E S

n (L)			2041	1770	1270
	POP		L2	R3	M5
		% HYP	9 %	5 %	3 %

1951	L1	12 %	..	0,1%	0,1%	0,1%
2041	L2	9 %	..	12 %	11 %	9 %
1770	R3	5 %			
					

Abbildung 11: Signifikanzniveaus der mittels χ^2 -Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Mortalität der Versuchstiere und der Hypoposinzidenz verschiedener *Acarus farris*-Populationen

Die Tiere erhielten bis zum Larvenruhestadium Trockenhefe und anschließend Tetraphyll als Futter.

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien des Ansatzes
POP	: Herkunftspopulation der Versuchstiere
% X	: relativer Anteil der Toten bzw. Hypopodes

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

1. T O T E

n (L)		1770	1270
	POP	R3	M5
		21 %	25 %
	% TT		

1545	R3 HE	14 %
1092	M5 HE	20 %

0,1%	
	1 %

2. H Y P O P O D E S

n (L)		1770	1270
	POP	R3	M5
		5 %	3 %
	% HYP		

1545	R3 HE	< 1%
1092	M5 HE	< 1%

0,1%	
	0,1%

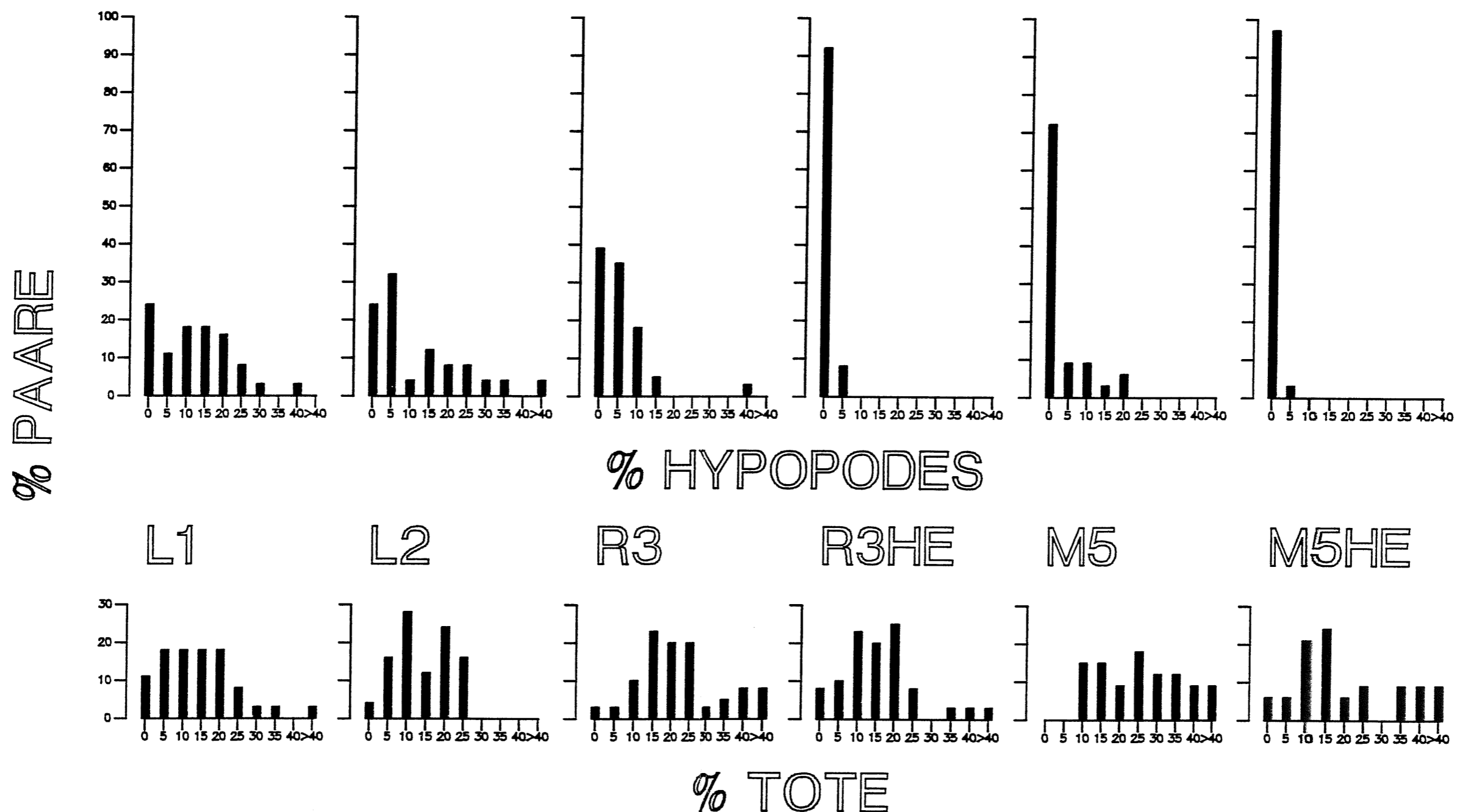


Abbildung 12: Darstellung der Intra- und Interpopulationsvariabilität bei vier Berliner *Acarus farris*-Populationen anhand der empirischen Verteilung von Hypopodenzinidenz und Mortalität

Fütterung nach Abschluß der larvalen Entwicklung:

- Versuchsgruppen L1, L2, R3 und M5 : Tetraphyll(TP) [Induktionsbedingungen]
- Kontrollgruppen R3 HE und M5 HE : Trockenhefe(HE) [Unterdrückung der Hypopusbildung]

X-Achse = Klassierte relative Anteile der Hypopodenzinidenz bzw. Mortalität der Nachkommenschaft in Einzelkammern gehaltener Paare

Y-Achse = relativer Anteil einzelner Paare (Klassenumfang) an der jeweiligen Population

Die Daten des relativen Anteils induzierter Hypopodes wurde logarithmisch transformiert (s. Kapitel 6.2)

Die relativen Anteile von Hypopodes und Toten wurden in zehn Klassen mit einer Klassenbreite von 5% unterteilt; die erste Klasse umfaßt alle Paare, unter deren Nachkommen keine Hypopodes bzw. Toten auftraten, die zehnte Klasse umfaßt alle Paare, deren Nachkommenschaft einen Anteil von mehr als 40% Toten bzw Hypopodes aufwies.

6.4. Diskussion

Die Populationen **M5** und **R3** weisen bezüglich der Anteile der Toten und der Hypopodes große Ähnlichkeit auf. Die Ergebnisse der Populationen **L1** und **L2** weichen von den bei **M5** und **R3** gefundenen ab, gleichen einander jedoch.

Die unterschiedlich lange Laborhaltung (**L1**: 10 Monate, **L2**: 1 Monat) dieser am gleichen Ort gefundenen Populationen hatte noch nicht zu statistisch nachweisbaren Differenzen in ihren Eigenschaften geführt. Da sich in der Laborzucht Phasen mit guter und sich verschlechternder Ernährungssituation aufgrund des Fütterungsrhythmus abwechselten, war eine gewisse Freilandähnlichkeit gegeben. Für die Ähnlichkeit von **R3** und **M5** und ihren Unterschied zu **L1** und **L2** lassen sich keine offensichtlich abweichenden Gegebenheiten der Habitate verantwortlich machen, "unauffällige" Abweichungen jedoch nicht ausschließen, da die Habitate selbst nicht untersucht wurden.

Die in diesem Versuch festgestellten Prozentsätze induzierter Hypopodes unterscheiden sich von den Ergebnissen, die GRIFFITHS (1966) und CHMIELEWSKI (1983) bei ihren *Acarus farris*-Populationen erhielten.

So traten bei GRIFFITHS 18,5% Hypopodes und bei CHMIELEWSKI 19,8% Hypopodes im Vergleich zu 3% Hypopodes bei **M5**, 5% Hypopodes bei **R3**, 9% Hypopodes bei **L2** und 12% Hypopodes bei **L1** unter ähnlichen Versuchsbedingungen (Futtersorten, Temperatur, relative Feuchte) auf. Weder GRIFFITHS noch CHMIELEWSKI machen Angaben über die Herkunft ihrer Populationen. Aufgrund dessen ist die Interpretation des durchschnittlich mehr als doppelt so hohen Anteils der Hypopodes gegenüber den Berliner *Acarus farris*-Populationen erschwert.

Es mag sein, daß die höhere Hypopusinzidenz der Populationen von GRIFFITHS und CHMIELEWSKI Ausdruck stark schwankender Lebensbedingungen ist, unter denen diese Popula-

tionen gelebt haben, d.h., eine natürliche Selektion in Richtung vermehrter Hypopusbildung stattgefunden hat (vgl. KNÜLLE (1987) bei *Lepidoglyphus destructor*).

Die Intrapopulationsvariabilität (Streuung der Werte der Einzelpaare um das Populationsmittel) und die Interpopulationsvariabilität der vier *Acarus farris*-Populationen scheint mit den für *Lepidoglyphus destructor* und *Glycyphagus domesticus* gefundenen Ergebnissen übereinzustimmen (STRATIL, 1983; LAWOHNUS, 1984; NAUMANN, 1986; KNÜLLE, 1987). Die Hypopusinzenz ist jedoch bei *Acarus farris* weit geringer als bei *Lepidoglyphus*- und *Glycyphagus*-Freilandpopulationen.

Eine dem Ergebnis bei *Acarus farris* ähnlich hohe Anzahl von Elternpaaren ohne Hypopodes in der Nachkommenschaft wurde nur bei Laborpopulationen von *Lepidoglyphus* und *Glycyphagus* gefunden (LAWOHNUS, 1984; NAUMANN, 1986; KNÜLLE, 1987).

Bemerkenswert ist die Ähnlichkeit der oben genannten Induktionssätze bei *Lepidoglyphus*- und *Glycyphagus*-Freilandpopulationen und den Ergebnissen bei *Acarus immobilis* (GRIFFITHS, 1967). Diese Arten weisen einen fakultativen, inertem Hypopus auf, welcher gegenüber Austrocknung extrem widerstandsfähig ist (GRIFFITHS, 1964; KNÜLLE, 1984; HUGHES, 1976). Sie können somit Nischen besetzen, die *Acarus farris* aufgrund der geringeren Resistenz aller Stadien gegenüber Wasserverlust nicht zugänglich sind. Eine Erklärung für die hohe Hypopusinzenz (max. > 90% Hypopodes) bei Freilandpopulationen von Arten mit inertem Hypopus (*Acarus immobilis*, *Glycyphagus domesticus*, *Lepidoglyphus destructor*) würde darin liegen, daß jene Lebensräume nutzen, die aufgrund der möglichen Schwankungen der relativen Luftfeuchte noch weniger vorhersagbare Lebensumstände bieten als die von *Acarus farris* (max. ca. 40% Hypopodes) bewohnten.

7. SELEKTIONSEXPERIMENT ZUR UNTERSUCHUNG DER GENETISCHEN BASIS DER HYPOPUSBILDUNG

7.1. Einleitung

Der Versuch mit verschiedenen Berliner *Acarus farris*-Populationen zur Intra- und Interpopulationsvariabilität hat gezeigt, daß unter den Versuchsbedingungen Unterschiede in der mittleren Hypopusanzahl auftraten.

Bei *Lepidoglyphus destructor* entspricht die Hypopusinzidenz der einzelnen Population einer selektiven Adaptation an sich unvorhersagbar ändernde Umweltbedingungen. Aufgrund dieser Anpassung wird die kontinuierliche Entwicklung durch einen Teil der Tiere unter guten Bedingungen und das Überleben der Population durch andere Tiere, welche als Hypopodes vorliegen unter schlechten Bedingungen jederzeit gewährleistet. Eine derartige Selektion wird 'bet-hedging or mixed strategy' genannt (KNÜLLE, 1987).

Ziel des vorliegenden Versuchs ist, festzustellen, ob sich bei *Acarus farris*, entsprechend den Ergebnissen bei *Lepidoglyphus destructor* (STRATIL, 1983; KNÜLLE, 1987), durch Selektion unter Laborbedingungen über mehrere Generationen, Filialpopulationen mit sowohl verminderter als auch erhöhter mittlerer Hypopusinduktion züchten lassen.

In den Versuchen mit *Lepidoglyphus destructor* konnten, da die Termination von Hypopodes leichter zu erreichen war, diejenigen Tiere als Eltern der nächsten Generation eingesetzt werden, die das Hypopusstadium durchlaufen hatten. Da bei *Acarus farris* diese Termination unter kontrollierten Bedingungen nicht in ausreichendem Maße stattfand, konnten Tiere, die in ihrer postembryonalen Entwicklung das Hypopusstadium erreichten, nicht zur Weiterzucht verwendet werden.

Hierzu wurden anstelle dessen die Geschwister der Hypopodes eingesetzt, die sich auf optimalem Futter (Unterdrückung der Hypopusbildung) entwickelten. Somit standen dem Versuch genetisch ähnliche Tiere zur Verfügung, ohne daß Terminationsschwierigkeiten auftreten konnten.

7.2. Material und Methode

7.2.1. Material und Methode der Selektion auf hypopusfreie Entwicklung

Die in diesem Teil des Experiments eingesetzten Milben stammten aus der Laborpopulation L1. Als Eltern der F₁-Generation der Versuchstiere wurden Paare in Kopulationsstellung der Massenzucht entnommen. Diese wurden zu je circa 50 Paaren in große Kammern zur Eiablage gesetzt. Der Ansatz umfaßte drei Kammern, als Futter wurde Trockenhefe verwendet.

Nach sechs Tagen wurde die Eiablage beendet und die Tiere der Parentalgeneration verworfen. Nach Abschluß der larvalen Entwicklung auf Trockenhefe wurden die Larvenruhestadien zu je 30 Milben pro Kammer unter Induktionsbedingungen gebracht (Tetraphyll (TP), 20°C, 85% r.F.).

Alle Tiere einer Generation, die sich direkt zu Tritonymphen entwickelt hatten, wurden in große Kammern mit Trockenhefe gesetzt, in denen sie adult wurden. Diese Adulten der F₁-Generation dienten als Eltern der F₂-Generation. Nach erfolgter Eiablage über einen Zeitraum von sechs Tagen, wurden die Adulten verworfen.

Dieses Schema der Versuchsdurchführung wurde bei allen weiteren Generationen beibehalten.

Die Selektion wurde über einen Zeitraum von sechs Generationen fortgesetzt.

Von der F₁-Generation bis zur F₅-Generation wurden jeweils 11 Kammern parallel angesetzt, in der F₆-Generation

wurden 16 Kammern angesetzt. Nach Erreichen des Tritonymphen- bzw. Hypopusstadiums fand die Auswertung des Selektionserfolgs statt; Hypopodes wurden nach der Auszählung verworfen.

7.2.2. Material und Methode der Selektion zur Erhöhung der Hypopusinzidenz

Bei der Durchführung dieses Teils des Selektionsexperiments wurden als Eltern der ersten Versuchstiergeneration (F_1) Milben der Population R3 verwendet, die sich im Versuch zur Intrapopulationsvariabilität (Kapitel 6) in der Versuchsgruppe auf Tetraphyll direkt zu Tritonymphen entwickelt hatten. Durch diese Auswahl, die einer Selektion auf hypopusfreie Entwicklung entspricht, wurde gewährleistet, daß die genetische Disposition (additive genetisch Varianz) unterhalb der vom Futter Tetraphyll vorgegebenen Schwelle lag. So wurde eine möglichst "hypopusarme" Startgeneration erzeugt.

Die Tiere wurden als Tritonymphenruhestadien einzeln in Kammern gesetzt, wobei Trockenhefe verfüttert wurde; als Adulte wurden diese Tiere einander zufallsmäßig zur Paarbildung zugeteilt (Zufallszahlen). Jedes Paar wurde zur Eiablage in eine eigene Kammer gesetzt. Nach Ablauf von fünf Tagen wurden die Elterntiere entfernt und verworfen.

Die Nachkommen des Paares wurden bis zum Abschluß der larvalen Entwicklung in der Eiablagekammer belassen. Die Larvenruhestadien wurden in zwei gleich große Gruppen geteilt, wobei die erste Gruppe in eine Kammer auf Trockenhefe, und die zweite Gruppe in eine andere Kammer auf Tetraphyll gesetzt wurde. In beiden Kammern entwickelten sich die Tiere zu Tritonymphen bzw. Hypopodes, wobei die Hypopusbildung auf Trockenhefe nahezu vollkommen unterdrückt wurde.

Das Ausmaß der Fähigkeit, ausgelöst durch den Faktor "Futterqualitätsverschlechterung", Hypopodes statt "direkter" Tritonymphen zu bilden, wurde mittels derjenigen Tiere festgestellt, denen Tetraphyll gegeben wurde. Diese Tiere waren somit die **Indikatorgruppe**.

Die Versuchstiere der anderen Gruppe, die sich ungeachtet ihrer genetischen Disposition aufgrund der günstigen Ernährungslage auf Trockenhefe zu Tritonymphen entwickelten, bildeten die **Zuchtgruppe**. Diese Verfahrensschritte wurden für alle Paare einer Generation parallel durchgeführt. Als Selektionskriterium diente das Auftreten von Hypopodes in der mit Tetraphyll gefütterten Gruppe.

Traten hier keine Hypopodes auf, wurden alle Nachkommen des Elternpaares, d.h., beider Gruppen (Zucht- und Indikatorgruppe) verworfen, da offensichtlich eine zu geringe genetische Disposition vorlag, die unter den gegebenen Versuchsbedingungen eine Hypopusbildung hätte auslösen können.

Traten in der Indikatorgruppe jedoch Hypopodes auf, wurden die Geschwister aus der Zuchtgruppe vom Tritonymphenstadium ab einzeln in Kammern gehalten, in denen sie auf Trockenhefe adult wurden. Die Tiere der Indikatorgruppe wurden nach der Auswertung (Anteile von Tritonymphen, Hypopodes und Toten) verworfen.

Alle auf diese Weise gewonnenen adulten Nachkommen einer Generation waren der 'Pool', aus dem die Elterntiere der nächsten Generation ausgewählt wurden.

Die Adulten wurden zufallsmäßig verpaart und in eigene Kammern gesetzt. Die Anzahl der in jeder Generation zur Eiablage angesetzten Paare schwankte in Abhängigkeit von der in der vorherigen Generation den Selektionsbedingungen entsprechenden Anzahl der Tritonymphen und ihrem Geschlechterverhältnis.

Von der Anzahl der angesetzten Paare mußte vor der Auswertung die der verunglückten Ansätze abgezogen werden.

Eine graphische Darstellung der Verfahrensschritte der Selektion zeigt das Verlaufsschema in Abbildung 16 (s.S.81).

Bei jedem Paar einer Generation wurde der absolute und der relative Anteil der Toten, Tritonymphen und Hypopodes an den Nachkommen festgestellt.

Um den Einfluß, den die Besatzdichte der Kammern mit Larvenruhestadien auf den relativen Anteil an Hypopodes hat, rechnerisch zu kompensieren, wurden diese Daten logarithmisch transformiert (näheres siehe Kapitel 6.2.). Da eine Korrelation von Besatzdichte und Mortalität nicht nachweisbar war, wurden bei der Auswertung die ursprünglichen Werte verwendet.

Der Vergleich der relativen Anteile von Mortalität und Hypopusinduktion zwischen einzelnen Generationen wurde mittels χ^2 -Test vorgenommen.

Die zur weiteren Auswertung verwendete Graphik der klassierten Anteile (Beschreibung der Klassifikation in Kapitel 6.2) bezieht Unterschiede der Verteilungsform aller Art ein.

7.3. Ergebnisse

7.3.1. Ergebnisse der Selektion auf hypopusfreie Entwicklung

Die Daten des Teils des Selektionsexperiments sind in Tabelle 11 und in den Abbildungen 13, 14 und 15 wiedergegeben.

7.3.1.1. Hypopusinduktion

Wie den Darstellungen zu entnehmen ist, betrug der Prozentsatz induzierter Hypopodes in der F_1 -Generation 16%.

Bei Versuchsabbruch in der F₆-Generation war dieser Prozentsatz auf einen Wert von 9% gesunken. In der F₂-Generation wurde das Maximum der Induktion mit einem Prozentsatz von 22% erreicht. Das Minimum induzierter Hypopodes erreichte die F₅-Generation mit einem Prozentsatz von 2%.

Entsprechend der graphischen Auswertung ist die Abnahme der Induktion mit der Versuchsdauer, d.h., der Anzahl der selektionierten Generationen korreliert (siehe Abb. 15).

Da in diesem Experiment in Richtung abnehmender Hypopusinduktion selektioniert wurde, wäre eine kontinuierliche Abnahme der Prozentsätze zu erwarten gewesen.

In der F₂-Generation und F₆-Generation traten jedoch Induktionssätze auf, die von den erwarteten Werten abwichen. So traten in der F₂-Generation 22% Hypopodes gegenüber 16% Hypopodes in der F₁-Generation auf. In der F₆-Generation traten 9% Hypopodes gegenüber 2% Hypopodes in der F₅-Generation auf. Diese Abweichungen sind jedoch nach dem Ergebnis des Chi²-Tests als zufällig anzusehen, da sich die F₁- und die F₆-Generation von ihren Vergleichsgruppen nicht unterschieden ($p < 0,05$) (siehe Abb. 14)

7.3.1.2. Mortalität

Der Anteil der Mortalität der Versuchstiere betrug in der F₁-Generation 4%. Bei Beendigung des Versuchs in der F₆-Generation war der prozentuale Anteil an Toten auf einen Wert von 11% gestiegen. Das Minimum der Mortalität lag in der F₁-Generation und der F₃-Generation bei einem Wert von 4%. Das Mortalitätsmaximum erreichten die F₅- und F₆-Generation mit einem Wert von 11% der Larvenruhestadien.

Der Chi²-Test ergab, daß sich die Generationen F₁ bis F₄ nicht signifikant unterschieden. Nur die Generationen F₅ und F₆ wiesen Unterschiede zu ihren Vergleichsgruppen auf (jeweils $p < 0.01$) (siehe Abb. 13).

Der Anstieg der Sterblichkeit ist mit der zunehmenden Anzahl der Generationen dieses Versuchs nicht korreliert (siehe Abb. 14).

Tabelle 11: Selektion zur Verringerung der Hypopuzinzidenz bei der Berliner *Acarus farris*-Population L1

Bis zum Abschluß der larvalen Entwicklung erhielten die Versuchstiere Trockenhefe als Futter. Anschließend wurden die Versuchstiere mit Tetraphyll gefüttert.

Besatzdichte: 30 (L) / Versuchskammer

Genera- tion	Kammern	Stadien		
		Abk.	(n)	(%)
F₁	11	(L)	330	100
		TT	14	4
		HY	54	16
		TN	262	79
F₂	11	(L)	330	100
		TT	22	7
		HY	73	22
		TN	235	71
F₃	11	(L)	330	100
		TT	12	4
		HY	40	12
		TN	278	84
F₄	11	(L)	330	100
		TT	18	5
		HY	33	10
		TN	279	85
F₅	11	(L)	330	100
		TT	36	11
		HY	6	2
		TN	288	87
F₆	16	(L)	480	100
		TT	55	11
		HY	45	9
		TN	380	79

Abbildung 14: Signifikanzniveaus der mittels χ^2 -Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Hypopusbildung der Versuchstiere der Generationen einer Selektion zur Verringerung der Hypoposinzidenz

Die Tiere erhielten bis zum Larvenruhestadium Trockenhefe und anschließend Tetraphyll als Futter.

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien des Ansatzes
GEN	: Generation der Versuchstiere
% X	: relativer Anteil der Hypopodes

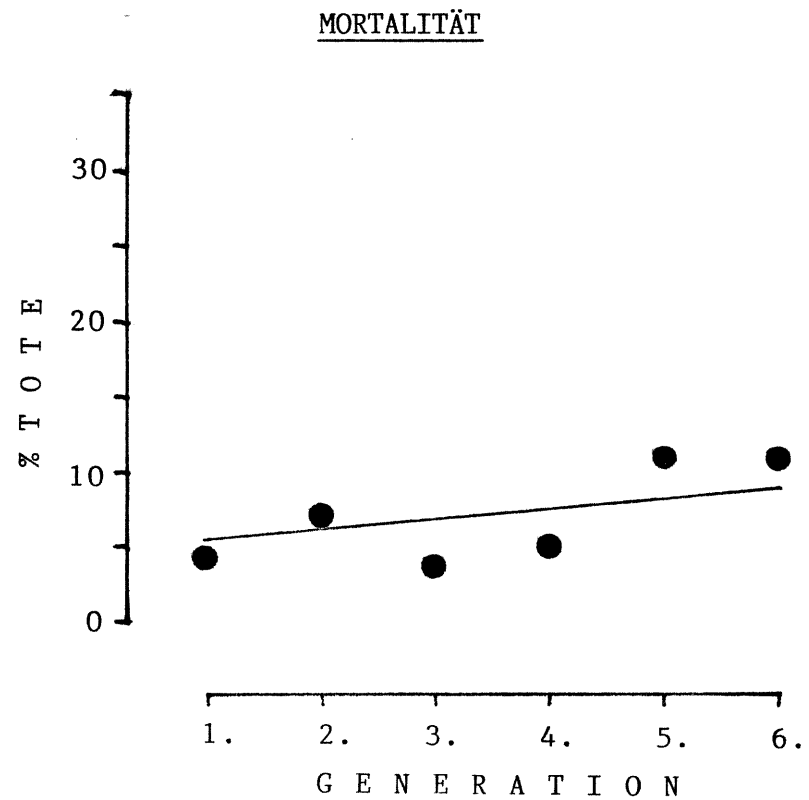
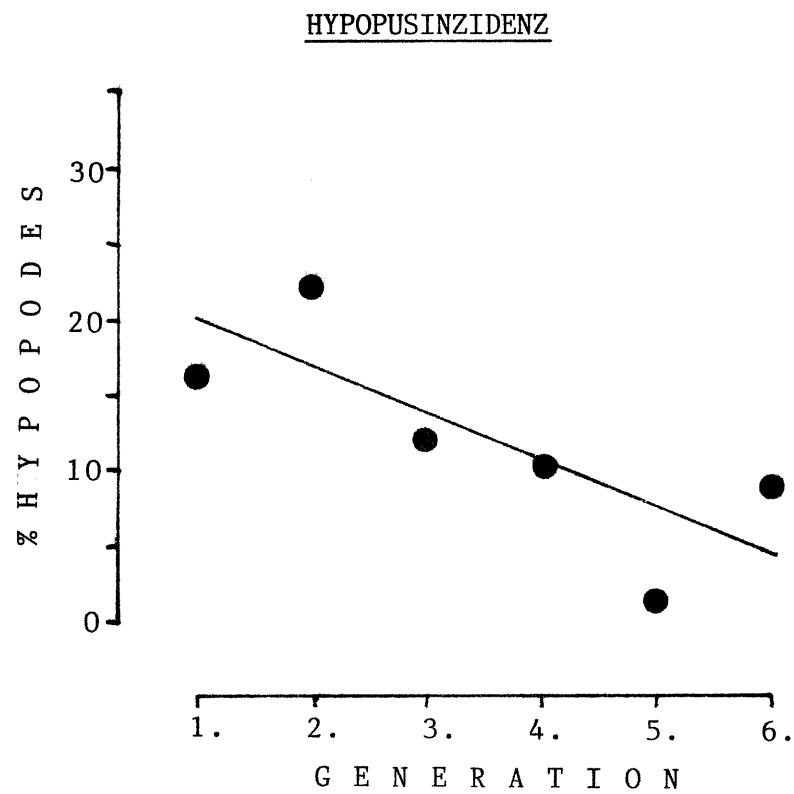
a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

H Y P O P O D E S :

n (L)						330	330	330	330	480
	GEN					F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
		% HYP				22 %	12 %	10 %	2 %	9 %
330	F ₁	16 %	..	n.s.	1 %	1 %	0,1%	n.s.		
330	F ₂	22 %	..	16 %	19 %	17 %	15 %	13 %		
330	F ₃	12 %							
330	F ₄	10 %							
330	F ₅	2 %							

Abbildung 15: Selektion zur Verringerung der Hypopusinzidenz bei der Berliner Acarus farris-Population L1

Korrelation zwischen Hypopusinduktion bzw. Mortalität und zunehmender Selektionsdauer



7.3.2. Ergebnisse der Selektion zur Erhöhung der Hypopusinzidenz

Die Ergebnisse des Experiments sind in Tabelle 12 und den Abbildungen 16, 17 18 und 19 wiedergegeben.

7.3.2.1. Hypopusinduktion

Die Generation F_1 (2% Hypopodes) unterschied sich deutlich von R_3 (5% Hypopodes). Die eingeschlagene Selektionsrichtung zur Erzeugung einer möglichst hypopusarmen (!) Startgeneration führte zu einer Steigerung des Anteils derjenigen Paare, die keine Hypopodes unter den Nachkommen aufwiesen. Der Anteil dieser Paare betrug bei R_3 39% und stieg auf einen Anteil von 80% bei F_1 (siehe Tabelle 12).

Die Änderung der Selektionsbedingungen in die für das Experiment vorgesehene Richtung führte zur Steigerung des relativen Anteils an Hypopodes von F_1 mit 2% Hypopodes zu F_2 mit 21% Hypopodes. Der Unterschied ist zwischen F_1 und der Vergleichsgruppe auf dem 0,1%-Niveau gesichert. Der Anteil der Paare ohne Hypopodes unter den Nachkommen sank von 80% bei F_1 auf 29% bei F_2 und lag damit auch niedriger als in der Ausgangsgeneration R_3 , bei der dieser Anteil noch 39% betrug.

Der Vergleich der Generationen F_2 (21% Hypopodes), F_3 (23% Hypopodes) und F_4 (27% Hypopodes) mit ihren Vergleichsgruppen mittels χ^2 -Test zeigt, daß zwischen diesen Gruppen signifikante Unterschiede der Hypopusbildung bestehen (siehe Abb. 18).

F_5 (3% Hypopodes) unterschied sich, mit Ausnahme von F_1 (2% Hypopodes), von den anderen Generationen sehr gut. Der Anteil der Paare einer Generation ohne Hypopodes unter ihren Nachkommen, der bei der F_2 - bis F_4 -Generation zwischen 5% und 29% lag, schnellte bei der F_5 -Generation auf

einen Wert von 69%. Die bei F₅ festgestellte erhebliche Abnahme des relativen Anteils an Hypopodes widersprach den Erwartungen bei einer Selektion zur Steigerung dieses Anteils (siehe Tab. 12 und Abb. 19).

7.3.2.2. Sterblichkeit

Von der Ausgangsgeneration R3 (21% Tote) unterschied sich die Generation F₁ (24% Tote) nicht nachweisbar. F₂ (40% Tote) unterschied sich deutlich von R3 und F₁, was vor allem darauf zurückzuführen ist, daß der Anteil der Paare einer Generation, bei deren Nachkommenschaft mehr als 40% Tote vorlagen, von 8% bei R3 und 16% bei F₁ auf 45% bei F₂ gestiegen war.

Die Abnahme der Mortalität von F₂ (4% Tote) über F₃ (32% Tote) zu F₄ (21% Tote) ist deutlich. Der Anteil der Paare einer Generation mit über 40% Toten an der Nachkommenschaft sank bei F₃ auf 27% und bei F₄ auf 11% ab. Die Sterblichkeit sank in der Generation F₄ (21% Tote) wieder auf das Niveau von R3 (21% Tote) ab. Von F₄ zu F₅ (89% Tote) kam es zu einer extremen Zunahme der Mortalität. Weiterhin wiesen alle Paare dieser Generation einen Anteil von mehr als 40% Toten unter ihrer Nachkommenschaft auf (siehe Abb. 17).

7.3.2.3. Relation zwischen Hypopusinduktion und Mortalität

Während die Selektion zur Senkung des Anteils an Hypopodes von R3 zu F₁ nur einen Einfluß auf den Prozentsatz der Hypopodes hatte, kam es bei Umkehr der Selektionsrichtung von F₁ zu F₂ neben einer massiven Steigerung des Anteils der Hypopodes (von 2% auf 21%) auch zu einem starken Anstieg der Mortalität (von 24% auf 40%). Bei Fortsetzung dieser Selektion kam es neben einer gering-

fügigen Steigerung des Hypopusanteils von 21% bei F₂ auf 27% bei F₄ auch zu einer allmählichen Abnahme der Mortalität.

Von F₄ (27% Hypopodes, 21% Tote) zu F₅ (3% Hypopodes, 89% Tote) kam es zu einer rapiden Abnahme induzierter Hypopodes und einer ebenso extremen Zunahme der Toten.

Nach Auswertung der Daten der F₅-Generation wurde festgestellt, daß im Gegensatz zu den übrigen Generationen in der Indikatorgruppe verdorbenes Futter verwendet worden war. Dieses Futter stammte aus einem lichtdurchlässigen Glasgefäß, in dem es circa ein Jahr lang unverdunkelt aufbewahrt worden war. Die nachträgliche Kontrolle ergab, daß die verfütterten Tetracyll-Flocken ausgebleichen waren und der Inhalt des Glases ranzig roch. Die ansonsten verwendeten lichtundurchlässig aufbewahrten Flocken rochen normal (nach Trockenfisch).

Einen weiteren Hinweis darauf, daß die dramatische Veränderung der Prozentsätze der Toten und Hypopodes dieser Generation nicht auf eine ungewöhnliche Veränderung der genetischen Basis der Tiere zurückzuführen ist, sondern auf das verwendete Futter, liefert ein Teilergebnis der in Kapitel 5 dargestellten Untersuchung (Populationsdichte als Induktionsfaktor der Hypopusbildung). Dort wurden alle nicht benötigten Tiere der F₅-Generation dieses Selektionsversuchs als Gruppe "R3 F₅" eingesetzt.

Von den in der Versuchsgruppe (Futter: intaktes Tetracyll) eingesetzten 605 Versuchstieren starben 121 (20% Tote) und entwickelten sich 167 zu Hypopodes (28%). Der Prozentsatz entspricht, da die Versuchstiere in 54 Einzelkammern bei einer durchschnittlichen Besatzdichte von 11,2 Larvenruhestadien pro Kammer aufgewachsen waren, einem korrigierten Anteil von 39% Hypopodes. Dies Ergebnis stimmt tendenziell mit dem erwarteten Verlauf dieser Selektion überein.

Tabelle 12: Selektion zur Erhöhung der Hypopusinzidenz bei der Berliner *Acarus farris*-Population R3

Bis zum Abschluß der larvalen Entwicklung erhielten die Versuchstiere Trockenhefe als Futter. Anschließend wurden die Versuchstiere (Indikatorgruppe siehe Kapitel 7.2) mit Tetraphyll gefüttert.

Der relative Anteil der Hypopodes wurde nach der Formel:
 " % HY / log n (L) x 30 " korrigiert (siehe Kapitel 6.2)

Genera- tion	Paare	Stadien			Korrektur d. Anteil Hypopodes (%)
		Abk.	(n)	(%)	
R3	40	(L)	1770	100	5
		TT	371	21	
		HY	66	4	
		TN	1333	75	
F1	45	(L)	671	100	2
		TT	160	24	
		HY	11	2	
		TN	502	75	
F2	42	(L)	1114	100	21
		TT	443	40	
		HY	230	21	
		TN	442	74	
F3	81	(L)	2218	100	23
		TT	700	32	
		HY	504	23	
		TN	1019	46	
F4	72	(L)	1971	100	27
		TT	418	21	
		HY	527	27	
		TN	1027	75	
F5	40	(L)	2564	100	3
		TT	2280	89	
		HY	88	3	
		TN	196	8	

**Abbildung 17: Signifikanzniveaus der mittels χ^2 -Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Mortalität der Versuchstiere der Generationen einer Selektion zur Erhöhung der Hypopusin-
in-
zidenz**

Die Tiere erhielten bis zum Larvenruhestadium Trockenhefe und anschließend Tetracyclin als Futter.

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien des Ansatzes
GEN	: Generation der Versuchstiere
% X	: relativer Anteil der Toten

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b% b% 	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

T O T E:

n (L)	2218	1114	671
GEN	F ₃	F ₂	F ₁
% TOTE	32 %	40 %	24 %

1971	F ₄	21 %	0,1%	0,1%	1 %
2218	F ₃	32 %	21 %	27 %	29 %
1114	F ₂	40 %			

Abbildung 18: Signifikanzniveaus der mittels χ^2 -Test (nach KIMBALL, 1954) festgestellten Unterschiede der Hypopusbildung der Versuchstiere der Generationen einer Selektion zur Erhöhung der Hypopuzinzidenz

Die Tiere erhielten bis zum Larvenruhestadium Trockenhefe und anschließend Tetraphyll als Futter.

n (L)	: Anzahl der Larvenruhestadien des Ansatzes
GEN	: Generation der Versuchstiere
% X	: relativer Anteil der Hypopodes

a%	a% : Signifikanzniveau ($p < a\%$)
b%	b% : mittlerer relativer Anteil der Vergleichsgruppe

H Y P O P O D E S:

n (L)			2218	1114	671
	GEN		F ₃	F ₂	F ₁
		% HYP	23 %	21 %	2 %
1971	F ₄	27 %	1 %	1 %	0,1%
2218	F ₃	23 %	27 %	25 %	24 %
1114	F ₂	21 %			

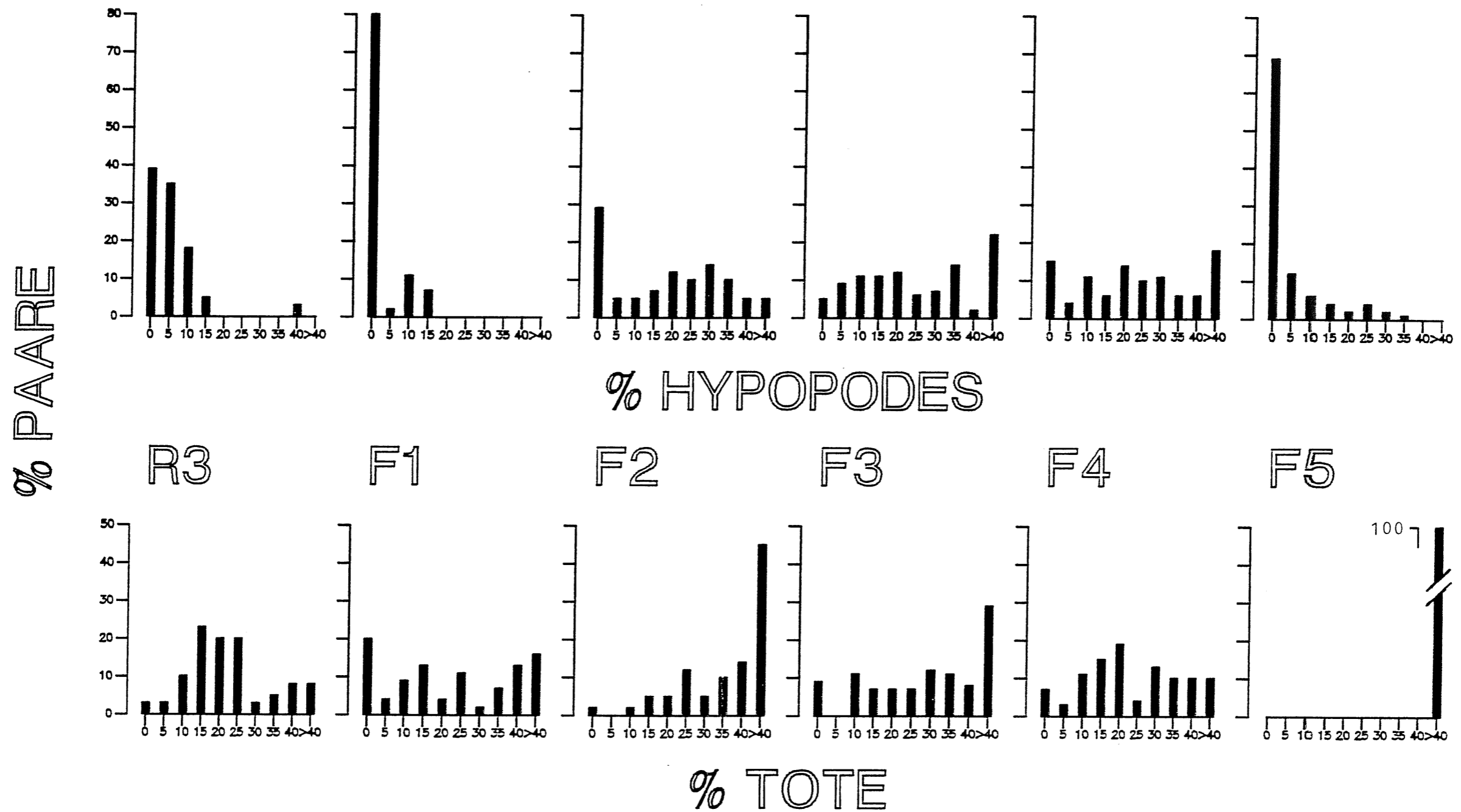


Abbildung 19: Darstellung der empirischen Verteilung von Hypopousinzidenz und Mortalität eines Selektionsexperiments zur Steigerung des Anteils induzierter Hypopodes

Fütterung nach Abschluß der larvalen Entwicklung:

- Indikatorgruppen: Tetraphyll(TP) [Induktionsbedingungen]
- Zuchtgruppen: Trockenhefe(HE) [Unterdrückung der Hypopusbildung]

X-Achse = Klassierte relative Anteile der Hypopousinzidenz bzw. Mortalität der Nachkommenschaft in Einzelkammern gehaltener Paare

Y-Achse = relativer Anteil einzelner Paare (Klassenumfang) an der jeweiligen Population

Die Daten des relativen Anteils induzierter Hypopodes wurde logarithmisch transformiert (s. Kapitel 6.2)

Die relativen Anteile von Hypopodes und Toten wurden in zehn Klassen mit einer Klassenbreite von 5% unterteilt; die erste Klasse umfaßt alle Paare, unter deren Nachkommen keine Hypopodes bzw. Toten auftraten, die zehnte Klasse umfaßt alle Paare, deren Nachkommenschaft einen Anteil von mehr als 40% Toten bzw Hypopodes aufwies.

7.4. Diskussion

Die fakultative Hypopusbildung bei *Acarus farris* wird durch die Wechselwirkung zwischen spezifischen Umweltfaktoren während einer sensiblen Phase und der zugrundeliegenden genetischen Disposition der Versuchstiere verursacht. Die genetische Komponente läßt sich durch Selektion auf einen verminderten oder gesteigerten Anteil an Hypopodes nachweisen.

Es findet eine unverzügliche Reaktion der in jeder Generation vorgenommenen Selektion durch Zunahme bzw. Abnahme der Hypopusinzidenz gegenüber der vorherigen Generation statt.

Aufgrund der relativ kurzen Versuchsdauer des vorliegenden Selektionsexperiments [6 bzw. 5 Generationen bei *Acarus farris* in dieser Arbeit im Vergleich zu 25 und 19 Generationen bei *Lepidoglyphus destructor* (STRATIL, 1983) und 24 Generationen bei *Lepidoglyphus destructor* (KNÜLLE, 1987)] läßt sich weder für die Selektion zur Erhöhung des Anteils an Hypopodes noch für die Selektion auf hypopusfreie Entwicklung sagen, ob die in der jeweils letzten untersuchten Generation festgestellten Prozentsätze der Induktion bei weiterer Selektion erhalten geblieben wären, und die Ergebnisse damit als ein Selektionsplateau anzusehen sind.

Bei STRATIL (1983) wurde ein Plateau bei der Aufwärtss Selektion in einem Versuch erst ab der 12. von 21 Generationen erreicht; in einem anderen Versuch ab der 9. von 19 Generationen, bei der Abwärtss Selektion des gleichen Versuchs wurde das niedrigste Niveau jedoch bereits in der ersten von 19 Generationen eingenommen.

Im Gegensatz zu der bei *Lepidoglyphus destructor* von STRATIL (1983) und KNÜLLE (1987) beobachteten starken Zunahme der Hypopusinzidenz bei der Aufwärtss Selektion, folgt *Acarus farris* der Aufwärtss Selektion weniger ausgeprägt.

Den Beobachtungen bei *Lepidoglyphus destructor* vergleichbar verläuft die Abnahme des Anteils der Hypopodes bei *Acarus farris* während der Abwärtsselektion. Hier konnten Tiere der selektionierten phänotypischen Klasse ("direkte" Tritonymphen unter Induktionsbedingungen) zur Weiterzucht verwendet werden.

Eine Erklärung für diesen Unterschied liegt vermutlich in den verschiedenen Selektionsverfahren. Die ausgewählten Phänotypen wurden bei *Lepidoglyphus destructor* generell, bei *Acarus farris* hingegen nur während der Abwärtsselektion weitergezüchtet (Verwandtschaftskoeffizient zur Nachkommenschaft: $r = 1/2$). Aufgrund der Terminationsschwierigkeiten wurden bei *Acarus farris* während der Aufwärtsselektion stattdessen die Geschwister (Tritonymphen auf Trockenhefe) der Hypopodes zur Weiterzucht verwendet. Dadurch wurden viele Tiere weitergezüchtet, die unter Induktionsbedingungen nicht zum gewünschten Phänotyp, d.h. zu den Hypopodes, gehört hätten (Verwandtschaftskoeffizient der Hypopodes zu den Kindern der Geschwister: $r = 1/4$). Dieser "Verdünnungseffekt" mit "unerwünschten" Genen verursacht die schwache Zunahme des Hypopusanteils.

Eine stärkere Zunahme der Hypopusinduktion wäre nur durch eine Steigerung der Selektionsintensität ermöglicht worden. Hierzu hätten, anders als in diesem Versuch, nur Tiere aus den Zuchtgruppen derjenigen Familien zur Weiterzucht verwendet werden dürfen, deren Indikatorgruppe einen besonders hohen Anteil an Hypopodes aufgewiesen hätte.

Aufgrund der teilweise geringen Anzahl an Familien, die diesen Selektionskriterien genügten und der gleichzeitig relativ hohen Mortalität ihrer Nachkommenschaft, wurde diese experimentelle Möglichkeit nicht ausgeführt.

Während das Ergebnis der Abwärtsselektion für eine Zunahme der Mortalität mit zunehmender Versuchsdauer spricht, kann für die Aufwärtsselektion keine Korrelation zwischen Mortalität und Versuchsdauer festgestellt werden.

Die Unmöglichkeit einer Prognose über Zu- oder Abnahme des Anteils Toter bei hypothetischer Fortführung dieses Versuchs, zeigt der Vergleich mit den Selektionsexperimenten von STRATIL (1983). Hier ließ sich für *Lepidoglyphus destructor*, selbst bei bis zur 24. Versuchstiergeneration dauernder Selektion, kein eindeutiger Trend bezüglich der Mortalität ableiten.

Der im Versuch mit *Acarus farris* bei der Umkehr der Selektionsrichtung von Abwärtsselektion bei F₁ zu Aufwärtsselektion bei F₂ erwartungsgemäß beobachtete Anstieg des Anteils der Hypopodes wurde von einem Anstieg der Mortalität begleitet.

Zu der hier beobachteten Steigerung der Mortalität findet sich bei STRATIL (1983) keine Parallele. In den Versuchen mit *Lepidoglyphus destructor* nahm der Mortalitätsanteil bei Wechsel der Selektionsrichtung sogar ab. Dort erfolgte der Wechsel jedoch, im Unterschied zu diesem Experiment, von der Aufwärts- zur Abwärtsselektion.

Die durch die Verfütterung verdorbenen Futters an die F₅-Generation ausgelöste rapide Abnahme des Anteils der Hypopodes und gleichzeitige Zunahme der Mortalität, weist darauf hin, daß Faktoren, die das Überleben der Population gefährden, nicht zwangsläufig auch die Induktion der Hypopodes fördern. Diese Aussage steht mit dem Ergebnis des Versuchs zur Abschätzung des Einflusses nutritiver Faktoren auf die Hypopusinduktion (Kapitel 4) in Einklang. Dort wurde festgestellt, daß Hypopusinduktion und Mortalität nicht signifikant korreliert sind.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Die astigmatische Milbe *Acarus farris* ist eine im Freiland, daneben aber auch in gelagerten Produkten (u.a. Heu, Getreide) vorkommende Art des "*Acarus siro*-Komplexes". Das Verbreitungsgebiet der Art umfaßt hauptsächlich die gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel.

In den Entwicklungszyklus von *Acarus farris* kann ein fakultatives, Hypopus genanntes, Phoresiestadium eingeschoben werden, welches zur aktiven Anheftung an andere Milben oder Insekten befähigt ist.

Die Bildung dieses Stadiums wird durch die Wechselwirkung zwischen Umweltfaktoren und der genetischen Disposition der Milben während einer sensiblen Phase ausgelöst.

In den dieser Arbeit zugrundeliegenden Versuchen wurden Milben aus vier Westberliner Freilandpopulationen eingesetzt.

- Futter als Faktor der Hypopusinduktion

Die untersuchten Futtersorten bewirkten Unterschiede bei Hypopusinzidenz, Entwicklungsdauer und Mortalität der Versuchstiere. Die Hypopusinzidenz weist eine starke Abhängigkeit von der jeweiligen Futtersorte auf, jedoch kann keine Korrelation zwischen Hypopusinzidenz und den relativen Anteilen an Inhaltsstoffen (Eiweiß, Fett, Kohlenhydrate, Mineralien, Ballaststoffe) der Futtersorten nachgewiesen werden.

Der Anteil direkter Tritonymphen sowie ihre Entwicklungsgeschwindigkeit ist mit dem Eiweißgehalt der Futtersorten positiv korreliert.

Bei geringer Mortalität und kurzer Entwicklungsdauer der Versuchstiere induzierte die Futtersorte "Tetraphyll" die meisten Hypopodes (25%) und die Futtersorte "Trockenhefe" die wenigsten Hypopodes (0%).

- Populationsdichte als Faktor der Hypopusinduktion

Zwischen der Besatzdichte der Versuchskammern mit Larvenruhestadien und dem Anteil induzierter Hypopodes besteht eine positive Korrelation. Die Abhängigkeit der Hypopusinzidenz von der Besatzdichte läßt sich mittels einer Logarithmusfunktion beschreiben.

- Intra- und Interpopulationsvariabilität der Hypopusinduktion

Die vier *Acarus farris*-Populationen wiesen unter Induktionsbedingungen Unterschiede sowohl in der Hypopusinzidenz als auch in der Mortalität auf. Hierbei ähnelten sich die Populationen L1 (12% Hypopodes, 13% Tote) und L2 (9% Hypopodes, 13% Tote), sowie R3 (5% Hypopodes, 21% Tote) und M5 (3% Hypopodes, 25% Tote). Offensichtlich abweichende Gegebenheiten der Herkunftshabitate waren nicht nachzuweisen.

- Selektion der Hypopusinzidenz

1) Selektion auf hypopusfreie Entwicklung

In diesem Versuch sank der Anteil induzierter Hypopodes von 16% in der F₁-Generation auf 9% in der F₆-Generation. Die Mortalität stieg von 4% Toten in der F₁-Generation auf 11% Toten in der F₆-Generation.

2) Selektion zur Erhöhung der Hypopusinzidenz

Hier stieg der Anteil von 2% Hypopodes in der F₁-Generation auf 27% Hypopodes in der F₄-Generation. Im gleichen Versuch sank die Mortalität von 24% Toten in der F₁-Generation auf 21% Tote in der F₄-Generation.

In beiden Selektionsexperimenten (Aufwärts- und Abwärtsselektion) besteht eine Korrelation zwischen der Zu- bzw. Abnahme des Anteils der Hypopodes und der Zahl selektionierter Generationen.

Ein Zusammenhang zwischen der Mortalität der Versuchstiere und der Zahl selektionierter Generationen läßt sich nicht nachweisen.

9. LITERATURVERZEICHNIS

- BARKER, P. S., 1968: Bionomics of *Glycyphagus domesticus* (De Geer), a pest of stored food. Can. J. Zool., 46, 89-92.
- BEHURA, B. K., 1957: The life history of *Histiostoma polypori* (Oud.) (Acari: Tyroglyphoidea). J. New York Ent. Soc., 65, 51-78.
- BOCZEK, J. & CROSS, E. A., 1983: Reproductive isolating mechanisms in two sibling species of mites (*Acarus siro*, *Acarus farris*) (Acari, Astigmata) commonly found together in stored grain. Ann. Ent. Soc. Am., 76, 552-555.
- BORRISS, H. & LIBBERT, E. (Hrsg), 1984: Wörterbuch der Biologie: Pflanzenphysiologie. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- BOWMAN, C. E., 1983: Hide protease in stored product mites (Astigmata: Acaridae) Comp. Biochem. Physiol., B, 70, 803-805.
- BOWMAN, C. E. & CHILDS, M., 1982: Polysaccharidases in astigmatid mites. Comp. Biochem. Physiol., B, 72, 551-557.
- CHILDS, M. & BOWMAN, C. E., 1983: Lysozyme activity in six species of economically important astigmatid mites. Comp. Biochem. Physiol., B, 70, 615-617.
- CHMIELEWSKI, W., 1967: The formation and role of the hypopus stage in mites. (In polnisch, Summary in english). Ekol. Polska seria B, 13, 225-238.

- CHMIELEWSKI, W., 1971: A study on the influence of some ecological factors on the hypopus formation of stored product mites. Proc. 3rd. Congr. Acarology. Prague, 1971, 357-363.
- CHMIELEWSKI, W., 1977: Interspecific hybridization of mites belonging to the superfamily Acaroidea and some biological features of hybrids. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln., z. 171, 198-211.
- CHMIELEWSKI, W., 1977: Formation and importance of hypopus stage in the life of mites belonging to the superfamily Acaroides. Prace Nauk. Inst. Ochr. Roslin, 19, 5-94.
- CHMIELEWSKI, W., 1983: Formation and transformation of hypopi of mites of *Acarus* genus under different environmental conditions. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 147-160.
- CUNNINGTON, A. M., 1984: Resistance of the grain mite *Acarus siro* L. (Acarina, Acaridea) to unfavourable physical conditions beyond the limits of its development. Agric. Ecosyst. Environ., 11, 319-339.
- CUTCHER, J. J., 1968: Effects of certain environmental factors on hypopus formation and termination in the Sarcoptiformes. Diss. Departm. of Zool. and Physiol., Louisiana State University.
- CUTCHER, J. J. & WOODRING, J. P., 1969: Environmental regulation of hypooial apolysis of the mite, *Caloglyphus boharti*. J. Insect Physiol., 15, 2045-2057.

- FAIN, A., 1971: Evolution de certains groupes d'hypopes en fonction du parasitisme (Acarina: Sarcoptiformes). *Acarologia*, 13, 171-175.
- FLEURAT-LESSARD, L., 1974: Contribution to the study of the trophic relations between *Tyrophagus putrescentiae* Schrank (Acari, Acaridae) and the mycoflora of stored colza (*Brassica rapa*) seeds: development of a rearing technique for T.p. on moulds. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 6, 97-109.
- GERSON, U. & SCHNEIDER, R., 1982: The hypopus of *Hemisarcoptes coccophagus* (Meyer) (Acari: Astigmata: Hemisarcopteridae). *Acarologia*, 23, 71-76.
- GRIFFITHS, D. A., 1962: Flour mite, *Acarus siro* L., 1758, as a Spezies Complex. *Nature*, Vol. 196, No. 4857, p. 908 only.
- GRIFFITHS, D. A., 1964: Experimental studies on the systematics of the genus *ACARUS* Linnaeus, 1758 (Sarcoptiformes, Acarina). *Proc. 1st. Int. Congr. Acarol.*, Fort Collins, 1963. *Acarologia*, 6, 101-116.
- GRIFFITHS, D. A., 1964: A revision of the genus *Acarus* L., 1758 (Acaridae, Acarina). *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Zoology*, 11, 415-464.
- GRIFFITHS, D. A., 1966: Nutrition as a factor influencing hypopus formation in the *Acarus siro* species complex (Acarina: Acaridae). *J. stored Prod. Res.*, 1, 325-340.
- GRIFFITHS, D. A., 1967: The influence of dietary factors on the hypopus formation in *Acarus immobilis*. *Proc. 2nd. Int. Congr. Acarology*, Budapest, 419-432.

- HARDY-SMITH, J., 1970: Mites infesting farm grain stores in south west England. *J. stored Prod. Res.*, 6, pp. 103-107.
- HOPPE, H. A., 1958: Drogenkunde: Handbuch der pflanzlichen und tierischen Rohstoffe. 7. Aufl. Verlag Cram, De Gruyter & Co. Hamburg.
- HUGHES, A. M., 1976: The mites of stored food. *Min. Agric. Fish. Food, Tech. Bull.*, 9, 400 pp.
- KARG, W., 1980: Merkblatt des Pflanzenschutzes: Milben als Vorratsschädlinge. *Agrabuch, Leipzig* (28 S.).
- KIMBALL, A.W., 1954: Short-cut formulas for the exact partition of χ^2 in contingency tables. *Biometrics*, 10, 452-458.
- KNÜLLE, W., 1959: Morphologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen zum phylogenetischen System der Acari: Acariformes Zachv. II. Acaridiae: Acaridae. *Mitt. Mus. Berlin*, 35, 347-417.
- KNÜLLE, W., 1963: Die Dauerformenbildung bei der Mehlmilbe. *Naturwissenschaften*, 5, 160-161.
- KNÜLLE, W., 1984: Water vapour uptake in mites and insects: An ecophysiological and evolutionary perspective. In: Griffiths, D. A., & Bowman, C. E. (eds.). *Acarology* 6, 71-82.
- KNÜLLE, W., 1987: Genetic variability and ecological adaptability of hypopus formation in a stored product mite. *Exp. Appl. Acarol.*, 3, 21-32.

- KORSGAARD, J. DAHL, R., IVERSEN, M., HALLAS, T., 1985: Storage mites as a cause of bronchial asthma in Denmark. *Allergol. Immunopathol.*, 13, 143-149.
- LAWOHNUS, H., 1984: Induktion und Termination des Hypopusstadiums bei Populationen von *Glycyphagus destructor* (Schrank, 1781) (Astigmata: Glycyphagidae) unterschiedlicher Standorte. Dipl.Arb., FB Biol., FU Berlin
- NAUMANN, M., 1986: Nahrungsart und Nahrungsqualität als Regulativ für die Inzidenz des Hypopusstadiums bei der Hausmilbe *Glycyphagus domesticus* (De Geer, 1778). Dipl.Arb., FB Biol., FU Berlin.
- O'CONNOR, B.M., 1982: Evolutionary ecology of astigmatid mites. *Ann. Rev. Ent.*, 27, 385-409.
- PERRON, R., 1954: Untersuchungen über den Bau, Entwicklung und Physiologie der Milbe *Histiostoma laboratorium* (Hughes). *Acta Zoologica*, 35, 73-176.
- POLEZHAEV, V. G., 1938: The effect of starvation on the formation of hypopus of the hairy mite, *Glycyphagus destructor*. (Engl. Übers.) *Zool. Zhurn.*, 17, 112-118.
- POLEZHAEV, V. G., 1940: The effect of atmospheric humidity and temperature on the formation of the hypopial stage in *Glycyphagus destructor* and *Tyroglyphus farinae*. (Engl. Übers.) *Wiss. Ber. Mosk. Staats-Univ. Zool.*, 42, 185-196.
- RENNER, E., 1981: Mathematisch - statistische Methoden in der praktischen Anwendung. 2. Aufl. Parey, Berlin, Hamburg

- ROHDE, C. J., 1959: Studies on the biologies of two mite species, predator and prey, including some effects of gamma radiation on selected developmental stages. *Ecology*, 40, 572-579.
- SCHULZE, H., 1923: Über die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen von wirtschaftlich wichtigen Milben. *Naturwissensch.*, 11, 763-765.
- SCHULZE, H., 1924: Zur Kenntnis der Dauerformen (Hypopi) der Mehlmilbe *Tyroglyphus farinae* (L.). *Zentralblatt Bact. Par. u. Infekt.*, Abt. 2, 60, 536-549.
- SEETHALER, H., 1974: Die Sorption und Transpiration des Wasserdampfes bei der Hausmilbe *Glycyphagus domesticus* (De Geer). *Dipl. Arb.*, FB Biol., FU Berlin.
- SEETHALER, U., 1980: Untersuchungen über den Einfluß exogener Faktoren auf den Entwicklungszyklus von *Glycyphagus domesticus* (De Geer, 1778) unter besonderer Berücksichtigung des Dormanzphänomens. *Diss.*, FB Biol., FU Berlin.
- SINHA, R. N., 1968: Seasonal changes in mite populations in rural granaries in Japan. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 61, 938-949.
- SINHA, R. N. & WALLACE, H. A. H., 1966: Association of granary mites seed-born fungi in stored grain and in outdoor and indoor habitats. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 59, 1170-1181.

- SINHA, R. N.; WHITE, N. D. G.; WALLACE, H. A. H. & MCKENZIE, R. I. H., 1979: Effect of moisture content on viability and infestation of hulless Terra oats in storage. *Can. J. Plant Sc.*, 59, 911-916.
- SOUCI, S. W., FACHMANN, W. & KRAUT, H., 1981: Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen, 2. Aufl., Wiss. Verl. GmbH, Stuttgart
- STRATIL, H. U., 1977: Untersuchungen über die Induktion des Hypopusstadiums der Milbe *Glycyphagus destructor* (Schrank, 1781) (Acari: Acaridae). Dipl. Arb., FB Biol., FU Berlin.
- STRATIL, H. U., 1983: Untersuchungen über die Induktion des Hypopusstadiums bei der im Lagergetreide vorkommenden Milbe *Glycyphagus destructor* (Schrank, 1781) (Astigmata: Glycyphagidae). Diss., FB Biol., FU Berlin.
- STRATIL, H. U. & KNÜLLE, W., 1985: Die Induktion des Hypopusstadiums der im Lagergetreide vorkommenden Milbe *Glycyphagus destructor*. *Z. angew. Ent.*, 99, 350-365.
- TEUSCHER, E., 1989: PHARMAKOGNOSIE - Biogene Arzneimittel -, Akademie-Verlag-Berlin (DDR), 294-303.
- TÜRK, E.; TÜRK, F., 1957: Systematik und Ökologie der Tyroglyphiden Mitteleuropas. In: Stammer, H.-J.: Beiträge zur Systematik und Ökologie Mitteleuropäischer Acarina 1, 1-231.
- WALLACE, D.R.J., 1960: Observations on the hypopus development in the Acarina. *J. Ins. Physiol.*, 5, 216-229.

WEIDNER, H., 1985: Vorratsschutz auf dem XVII. Internationalen Kongreß für Entomologie 1984. Z. Pfl.Krankh. u. Pfl.Schutz, 92, 209-220.

WEIDNER, H., 1985: Neuere Literatur über die Biologie und Ökologie vorratschädlicher Milben und Insekten als Grundlage einer gesunden Vorratslagerung. Z. Pfl.Krankh. u. Pfl.Schutz, 92, 535-555.

WHITE, N. D. G.; HENDERSON, L. P. & SINHA, R. N., 1979: Effects of infestation by three stored-product mites on fat acidity, seed germination, and microflora of stored wheat. J. Econ. Entomol. 72, 763-766.

WINSTON, P.W. & BATES, D.H., 1960: Saturated solutions for the control of Humidity in biological research. Ecology, 41, 232-237.

10. DANKSAGUNG

Ich danke Herrn Prof. Dr. W. Knülle für die Überlassung des Themas und die umfassende Betreuung der vorliegenden Arbeit.

Herrn Dr. K. Gaede danke ich für seine wertvolle Hilfe bei der statistischen Auswertung und graphischen Darstellung der Ergebnisse.