

Der kumulierte geschätzte Entzug an Trockenmasse pro Pflanze durch die Blattläuse betrug bei Variante 1\_1 294,96 g (SD  $\pm 24,1$ ), für die Variante 2\_1 357,88 (SD  $\pm 7,64$ ) in Woche sechs. Den Pflanzen der späteren Befallsvarianten wurden etwa an Trockenmasse 182,25 g (SD  $\pm 49,93$ ) in Variante 1\_2 und 164,87 g (SD  $\pm 32,26$ ) in Variante 2\_2 im Laufe von fünf Befallswochen (Vergleiche Varianten 1\_1: 219,39 g SD  $\pm 44,36$  und 2\_1: 251,41 g SD  $\pm 36,67$  für fünf Wochen) entzogen. Der Entzug in den früheren Befallsvarianten mit jüngeren Pflanzen war somit über den gleichen Zeitraum höher. 89,52 % der entzogenen Trockenmasse wurden als Honigtau wieder ausgeschieden und verschmutzten die Blätter. Es waren 264,05 g im Fall von Variante 1\_1, 320,37 g in Variante 2\_1, 163,15 g in Variante 1\_2 und 147,59 g pro Pflanze in Variante 2\_2. Berücksichtigt man den Stickstoffgehalt von ca. 8,3 % in der Biomasse der Blattläuse, so wurden den Pflanzen in Variante 1\_1 ca. 24,48 g, in Variante 2\_1 ca. 29,7 g bzw. in Variante 1\_2 ca. 15,13 g und in Variante 2\_2 ca. 13,68 g Stickstoff entzogen (Tab. 3.17).

Die Schwelle, von welcher an signifikante Schäden im Vergleich zur Variante 0 zu beobachten waren, wurde bei frühem Befall (Varianten 1\_1 und 2\_1) zwischen Woche vier und fünf überschritten. Eine Wachstumsdepression, die durch den Blattlausbefall verursacht war, wurde bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 bereits ab 18,65 Tagen beobachtet, also bereits zwei Wochen vor dem Auftreten der signifikanten Unterschiede. Die Schadschwelle für die frühen Befallsvarianten 1\_1 und 2\_1 lag bei 3,12 Individuen pro cm<sup>2</sup>. Diese Individuendichte entsprach 17,7 Blattlaustagen. Bei den späten Befallsvarianten wurde diese Dichte nach 29 Tagen erreicht. Zu diesem Zeitpunkt lagen keine signifikanten Wachstumsunterschiede der Pflanzen zwischen der Variante 0 und den Varianten 1\_2 und 2\_2 vor und es traten auch in der weiteren Versuchswoche keine mehr auf (Tab. 3.16).

### 3.2.5 Trockenmasse, Wachstumsraten und Schaden

Die Verteilung der Trockenmasse in Prozent veränderte sich mit zunehmendem Befall und Pflanzenalter. Mit zunehmendem Alter der Pflanze stieg der Anteil der Fruchttrockenmasse und der von Sprossachse und Blättern nahm ab. Der Sprossanteil reduzierte sich von anfangs 49,8 % bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 auf ca. 13 % (sechs Wochen Befall) und bei den Varianten 0, 1\_2 und 2\_2 auf 8-10 % (neun Wochen Wachstum und fünf Wochen Befall). Der Blattanteil nahm im gleichen Zeitraum von 50 % auf 52-56 % bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 zu und bei den Varianten 0, 1\_2 und 2\_2 auf 21-28 % ab. Der Anteil der Fruchttrockenmasse an der Gesamttrockenmasse pro Pflanze war bei Variante 0 nach neun Wochen mit 62,24 % (SD  $\pm 7,11$ ) am höchsten. Bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 erreichte er nach sechs Wochen nur 4,43 % (SD  $\pm 6,08$ ) bis 7,45 % (SD  $\pm 13,1$ ). Bei den Varianten 1\_2 und 2\_2 betrug Anteil der Fruchttrockenmasse an der Gesamttrockenmasse pro Pflanze in Woche neun 31,79 % (SD  $\pm 8,84$ ) und 50,99 % (SD  $\pm 23,32$ ) (Tab. 3.17).

Die Trockenmasse war nur bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 signifikant gegenüber der Variante 0 reduziert. Der Schaden der Varianten 1\_1 und 2\_1 gegenüber der Variante 0 betrug 143,68 g (SD  $\pm 19,597$ ) bis 148,88 g (SD  $\pm 18,44$ ) Trockenmasse pro Pflanze. Trotz der ähnlichen Befalldichten bei den Varianten 1\_2 und 2\_2 im Vergleich zu den Varianten 1\_1 und 2\_1 waren keine signifikanten Schäden bei den Varianten 1\_2 und 2\_2 gegenüber der Vari-

ante 0 zu beobachten. Dies kann mit der unterschiedlichen Befallsdauer der Varianten von 248,58 (SD  $\pm$ 56,22) bzw. 306,58 (SD  $\pm$ 27,28) Blattlaustagen pro cm<sup>2</sup> bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 und 88,43 (SD  $\pm$ 40,43) bzw. 93,07 (SD  $\pm$ 46,17) Blattlaustagen pro cm<sup>2</sup> bei den Varianten 1\_2 und 2\_2 sowie der größeren Blattfläche pro Pflanze zum späteren Befallstermin erklärt werden. Es traten außerdem keine signifikanten Unterschiede zwischen der NAR der Kontrolle und den mit Blattläusen befallenen Varianten auf (s. Tab. 3.17).

**Tab. 3.17: Mittelwert und Standardabweichung verschiedener Wachstumsparameter pro Pflanze zu Beginn des Versuchs bzw. nach 6 / 9 Wochen Versuchsdauer, fünf Befallsvarianten, semikontrollierte Bedingungen (n=5)**

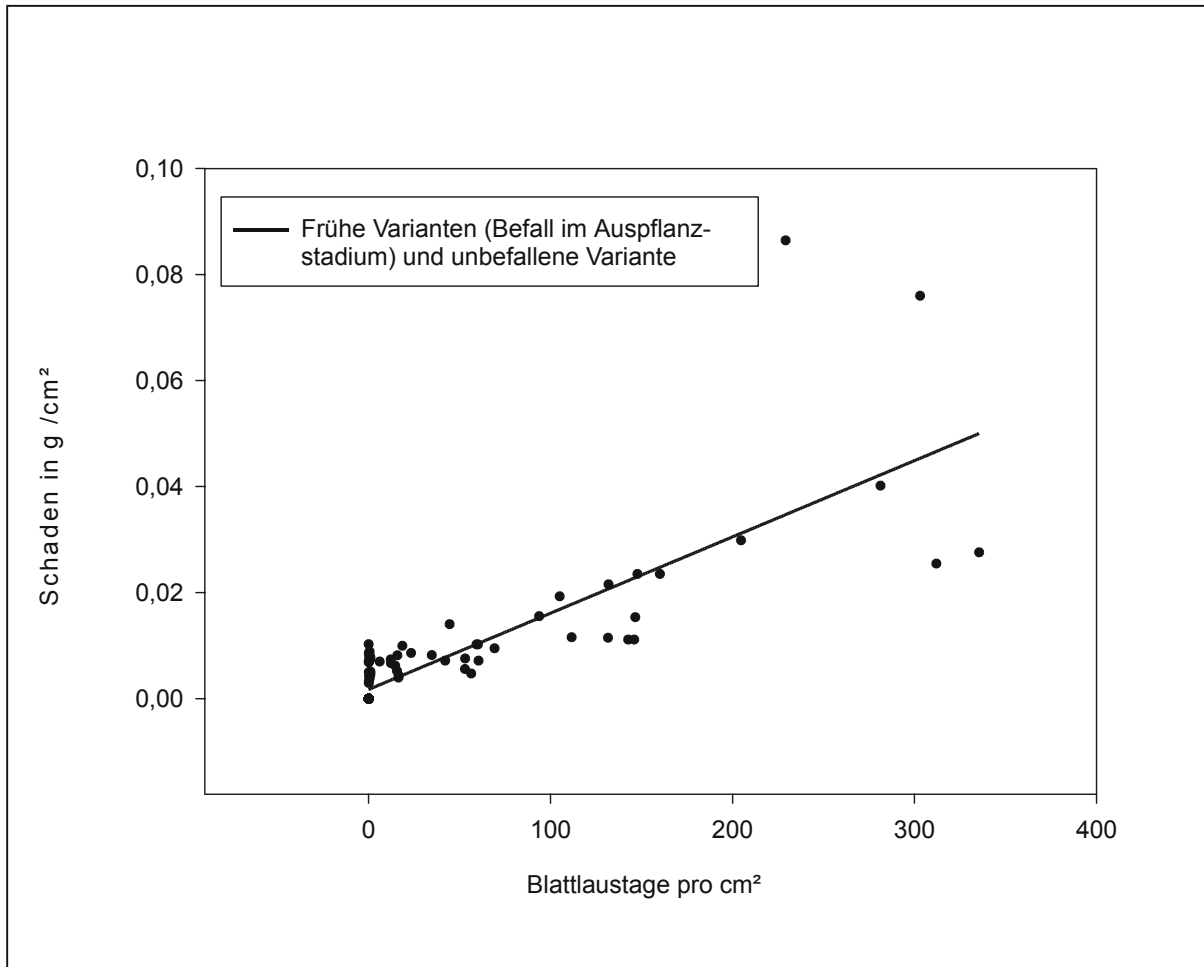
	Variante 0	Variante 1_1	Variante 2_1	Variante 1_2	Variante 2_2
gebildete TM [g] nach 6 Wochen Befall	218,55 SD $\pm$ 26,199 a berechnet mittels AWR	74,875 SD $\pm$ 19,597 b	69,67 SD $\pm$ 18,47 b	-	-
gebildete TM [g] nach 5 Wochen Befall	323,23 SD $\pm$ 39,299 a	-	-	361,721 SD $\pm$ 119,51 a	279,52 SD $\pm$ 97,63 a
AWR wöchentlich	34,89 SD $\pm$ 4,37 a	10,944 SD $\pm$ 3,27 b	10,08 SD $\pm$ 3,08 b	32,02 SD $\pm$ 13,28 a	30,03 SD $\pm$ 10,85 a
NAR Wöchentlich	0,006 SD $\pm$ 0,0002 ab	0,004 SD $\pm$ 0,0007 a	0,006 SD $\pm$ 0,004 ab	0,008 SD $\pm$ 0,003 b	0,007 SD $\pm$ 0,003 ab
Schaden pro Pflanze [g]	0 SD $\pm$ 0 a	143,68 SD $\pm$ 19,597 b berechnet	148,88 SD $\pm$ 18,44 b berechnet	-38,49 SD $\pm$ 119,51 a	43,71 SD $\pm$ 97,63 a

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Var. 0 unbefallen, Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Aupflanzstadium, Var. 1\_2: 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Aupflanzstadium, Var. 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“

Zwischen Schaden pro Pflanze [g] / Blattfläche[cm<sup>2</sup>] (y) und Kumulativem Index pro cm<sup>2</sup> (x) bestand folgender linearer Zusammenhang:

$$y = 0,0017 + 0,0001 x$$

$$r^2 = 0,67 \quad \alpha = 0,005$$



**Abb: 3.8: Regression von Trockenmasseschaden in g und Blattlaustagen pro cm<sup>2</sup> Blattfläche; fünf Varianten (0 / 2 / 5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze in den Wachstumsstadien Auspflanzung und Erster Ertrag, n = 5), semikontrollierte Bedingungen**

### 3.3 Gewächshausversuche unter praxisrelevanten Bedingungen

#### 3.3.1 Gewächshausversuch 1

In einem Gewächshaus der Versuchsstation für Gartenbau der Universität Hohenheim wurde während der Vegetationsperiode (Kalenderwoche 25-33, Tagesmitteltemperatur 19,66 °C, mittlere rel. Luftfeuchte pro Tag 72,43 %) der Versuch zur Schadwirkung von *A. gossypii* auf Gewächshausgurken der Sorte ‚Girola‘ durchgeführt. Es gab vier Befallsvarianten (Variante 0: kein Befall, Variante 1: Initialbefall 0,5 Aphiden, Variante 2: 1 Aphide, Variante 3: 1,5 Aphiden pro Pflanze) mit jeweils vier Wiederholungen. Die Residuen der Daten waren normalverteilt. In diesem Versuch zeigte die vierte Wiederholung im Allgemeinen einen starken Wachstumsrückgang, der u.a. auf eine Infektion mit *Fusarium sp.* durch Staunässe in Folge von Bodenverdichtungen im Gewächshaus zurückzuführen war. Aufgrund dieser Umstände und wegen des hohen Vorkommens an Blattlausantagonisten wurde der Versuch nach acht Wochen Befall abgebrochen, der Ertrag aber noch bis Kalenderwoche 37 erfasst.

### 3.3.1.1 Sprosslängenwachstum, wöchentliche Bonitur

Hinsichtlich des Sprosslängenwachstums bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Alle erreichten innerhalb von vier Wochen Versuchsdauer eine Höhe von etwa 2 m, ab der sie dann gestutzt wurden.

### 3.3.1.2 Fruchtertrag, wöchentliche Bonitur

In den ersten vier Befallswochen (Kalenderwoche 25-29) erreichte keine der Früchte das Erntestadium. Innerhalb der folgenden Wochen traten verschiedentlich signifikante Unterschiede zwischen den Varianten in der Erntemenge pro Pflanze und hinsichtlich der Qualität der Früchte auf (Tab. 3.18). Ein Vergleich der gesamten Erntemenge in Fruchtzahl pro Pflanze ergab jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten, weder in Hinsicht auf die Erntemenge (Variante 0: 13,77 SD  $\pm$ 1,97, Variante 1: 13,39 SD  $\pm$ 1,61 Variante 2: 12,63 SD  $\pm$ 3,11 Variante 3: 13,93 SD  $\pm$ 0,79 Früchte pro Pflanze) noch auf die Qualität (s. Tab. 3.18). Tendenziell wies jedoch Variante 2 die niedrigsten Erträge mit 9,6 Früchten pro Pflanze (SD  $\pm$ 2,88) und den höchsten Anteil an Ausschussware mit 3,64 Früchten pro Pflanze (SD  $\pm$ 1,42) auf. Die Hauptertragsphase der Gurkenpflanzen lag in den Wochen vier bis acht nach Versuchsbeginn (Variante 0: 8,47 SD  $\pm$ 1,96, Variante 1: 8,78 SD  $\pm$ 1,1, Variante 2: 7,9 SD  $\pm$ 2,34, Variante 3: 9,23 SD  $\pm$ 1,01 Früchte pro Pflanze).

**Tab. 3.18: Mittelwerte und Standardabweichungen vom Ertrag (Früchten / Pflanze und Woche) unterteilt nach Qualität, vier Varianten; praxisähnliche Bedingungen (n=4)**

KW	Vermarktungsfähige Ware Varianten				Ausschussware Varianten			
	0	1	2	3	0	1	2	3
29	0,614 SD $\pm$ 0,51	0,69 SD $\pm$ 0,53	0,55 SD $\pm$ 0,55	0,68 SD $\pm$ 0,46	0,14 SD $\pm$ 0,13	0,136 SD $\pm$ 0,153	0,11 SD $\pm$ 0,1	0,09 SD $\pm$ 0,07
30	2,83 SD $\pm$ 0,62	3,03 SD $\pm$ 0,26	2,65 SD $\pm$ 0,58	3,23 SD $\pm$ 0,6	0,48 SD $\pm$ 0,11	0,33 SD $\pm$ 0,31	0,59 SD $\pm$ 0,19	0,31 SD $\pm$ 0,15
31	3,49 SD $\pm$ 0,43	3,22 SD $\pm$ 0,47	3,16 SD $\pm$ 0,68	3,26 SD $\pm$ 0,29	0,55 SD $\pm$ 0,05	0,46 SD $\pm$ 0,28	0,39 SD $\pm$ 0,14	0,44 SD $\pm$ 0,094
32	1,54 SD $\pm$ 1,09	1,84 SD $\pm$ 0,57	1,54 SD $\pm$ 0,97	2,06 SD $\pm$ 0,65	0,24 SD $\pm$ 0,16	0,36 SD $\pm$ 0,15	0,27 SD $\pm$ 0,15	0,296 SD $\pm$ 0,09
33	0,523 SD $\pm$ 0,78	0,41 SD $\pm$ 0,26	0,43 SD $\pm$ 0,25	0,67 SD $\pm$ 0,67	0,08 SD $\pm$ 0,04	0,02 SD $\pm$ 0,03	0,034 SD $\pm$ 0,14	0,09 SD $\pm$ 0,13
34	0,59 SD $\pm$ 0,24	0,496 SD $\pm$ 0,22	0,4 SD $\pm$ 0,21	0,47 SD $\pm$ 0,13	0,398 SD $\pm$ 0,15	0,375 SD $\pm$ 0,16	0,49 SD $\pm$ 0,28	0,47 SD $\pm$ 0,26
35	0,563 SD $\pm$ 0,19	0,44 SD $\pm$ 0,17	0,31 SD $\pm$ 0,13	0,43 SD $\pm$ 0,28	0,69 SD $\pm$ 0,38	0,39 SD $\pm$ 0,38	0,51 SD $\pm$ 0,29	0,44 SD $\pm$ 0,29
36	0,195 SD $\pm$ 0,18	0,27 SD $\pm$ 0,13	0,27 SD $\pm$ 0,16	0,17 SD $\pm$ 0,07	0,33 SD $\pm$ 0,15	0,47 SD $\pm$ 0,25	0,39 SD $\pm$ 0,31	0,32 SD $\pm$ 0,12
37	0,33 SD $\pm$ 0,09	0,25 SD $\pm$ 0,14	0,296 SD $\pm$ 0,3	0,296 SD $\pm$ 0,09	0,17 SD $\pm$ 0,08	0,21 SD $\pm$ 0,11	0,23 SD $\pm$ 0,23	0,22 SD $\pm$ 0,04

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede; Var. 0: kein Befall, Var. 1: 0,5, Var. 2: 1, Var. 3: 1,5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze, KW = Kalenderwochen

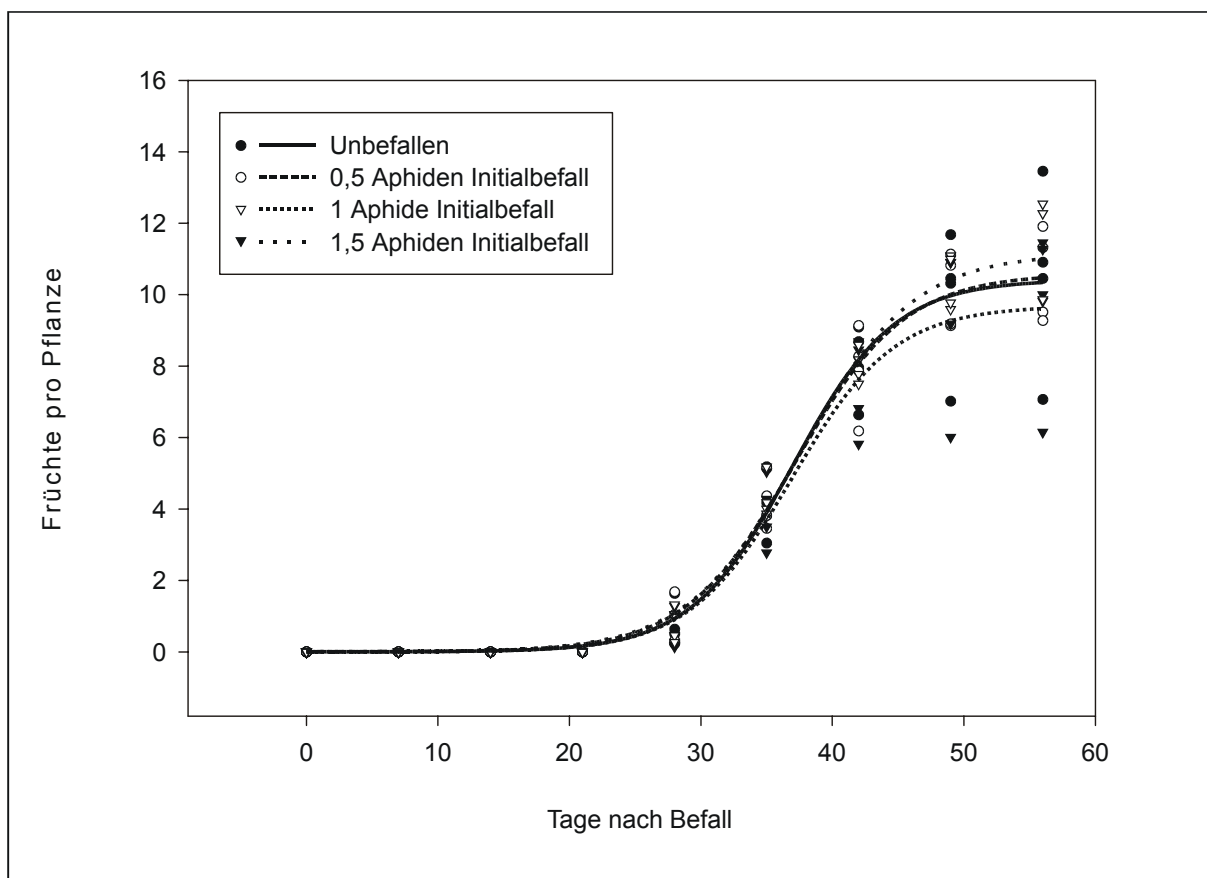
Die Ertragsbildung, als kumulierter Ertrag, folgt einem sigmoiden Verlauf nach der Gleichung:

$$Y = a / 1 + e^{-(x-x_0)/b}$$

$\alpha = 0,005$

Variante 0	a = 10,417	b = 3,873	$x_0 = 36,979$	$r^2 = 0,94$
Variante 1	a = 10,586	b = 4,161	$x_0 = 37,161$	$r^2 = 0,72$
Variante 2	a = 9,684	b = 3,908	$x_0 = 36,899$	$r^2 = 0,93$
Variante 3	a = 11,155	b = 4,306	$x_0 = 37,568$	$r^2 = 0,98$

Die abweichenden Datenpunkte in Abbildung 3.9 sind auf den *Fusarium sp.* Befall der Gurkenpflanzen der 4. Wiederholungen zurückzuführen.



**Abb. 3.9: Regressionen des kumulierten Fruchtertrags pro Pflanze für vier Befallsvarianten (0 / 0,5 / 1 / 1,5 Aphiden pro Pflanze Initialbefall, n=4), praxisähnliche Bedingungen**

### 3.3.1.3 Blattfläche, wöchentliche Bonitur

Die Varianzanalyse ergab, dass signifikante Unterschiede bei den Varianten und den Wochen vorlagen. Die Ausgangsblattflächen der einzelnen Varianten unterschieden sich zu Beginn (Variante 0: 992,29 SD  $\pm 95,22$ , Variante 1: 936,85 SD  $\pm 91,35$ , Variante 2: 830,362 SD  $\pm 47,54$ , Variante 3: 881,61 SD  $\pm 94,24$ ) und glichen sich dann während des Versuchs aneinander an, so dass eine signifikante Zunahme der Blattfläche über die Wochen vorlag, aber

keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten, die auf einen Blattlausbefall zurückzuführen wären (s. Tab. 3.19). Der relative wöchentliche Blattflächenzuwachs unterschied sich nur bezüglich der Faktorstufe Woche signifikant. Der Zuwachs nahm von Woche null bis Woche drei nach Versuchsbeginn signifikant zu und anschließend nahm er ab bzw. stagnierte er bei einem Wert von etwa 1. Der höchste Zuwachs war zwischen Woche null bis eins mit 3,57 (SD  $\pm 0,65$ ) bei Variante 0, 3,78 (SD  $\pm 0,78$ ) bei Variante 1, 4,37 (SD  $\pm 0,63$ ) bei Variante 2 und 4,12 (SD  $\pm 0,37$ ) bei Variante 3 zu messen.

**Tab. 3.19: Blattflächenwachstum als mittlere Absolute Blattfläche pro Pflanze in cm<sup>2</sup> und Relative Blattfläche pro Pflanze, Mittelwert und Standardabweichung von vier Befallsvarianten, praxisähnliche Bedingungen (n=4):**

KW	Blattfläche Variante				Relative Blattfläche Variante			
	0	1	2	3	0	1	2	3
25	992,29 SD $\pm 95,22$ a	936,85 SD $\pm 91,35$ ab	830,362 SD $\pm 47,54$ b	881,61 SD $\pm 94,24$ ab	1,09 SD $\pm 0,10$	1,03 SD $\pm 0,10$	0,91 SD $\pm 0,05$	0,97 SD $\pm 0,10$
26	3545,975 SD $\pm 718,999$	3509,28 SD $\pm 577,39$	3619,8 SD $\pm 519,46$	3619,6 SD $\pm 316,17$	3,90 SD $\pm 0,79$	3,86 SD $\pm 0,63$	3,98 SD $\pm 0,57$	3,98 SD $\pm 0,35$
27	7536,35 SD $\pm 992,78$	7661,57 SD $\pm 615,14$	7285,82 SD $\pm 1011,9$	7898,98 SD $\pm 592,35$	8,28 SD $\pm 1,09$	8,42 SD $\pm 0,68$	8,00 SD $\pm 1,11$	8,68 SD $\pm 0,65$
28	13325,3 SD $\pm 1536,88$ a	14352,32 SD $\pm 949,796$ ab	11862,28 SD $\pm 2041,59$ ab	21281,44 SD $\pm 5405,97$ b	14,64 SD $\pm 1,69$ a	15,77 SD $\pm 1,04$ ab	13,03 SD $\pm 2,24$ ab	23,38 SD $\pm 5,94$ b
29	15112,69 SD $\pm 1638,84$	14536,97 SD $\pm 1548,75$	13488,09 SD $\pm 3321,09$	14839,899 SD $\pm 1853,34$	16,60 SD $\pm 1,80$	15,97 SD $\pm 1,70$	14,82 SD $\pm 3,65$	16,30 SD $\pm 2,04$
30	17136,55 SD $\pm 1729,78$	16530,24 SD $\pm 1539,86$	14377,33 SD $\pm 3736,06$	16658,82 SD $\pm 2168,16$	18,83 SD $\pm 1,90$	18,16 SD $\pm 1,69$	15,79 SD $\pm 4,10$	18,30 SD $\pm 2,38$
31	16710,86 SD $\pm 2008,59$	16211,96 SD $\pm 1138,91$	14464,696 SD $\pm 3186,06$	16246,66 SD $\pm 1341,23$	18,36 SD $\pm 2,21$	17,81 SD $\pm 1,25$	15,89 SD $\pm 3,50$	17,85 SD $\pm 1,47$
32	16285,175 SD $\pm 2410,15$	15893,69 SD $\pm 1540,18$	14552,07 SD $\pm 2856,42$	15834,499 SD $\pm 1337,58$	17,89 SD $\pm 2,65$	17,46 SD $\pm 1,69$	15,99 SD $\pm 3,14$	17,40 SD $\pm 1,47$
33	15859,49 SD $\pm 2883,63$	15575,41 SD $\pm 2365,65$	14639,433 SD $\pm 2825,36$	15422,34 SD $\pm 2161,38$	17,42 SD $\pm 3,17$	17,11 SD $\pm 2,60$	16,08 SD $\pm 3,10$	16,94 SD $\pm 2,37$

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Var. 0: kein Befall, Var. 1: 0,5, Var. 2: 1, Var. 3: 1,5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze, KW = Kalenderwochen

Bei der Variablen ‚Relative Blattfläche‘ traten signifikante Unterschiede bei Varianten und Wochen auf. Bis auf Variante 2 nahm die Blattfläche bei den restlichen Varianten bis Woche fünf auf das 18fache zu und dann wieder ab (s. Tab. 3.19). Bei Variante 2 stieg die Blattflä-

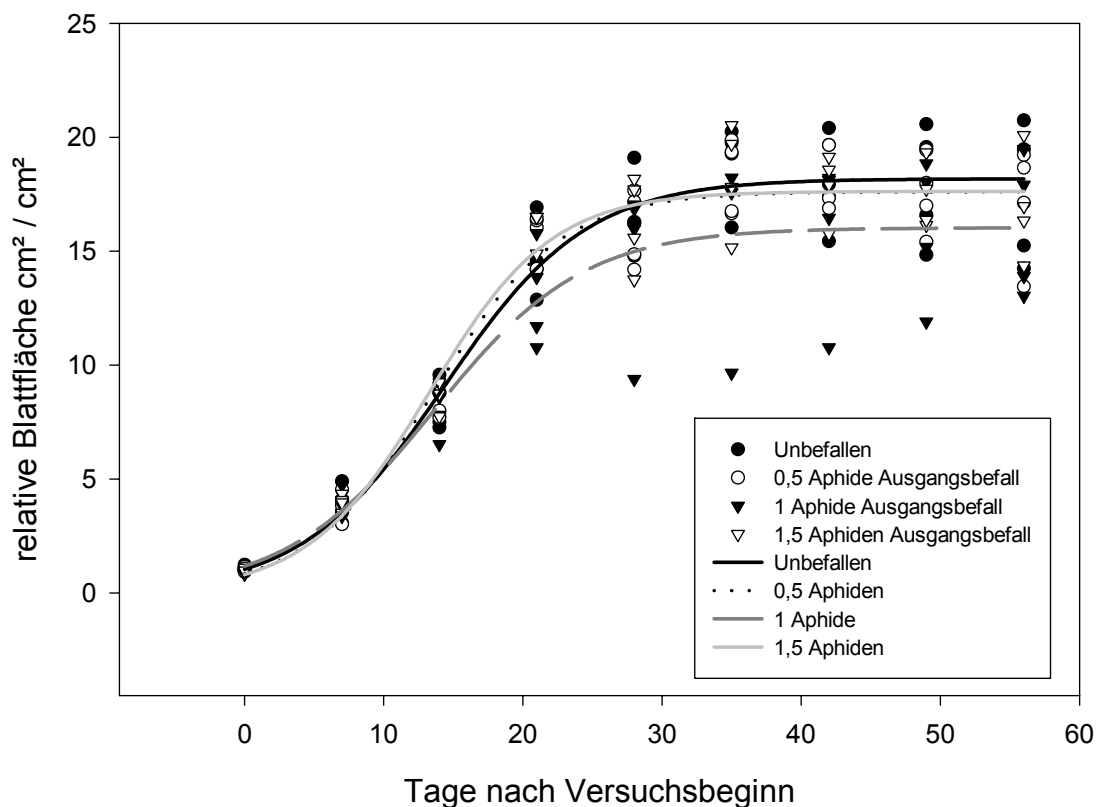
che bis zum Ende des Versuchs weiter an. Die relative Blattfläche der Variante 0 war ab Tag 9,84 gegenüber Variante 2 und ab Tag 26,91 gegenüber Variante 1 bzw. Tag 28,66 gegenüber Variante 3 erhöht.

Wie in den vorgehenden Versuchen beschreibt die relative Blattfläche im zeitlichen Verlauf eine sigmoide Kurve und folgt der Gleichung:

$$y = a / (1 + e^{-[(x-x_0)/b]})$$

$$\alpha = 0,005$$

Variante 0	a = 18,176	b = 5,134	x <sub>0</sub> = 14,379	r <sup>2</sup> = 0,93
Variante 1	a = 17,603	b = 4,552	x <sub>0</sub> = 13,577	r <sup>2</sup> = 0,95
Variante 2	a = 17,603	b = 4,552	x <sub>0</sub> = 13,577	r <sup>2</sup> = 0,95
Variante 3	a = 17,624	b = 4,385	x <sub>0</sub> = 13,286	r <sup>2</sup> = 0,95



**Abb. 3.10: Regression des Blattflächenwachstums als relative Blattfläche pro Pflanze für vier Befallsvarianten (0 / 0,5 / 1 / 1,5 Aphiden pro Pflanze Initialbefall, n=4), praxis-ähnliche Bedingungen**

### 3.3.1.4 Populationswachstum, wöchentliche Bonitur

Es bestanden signifikante Unterschiede in der Faktorstufe Befall und Woche bezüglich der Befallsparameter (Individuen/cm<sup>2</sup>, r<sub>m</sub>-Wert und Kumulativer Index). Die anfänglichen Unterschiede zwischen den Varianten traten ab Befallswoche vier nicht mehr auf (s. Tab. 3.20). Die höchsten Befallsdichten wies die Variante 2 (1,5 Aphiden Initialbefall) auf. Sie erreichte eine maximale Befallsstärke von 2,23 Individuen/cm<sup>2</sup> Blattfläche (SD ±2,23). Ab Woche sechs (Variante 2 und 3) bzw. sieben (Variante 1) nahm die Populationsdichte deutlich ab. Dies war auf das starke Auftreten von Blattlausantagonisten zurückzuführen, die ebenso hohe Dichten wie die Blattläuse erreichten. Die Wachstumsraten der Population (r<sub>m</sub>-Wert) spiegelten diese Entwicklung wieder. Die höchste Wachstumsrate (Mittel über Woche null bis sechs) hatte Variante 1 (0,207 SD ±0,26) gefolgt von Variante 2 und 3 (0,2 SD ±0,24, 0,15 SD ±0,22). Der Kumulative Blattlausindex (Blattlaustage) pro Quadratzentimeter war bei Variante 2 mit 41,599 (SD ±38,314) am höchsten, gefolgt von Variante 3 (32,384 SD ±5,441) und 1 (27,738 SD ±12,386).

**Tab. 3.20: Mittelwert und Standardabweichung des Populationswachstums von *A. gossypii* auf Gewächshausgurke, vier Befallsvarianten, praxisähnliche Bedingungen (n=4):**

KW	Individuendichte pro cm <sup>2</sup> Varianten			Wachstumsrate Varianten		
	1	2	3	1	2	3
25	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0
26	0,0002 SD ±0,00003	0,0003 SD ±0,00004	0,0004 SD ±0,00002	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0
27	0,0007 SD ±0,0009 a	0,003 SD ±0,001 b	0,005 SD ±0,002 c	0,23 SD ±0,198 a	0,427 SD ±0,053 b	0,442 SD ±0,084 b
28	0,005 SD ±0,005	0,01 SD ±0,02	0,009 SD ±0,006	0,33 SD ±0,28 a	0,1703 SD ±0,18997 b	0,2095 SD ±0,033 a
29	0,31 SD ±0,5	1,06 SD ±1,22	0,41 SD ±0,3	0,565 SD ±0,289	0,531 SD ±0,2395	0,438 SD ±0,182
30	0,32 SD ±0,3	1,08 SD ±1,12	0,75 SD ±0,3	0,089 SD ±0,19	0,1665 SD ±0,254	0,191 SD ±0,265
31	0,97 SD ±0,3995	2,35 SD ±2,23	1,62 SD ±1,36	0,234 SD ±0,212	0,0987 SD ±0,083	0,0799 SD ±0,157
32	1,73 SD ±1,54	1,38 SD ±1,198	1,16 SD ±0,695	0,042 SD ±0,177	-0,0397 SD ±0,07998	-0,031 SD ±0,197
33	1,3 SD ±1,83	0,13 SD ±0,13	1,33 SD ±1,81	-0,176 SD ±0,405	-0,402 SD ±0,108	-0,049 SD ±0,231

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Variante 0: kein Befall, 1: 0,5, 2: 1, 3: 1,5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze, KW = Kalenderwochen

Das Populationswachstum ließ sich nicht mit der Gleichung nach Entwistle & Dixon (1986) beschreiben. Es folgte einer linearen Funktion ( $r^2 = 0,12-0,38$ ). Grund war die ausgesprochen starke Dezimierung der Population durch Blattlausantagonisten. Ohne Berücksichti-

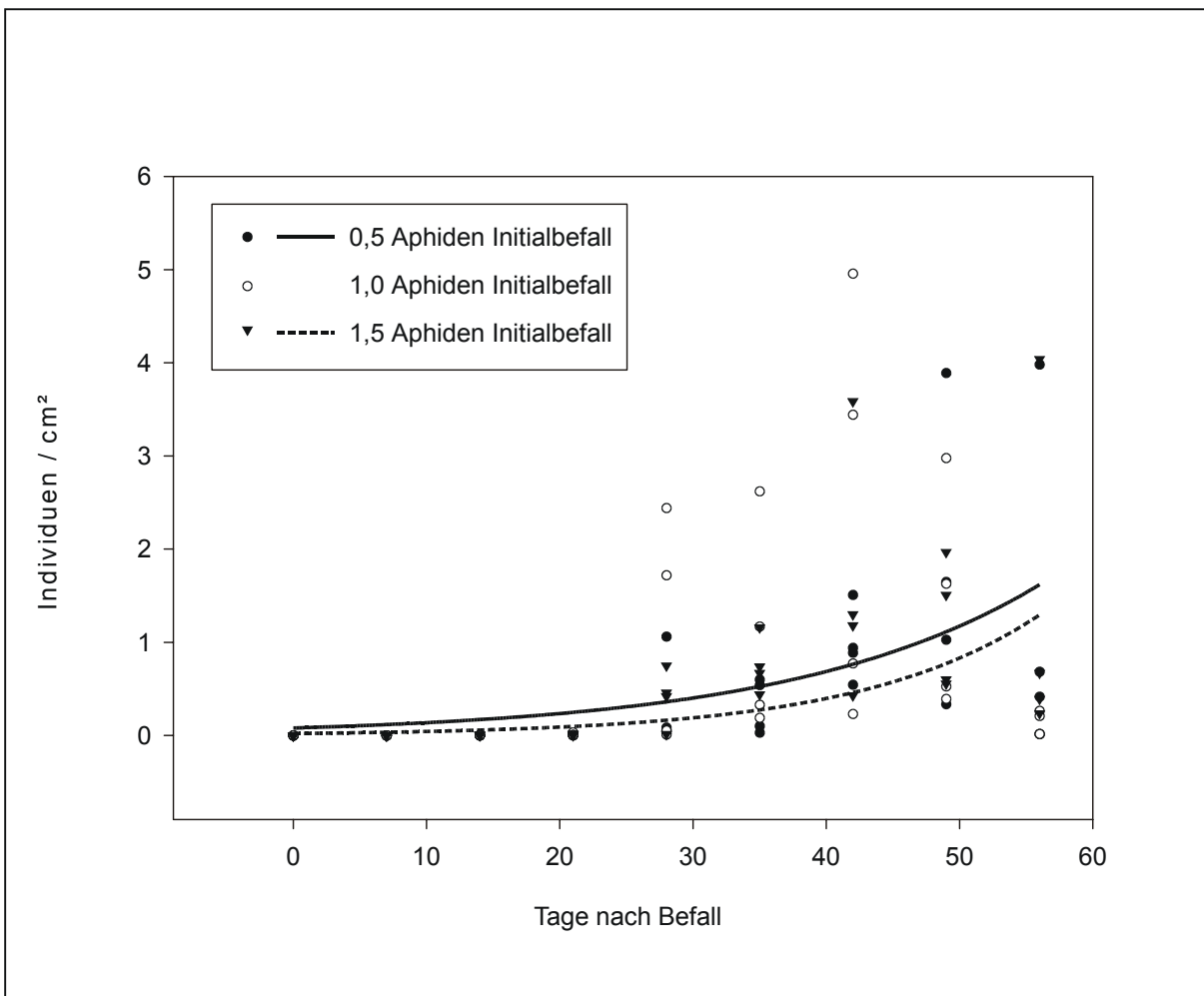


gung der letzten 14 Tage des Versuchs folgte das Populationswachstum dem Verlauf der Gleichung nach Entwistle & Dixon (1986). Die höchste Wachstumsrate wies Variante 2 auf.

$$y = a * e^{bx}$$

$\alpha = 0,005$

Variante	a	b	r <sup>2</sup>
Variante 1	0,0003	0,1936	0,65
Variante 2	0,0006	0,1993	0,42
Variante 3	0,0005	0,1919	0,58



**Abb. 3.11: Regression des Populationswachstums als Individuen pro cm<sup>2</sup> Blattfläche bei unterschiedlichem Initialbefall (0,5 / 1 / 1,5 Aphiden pro Pflanze Initialbefall, n=4), praxisähnliche Bedingungen**

### 3.3.1.5 Trockenmasse, Wachstumsraten und Schaden

Die Ergebnisse setzten sich bei dem Vergleich der Trockenmasse in Gramm pro Pflanze fort. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten, was auch auf die hohen Schwankungen innerhalb der Varianten zurückzuführen war. Im Vergleich zur Variante 0 (17354,49 g SD  $\pm$ 1015,94) war die gebildete Trockenmasse in Gramm pro Pflanze der

Variante 2 am niedrigsten (13973,17 g SD  $\pm$ 4706,92), gefolgt von Variante 1 und 2 (14679,79 SD  $\pm$ 2764,71; 15775,49 SD  $\pm$ 1472,02).

Es traten zwar Schäden von 1579-3381,33 g Trockenmasse pro Pflanze im Vergleich zur Variante 0 auf, diese ließen sich aber statistisch nicht absichern. Der kumulative Trockenmasseentzug (846,89 - 996,67 g pro Pflanze) der Blattlauspopulation war geringer als der gemessene Schaden pro Pflanze (siehe Abschnitt 3.2.1).

Eine Korrelationsanalyse ergab signifikant Zusammenhänge zwischen den Endwerten von:

- Ertrag in Früchten/Pflanze (Verkaufsware) und dem Schaden in Gramm pro Pflanze  $r = -0,846$  ( $\alpha = 0,0001$ ).
- Kumulativem Blattlausindex mit Trockenmasse in Gramm pro Pflanze  $r = -0,74$  ( $\alpha = 0,001$ ), mit den Wachstumsraten RWR und AWR  $r = -0,74$  ( $\alpha = 0,001$ ), dem Ertrag  $r = -0,54$  ( $\alpha = 0,03$ ) sowie dem Schaden  $r = 0,74$  ( $\alpha = 0,001$ )

Es blieben alle Korrelationen unberücksichtigt, die auf die üblichen Korrelationen der direkt voneinander abhängigen Parametern zurückzuführen waren. Es ließen sich außerdem keine signifikanten Regressionen mit  $r^2 > 0,5$  zwischen dem Schaden und anderen Parametern über die gesamte Versuchsdauer errechnen.

**Tab. 3.21: Mittelwert und Standardabweichung verschiedener Wachstumsparameter, vier Befallsvarianten, praxisähnliche Bedingungen (n=4):**

erhobene Parameter (g/Pfl.)	Varianten			
	0	1	2	3
gebildete TM	17354,49 SD $\pm$ 1015,94	14679,785 SD $\pm$ 2764,71	13973,17 SD $\pm$ 4706,92	15775,49 SD $\pm$ 1472,02
Tägl. AWR *	315,48 SD $\pm$ 18,47	266,85 SD $\pm$ 50,27	254,001 SD $\pm$ 85,58	286,77 SD $\pm$ 26,76
Kum. TM-Entzug der Population	0 SD $\pm$ 0	846,89 SD $\pm$ 364,16	992,33 SD $\pm$ 843,35	996,67 SD $\pm$ 213,82
Tägl. RWR *	0,157 SD $\pm$ 0,001	0,154 SD $\pm$ 0,0034	0,152 SD $\pm$ 0,0072	0,155 SD $\pm$ 0,0017
Schaden	0 SD $\pm$ 0	2674,71 SD $\pm$ 2764,72	3381,33 SD $\pm$ 4706,92	1579 SD $\pm$ 1472,02

\* nach Hunt (1982). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Var. 0: kein Befall, Var. 1: 0,5, Var. 2: 1, Var. 3: 1,5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze, KW = Kalenderwochen

### 3.3.2 Gewächshausversuch 2

In einem Gewächshaus der Versuchsstation für Gartenbau der Universität Hohenheim wurde während der Vegetationsperiode (Kalenderwoche 24-35, Tagesmitteltemperatur 20,21 °C, mittlere rel. Luftfeuchte pro Tag 77,43 %) der Versuch zur Schadwirkung von *A. gossypii* auf der veredelten (*C. ficifolia*) Gewächshausgurke der Sorte ‚Girola‘ durchgeführt. Es gab fünf Befallsvarianten (Variante 0: kein Befall, Variante 1<sub>1</sub>: Initialbefall 2 Aphiden früh, Variante

2\_1: 5 Aphiden früh, Variante 1\_2: 2 Aphiden spät und Variante 2\_2: 5 Aphiden spät pro Pflanze) mit jeweils vier Wiederholungen. Die Residuen der Daten waren normalverteilt. Es traten signifikante Unterschiede zwischen den Wochen und Varianten auf. Die Daten erfüllten die Bedingungen des GLM (general linear models) bezüglich der Variablen Blattfläche, Sprosslängenwachstum und Ertrag. Die Befallsvariablen (Individuen / cm<sup>2</sup>, Kumulativer Blattlausindex, r<sub>m</sub>-Wert) folgten dem Modell nicht, wiesen aber signifikante Unterschiede in allen Faktorstufen auf. Es trat während des Versuchs 1-10 % Mehltau und bei den Varianten 0 und 1\_1 *Alternaria sp.* auf, einige Pflanzen wurden chlorotisch und nekrotisch. Trotz des Einsatzes von Raubmilben wurden ab Kalenderwoche 34 starke Thripsschäden an Blättern und Früchten aller Varianten beobachtet. Die Mykosen wurden behandelt und der Ausfall von Pflanzen bei der Auswertung berücksichtigt.

### 3.3.2.1 Sprosslängenwachstum, wöchentliche Bonitur

Die Pflanzen aller Varianten hatten in der Kalenderwoche 26 die Länge von 2,2 m erreicht und wurden gekappt. Die Endlängen von 6,51 m (SD ±0,67) in Variante 0, 6,81 (SD ±0,28) in Variante 1\_1, 6,64 (SD ±0,5) in Variante 2\_1, 6,27 (SD ±0,76) in Variante 1\_2 und 6,72 (SD ±0,37) in Variante 2\_2 unterschieden sich nicht signifikant.

### 3.3.2.2 Fruchtertrag, wöchentliche Bonitur

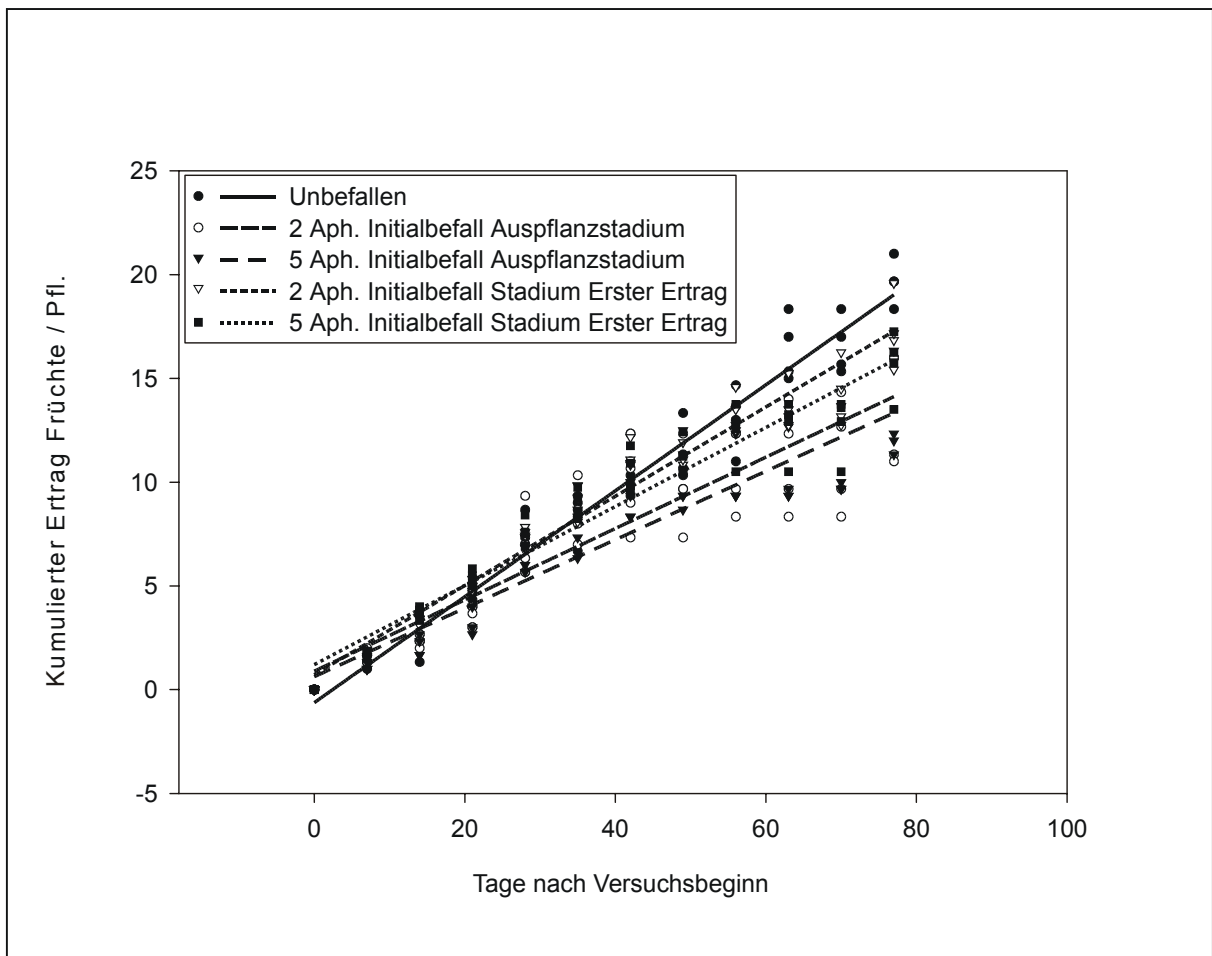
Der Ertragsverlauf der Varianten 1\_2 und 2\_2 war in den ersten Ertragswochen ausgeglichener als bei Variante 0 und den Varianten 1\_1 und 2\_1. Ansonsten verliefen die Ertragschwankungen der Varianten synchron. Sechs Wochen nach Befallsbeginn (KW 29) trat Aphidenbefall an den Früchten auf. Ab Woche sieben nahm der kumulierte Ertrag von Variante 1\_2 und 2\_2 ab und lag unter dem von Variante 0, war aber nicht signifikant reduziert. Der Wochenenertrag der Varianten 1\_1 und 2\_1 war zu diesem Zeitpunkt signifikant gegenüber der Variante 0 erniedrigt und blieb auch in den folgenden Versuchswochen geringer. Dies wurde durch den kumulierten Ertrag bestätigt, der bei den frühen Befallsvarianten (1\_1 und 2\_1) gegenüber der Variante 0 und den späten Befallsvarianten (1\_2, 2\_2) am Ende des Versuchs (11 Befallswochen) signifikant reduziert war. Die Ertragsminderung gegenüber Variante 0 betrug 30,95 % und 33,89 % bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 sowie 12,32 % und 20,21 % bei den Varianten 1\_2 und 2\_2. Eine Qualitätsminderung, die auf den Befall mit Blattläusen zurückzuführen gewesen wäre, war nicht nachweisbar. Die Varianten 1\_2 und 2\_2 hatten einen qualitativ höherwertigen Ertrag als Variante 0, obwohl ihr Gesamtertrag niedriger war. Die erste Ertragsreduktion trat bei der Variante 1\_1 am Tag 18,35 nach Versuchsbeginn auf, bei Variante 2\_1 am Tag 14,14 und bei den Varianten 1\_2 und 2\_2 an den Tagen 33,69 und 28,57.

Der kumulierte Ertrag als Fruchtzahl pro Pflanze ließ sich mit einer einfachen linearen Regression beschreiben.

$$y = y_0 * a^x$$

$$\alpha = 0,0001$$

Variante	$y_0$	$a$	$r^2$
Variante 0	$y_0 = -0,6208$	$a = 0,2551$	$r^2 = 0,96$
Variante 1_1	$y_0 = 0,8931$	$a = 0,1718$	$r^2 = 0,82$
Variante 2_1	$y_0 = 0,6282$	$a = 0,1650$	$r^2 = 0,88$
Variante 1_2	$y_0 = 0,7238$	$a = 0,2149$	$r^2 = 0,95$
Variante 2_2	$y_0 = 1,2078$	$a = 0,1904$	$r^2 = 0,93$



**Abb. 3.12: Regression des kumulierten Fruchtertrags (Früchte pro Pflanze) von fünf Befallsvarianten (0 / 2 / 5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze in den Wachstumsstadien Auspflanzung und Erster Ertrag, n= 5), praxisähnliche Bedingungen**

**Tab. 3.22: Mittelwerte und Standardabweichungen des Ertrags in Früchten pro Pflanze und Woche, unterteilt nach Qualität, fünf Varianten unter praxisähnliche Bedingungen (n=4)**

KW	Verkaufsfähige Ware, Varianten					Ausschussware, Varianten				
	0	1_1	1_2	2_1	2_2	0	1_1	1_2	2_1	2_2
24	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0	0 SD±0
25	0,67 SD±0,47 a	1,08 SD±0,32 ab	1,77 SD±0,23 b	0,58 SD±0,17 c	1,73 SD±0,19 b	0,75 SD±0,32 ab	0,42 SD±0,32 b	0,91 SD±0,17 a	0,5 SD±0,19 b	0,88 SD±0,195 a
26	0,67 SD±0,27 a	0,83 SD±0,58 a	1,67 SD±0,23 B	0,92 SD±0,57 a	2,08 SD±0,22 b	0,083 SD±0,17 a	0 SD±0 a	0,88 SD±0,08 b	0,083 SD±0,17 a	1,06 0,13 b
27	1,33 0,61	1,33 SD±0,82	1,94 SD±0,46	1,17 0,57	1,83 SD±0,2	0,5 SD±0,64 ab	0,25 SD±0,17 b	0,88 SD±0,17 a	0,33 SD±0,27 b	0,86 SD±0,03 a
28	2,33 SD±0,47 ab	1,58 SD±1,17 b	3,125 SD±0,32 a	1,92 SD±0,17 b	2,92 SD±0,33 a	0,83 SD±0,19 a	1,58 0,42 b	1,05 SD±0,27 a	1,083 SD±0,32 a	1,15 SD±0,18 a
29	1 SD±0,61	1,33 SD±0,27	1,5 SD±0,58	1,08 SD±0,57	1,33 SD±0,27	0,17 SD±0,19	0,083 SD±0,17	0,33 SD±0,47	0 SD±0	0 SD±0
30	1,75 SD±0,57	1,17 SD±0,64	1,67 SD±0,72	1 SD±0,72	0,92 SD±0,32	0,67 SD±0,47	0,17 SD±0,19	0,33 SD±0,47	0,33 SD±0,39	0,67 SD±0,27
31	0,42 SD±0,42	0,17 SD±0,33	0,25 0,32	0,58 SD±0,5	0,67 SD±0,27	0 SD±0	0 SD±0	0,083 SD±0,17	0,083 SD±0,17	0 SD±0
32	0,42 SD±0,5 a	0 SD±0 b	0,083 SD±0,17 Ab	0 SD±0 b	0,083 SD±0,17 ab	1,17 SD±0,69 ab	1 ab SD±0,72	1,67 SD±1,19 a	0,42 SD±0,5 b	1,17 SD±0,79 ab
33	0,92 SD±0,96 a	0 SD±0 b	0 SD±0 b	0 SD±0 b	0 SD±0 b	2,75 SD±1,13 a	0,083 SD±0,17 b	0,33 SD±0,39 b	0,17 SD±0,19 b	0,17 SD±0,33 b
34	0 SD±0	0 SD±0	0,25 SD±0,32	0,17 SD±0,33	0 SD±0	0,17 SD±0,33	0,17 SD±0,19	0,25 SD±0,32	0,33 SD±0,27	0,083 SD±0,17
35	1 SD±0,47 ab	0,42 SD±0,17 b	0,75 SD±0,42 ab	0,83 SD±0,43 ab	1,17 SD±0,58 a	2,08 SD±0,5	1,92 SD±0,92	2,33 SD±0,61	1,42 SD±0,17	1,83 SD±0,64

Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Var. 0: kein Befall, Var. 1: 0,5, Var. 2: 1, Var. 3: 1,5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze, KW = Kalenderwochen

### 3.3.2.3 Blattfläche, wöchentliche Bonitur

Die Ausgangsblattfläche (cm<sup>2</sup>) (6975,09 SD ±740,84 bei Variante 0, 6955,86 SD ±491,13 bei Variante 1\_1, 7360,24 SD ±273,13 bei Variante 2\_1) der verschiedenen Varianten unterschied sich nicht. In den ersten Versuchswochen stieg die Blattfläche der Varianten 1\_1 und 2\_1 gegenüber der Variante 0 an. Ab Kalenderwoche 29 (5. Befallswoche) nahm die Blattfläche der Variante 1\_1 und 2\_1 gegenüber der Variante 0 ab. Diese Reduktion war aber erst ab Kalenderwoche 33 (Befallswoche 9) signifikant (18112,98 SD ±3794,003 bei Variante 0, 11361,26 SD ±4232,66 bei Variante 1\_1, 10988,93 SD ±2404,098 bei Variante 2\_1). Die Blattfläche der späten Befallsvarianten 1\_2 und 2\_2 nahm gegenüber der Variante 0 ab Kalenderwoche 32 (Befallswoche 4) tendenziell ab. Sie war aber immer noch höher, als die der Varianten 1\_1 und 2\_2 und der Unterschied nicht signifikant. Insgesamt war die Blattfläche der einzelnen Varianten durch die Schnittmaßnahmen relativ konstant.

Die relative Blattfläche (s. Tab. 3.23) der Varianten 1\_1 und 2\_1 war zwischen Kalenderwoche 25-28 (Befallswochen 1-4) höher als die der Variante 0. Zwischen Kalenderwoche 28 und 29 sank die relative Blattfläche von Variante 1\_1 und eine Woche später die von Variante 2\_1 unter die von Variante 0. Ab Kalenderwoche 31 waren diese Unterschiede signifikant. Zwischen den Varianten 0, 1\_2 und 2\_2 traten keine signifikanten Unterschiede auf, Unterschiede bestanden nur zu den Varianten 1\_1 und 2\_1. Beim relativen Blattflächenzuwachs traten zwischen den Varianten keine signifikanten Unterschiede auf, der Zuwachs schwankte um 0,9-1,3.

Der Verlauf der relativen Blattfläche lässt sich mit einer Sättigungsfunktion beschreiben (s. Abb 3.13).

$$y = a * (1 - e^{-(b*x)})$$

$$\infty = 0,0001$$

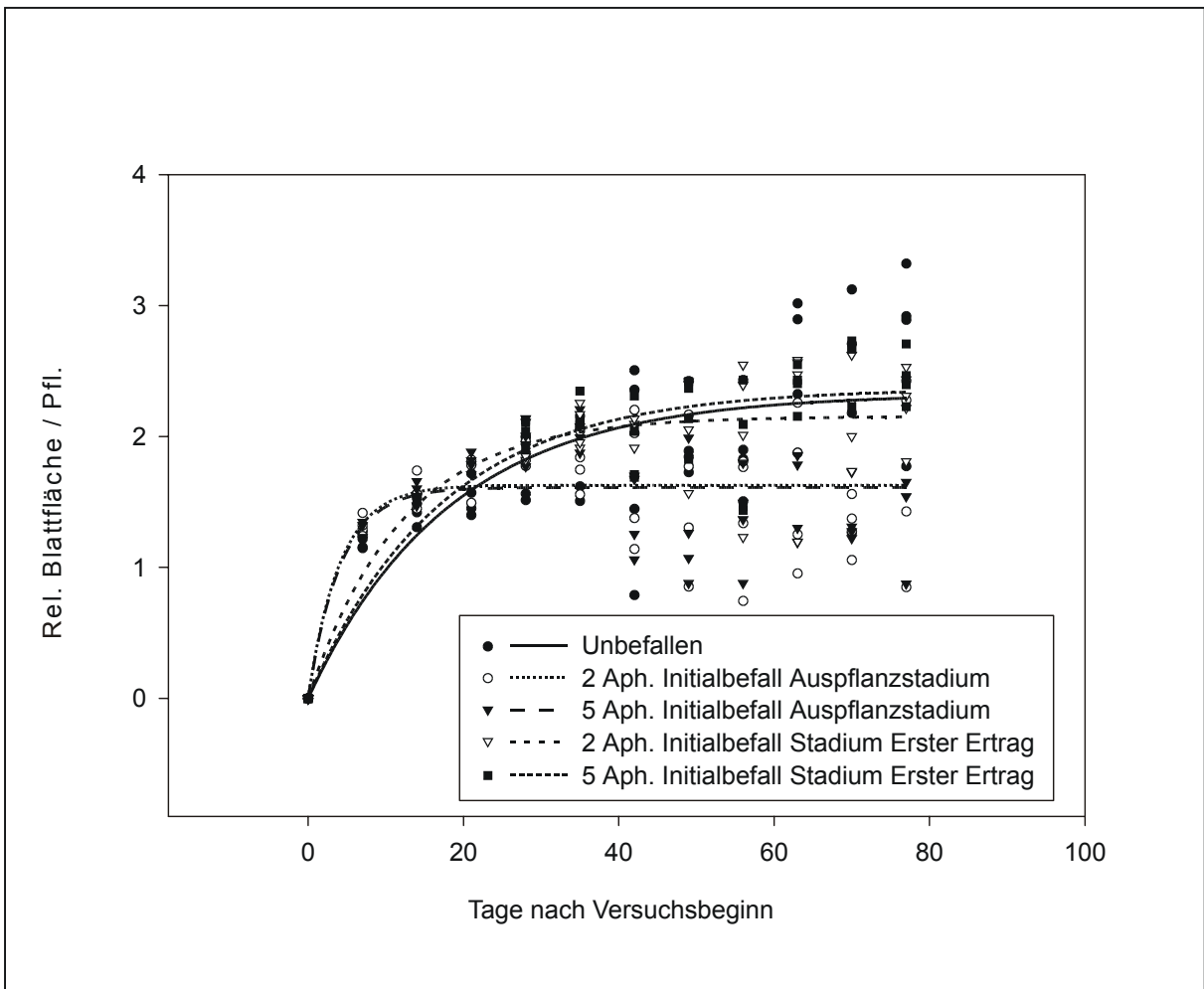
Variante 0	a = 2,3273	b = 0,0548	r <sup>2</sup> = 0,68
Variante 1_1	a = 1,6278	b = 0,248	r <sup>2</sup> = 0,59
Variante 2_1	a = 1,6103	b = 0,2397	r <sup>2</sup> = 0,62
Variante 1_2	a = 2,1533	b = 0,0825	r <sup>2</sup> = 0,797
Variante 2_2	a = 2,3661	b = 0,0580	r <sup>2</sup> = 0,86

Eine Reduktion der Relativen Blattfläche im Vergleich zur unbefallenen Variante 0 trat bei der Variante 1\_1 nach 21,96 Tagen nach Versuchsbeginn auf, bei der Variante 2\_1 nach 21,36 Tagen und bei Variante 1\_2 nach 41,21 Tagen. Variante 2\_2 hatte gegenüber Variante 0 keine Reduktion der relativen Blattfläche.

**Tab. 3.22: Mittelwerte und Standardabweichungen des Ertrag (Früchte/Pflanze/ Woche), unterteilt nach Qualität, fünf Varianten unter praxisähnliche Bedingungen (n=4)**

Kalender- woche	Mittlere relative Blattfläche pro Pflanze				
	Varianten				
	0	1_1	1_2	2_1	2_2
24	1 SD ±0	1 SD ±0	1 SD ±0	1 SD ±0	1 SD ±0
25	1,199 SD ±0,059 a	1,3 2SD ±0,07 ab	-	1,28 SD ±0,07 a	-
26	1,44 SD ±0,097	1,58 SD ±0,12	-	1,57 SD ±0,08	-
27	1,54 SD ±0,14 a	1,72 SD ±0,15 ab	-	1,799 SD ±0,07 b	-
28	1,77 SD ±0,27 a	1,86 SD ±0,08 ab	1,98 SD ±0,17 ab	1,91 SD ±0,098 ab	2,04 SD ±0,098 b
29	1,84 SD ±0,32 a	1,797 SD ±0,2 a	2,07 SD ±0,17 ab	2,04 SD ±0,14 ab	2,16 SD ±0,12 b
30	1,78 SD ±0,81	1,69 SD ±0,51	1,96 SD ±0,199	1,52 SD ±0,45	1,94 SD ±0,296
31	1,97 SD ±0,31 ab	1,52 SD ±0,57 bc	2,41 SD ±0,399 ab	1,3 SD ±0,49 c	2,19 SD ±0,27 a
32	1,92 SD ±0,38	1,42 SD ±0,495	2,05 SD ±0,59	1,39 SD ±0,38	1,86 SD ±0,49
33	2,53 SD ±0,53 a	1,59 SD ±0,59 bc	2,2 SD ±0,68 ab	1,533 SD ±0,34 b	2,39 SD ±0,17 a
34	2,32 SD ±0,8 a	1,32 SD ±0,21 b	2,16 SD ±0,38 a	1,39 0,23 b	2,58 SD ±0,23 a

Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Var. 0: unbefallen, Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 1\_2: 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“



**Abb. 3.13: Regression der relativen Blattfläche bei unterschiedlichem Initialbefall (0 / 2 / 5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze in den Wachstumsstadien Auspflanzung und Erster Ertrag, n = 5), praxisähnliche Bedingungen**

### 3.3.2.4 Populationswachstum, wöchentliche Bonitur

Die Befallsverläufe der Befallsvarianten (1\_1, 2\_1 und 1\_2, 2\_2) waren sehr ähnlich und glichen sich aneinander an. Der Blattlausbefall erreichte sein Maximum nach ca. 4-6 Befallswochen (Kalenderwoche 29-30 Varianten 1\_1, 2\_1 bzw. 30-31 Varianten 1\_2, 2\_2) mit 9,48 (SD  $\pm 2,89$ ) und 9,41 (SD  $\pm 2,699$ ) Individuen pro  $\text{cm}^2$  bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 sowie 5,502 (SD  $\pm 2,496$ ) und 4,84 (SD  $\pm 2,91$ ) Individuen/ $\text{cm}^2$  bei den Varianten 1\_2 und 2\_2. Ab Kalenderwoche 28 waren die Blattlauspopulationen durch das Auftreten von Blattlausantagonisten beeinflusst und wurden ab Kalenderwoche 31 (Befallswoche 8 bzw. 5) stark reduziert. Es wurden z.T. Parasitierungen von 100 % der Population beobachtet. In Kalenderwoche 30 traten verstärkt geflügelte Morphen auf.

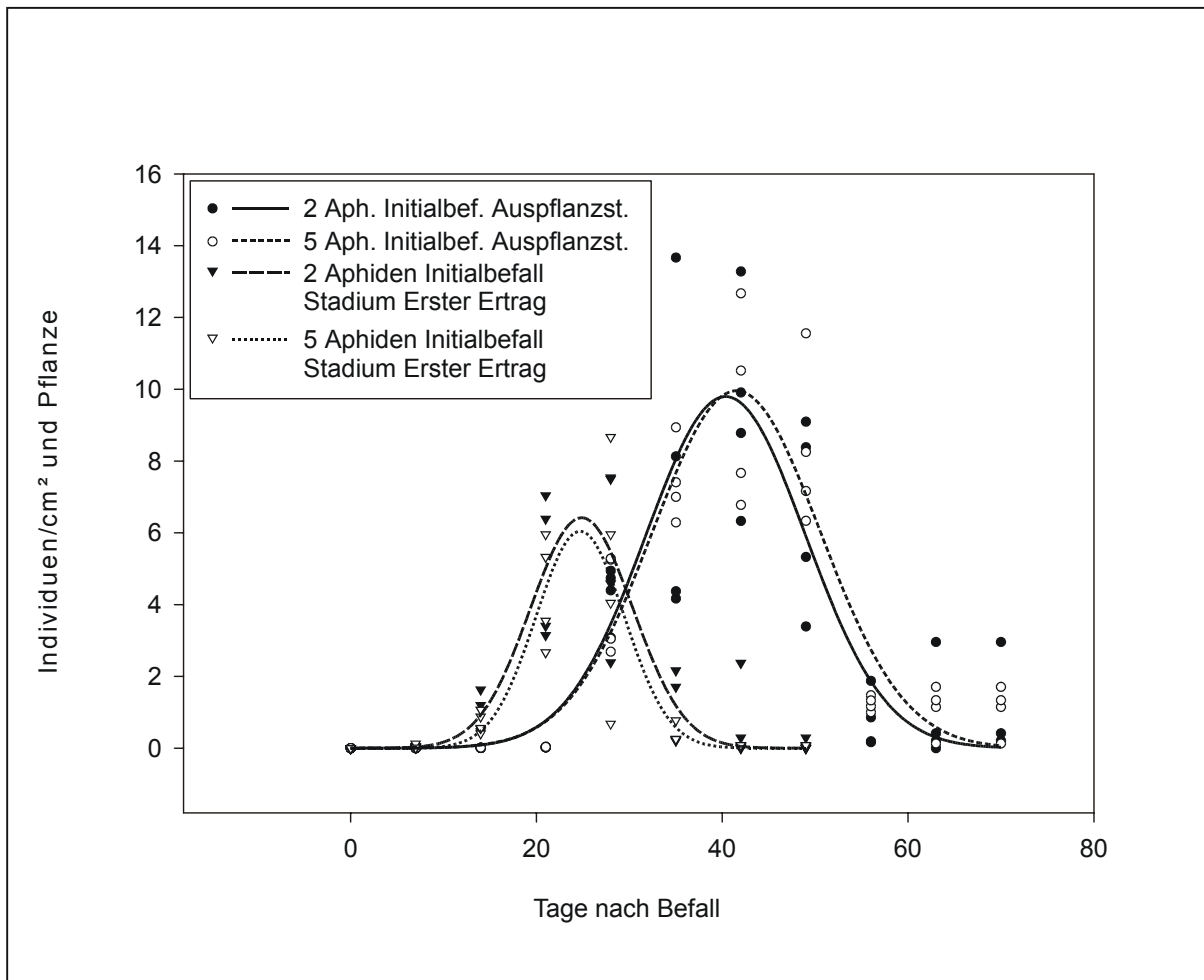
Bezieht man den Populationsverlauf auf den Befallsbeginn (Befallsbeginn entspricht Tag 0) so beschrieb er unter den herrschenden Bedingungen eine Maximumkurve, wobei bei einem späteren Befall (Variante 1\_2 und 2\_2) das Maximum früher und mit einer geringeren Individuendichte pro  $\text{cm}^2$  erreicht wurden als bei dem frühen Befall (Variante 1\_1, 2\_1).



$$y = a * e^{-0,5 \left( \frac{x-x_0}{b} \right)^2}$$

$\alpha = 0,0001$

Variante 1_1	a = 9,7968	b = 8,582	$x_0 = 40,3801$	$r^2 = 0,78$
Variante 2_1	a = 9,9590	b = 9,0186	$x_0 = 41,5265$	$r^2 = 0,87$
Variante 1_2	a = 6,4203	b = 5,5179	$x_0 = 24,8704$	$r^2 = 0,79$
Variante 2_2	a = 6,0434	b = 4,7594	$x_0 = 24,7131$	$r^2 = 0,74$



**Abb. 3.14: Verlauf des Populationswachstums als Individuen pro cm<sup>2</sup> Blattfläche bei unterschiedlichem Initialbefall und Befallszeitpunkt (2 / 5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze in den Wachstumsstadien Auspflanzung und Erster Ertrag, n = 5), praxisähnliche Bedingungen**

Die Individuendichten pro Fläche (cm<sup>2</sup>) und Pflanze zum Zeitpunkt der ersten Reduktion von Ertrag und relativer Blattfläche gegenüber der unbefallenen Variante 0 betragen:

- Variante 1\_1: 0,85 bei der relativen Blattfläche bzw. 0,36 beim kumulativen Ertrag
- Variante 2\_1: 0,81 bei der relativen Blattfläche bzw. 0,1 beim kumulativen Ertrag
- Variante 1\_2: 0,08 bei der relativen Blattfläche bzw. 1,79 beim kumulativen Ertrag
- Variante 2\_2: 4,39 beim kumulativen Ertrag

Der Anteil der durch Honigtau und Rußtau verschmutzten Blattfläche stieg bis auf über 70% der Blattfläche an. Ab Kalenderwoche 28 war die Verschmutzung der Blattoberfläche zu beobachten. Der Honigtau bedeckte bei den späten Befallsvarianten eine größere Fläche als bei den frühen, trotz geringerem Befall. Die zeitlichen Verläufe ab Befallsbeginn entsprachen der Populationsentwicklung. Die beiden Faktoren (Honigtau und Rußtau) nahmen keinen direkten Einfluss auf Ertrag und Qualität der Früchte.

Der  $r_m$ -Wert nach Entwistle & Dixon (1986) war bis Kalenderwoche 28 bei Variante 1\_1 signifikant höher als bei Variante 2\_1. In Kalenderwoche 29 bestanden keine Unterschiede mehr zwischen den Varianten 1\_1 und 2\_1. Zu diesem Zeitpunkt unterschieden sich nur noch die frühen (Variante 1\_1 und 2\_1) von den späten Befallsvarianten (Varianten 1\_2 und 2\_2). Ab Kalenderwoche 31 unterschieden sich die mit Aphiden befallenen Varianten nicht mehr. Die höchste Wachstumsrate war bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 in der vierten Befallswoche (0,74 SD  $\pm$ 0,035, 0,69 SD  $\pm$ 0,03) und bei den Varianten 1\_2 und 2\_2 in der ersten Befallswoche (0,484 SD  $\pm$ 0,164, 0,46 SD  $\pm$ 0,22) zu beobachten. Bezieht man das Wachstum auf den Befallsbeginn als Starttag der Populationsentwicklung bis zum Erreichen des Populationsmaximums (s. Abb. 3.14), so folgte das Wachstum der exponentiellen Funktion nach Entwistle & Dixon (1986). Der ermittelte  $r_m$ -Wert betrug 0,2259 bei Variante 1\_1 ( $a = 0,0007$ ;  $r^2 = 0,55$ ;  $\infty = 0,0001$ ), 0,2184 bei Variante 2\_1 ( $a = 0,0009$ ;  $r^2 = 0,61$ ;  $\infty = 0,0001$ ), 0,0905 bei Variante 1\_2 ( $a = 0,4808$ ;  $r^2 = 0,61$ ;  $\infty = 0,0001$ ) und 0,0923 bei Variante 2\_2 ( $a = 0,4018$ ;  $r^2 = 0,53$ ;  $\infty = 0,0001$ ).

Der Kumulierte Blattlausindex der Varianten 2\_1 (0,187 SD  $\pm$ 0,05) war von der ersten bis zur dritten Befallswoche signifikant höher, als der von Variante 1\_1 (0,124 SD  $\pm$ 0,01). Ab der vierten Befallswoche traten keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den beiden Varianten auf. Es wurde ein maximaler Wert in Individuen und Tagen pro Pflanze von 370,26 (SD  $\pm$ 203,94) in Variante 1\_1 und 411,78 SD  $\pm$ 138,12 in Variante 2\_1 erreicht. Zwischen den Varianten 1\_2 und 2\_2 traten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Kumulierten Blattlausindex auf. Er war bis in die fünfte Befallswoche deutlich höher als bei den Varianten 1\_1 und 2\_1. In den folgenden Befallswochen nahm der Kumulierte Blattlausindex der Varianten 1\_2 und 2\_2 wieder ab und bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 weiter zu, so dass er bei den späten Befallsvarianten 1\_2 und 2\_2 nur einen maximalen Wert von 138,5 (SD  $\pm$ 88,839) und 108,58 (SD  $\pm$ 77,74) Individuen und Tagen pro Pflanze erreichte. Dies ist im Zusammenhang mit dem Auftreten der Blattlausantagonisten zu sehen.

**Tab. 3.24: Mittelwerte und Standardabweichungen der Populationsdichte und Wachstumsrate von *A. gossypii* auf Gewächshausgurke, vier Varianten (n=4)**

KW	Individuen pro cm <sup>2</sup> und Pflanze				Wachstumsrate r <sub>m</sub> -Wert einer Population			
	Varianten				Varianten			
	1_1	1_2	2_1	2_2	1_1	1_2	2_1	2_2
24	0 SD ±0	-	0 SD ±0	-	0 SD ±0	-	0 SD ±0	-
25	0,0003 SD ±0,00002	-	0,0007 SD ±0,00003	-	0 SD ±0	-	0 SD ±0	-
26	0,006 SD ±0,0005 B	-	0,0011 SD ±0,00003 C	-	0,47 SD ±0,014 B	-	0,42 SD ±0,04 C	-
27	0,023 SD ±0,004 B	-	0,032 SD ±0,003 C	-	0,233 SD ±0,03 b	-	0,19 SD ±0,03 c	-
28	4,29 SD ±0,84 B	0,03 SD ±0,02 A	4,07 SD ±1,39 C	0,05 SD ±0,06 A	0,74 SD ±0,035 B	0 SD ±0 A	0,69 SD ±0,03 C	0 SD ±0 A
29	7,59 SD ±4,45 B	0,96 SD ±0,56 A	7,41 SD ±1,12 B	0,73 SD ±0,3 A	0,066 SD ±0,11 A	0,484 SD ±0,164 B	0,09 SD ±0,06 A	0,46 SD ±0,22 B
30	9,58 SD ±2,89 B	4,995 SD ±2,01 C	9,41 SD ±2,699 B	4,38 SD ±1,53 C	0,046 SD ±0,047 A	0,25 SD ±0,11 B	0,03 SD ±0,034 A	0,26 SD ±0,02 B
31	6,56 SD ±2,67	5,502 SD ±2,496	8,33 SD ±2,29	4,84 SD ±2,91	-0,06 SD ±0,03	0,009 SD ±0,074	-0,017 SD ±0,044	0,22 SD ±0,54
32	0,77 SD ±0,8 AB	1,082 SD ±1,003 B	1,24 SD ±0,21 B	0,37 SD ±0,27 AB	-0,37 SD ±0,17	-0,29 SD ±0,12	-0,27 SD ±0,023	-0,587 SD ±0,55
33	0,896 SD ±1,39	0,67 SD ±1,15	1,08 SD ±0,68	0,062 SD ±0,02	-0,001 SD ±0,16	-0,22 SD ±0,46	-0,069 SD ±0,165	-0,243 SD ±0,07
34	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0,00002 SD ±0,00005	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0
35	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0	0 SD ±0

Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet, Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Aupflanzstadium, Var. 1\_2 : 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Aupflanzstadium, Var. 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, KW=Kalenderwoche

Der Kumulative Blattlausindex pro cm<sup>2</sup> und Pflanze als Maß für Befallsdauer und Stärke betrug zum Zeitpunkt der ersten Reduktion von Ertrag und relativer Blattfläche gegenüber der unbefallenen Variante 0:

- Variante 1\_1: 21,92 bei der relativen Blattfläche bzw. 13,22 beim kumulativen Ertrag
- Variante 2\_1: 19,64 bei der relativen Blattfläche bzw. 4,41 beim kumulativen Ertrag
- Variante 1\_2: 72,5 bei der relativen Blattfläche bzw. 54,21 beim kumulativen Ertrag

Der geschätzte kumulierte Trockenmasseentzug durch die Blattläuse lag nach 11 bzw. 8 Befallswochen bei den Varianten 1\_1 und 2\_1 um 507,28-497,132 g pro Pflanze und bei den Varianten 2\_2 und 1\_2 um 203,54-277,12 g pro Pflanze. Die Varianten 1\_1 und 2\_1 weisen einen signifikant höheren Entzug als die Varianten 1\_2 und 2\_2 auf.

### 3.3.2.5 Trockenmasse, Wachstumsraten und Schaden

Die Trockenmasse der Einzelpflanzen war bei Variante 0 (1855,13 g / Pflanze SD ±135,32) am höchsten, und unterschied sich von Variante 1\_1 (1102,21 g / Pflanze SD ±299,15), 2\_1 (1101,86 g / Pflanze SD ±270,66) und 2\_2 (1467,05 g / Pflanze SD ±107,32) signifikant. Die Varianten 1\_1 und 2\_1 hingegen unterschieden sich nicht signifikant untereinander, aber von den anderen drei Varianten. Zwischen den Varianten 1\_2 und 2\_2 traten ebenfalls keine Unterschiede auf, der Trockenmasseertrag (gesamte gebildete Trockenmasse) der Variante 2\_2 war jedoch signifikant gegenüber Variante 0 reduziert. Die gleichen Zusammenhänge gelten für die AWR.

Die Korrelationsanalyse der Endwerte aller Varianten ergab signifikante Korrelationen zwischen:

- Blattlausindex (Maß für Befallsdauer und Intensität) pro cm<sup>2</sup> pro Pflanze und dem Schaden in Gramm Trockenmasse pro Pflanze ( $r = 0,746$ )
- Blattlausindex / Trockenmasse in g pro Pflanze ( $r = -0,745$ )
- Blattlausindex / Fruchtertrag Fruchtzahl pro Pflanze ( $r = -0,7$ )
- Blattlausindex / Trockenmasseentzug in g pro Pflanze ( $r=0,98$ )
- Blattlausindex / Honigtau ( $r = 0,75$ ) und Rußtau ( $r = 0,51$ ) in Prozent verschmutzter Blattoberfläche pro Pflanze
- Trockenmasseentzug / Schaden in g Trockenmasse pro Pflanze ( $r = 0,7$ )
- Trockenmasseentzug / Trockenmasseertrag ( $r = -0,656$ )
- Trockenmasseentzug / AWR ( $r = -0,797$ )
- Trockenmasseentzug / Fruchtertrag ( $r = -0,72$ )

- Schaden / Trockenmasseertrag ( $r = 0,797$ )
- Trockenmasseentzug und Schaden / RT ( $r = 0,5$ ) und HT ( $r = 0,80$ )

**Tab. 3.25: Mittelwerte und Standardabweichungen verschiedener Wachstumsparameter über neun Wochen, praxisähnliche Bedingungen (n=4)**

Variable pro Pflanze	Varianten				
	0	1_1	1_2	2_1	2_2
TM [g]	1855,13 SD $\pm 135,32$ a	1102,21 SD $\pm 299,15$ b	1601,04 SD $\pm 151,75$ ac	1101,86 SD $\pm 270,66$ b	1467,05 SD $\pm 107,32$ c
tägl. AWR* [g]	24,77 SD $\pm 1,76$ a	13,61 SD $\pm 3,89$ b	20,09 SD $\pm 1,97$ ac	13,61 SD $\pm 3,52$ b	18,35 SD $\pm 1,39$ c
tägl. RWR* [g]	0,051 SD $\pm 0,00106$ a	0,043 SD $\pm 0,004$ b	0,049 SD $\pm 0,0014$ a	0,043 SD $\pm 0,0033$ b	0,048 SD $\pm 0,0011$ a
Kum. Früchte	19,67 SD $\pm 1,09$ a	13,39 SD $\pm 2,79$ b	22,04 SD $\pm 1,89$ a	13 SD $\pm 2,26$ b	20,59 SD $\pm 0,83$ a
Schaden [g]	0 SD $\pm 0$ a	752,93 SD $\pm 299,15$ b	254,09 SD $\pm 151,75$ ac	753,28 SD $\pm 270,66$ b	388,08 SD $\pm 107,32$ c
kum. TM-Entzug der Population [g]	0 SD $\pm 0$ a	497,132 SD $\pm 257,79$ b	277,12 SD $\pm 163,12$ bc	507,28 SD $\pm 146,17$ b	203,54 SD $\pm 94,6999$ bc

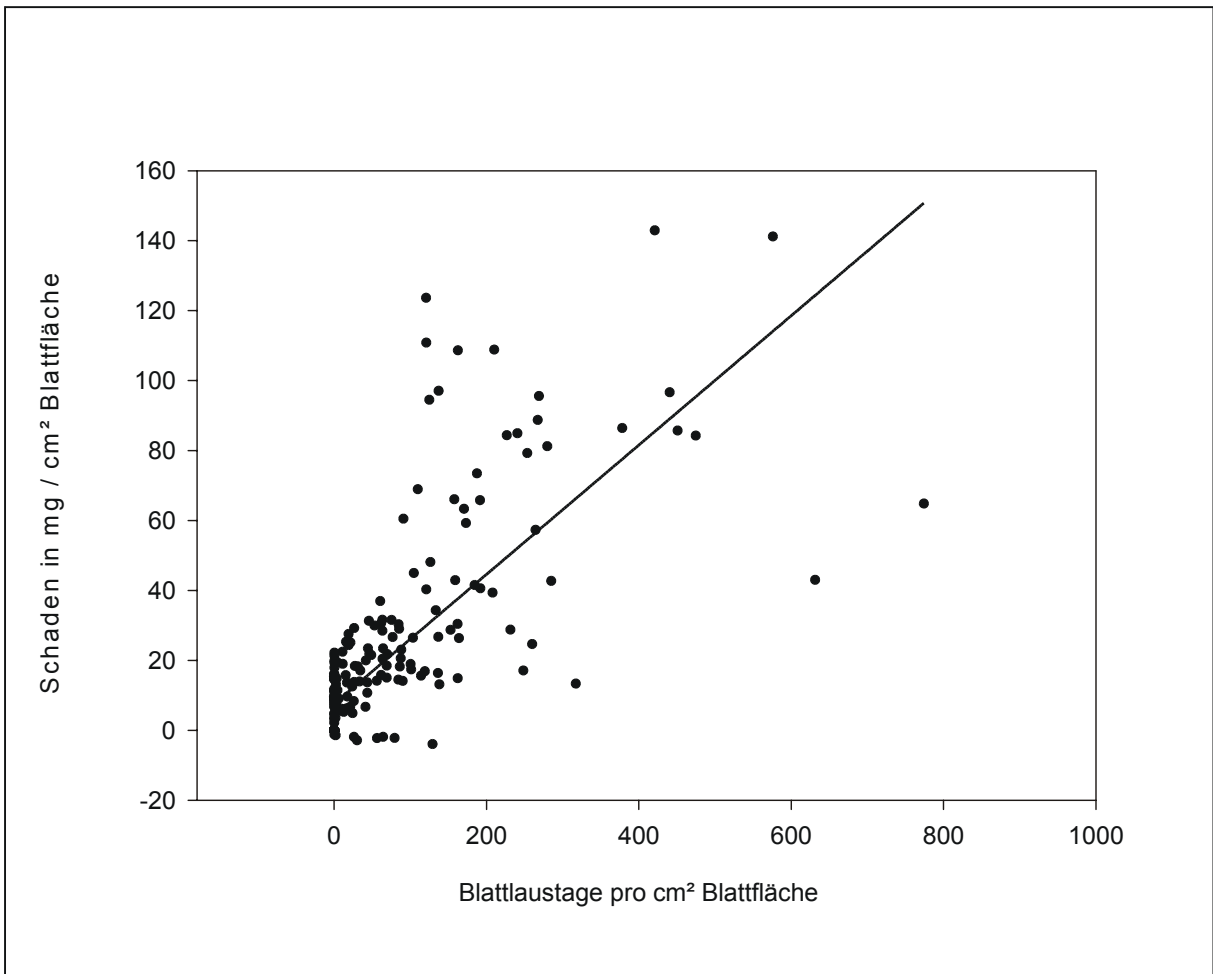
\* nach Hunt (1982). Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet, Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 1\_2: 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“

Der Zusammenhang von Schaden und Befall über die gesamte Versuchsdauer lässt sich mittels einer linearen Regression beschreiben:

$$y = 7,6017 + 0,1849 * x$$

$$\infty = 0,0001; r^2 = 0,55$$

x = Befall als kumulativer Index pro Quadratzentimeter Blattfläche  
y = Schaden als Gewicht [mg] pro Blattfläche [cm<sup>2</sup>]



**Abb. 3.15: Regression des Schadens in mg pro cm<sup>2</sup> Blattfläche mit dem kumulativen Blattlausindex pro cm<sup>2</sup> und Pflanze (0 / 2 / 5 Aphiden Initialbefall in den Wachstumsstadien Auspflanzung und Erster Ertrag, n = 4), praxisähnliche Bedingungen**

### 3.3.3 Gewächshausversuch 3

In einem Gewächshaus der Gartenbaulichen Versuchsstation der Universität Hohenheim wurde während der Vegetationsperiode (Kalenderwoche 23-31, Tagesmitteltemperatur 20,47 °C, mittl. rel. Luftfeuchte pro Tag 70,99 %) der Versuch zur Schadwirkung von *A. gossypii* auf veredelten (*C. ficifolia*) Gewächshausgurken der Sorte ‚Girola‘ durchgeführt. Es gab fünf Befallsvarianten (Variante 0: kein Befall, Variante 1\_1: Initialbefall 2 Aphiden früh, Variante 2\_1: 5 Aphiden früh, Variante 1\_2: 2 Aphiden spät und Variante 2\_2: 5 Aphiden spät pro Pflanze) mit jeweils vier Wiederholungen. Die Residuen der Daten waren nicht normalverteilt und entsprachen nicht dem linearen Modell des GLM.

Bei der Berechnung der Korrelationen ergeben sich keine signifikanten Zusammenhänge, die auf einen Einfluss der Aphiden zurückzuführen wären.

#### 3.3.3.1 Sprosslängenwachstum, wöchentliche Bonitur

Die Sprosslänge überschritt bei allen Varianten innerhalb der ersten fünf Wochen nach Versuchsbeginn die Länge von 2,4 m, nach deren Erreichen die Pflanzen gestutzt wurden. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten.

### 3.3.3.2 Fruchtertrag, wöchentliche Bonitur

Der wöchentliche Ertrag der Varianten unterschied sich nur in Woche 29 signifikant. Die Erntemenge in Früchten pro Pflanze war bei Variante 1\_1 signifikant höher (3,25 SD  $\pm$ 0,995) als die von Variante 2\_2 (1,75 SD  $\pm$ 0,74). Der kumulierte Gesamtertrag (keine Berücksichtigung der Qualität, s. Tab. 3.26) war bei Variante 0 am höchsten (13,5 SD  $\pm$ 1,73). Unter Berücksichtigung der Fruchtqualität war der kumulierte Verkaufsertrag (pro Versuchsparzelle) der Variante 2\_2 am niedrigsten (9,05 SD  $\pm$ 11,03) und gegenüber dem der Variante 0 (10,2 SD  $\pm$ 7,07) signifikant reduziert. Der Anteil an Ausschussware am Gesamtertrag schwankte bei allen Varianten zwischen 34 % und 39,96 %.

**Tab. 3.26: Mittelwerte und Standardabweichungen des wöchentlichen Fruchtertrags pro Pflanze, fünf Varianten, praxisähnliche Bedingungen (n=4)**

KW	Wöchentliche Fruchtzahl pro Pflanze				
	Variante 0	Variante 1_1	Variante 1_2	Variante 2_1	Variante 2_2
23	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0
24	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0	0 SD $\pm$ 0
25	0,42 SD $\pm$ 0,32	0,67 SD $\pm$ 0,47	0,52 SD $\pm$ 0,08	0,5 SD $\pm$ 0,33	0,77 SD $\pm$ 0,35
26	2,67 SD $\pm$ 0,54	2,58 SD $\pm$ 0,5	2,02 SD $\pm$ 0,46	2,25 SD $\pm$ 0,69	1,96 SD $\pm$ 0,36
27	2,33 SD $\pm$ 0,27	2,33 SD $\pm$ 0,47	2 SD $\pm$ 0,82	2,75 SD $\pm$ 0,32	2,42 SD $\pm$ 1,26
28	1,833 SD $\pm$ 0,64	0,92 SD $\pm$ 0,32	1 SD $\pm$ 0,77	1,17 SD $\pm$ 0,43	1,42 SD $\pm$ 0,79
29	2,25 SD $\pm$ 0,88 ab	3,25 SD $\pm$ 0,995 a	2,58 SD $\pm$ 0,5 Ab	2,5 SD $\pm$ 0,69 ab	1,75 SD $\pm$ 0,74 b
30	1,58 SD $\pm$ 0,83	1,58 SD $\pm$ 0,17	2,33 SD $\pm$ 0,61	1,5 SD $\pm$ 0,43	1,75 SD $\pm$ 0,69
31	2,42 SD $\pm$ 1,57	2,08 SD $\pm$ 0,88	2,42 SD $\pm$ 0,5	1,92 SD $\pm$ 0,74	1,33 SD $\pm$ 1,05

Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Var. 0: unbefallen, Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 1\_2: 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, KW = Kalenderwoche

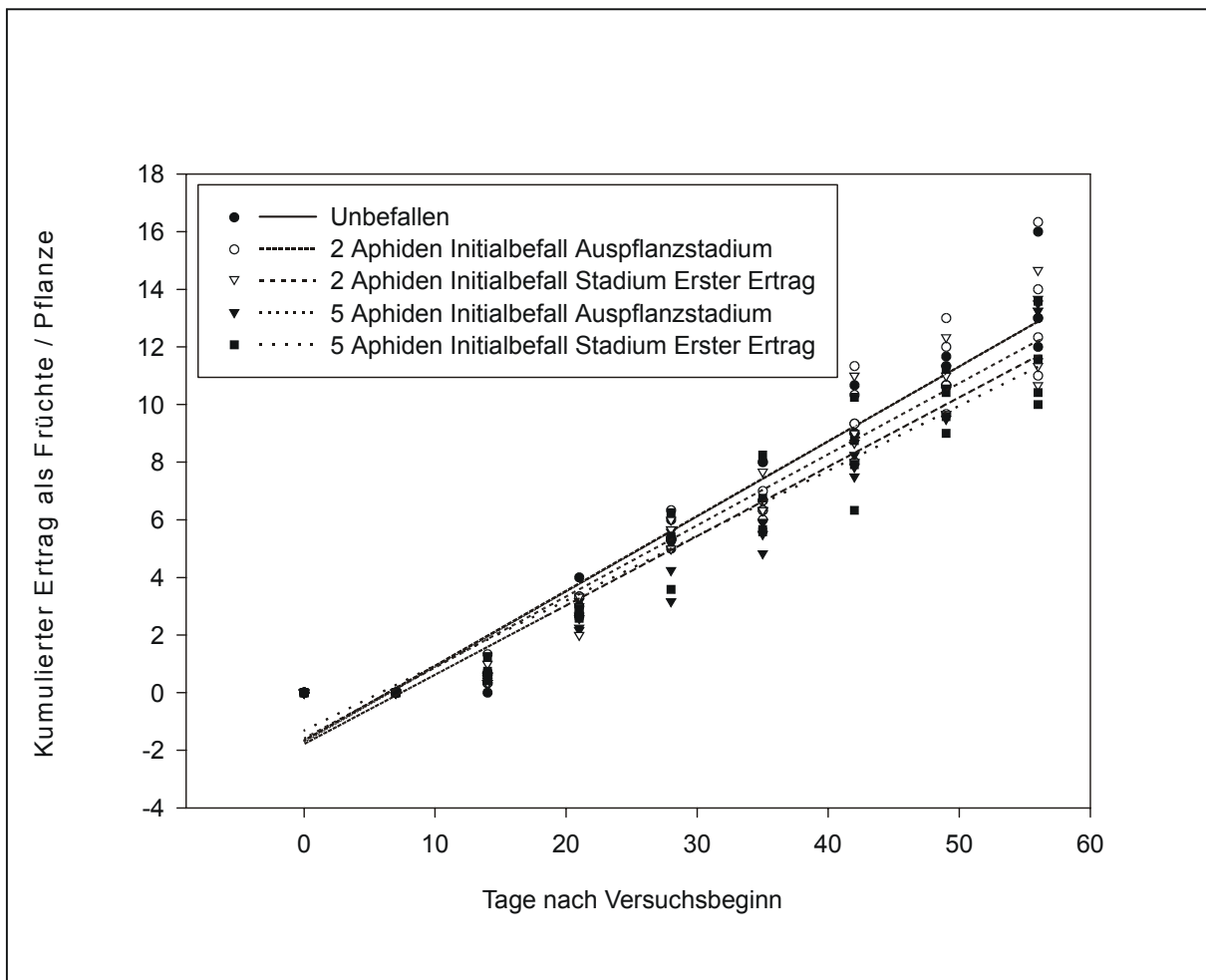
Der kumulierte Ertrag als Fruchtzahl pro Pflanze lässt sich mit einer einfachen linearen Regression beschreiben.

$$y = y_0 + a x$$

$$\alpha = 0,0001$$

Variante	$y_0$	$a$	$r^2$
Variante 0	-1,722	0,2609	0,95
Variante 1_1	-1,6612	0,2597	0,95
Variante 2_1	-1,5908	0,2466	0,94
Variante 1_2	-1,7829	0,2407	0,94
Variante 2_2	-1,3148	0,2254	0,94

Es traten keine bedeutenden Unterschiede in der Ertragsbildung zwischen den einzelnen Varianten auf.



**Abb. 3.16: Regression des kumulierten Ertrags(Früchte pro Pflanze) bei unterschiedlichem Initialbefall (0 / 2 / 5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze in den Wachstumsstadien Auspflanzung und Erster Ertrag, n = 5), praxisähnliche Bedingungen**

### 3.3.3.3 Blattfläche, wöchentliche Bonitur

Die geringste absolute Blattfläche hatte Variante 0, das Wachstum der Pflanzen war aber im Vergleich zu den mit Blattläusen befallenen Varianten am ausgeglichensten. Der insgesamt geringe Blattlausbefall wirkte eher fördernd als mindernd auf das Blattflächenwachstum der Pflanzen. Ein Vergleich der relativen Blattflächen (Tab. 3.27) zeigte ein der absoluten Blatt-



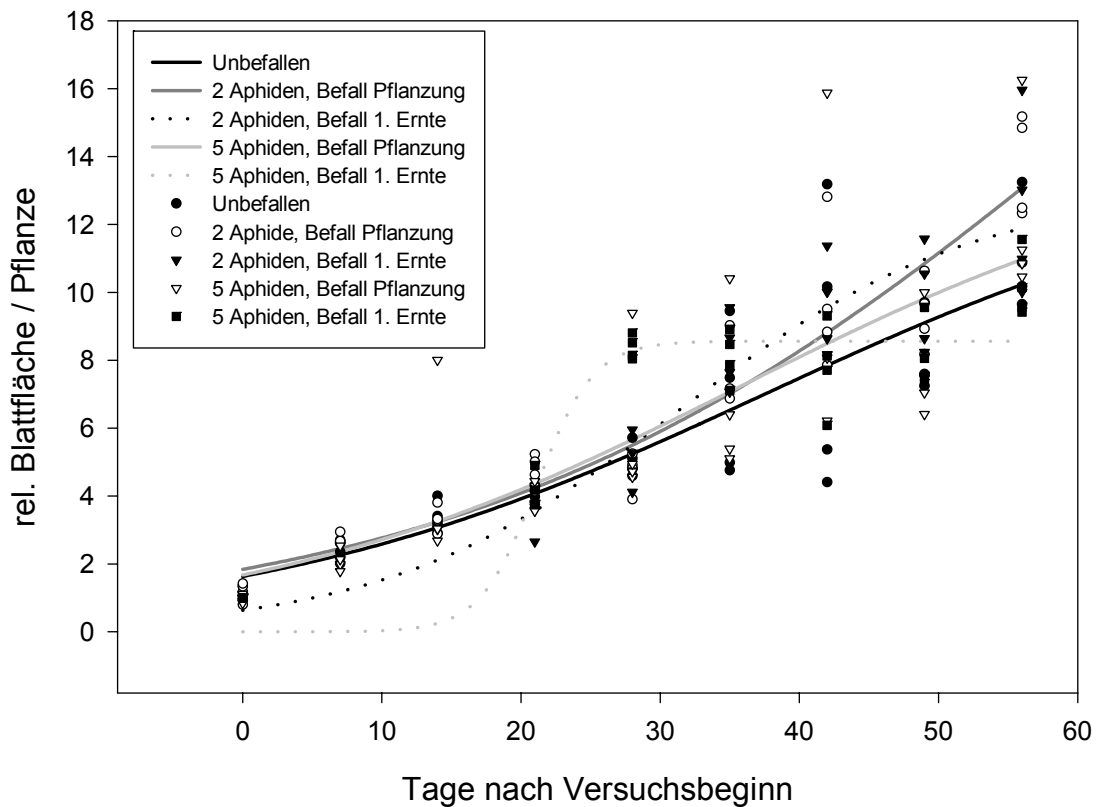
fläche entsprechendes Ergebnis. Die größte relative Blattfläche hatte Variante 1\_1 (13,71 SD  $\pm$ 1,51) gefolgt von Variante 1\_2 (12,49 SD  $\pm$ 2,63) und Variante 0 (10,99 SD  $\pm$ 1,59). Die geringste Blattfläche fand man bei Variante 2\_2 (10,17 SD  $\pm$ 0,98). Es liess sich kein negativer Einfluss des Blattlausbefalls auf die Blattfläche nachweisen. Das geringere Blattflächenwachstum bei den Varianten 2\_2 und 0 im Vergleich zu den anderen Varianten muss durch andere Faktoren verursacht worden sein.

Die verschiedenen Varianten unterschieden sich nicht hinsichtlich des relativen wöchentlichen Zuwachses der Blattfläche. In der ersten Woche war der Zuwachs am größten (Verdoppelung der Blattfläche). Anschließend schwankte der Zuwachs um eins, nur bei den Varianten 1\_1 und 2\_2 stieg er in der vierten bzw. ersten Befallswoche noch einmal auf über zwei an.

**Tab. 3.27: Mittelwerte und Standardabweichungen des Blattflächenwachstums als mittlere Relative Blattfläche pro Pflanze für fünf Varianten (n=4), praxisähnliche Bedingungen**

Kalender- woche	Relative Blattfläche				
	Variante 0	Variante 1_1	Variante 1_2	Variante 2_1	Variante 2_2
23	1,117 SD $\pm$ 0,18	1,18 SD $\pm$ 0,28	-	0,96 SD $\pm$ 0,12	-
24	2,29 SD $\pm$ 0,25 a	2,74 SD $\pm$ 0,14 b	-	2,11 SD $\pm$ 0,32 a	-
25	3,38 SD $\pm$ 0,47	3,33 SD $\pm$ 0,38	-	4,19 SD $\pm$ 2,55	-
26	4,19 SD $\pm$ 0,15 ab	4,75 SD $\pm$ 0,48 a	4,07 SD $\pm$ 0,55 ab	3,995 SD $\pm$ 0,44 b	4,14 SD $\pm$ 0,54 ab
27	5,06 SD $\pm$ 0,49	13,5 SD $\pm$ 17,02	5,02 SD $\pm$ 0,78	5,91 SD $\pm$ 2,33	8,38 SD $\pm$ 0,35
28	6,67 SD $\pm$ 2,23	11,63 SD $\pm$ 7,94	8,23 SD $\pm$ 1,1	6,83 SD $\pm$ 2,45	8,09 SD $\pm$ 0,78
29	8,28 SD $\pm$ 4,13	9,75 SD $\pm$ 2,15	12,51 SD $\pm$ 4,14	9,59 SD $\pm$ 4,29	7,81 SD $\pm$ 1,33
30	8,02 SD $\pm$ 1,13 ab	9,35 SD $\pm$ 1,05 ab	9,75 SD $\pm$ 1,58 ab	7,73 SD $\pm$ 1,57 b	8,12 SD $\pm$ 1,01 ab
31	10,99 SD $\pm$ 1,59 ab	13,71 SD $\pm$ 1,51 a	12,49 SD $\pm$ 2,63 ab	12,21 SD $\pm$ 2,72 ab	10,17 SD $\pm$ 0,98 b

Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Var. 0: unbefallen, Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 1\_2: 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“



**Abb. 3.17: Regression der relativen Blattfläche bei unterschiedlichem Initialbefall (0 / 2 / 5 Aphiden Initialbefall pro Pflanze in den Wachstumsstadien Auspflanzung und Erster Ertrag, n = 5), praxisähnliche Bedingungen**

Der Wachstumsverlauf der relativen Blattfläche lässt sich mit einer sigmoiden Funktion beschreiben.

$$y = a / (1 + e^{-[(x-x_0)/b]})$$

$$\alpha = 0,0001$$

Variante	a	b	x <sub>0</sub>	r <sup>2</sup>
Variante 0	13,9916	18,5229	37,4823	0,77
Variante 1_1	30,2785	22,7525	62,2585	0,91
Variante 2_1	14,4178	17,5882	35,6665	0,67
Variante 1_2	13,0242	10,5565	31,3173	0,89
Variante 2_2	8,5637	2,0295	21,1207	0,89

### 3.3.3.4 Populationswachstum, wöchentliche Bonitur

**Tab. 3.28: Mittelwerte und Standardabweichungen der Populationsdichte und Wachstumsrate von *A. gossypii* auf Gewächshausgurke, vier Varianten unter praxisähnlichen Bedingungen (n = 4)**

KW	Mittlere Individuenzahl / cm <sup>2</sup>				Wachstumsrate (r <sub>m</sub> -Wert)			
	Variante 1_1	Variante 1_2	Variante 2_1	Variante 2_2	Variante 1_1	Variante 1_2	Variante 2_1	Variante 2_2
23	0,0007 SD ±0,0002	-	0,002 SD ±0,0003	-	0 SD ±0	-	0 SD ±0	-
24	0,013 SD ±0,0097	-	0,016 SD ±0,01	-	0,51 SD ±0,085	-	0,298 SD ±0,287	-
25	0,012 SD ±0,012	-	0,008 SD ±0,012	-	-0,03 SD ±0,227	-	-0,039 SD ±0,136	-
26	0,016 SD ±0,013 b	0,0002 SD ±0,0004 a	0,009 SD ±0,015 ab	0,0005 SD ±0,00006 A	0,128 SD ±0,061	-	-0,186 SD ±0,478	-
27	0,015 SD ±0,012 b	0,0034 SD ±0,001 a	0,008 SD ±0,01 ab	0,005 SD ±0,0006 Ab	0,082 SD ±0,032 a	0,426 SD ±0,051 b	0,265 SD ±0,473 ab	0,438 SD ±0,0168 B
28	0,008 SD ±0,003 b	0,0014 SD ±0,0008 ac	0,004 SD ±0,003 abc	0,006 SD ±0,006 Bc	-0,051 SD ±0,061	0,0145 SD ±0,156	0,062 SD ±0,223	-0,029 SD ±0,115
29	0,004 SD ±0,005	0,003 SD ±0,005	0,002 SD ±0,003	0,007 SD ±0,0099	-0,076 SD ±0,055	0,0009 SD ±0,083	-0,044 SD ±0,053	-0,095 SD ±0,178
30	0,034 SD ±0,063	0,005 SD ±0,006	0,007 SD ±0,008	0,007 SD ±0,008	0,194 SD ±0,302	0,149 SD ±0,449	0,316 SD ±0,168	0,023 SD ±0,397
31	0,042 SD ±0,08	0,003 SD ±0,006	0,008 SD ±0,012	0,0072 SD ±0,01	0,094 SD ±0,138	-0,037 SD ±0,249	0,114 SD ±0,089	-0,037 SD ±0,146

Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet; Var. 0: unbefallen, Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 1\_2: 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, KW = Kalenderwoche

Der Blattlausbefall war über die gesamte Versuchsdauer sehr gering. Bei keiner der mit Blattläusen infizierten Pflanzen überschritt er die Befallsstärke von einem Individuum pro Pflanze. Die Ursache für die geringen Befallsstärken war das Auftreten von Blattlausantagonisten. Aus diesem Grunde schwankte auch die Wachstumsrate nach Entwistle & Dixon (1986) von Woche zu Woche stark und war zu Befallsbeginn bei allen Varianten am höch-

ten. Selbst der Kumulative Blattlausindex war so niedrig, dass er einen Blattlaustag pro Quadratcentimeter nicht überschritt (Vergleiche Gewächshausversuch 1 mit 27-41 Blattlaustagen bzw. Gewächshausversuch 2 mit 300-400 Blattlaustagen). Der rechnerisch ermittelte Entzug war dementsprechend gering, im Maximum lag er bei 3 g Trockenmasse pro Pflanze für Variante 1\_1. Eine abgesicherte Regression des Populationswachstums ließ sich auf Grund der großen Streuung der Individuenzahlen pro Fläche nicht errechnen.

### 3.3.3.5 Trockenmasse, Wachstumsraten und Schaden

Auf Grund des geringen Befalls trat keine signifikante Reduktion der Ertragsdaten (TM in Gramm, Zahl der Früchte, AWR pro Pflanze) auf, die im Zusammenhang mit der Befallsstärke standen. Es wurden signifikante Unterschiede zwischen Variante 1\_1 und 2\_2 beobachtet, wobei die gebildete Trockenmasse (in g) pro Pflanze von Variante 2\_2 geringer war als die der Variante 1\_1. Dementsprechend sind die Trockenmasseschäden verteilt. Nur Variante 2\_2 weist einen höheren Schaden von 186,96 g (SD  $\pm$ 165,6) Trockenmasse pro Pflanze auf.

**Tab. 3.29: Mittelwerte und Standardabweichungen verschiedener Wachstumsparameter über acht Wochen, praxisähnliche Bedingungen (n = 4)**

Variable pro Pflanze	Varianten				
	0	1_1	1_2	2_1	2_2
gebildete TM [g]	2154,29 SD $\pm$ 152,18 ab	2251,22 SD $\pm$ 368,93 a	2154,13 SD $\pm$ 159,02 ab	2183,17 SD $\pm$ 233,63 ab	1967,34 SD $\pm$ 165,6 b
kum. Früchte	13,5 SD $\pm$ 1,73	13,417 SD $\pm$ 2,29	12,88 SD $\pm$ 0,92	12,58 SD $\pm$ 1,89	11,39 SD $\pm$ 1,61
tägl. AWR [g] *	38,85 SD $\pm$ 2,77	40,62 SD $\pm$ 6,71	38,85 SD $\pm$ 2,89	39,38 SD $\pm$ 4,25	35,45 SD $\pm$ 3,01
tägl. RWR [g] *	0,088 SD $\pm$ 0,001	0,088 SD $\pm$ 0,003	0,088 SD $\pm$ 0,001	0,088 SD $\pm$ 0,002	0,086 SD $\pm$ 0,002
Schaden [g]	0,00 SD $\pm$ 0,00	-96,93 SD $\pm$ 368,93	0,158 SD $\pm$ 159,02	-28,88 SD $\pm$ 233,63	186,95 SD $\pm$ 165,6
kum. Entzug [g] / Pfl.	0 SD $\pm$ 0	17,31 SD $\pm$ 11,08	0,94 SD $\pm$ 0,33	13,61 SD $\pm$ 9,98	1,92 SD $\pm$ 0,74

\* nach Hunt (1982). Var. 1\_1: 2 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 1\_2: 2 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“, Var. 2\_1: 5 Aphiden, Gurken im Auspflanzstadium, Var. 2\_2: 5 Aphiden, Gurken im Stadium „Erster Ertrag“.

Eine Regression von Schaden und Befall war auf Grund der großen Streuung der Daten und des geringen Aphidenbefall nicht möglich. Es traten keine Schädigungen der Gurkenpflanzen auf, die im kausalen Zusammenhang mit dem Befall der Pflanzen durch *A. gossypii* gesehen werden könnten.

## 4 Diskussion

### 4.1 Einfluß von Sorte und Veredelung auf *A. gossypii* unter kontrollierten Bedingungen

Zur Klärung des Einflusses der Wirtspflanzensorte und der Veredelungsunterlage auf die Vermehrung bzw. das Vermehrungspotential von *A. gossypii* wurden verschiedene Parameter (Entwicklungs-, Reproduktions-, Lebensdauer, Vermehrungspotential: Weibchengewicht, RWR, Fertilität) herangezogen. Die Daten waren für die Bewertung des Schadpotentials von *A. gossypii* von Bedeutung. Die Eignung dieser Parameter als Merkmale der Wirtseignung ist durch verschiedene Veröffentlichungen belegt. Auclair (1989) stellte fest, daß die Antibiosis von *C. melo* auf die spezifische Wachstumsrate, die Larvenzahl, die Generations-, Entwicklungs- und Lebensdauer von *A. gossypii* Einfluß nahm. Ahmed (1994), Collins et al. (1994) und Klingler et al. (1998) fanden auf Grund dieser Resistenz geringere Befallsdichten von *A. gossypii* an *C. sativus* und *C. melo*. Klingler et al. (1998) gaben weiterhin an, dass auf einer resistenten Sorte von *C. melo* die Antibiosis zur Reduktion der Nahrungsaufnahme von *A. gossypii* führt. Infolgedessen waren die Tiere kleiner und schieden weniger Honigtau aus. Die Präreproduktions- sowie die Postreproduktionsdauer von *A. gossypii* sind auf einer resistenten Sorte länger und die Reproduktionsdauer kürzer als auf einer empfindlichen Sorte. Es ist deshalb anzunehmen, dass sich ein sorten- oder veredelungsspezifischer Unterschied bezüglich der Wirtseignung der Gurkenpflanzen über die Lebensdaten der Blattlaus erfassen läßt. Eine Beeinflussung der Lebensdaten durch die Gurkensorte oder Veredelung hat große Bedeutung für die Populationsentwicklung, das Schadpotential der Blattlaus und biologische Kontrollmöglichkeiten.

#### 4.1.1 Entwicklungsdauer

Die Entwicklungsdauer der Larven von *A. gossypii* bis zur Häutung zur Imago betrug 6,45 (Min.) bis 7,3 (Max.) Tage. Die in der Literatur angegebene Spannweite der Entwicklungsdauer in Abhängigkeit von Temperatur, Belichtung sowie Gurkensorte beträgt 3,2 bis 11,5 Tage (Wyatt & Brown 1977, van Steenis 1992, Owusu 1994, 1996, van Steenis & el Khawass 1995).

In den Versuchen zum Vermehrungspotential unter kontrollierten Bedingungen (s. 2.3.1, 3.1) konnte kein Einfluß der Sorte auf die Entwicklungsdauer (6,5 - 7,3 Tage) nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse von van Steenis & el Khawass (1995), die signifikante Unterschiede der Entwicklungsdauer (1,8 Tage) zwischen der mehltauempfindlichen Sorte 'Sprou' (4,8 Tage) und der mehltautoleranten Sorte 'Aramon' (6,6 Tage) beobachten konnten. Dieser Unterschied blieb auch bei zunehmender Temperatur (20 - 30 °C) bestehen, wurde aber geringer (von 1,8 Tagen bei 20 °C auf 0,6 Tage bei 30 °C). Über eine Veredelung werden keine Angaben gemacht. Auch Poehling und Morvan (1984) beschreiben für das System *A. fabae* SCOP. und *Vicia faba* L. eine deutlich verlängerte Entwicklungsdauer bei resistenten Sorten. In beiden Versuchen entwickelte sich *A. gossypii* nur auf der unveredelten Variante, unabhängig von der Sorte, schneller zur Imago.

### 4.1.2 Generationsdauer

Die Generationsdauer (Wyatt & Brown 1977) von *A. gossypii* auf Gewächshausgurke lag zwischen 8,7-9,9 Tagen (21-23 °C). Im Versuch unter kontrollierten Bedingungen (Gewächshaus) traten weder sorten- noch veredelungsspezifische Unterschiede auf. Im Versuch unter kontrollierten Bedingungen (Klimakammer) war die Generationsdauer durch die Veredelung beeinflusst und signifikant höher. Van Steenis & el Khawass (1995) hingegen wiesen auch für die Generationsdauer deutliche Sortenunterschiede nach. Literaturangaben über die Generationsdauer von *A. gossypii* reichen in Abhängigkeit von der Gurkensorte und den Umweltbedingungen von 9,8-14 Tagen (Wyatt & Brown 1977, van Steenis 1992, Owusu 1994, 1996, van Steenis & el Khawass 1995). So sind die vorliegenden Ergebnisse als kurze Generationsdauer einzustufen.

### 4.1.3 Reproduktions- und Lebensdauer

Die Lebensdauer von *A. gossypii* betrug im Mittel 23,3 (Min., Klimakammer, 21 °C) bis 41,4 (Max., Gewächshaus, 23 °C) Tage. Es bestanden auch hier keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten. Gleiches gilt für die Reproduktionsdauer 13,7 (Min.) bis 14,7 (Max.) Tage. Im Vergleich zu 19,4-56,1 Tagen in Abhängigkeit von Temperatur, Belichtung und Gurkensorte (Wyatt und Brown 1977, van Steenis 1992, van Steenis & el Khawass 1995, Owusu 1994, 1996 bei 18-30 °C und mind. 16 Std. Belichtung) ist die Lebensdauer im diskutierten Versuch relativ lang. Vergleichbare Ergebnisse findet man bei Klingler et al. (1998), der eine Lebensdauer von 23-34 Tagen (24 °C ± 7°C, 12 Std. Belichtung, rel. Lf 20-60%) auf *C. melo* beobachtete. Dass die Lebensdauer von *A. gossypii* durch die Sorte beeinflusst werden kann, belegen die Ergebnisse von van Steenis & el Khawass (1995). Auf der empfindlichen Sorte 'Sprou' war sie im Mittel um 0,93 Tage kürzer als auf der unempfindlichen Sorte 'Aramon'. Die Lebensdauer an sich ist, im Gegensatz zur Reproduktionsdauer, für das Populationswachstum von geringerer Bedeutung. Es wurde, wie bereits erwähnt, kein Einfluss der Sorte oder Veredelung auf die Reproduktionsdauer beobachtet. Dies entspricht den Ergebnissen von van Steenis & el Khawass (1995) im Gegensatz zu denen von Poehling und Morvan (1984) bezüglich *A. fabae* (*V. fabae*) oder Klingler et al. (1998) bezüglich *A. gossypii* (*C. melo*). Beide stellten eine deutliche Reduktion der Reproduktionsdauer (21,5 zu 13,5 Tagen) auf den blattlausresistenten Sorten fest.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die verschiedenen Phasen der Entwicklung von *A. gossypii* durch die Sorten unbeeinflusst blieben. Unterschiede bestanden nur zwischen veredelten und unveredelten Pflanzen. Die kürzere Entwicklungs- (Gewächshaus) und Generationsdauer (Klimakammer) auf den unveredelten Gurkenpflanzen bewirkten, dass die Tiere schneller in die Reproduktionsphase übergingen. Berücksichtigt man, dass die Generationsdauer im Gewächshausversuch (unter kontrollierten Bedingungen) unbeeinflusst blieb, so war der Entwicklungsvorsprung ohne Bedeutung. Aus diesem Grund mussten die Höhe der Vermehrung und die mit der Vermehrungsfähigkeit korrelierten Parameter, wie Gewicht und RWR, näher betrachtet werden. Die relative Wachstumsrate und die Vermehrungsrate sind eng positiv miteinander korreliert (Dixon & Wratten 1971, Dixon 1987,

Leather & Dixon 1984, Kindlmann und Dixon 1992). Dies ergibt sich daraus, dass die RWR das Ergebnis der Nahrungsqualität ist. Die Reproduktionsrate (Larven/Mutter/Tag) wiederum ist hauptsächlich von der Größe und dem Gewicht der Mutterläuse abhängig (Dixon & Wratten 1971, Acreman & Dixon 1989). So steht die Vermehrung des Schädlings in direktem Bezug zur Wirtspflanzenqualität.

#### 4.1.4 Vermehrungspotential der Population

##### 4.1.4.1 Weibchengewicht und Relative Wachstumsrate

Das Weibchengewicht variierte zwischen 393,8 µg (Min.) und 692,7 µg (Max.) und die tägliche RWR zwischen 0,45 – 0,59 µg pro Tag. Beide Faktoren blieben von der Sorte unbeeinflusst. Dass dieses Merkmal von sortenspezifischen Faktoren beeinflusst werden kann, zeigen die Ergebnisse von Poehling & Morvan (1984). Das Adultgewicht von *A. fabae* war auf einer blattlausresistenten Sorte von *V. faba* deutlich geringer im Vergleich zu einer nicht resistenten Sorte.

Signifikante Unterschiede der beiden Variablen Weibchengewicht und RWR konnten bezüglich der Veredelung nachgewiesen werden. Sie waren im Gewächshausversuch (unter kontrollierten Bedingungen) auf den veredelten Varianten signifikant höher. Im Gegensatz dazu war die RWR in der Klimakammer auf der veredelten Sorte 'Girola' niedriger. Die Weibchengewichte der beiden Versuche entsprechen sich. Der Unterschied zwischen den beiden Versuchen ist durch die unterschiedliche Entwicklungsdauer zu erklären. Im Gewächshaus war die Entwicklungsdauer der veredelten Varianten nur unwesentlich, in der Klimakammer hingegen deutlich gegenüber der unveredelten Varianten erhöht. Allgemein scheinen günstige Ernährungsbedingungen auf der veredelten Variante vorzuliegen, wie die Weibchengewichte verdeutlichen.

##### 4.1.4.2 Fruchtbarkeit

Wie schon die RWR und das Gewicht der adulten Mutterläuse vermuten ließen, war die Fruchtbarkeit auf den veredelten Gurkensorten im Gewächshaus gegenüber den unveredelten Sorten um 3-10 % erhöht. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse des Versuches in der Klimakammer, wo die Fruchtbarkeit auf den unveredelten Pflanzen höher war. Sortenunterschiede traten nicht auf. Die Summe der geborenen Larven über die gesamte Lebensdauer der Mutterläuse war im Vergleich mit den Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen (36-109 Larven pro Weibchen Kokourek et al. 1994, Owusu 1994, Popov et al. 1992, Wyatt & Brown 1977) mit 89,3-103,8 Larven pro Weibchen relativ hoch. Die Vermehrung über die Generationsdauer betrug im Mittel 6,42-12,95 Larven pro Weibchen und Tag und die Nettoerproduktionsrate 2,67-3,8 Larven pro Weibchen und Tag. Die Ergebnisse von Poehling & Morvan (1984) für *A. fabae*, van Steenis & el Khawass (1995), Storer & van Emden (1995) und Klingler et al. (1998) für *A. gossypii* zeigen, dass bei einer geringen Wirtseignung die Fruchtbarkeit reduziert ist. Die Veredelung mit *C. ficifolia* hat eine

fruchtbarkeitssteigernde Wirkung auf *A. gossypii* und verbessert so die Wirtseignung von *C. sativus*.

#### 4.1.4.3 Vermehrungs- und spezifische Wachstumsrate

Die Überprüfung der altersabhängigen Vermehrungsrate (Larven/Weibchen/Tag) von *A. gossypii* auf den drei unterschiedlichen Sorten sowie deren Abhängigkeit von der Veredelung ergab, dass das Maximum der Vermehrung in den ersten neun Tagen nach der Häutung zum adulten Tier lag (Vergleich Generationsdauer und Summe Larven über Generationsdauer, s. Tab. 3.2). Diese Ergebnisse entsprechen u.a. den von Dixon & Wratten (1971) gemachten Beobachtungen mit *A. fabae* und bestätigen die Überlegung von Wyatt & White (1977), dass für die Populationsentwicklung vor allem die Reproduktion über die Generationsdauer von Bedeutung ist.

Es wurde ein  $r_m$ -Wert von 0,290-0,348 erfaßt. Ein Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen von Kokourek et al. (1994), Owusu (1994), Popov et al. (1992), van Steenis (1995) und Wyatt & Brown (1977), die einen  $r_m$ -Wert von 0,115-0,556 (18-30 °C und mind. 16 Std. Belichtung) beobachteten, zeigt, dass *A. gossypii* unter den herrschenden Versuchsbedingungen eine mittlere Vermehrungsrate hatte. Ein sortenbedingter Unterschied bezüglich der Vermehrungsrate wurde im vorliegenden Versuch nicht beobachtet. Unterschiede des  $r_m$ -Wertes von *A. gossypii* zwischen resistenten und empfindlichen Sorten wiesen zum einen van Steenis & el Khawass (1995) bei Gurke nach (0,56 bei 'Sprou' und 0,29 bei 'Aramon') und zum anderen Storer und van Emden (1995) bei Chrysanthenen. Auch Klingler et al. (1998) konnten einen Sorteneinfluß auf den  $r_m$ -Wert nachweisen. Der  $r_m$ -Wert von *A. gossypii* auf *C. melo* betrug im Mittel 0,232-0,357. Der  $r_m$ -Wert war in allen Fällen bei der resistenten Sorte niedriger. Bezüglich einer Veredelung liegen keine Angaben vor.

Der positive Einfluß der Veredelung setzte sich auch im Gewächshaus hinsichtlich des  $r_m$ -Wertes nicht weiter fort. Dies ist durch das reziproke Verhältnis der zur Berechnung des  $r_m$ -Wertes herangezogenen Größen (Generationsdauer,  $\sum$  Larven / Generationsdauer) zu erklären. Im Gegensatz dazu ist der  $r_m$ -Wert in der Klimakammer auf der veredelten deutlich gegenüber der unveredelten Variante reduziert (s. Tab. 3.1, s. 3.1.1), da die Generationsdauer und die Larvenzahl auf der veredelten Variante nicht reziprok sondern niedriger sind.

Aus den oben dargestellten Zusammenhängen und den Vergleichen mit Ergebnissen anderer Autoren ergibt sich, dass die verwendeten Sorten keinen signifikanten Einfluß auf die Vermehrungsbiologie von *A. gossypii* nehmen. Der Einfluß der Veredelung hingegen ist widersprüchlich. Im Falle des Gewächshausversuchs liegt eine höhere Toleranz der unveredelten Variante gegenüber *A. gossypii* vor, bzw. eine bessere Wirtseignung der veredelten Variante. Diese wirkt sich auf die Parameter, welche die Fruchtbarkeit beschreiben, wie Weibchengewicht, RWR, Reproduktionsrate, Reproduktionsdauer und Larvenzahl, aus. Eine Einflussnahme auf die Entwicklungsprozesse wurde nicht beobachtet. Aus diesem Grund ist mit einem beschleunigten Populationswachstum auf den veredelten Sorten in der ersten



Generation nicht zu rechnen. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass keine signifikanten Unterschiede des  $r_m$ -Wertes zwischen den Varianten auftraten.

*A. gossypii* hatte auf den veredelten Varianten eine mittlere spezifische Vermehrungsrate von 0,291-0,348 ( $r_m$ -Wert). Unter Einbeziehung der kumulierten Individuenzahl und des Beginns der Vermehrung der zweiten Generation folgte die Vermehrung der Funktion nach Wyatt & White (1977). Die Regressionsanalyse ergab einen  $r_m$ -Wert von 0,37, dieser war somit höher (s. 3.1.2, s. Abb. 3.2). Da in der Praxis der Reichenauer Betriebe überwiegend veredelte Pflanzen angebaut werden, wurde die Wachstumskurve nur für die veredelten Varianten berechnet. Der  $r_m$ -Wert beschreibt die Fitness und die maximale spezifische Wachstumsrate einer Art unter unlimitierten Bedingungen (Leather & Dixon 1984; Dixon 1987 a, Kindlmann & Dixon 1989, Kindlmann et al. 1992). Die vorliegende Funktion beschreibt somit das Vermehrungspotential unter „optimalen“ Bedingungen, während der exponentiellen Phase der Vermehrung, ohne den Einfluss dichteregulierender Faktoren zu berücksichtigen (Ohnesorge 1991). Die Verwendung der berechneten spezifischen Wachstumsraten zur Schätzung der Populationsdichte würde zu einer zu hohen Individuenzahl führen. Um realistische Prognosen der Populationsentwicklung treffen zu können, müssen dichteregulierende Faktoren berücksichtigt werden. Beispiele verschiedener Einflussfaktoren sind: (Blackman & Eastop 1984, Ebert & Cartwright 1997, Ohnesorge 1991, Zwölfer & Völkl 1997)

- Die Kapazität der Wirtspflanze
- Die intraspezifische Konkurrenz
- Reduktion der Vermehrungsrate
- Reduktion von Körpergröße und -gewicht
- Migration

Rochat et al. (1999) geben z.B. eine maximale Kapazität von 100.000 *A. gossypii* pro Pflanze auf der Gurkensorte ‚Dalibor‘ an. Dixon & Wratten (1971) beschreiben, dass kleine Blattlauskolonien von *A. fabae* die *sink*-Wirkung des Schädling verstärken und die Vermehrung fördern. Hinzu kommen schließlich noch die Bildung von geflügelten Morphen und die Emigration (Dixon 1976, Dixon 1985, Lapchin et al. 1997, Johnson 1969, Minks and Harrewijn 1987, Newton & Dixon 1990, Rochat et al. 1999). Um die Wirkung der dichteregulierenden Faktoren bewerten zu können, wurden weiterführende Untersuchungen durchgeführt (Versuche zur Schadbilanzierung mit freier Populationsdynamik unter kontrollierten, semikontrollierten und praxisrelevanten Versuchsbedingungen).

#### 4.1.5 Einflussfaktoren

Die Ergebnisse des Versuches unter kontrollierten Bedingungen (Klimakammer) stehen im Widerspruch zu denen des Gewächshausversuchs (unter kontrollierten Bedingungen). Bei einem Vergleich der Ergebnisse bezüglich der Sorte ‚Girola‘ stehen sich eine signifikante Reduktion des Populationswachstums durch die Veredelung (längere Entwicklung, spätere

und geringere Vermehrung auf der veredelten Variante) im Versuch unter kontrollierten Bedingungen und eine Förderung der Fruchtbarkeit (Reproduktionsraten) auf der veredelten Variante im Gewächshausversuch gegenüber. Außerdem war insgesamt die Lebensdauer und Fruchtbarkeit im Gewächshausversuch gegenüber dem Versuch unter kontrollierten Bedingungen erhöht (s. 3.1).

Die Interpretation der Ergebnisse bezüglich des Einflusses der Veredlung wird durch eine relativ hohe Varianz der Daten erschwert. Die Abweichungen könnten mit einer Inhomogenität des Versuchsmaterials (Pflanzen, Blattläuse) in Zusammenhang gebracht werden. Im Falle der Blattlauszuchten waren alle Maßnahmen ergriffen worden, um homogenes Versuchsmaterial zu erhalten. Auch das Pflanzenmaterial war weitgehend homogen. Die Veredlung bedingte jedoch eine frühere Aussaat der zu veredelnden Varianten und eine langsamere Entwicklung der Pflanzen. Dadurch waren die Versuchspflanzen zwar vom äußeren Erscheinungsbild her im gleichen Entwicklungsstadium, physiologisch könnten aber Unterschiede bestanden haben. Um diese Artefakte gering zu halten, wäre es möglich, eine andere Veredlungsmethode (Überkopf) zu verwenden und die unveredelte Variante auf sich selbst zu veredeln. Dies würde die physiologische Entwicklung der Varianten besser aufeinander abstimmbaar machen.

Eine weitere Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse der Versuche könnten die zur Fixierung der Blattlaus auf einem bestimmten Blatt der Wirtspflanze verwendeten Blattkäfige sein. Alle Versuchstiere waren bezüglich der Käfige den gleichen Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Es ist davon auszugehen, daß die auftretenden Unterschiede nicht auf einen Einfluß der Käfige zurückzuführen sind. Das Alter des Wirtsblattes, als Einflussfaktor auf die Entwicklung und Vermehrung von *A. gossypii*, wird in diesem Fall auch als vernachlässigbar betrachtet. Die Angaben in der Literatur bezüglich des Alters des Zuchtblattes reichen von „signifikant“ (van Steenis et al. 1995, Scholze 1992) bis „ohne Einfluß“ (Klingler et al. 1998).

Bei der angewendeten Methode zur Erfassung der Fruchtbarkeit bleibt die Mortalität der Larven sowie der Einfluss der Individuendichte auf die Reproduktionsrate unberücksichtigt (Bosland & Ellington 1996, Rochat et al. 1999). So könnte es zu einer Fehlinterpretation des  $r_m$ -Wertes kommen und der Einfluß der Veredlung überdeckt werden. Wäre in einer der Varianten z.B. die Larvenmortalität erhöht, könnten das Populationswachstum und die daraus folgende Populationsdichte zu anderen Ergebnissen führen. Dies hätte Auswirkungen auf das Schadpotential und Folgen für die chemische Bekämpfung. Für den biologischen Pflanzenschutz wäre dies von nachrangiger Bedeutung, da sich die Nützlingsdichte an die Schädlingsdichte anpasst (Varley et al. 1980). Da sich die verwendeten Methoden der beiden Versuche (Klimakammer, Gewächshaus) entsprachen, sind die widersprüchlichen Ergebnisse auch durch diese Einflussfaktoren nicht erklärt.

Eine weitere Ursache könnten die günstigeren Lebensbedingungen für *A. gossypii* unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus (höhere Lebensdauer und Fruchtbarkeit) gewesen sein.

Die optimalen Umgebungsbedingungen für *A. gossypii*, resultierend in kurzer Entwicklungszeit und hoher Vermehrungsrate, sind 25 °C, Langtag und mindestens 4 klx Belichtungsstärke (Attia & El Hamaky 1985, Aldyhim & El Hamaky 1993, Kocourek et al. 1994, Wyatt & Brown 1977). Die Umgebungsbedingungen waren also in beiden Fällen für die Blattlaus günstig. Für die Gurkenpflanzen hingegen waren die Bedingungen im Gewächshaus (11,7 klx bzw. 220 µE und 23 °C), wenn man von den bei Krug (Liebig 1991) angegebenen Werten (10 klx und 22°C) ausgeht, günstiger als in der Klimakammer (8 klx bzw. 100 µE und 21 °C). Hinsichtlich Bewässerung und Düngung gab es keine Unterschiede.

Die suboptimale Lichtversorgung in der Klimakammer hatte eine reduzierte Photosyntheseleistung sowie eine negative Wirkung auf den Kohlenhydratmetabolismus zur Folge (Marschner et al. 1993, Wien 1997). Eine Störung der Aminosäuresynthese ist nicht auszuschließen. Der Gehalt an Saccharose und Aminosäuren im Phloem, vor allem der Gehalt von Tryptophan und Phenylalanin, und das Verhältnis zueinander bestimmen die Nahrungsqualität für die Blattlaus (Srivastava 1987, Turner 1977). Ein für die Blattlaus negativer Einfluß der Umgebungsbedingungen auf die Nahrungsqualität der Gurkenpflanzen in der Klimakammer ist somit wahrscheinlich und ist eine der Ursachen für die höhere Fruchtbarkeit und Lebensdauer von *A. gossypii* im Gewächshaus, wie u.a. von Klingler et al. (1998) bewiesen. Des Weiteren ist die Reproduktionsrate positiv mit der Temperatur korreliert (Acreman & Dixon 1989, Wyatt & Brown 1977). Im vorliegenden Fall ist der Einfluss der Temperatur mit einem Unterschied von nur 2 °C wahrscheinlich gering, da nur die Fruchtbarkeit von *A. gossypii* im Gewächshaus höher war, die Entwicklungsdauer aber länger. Es ist davon auszugehen, dass die günstigeren Umgebungsbedingungen im Gewächshaus das Pflanzenwachstum positiv beeinflussten. Dies verbesserte die Wirtseignung der Pflanzen. Wie Canizares & Goto (1998) nachwiesen, führt die Veredelung von Gurken zu höherem Wachstum und Erträgen mit höherer Qualität im Vergleich zu unveredelten Sorten. Das deutet darauf hin, dass die veredelte Sorte durch die Kürbisunterlage unter besseren Wachstumsbedingungen einen Wachstumsvorteil hat, der sich auch positiv auf ihren Parasiten *A. gossypii* auswirkt.

Der widersprüchliche Einfluss der Veredelung auf die Vermehrung und Entwicklung von *A. gossypii* im Vergleich der Ergebnisse der Versuche in Klimakammer und Gewächshaus (unter kontrollierten Bedingungen) ist damit aber noch nicht geklärt. Die Unterschiede können nur zum Teil durch die besseren Wachstumsbedingungen im Gewächshaus erklärt werden. Ein weiterer bedeutender Einflussfaktor ist die Pflanzensorte, auf der die Blattlaus gezüchtet wurde. Im Falle des Gewächshausversuchs war dies ‚Moneta‘ (unveredelt) und im Falle des Klimakammerversuchs ‚Girola‘ (unveredelt). Durch die unterschiedlichen Anzuchtsorten muss im Falle der Klimakammer eine Anpassung im Sinne von Rochat et al. (1999) an die unveredelte Sorte ‚Girola‘ stattgefunden haben. Somit hatte die Blattlaus in diesem Fall einen Vorteil. Im Sortenversuch (Gewächshaus) wurde durch die andere Anzuchtsorte dieser Effekt ausgeschaltet. Das liegt an der durch die Unterlage veränderte Zusammensetzung des Phloensaftes (Horvath et al. 1983) der Gurke und somit der Nahrungsqualität für *A. gossypii*. Welche für *A. gossypii* relevanten Bestandteile sich verändern, muß noch

geklärt werden. Mit den beiden Ursachen, Wachstumsbedingungen der Pflanzen und Anzuchtsorte, sind die unterschiedlichen Ergebnisse der Versuche zu erklären.

Es ist davon auszugehen, dass in der ersten Generation weder ein signifikanter Sorten- noch ein signifikanter Veredelungseffekt auftritt und das Vermehrungspotential von *A. gossypii* relativ hoch ist ( $r_m = 0,37$ ). Es ist aber aufgrund des positiven Einflusses der Veredelung auf die für die Vermehrung maßgeblichen Parameter anzunehmen, dass die Veredelung mit *C. ficifolia* einen fördernden Einfluss auf das Populationswachstum von *A. gossypii* hat. Ob sich der positive Einfluß der Veredelung in der Praxis weiter fortsetzen würde und welche Bedeutung das für den Anbau von Gurken hat, kann nur in weiteren Versuchen unter Berücksichtigung des aktuellen Sortenspiegels, der Veredelungsunterlage und der Anbaubedingungen geklärt werden. Die in den Blattkäfigen herrschenden mikroklimatischen Bedingungen, deren Einfluss sich schwer abschätzen lässt, die optimierten Bedingungen der Versuche sowie die Einflussnahme auf die Individuendichte (Entnahme der Larven, nur ein Individuum pro Käfig), lassen keine Voraussage bezüglich des Populationswachstums von *A. gossypii* auf der veredelten Sorte ‚Girola‘ unter praxisrelevanten Bedingungen zu (s. 4.1.5). Erst nach der weiteren Überprüfung der Lebensdaten in den folgenden Versuchen kann auf das Vermehrungs- und Schadpotential von *A. gossypii* unter Praxisbedingungen geschlossen werden.

## **4.2 Freie Populationsentwicklung von *A. gossypii***

### **4.2.1 Kontrollierte Bedingungen**

Die Versuche fanden in einer Klimakammer unter kontrollierten Bedingungen (s. 2.3.3, 3.1.4) statt. Sie dienten in erster Linie zur Beobachtung der freien Populationsentwicklung sowie der Erfassung des Schadpotentials von *A. gossypii* unter dem Einfluß von Kapazität, Mortalität und Dichteregulierung.

Das Populationswachstum von *A. gossypii* auf den Gurkenpflanzen war bei der geringeren Ausgangsdichte (0,007 Individuen/cm<sup>2</sup>) zu Beginn etwas höher als bei der höheren Ausgangsdichte (0,014 Individuen/cm<sup>2</sup>). Dies kann anhand der Wachstumsrate (Entwistle & Dixon 1986) nachvollzogen werden, welche bei der niedrigeren Befallsstärke höher war (s. Tab. 3.8), so dass trotz unterschiedlichem Initialbefall schließlich die gleichen Individuendichten pro Fläche (ca. 18 Individuen / cm<sup>2</sup>) erreicht wurden. Dixon & Wratten (1971) beschreiben, dass kleine Blattlauskolonien von *A. fabae* die *sink*-Wirkung des Schädling verstärken und die Vermehrung fördern, große Kolonien sie hingegen hemmen. Dies scheint auch in diesem Fall die Ursache für die Unterschiede in der Vermehrungsrate zu sein. Während der weiteren Populationsentwicklung nahmen die Wachstumsraten mit zunehmender Dichte (ab ca. 3 Individuen / cm<sup>2</sup>) ab, so dass davon ausgegangen werden kann, dass eine Regulation des Populationswachstums über die Dichte der Individuen pro Flächeneinheit erfolgte. Der Effekt wird von verschiedenen Autoren (Dixon 1976, Minks & Harrewijn 1987) mit dem Einfluss der Dichte auf das Weibchengewicht und damit auf Reproduktion und Entwicklungsdauer erklärt.

Da sich die Wachstumsraten und Individuendichten von *A. gossypii* trotz unterschiedlichen Ausgangsbefalls schon nach zwei Wochen aneinander angeglichen hatten, wurden zur Berechnung der Wachstumsregression ( $y = a \cdot e^{0,128 \cdot x}$ ) die Werte beider Versuche zusammengeführt. Die ermittelte mittlere Wachstumsrate betrug 0,128. Mit ihr ließen sich realistische Befallsdichten unter kontrollierten Bedingungen berechnen. Wie vorher vermutet, ist diese Wachstumsrate deutlich niedriger, als die im Vermehrungsversuch unter gleichen Bedingungen ermittelte (0,37). Die Ursachen für diese Unterschiede sind die auftretende Mortalität und Dichteregulation (Dixon 1988, Dixon 1987a, Leather & Dixon 1984, Kindlmann & Dixon 1989, Kindlmann et al. 1992) und fehlender Veredelungseffekt. Ein Vergleich mit den Ergebnissen von Kokourek et al. (1994/1999) ergab, dass *A. gossypii* auf der Gurkensorte ‚Sandra‘ im Mittel einen  $r_m$ -Wert in ähnlicher Höhe (0,191 bei 20 °C) erreichte.

Die Alataebildung bzw. Emigration, als weitere dichteregulierende Größe, setzte schon mit Versuchsbeginn ein. Wie auch von Rochat et al. (1999) beschrieben, stieg der Anteil an geflügelten Morphen an der gesamten Population mit zunehmender Dichte an. Als Auslöser für die Entstehung von Emigrantes werden eine veränderte Wirtspflanzenqualität und ‚Crowding‘ angesehen (Dixon 1976, Minks & Harrewijn 1987). Rochat et al. (1999) geben an, dass ab einer Dichte von 4000 Individuen pro Blatt die Wahrscheinlichkeit der Alataebildung 80-90% beträgt. Geht man von einer durchschnittlichen Blattgröße von 784 cm<sup>2</sup> aus, so hätte die Dichte in dem Versuch von Rochat et al. (1999) 1-5 Individuen/ cm<sup>2</sup> zum Zeitpunkt der Emigration betragen, die nach 24 Tagen einsetzte (Initialbefall 4-5 Aphiden pro Pflanze, 0,7 m hohe Pflanze mit ca. neun Blättern). Im diskutierten Versuch kam es bereits nach 14 Tagen (siehe Wachstumsrate) zu einer deutlichen Abwanderung der geflügelten Morphen, bei einer Populationsdichte von etwa 2-3 Individuen pro cm<sup>2</sup>. Geht man davon aus, dass die Anlage der alatoiden Embryonen sowie die Reduktion der Reproduktionsrate in der Mutterlaus mindestens eine Woche vor dem Erscheinen der Alatae stattfinden (Dixon & Wratten 1971, Minks & Harrewijn 1987), so müssen diese beiden Regulativa bereits bei einer Dichte von maximal 0,18 - 0,25 Individuen pro cm<sup>2</sup> in der ersten Befallswoche induziert worden sein. Dies erscheint für den Beobachter zumindest bezüglich des Monitoring als eine sehr geringe Dichte (ca. 0,5 % Befall der Blattfläche). Berücksichtigt man, dass die Blattläuse Kolonien bilden, so wird deutlich, dass für die Blattläuse eine real höhere Dichte, als der rein rechnerische Wert pro Fläche beschreibt, vorliegt. Die Unterschiede zu dem Versuch von Rochat et al. (1999) könnten auf die verwendete Sorte, die älteren Pflanzen und günstigere Wachstumsbedingungen für die Pflanzen zurückzuführen sein.

Bevor die Emigration durch die Alatae beginnt, geht ihr eine Abwanderung in horizontaler und vertikaler Verbreitungsrichtung auf der Pflanze voraus. Rochat et al. (1999) beschreiben, dass die ungeflügelten Individuen von *A. gossypii* nach 10 Tagen anfangen, sich auf der Pflanze zu verteilen. Bedauerlicherweise machen die Autoren über die Dichten keine Angaben. Auch im vorliegenden Versuch waren die Läuse auf der Pflanze mit zunehmender Dichte gleichmäßig verteilt. *A. gossypii* reagiert also sehr sensibel auf Veränderungen ihrer Lebensbedingungen mit der Veränderung der Populationsdichte, wobei die Populationsgröße insgesamt zunimmt.

Die Laus verfügt mit den genannten Strategien (Reduktion der Körpergröße und Vermehrungsrate, Alataebildung) über einen sehr sensiblen spezifischen Anpassungsmechanismus (Johnson 1969, Dixon 1985, Kawada 1987, Newton & Dixon 1990), der eine Erschöpfung der Ressource durch zu starke Schädigung verhindern kann (Llewellyn 1972, Zwölfer & Völkl 1997) und die Bekämpfung erschwert.

Neben der Regulation der Populationsdichte über Vermehrungsrate und Emigration muß es auch zu einer Regulation über die Limitierung der Ressource bzw. Kapazität der Wirtspflanze (Blackman & Eastop 1984, Dixon 1976, Ebert & Cartwright 1997, Zwölfer & Völkl 1997) kommen. Rochat et al. (1999) geben z.B. eine maximale Kapazität von 100.000 *A. gossypii* pro Pflanze auf der Gurkensorte ‚Dalibor‘ an. Ein Vergleich dieser Angabe mit dem vorliegenden Versuch wird durch die unspezifische Mengenangabe „pro Pflanze“ erschwert. Die Größe der Pflanze stellt aber einen limitierenden Faktor dar und definiert die Kapazität. Im vorliegenden Versuch wurden Individuenzahlen von ca. 61.169 bis 66.064 pro Pflanze erreicht. Dies entsprach einer Zahl von 17-18 Individuen pro cm<sup>2</sup> nach 28 Tagen Befallsdauer. Die maximale Dichte von 25 Individuen pro cm<sup>2</sup>, bei einer Körperlänge und -breite von etwa 2 mm (Blackman & Eastop 1984), wurde somit nicht erreicht. Dies lässt auf eine physiologische Begrenzung der Kapazität schließen (s. 4.2.2).

Im vorliegenden Versuch wurde durch die Einzelpflanzenkäfige eine Emigration der Blattläuse unterbunden. Die Individuendichten pro Flächeneinheit waren dadurch extrem hoch. Die Populationsentwicklung ist unter diesen Bedingungen als nicht praxisrelevant zu betrachten. Die Ergebnisse bieten aber einen aufschlussreichen Einblick in die Populations- und Schadentwicklung. Berücksichtigt man weiterhin die suboptimalen Lichtbedingungen für die Wirtspflanze in der Klimakammer und dass die verwendeten Pflanzen unveredelt waren, so lag es nahe, weitere Versuche unter praxisrelevanten Versuchsbedingungen durchzuführen, wodurch eine praxisorientierte Aussage bezüglich der Populations- und Schadentwicklung gewährleistet würde.

#### **4.2.2 Semi-kontrollierte Bedingungen**

In diesem Versuch wurde der Einfluss der Variablen Pflanzenalter, bzw. -größe und deren Einfluss auf die Populationsentwicklung einbezogen. Die Befallsstärken wurden reduziert, um eine realistischere Zeitspanne zur Beobachtung der Schadensentstehung zur Verfügung zu haben (s. 2.4).

Das Wachstum der Blattlauspopulationen nahm in den bisherigen Versuchen (kontrollierte und semi-kontrollierte Bedingungen) einen sigmoiden Verlauf. Wie im Versuch unter kontrollierten Bedingungen glichen sich im Versuch unter semi-kontrollierten Bedingungen die Populationsdichten unterschiedlichen Initialbefalls aber gleichen Befallszeitpunktes durch eine Veränderung der Vermehrungsrate aneinander an und erreichten die gleichen maximalen Befallsstärken (früher Befallszeitpunkt 11, später Befallszeitpunkt 12-14 Aphiden pro cm<sup>2</sup>). Die Blattlauspopulationen der späten Befallsvarianten wuchsen schneller und stärker an, als die der frühen Varianten. Bei der frühen Befallsvariante des Versuchs unter

semi-kontrollierten Bedingungen bestand ab der dritten Befallswoche kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den Individuendichten der Varianten und bei der späten Befallsvariante traten von Beginn an keine auf. Im Versuch unter kontrollierten Bedingungen traten bereits ab Woche eins keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen den Befallsvarianten auf (s. 3.1.4., 3.2.4). Zu einer Reduktion der Wachstumsrate kam es ab der fünften (späte Befallsvariante) bzw. vierten (frühe Befallsvariante) sowie zweiten Befallswoche (Versuch Klimakammer). Die Reduktion der Wachstumsrate wurde von einer Dichte von ca. fünf Individuen pro Quadratzentimeter (Spätbefall) bzw. vier Individuen (Frühbefall) sowie 0,2 Individuen (Versuch unter kontrollierten Bedingungen) induziert.

Die Ergebnisse zeigen, dass trotz der Unterschiede bezüglich der Dichte, welche die Reduktion der Wachstumsrate auslöste, in allen Versuchen die Regulation der Vermehrung vor dem exponentiellen Wachstum begann. Die erreichten maximalen Individuenzahlen und die Dauer bis zum Erreichen dieser Dichten waren je nach Variante und Versuch unterschiedlich. Des Weiteren weisen die Wachstumsverläufe auf einen Einfluß des Pflanzenalters (Größe der Kapazität) hin.

Durch die Unterschiede bezüglich der Versuchsbedingungen (Pflanzengrößen, Veredelung, Einzelpflanzenkäfige, Licht) ergaben sich unter anderem verschiedene Initialbefallsstärken von 0,2 - 0,4 unter kontrollierten und 0,01 - 0,03 (früh) sowie 0,007 - 0,014 (spät) Aphiden pro Quadratzentimeter unter semi-kontrollierten Bedingungen. Neben der Verdünnung der Aphidendichte durch die Blattfläche wird eine Ressourcenverknappung bei einer Pflanze mit einer Blattfläche von ca. 1601 cm<sup>2</sup> und einem oberirdischen Trockengewicht von 9 g (semi-kontrollierte Bedingungen, früher Befall) bzw. 11402 cm<sup>2</sup> und 152,5 g (semi-kontrollierte Bedingungen, später Befall) später eintreten, als bei einer Pflanze mit einer Blattfläche von 850 cm<sup>2</sup> und einer Trockenmasse von 5 g Gesamtgewicht (Versuch unter kontrollierten Bedingungen, mit Wurzelmasse). Die Pflanzen der Versuche unter kontrollierten Bedingungen waren zudem nicht veredelt. Wie bereits erwähnt, entwickelte sich *A. gossypii* auf unveredelten Pflanzen schneller. Des Weiteren wirkten sich die ungünstigeren Lichtverhältnisse negativ auf die Kohlenhydratsynthese aus. Diese Faktoren müssen zu einer schnelleren Ressourcenverknappung geführt haben, als es unter den Bedingungen des Versuchs unter semi-kontrollierten Bedingungen der Fall war. So kann die raschere Regulation der Dichte unter kontrollierten Bedingungen erklärt werden. Die kleineren Einzelpflanzenkäfige im Versuch unter kontrollierten Bedingungen müssen ebenfalls einen Einfluss auf die maximale Dichte der Population gehabt haben indem sie zu einer Wiederbesiedelung der Pflanze durch die Alatae beitrugen. Im Versuch unter semikontrollierten Bedingungen konnten die Tiere nach oben abwandern. Diese Unterschiede führten mit zunehmender Kapazität auch zu einer längeren exponentiellen Wachstumsphase.

Ebenso wie die Dichteregulation durch die Wachstumsraten weist die Bildung von geflügelten Morphen auf Wechselwirkungen zwischen Wirtspflanze und Blattlauspopulation hin. Geflügelte Morphen traten bei den frühen Befallsvarianten ab der zweiten Befallswoche auf. Eine verstärkte Abwanderung erfolgte aber erst ab der fünften Woche. Die Ergebnisse ähneln denen von Rochat et al. (1999) bei dem eine verstärkte Abwanderung ab dem 28sten

Tag auftrat. Die Individuendichte, welche die Abwanderung unter semi-kontrollierten Bedingungen induzierte, muss zwischen 3-7 Individuen pro cm<sup>2</sup> gelegen haben. In dem Versuch unter kontrollierten Bedingungen wurde die Alataebildung bereits bei einer Dichte von 0,2 Individuen/cm<sup>2</sup> induziert. Bei der späten Befallsvariante kam es zu keiner Alataeproduktion. Dies zeigt, dass die Populationsdynamik im Zusammenhang mit der Pflanzengröße und den Wechselwirkungen zwischen Pflanze und Parasit betrachtet werden muss. Aus der Literatur sind keine vergleichbaren Daten bekannt. Es kann gefolgert werden, dass die Veränderungen der Wachstumsrate und die Alataebildung primär von der Kapazität der Ressource abhängig sind und erst sekundär von der Befallsdauer sowie Individuendichte. Ein Wert, der Befallsdauer und -dichte wiedergibt, ist der sogenannte Blattlausindex. Die Reduktion der Wachstumsrate und Alataebildung traten bei einem Blattlausindex von ca. 0,8 (Klimakammer), 15 (Gewächshausparzelle früh) und 23 (Gewächshausparzelle spät) Blattlaustagen auf. Diese stark variierenden Werte verdeutlichen die Bedeutung der Wechselwirkung von Wirtspflanzenressource und Populationsentwicklung.

Man könnte die beschriebenen Effekte auch als eine Alters-Toleranz der Pflanze bezeichnen (Auclair 1989). Es liegen kaum Angaben hinsichtlich des Einflusses des Pflanzenalters auf die Populationsdynamik von *A. gossypii* vor. Es bestehen Aussagen, die sich auf das Alter des Nährblattes beziehen. Sie reichen von einem „signifikanten“ (Klingauf 1987, van Steenis et al. 1995, Scholze 1992) bis „ohne Einfluß“ (Klingler et al. 1998). Hardee (1994) und Weathersbee & Hardee (1994) stellten z.B. fest, dass die Dichte von *A. gossypii* auf älteren Blättern von Baumwollpflanzen höher war als auf jungen Blättern. Slosser et al. (1992) fanden bei Baumwollpflanzen, die zu verschiedenen Terminen gepflanzt wurden einen Einfluss auf die Populationsdynamik von *A. gossypii*. Die späten Pflanzungen waren am stärksten befallen. Umweltfaktoren wie Wassermangel und ein relativ erhöhter Anteil an Blattstickstoff förderten den Befall. Ähnliche Phänomene sind auch von *Metopolophium dirhodum* bekannt. Zhou & Carter (1992) beschreiben, dass die Entwicklungsdauer und Reproduktionsrate dieser Blattlaus vom Entwicklungs- bzw. Reifestadium der Pflanze abhängig waren; junge Pflanzen hatten eine fördernde Wirkung. Die gegenseitige Beeinflussung von Pflanze und Blattlaus, welche die Regulation der Blattlausdichte zur Folge haben kann, ist sehr variabel. Für *A. gossypii* liegen derzeit noch keine Untersuchungen dieser Mechanismen vor (Ebert und Cartwright 1997). Ein Anhaltspunkt könnte die von Shannag (1998) gemachte Beobachtung sein, dass neben dem Assimilateentzug auch eine Reduktion der Photosyntheserate und eine Erhöhung der Transpirationsrate befallener Baumwollpflanzen auftritt. Shannag (1998) führt die Wirkung von *A. gossypii* auf zwei mögliche Faktoren zurück. Zum einen die Abgabe von physiologisch aktiven Substanzen durch die Laus (Capinera 1981, Edwards & Wratten 1980, Herold 1980, Kloft 1960) und/oder zum anderen die Wirkung der Akkumulation der Assimilate durch die Laus im von ihr besaugten Gewebe.

Es ist bekannt, dass Phytohormone (z.B. Auxin) in der Speichelscheide von Blattläusen vorkommen (Kloft 1960 I, II, Miles 1989, Schaller 1968). Auxin (Indol-Essigsäure) wird in Knospen und Samen gebildet. Es verringert bei erhöhten Konzentrationen das Wachstum bereits vorhandener Wurzeln bzw. fördert das von Adventivwurzeln sowie auch die Alterung



(Abbauprozesse) der Gewebe. Die Wirkung bestimmter Phytohormone könnte bei jungen Pflanzen stärker sein, als bei alten. Die genauen Zusammenhänge müssen jedoch noch geklärt werden. Es wird aber deutlich, dass mit steigendem Alter der Pflanze der Einfluss der Blattläuse stetig abnimmt. So kam es bei jungen Pflanzen früher zu einer Reduktion der Wachstumsrate und der Bildung von geflügelten Morphen. Dies ist mit Sicherheit nicht nur auf die Dichteveränderung, sondern auch auf eine Ressourcenerschöpfung zurückzuführen und kann in einem möglichen Zusammenhang mit einem weiteren verstärkenden Faktor wie z.B. wirksamen Speichelsubstanzen verstanden werden.

Die Versuche unter kontrollierten und teilweise kontrollierten Bedingungen beschreiben den Populationsverlauf von *A. gossypii* auf Gurke unter Einbeziehung der natürlichen Mortalitätsfaktoren und Regulationsmechanismen, aber ohne den Einfluss von Blattlausantagonisten oder praxisrelevanten Umgebungsbedingungen. Aus diesem Grund sind die aus den Wachstumsfunktionen ermittelten Vermehrungsraten (0,0644-0,2429) deutlich geringer als die in den Versuchen zur Vermehrungsbiologie (0,37). Es wurde deutlich, dass nur Versuche unter praxisnahen Bedingungen über die tatsächliche Populations- und Schadensentwicklung Aufschluß geben können.

### **4.2.3 Praxisrelevante Bedingungen**

Die drei unter praxisrelevanten Bedingungen durchgeführten Versuche (s. 2.5, 3.3) wurden in allen Fällen auf Grund der massiven Dezimierung der Blattlauspopulationen durch Blattlausantagonisten beendet. Versuch 3 bleibt aus diesem Grund hier auch unberücksichtigt.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die tägliche Vermehrungsrate von *A. gossypii* unter kontrollierten und semi-kontrollierten Bedingungen je nach Pflanzenalter und Initialbefall zwischen 0,064 und 0,243 schwankte. Unter Einfluss praxisrelevanter, relativ konstanter Klimabedingungen sowie Blattlausantagonisten variierte sie zwischen 0,0914 und 0,2217. Die mittlere Vermehrungsrate war auch unter praxisrelevanten Bedingungen bei einer hohen Ausgangsdichte kleiner als bei einer relativ geringeren Ausgangsdichte und bewirkte so, dass in relativ konstanten Zeiträumen die gleichen maximalen durch die Kapazität der Ressource beschränkten Befallsdichten erreicht wurden. Dies lässt den Schluss zu, dass es in zukünftigen Versuchen sinnvoller wäre, die Befallstermine und somit das Pflanzenalter zu variieren und nicht den Initialbefall. Des Weiteren muss der Befall auf die Fläche bezogen werden, um die Befallsstärken vergleichen zu können.

Im ersten Versuch unter praxisrelevanten Bedingungen nahm die Populationsentwicklung einen einfachen linearen Verlauf und beschrieb im zweiten Gewächshausversuch eine Maximumkurve. Wie im Versuch unter kontrollierten und semikontrollierten Bedingungen waren die zeitlichen Verläufe der Populationsentwicklung auf den Befallsvarianten sehr ähnlich. Die Vermehrungsrate im ersten Gewächshausversuch war ab der vierten Befallswoche und die im zweiten Gewächshausversuch in der vierten Befallswoche (früher Befall) bzw. zweiten Befallswoche (später Befall) vor der exponentiellen Wachstumsphase der Population anhaltend reduziert. Im Gegensatz zum ersten Gewächshausversuch traten im

zweiten Gewächshausversuch zeitgleich mit der Reduktion der Vermehrung auch verstärkt *Alatae* auf. Dies wurde von einer Zunahme der Blattlausantagonisten in beiden Versuchen begleitet. Die induzierenden Dichten zur Reduktion der Wachstumsraten betragen im Gewächshausversuch 1 etwa 0,3-2, und 0,9 (spät) bis 4 (früh) Aphiden / cm<sup>2</sup> im Gewächshausversuch 2. Im Versuch unter semi-kontrollierten Bedingungen trat eine *Alatae*-induktion nur beim frühen Befall ab einer Dichte von ca. 0,2 Individuen / cm<sup>2</sup> auf und entsprach damit der induzierenden Dichte des Versuchs unter kontrollierten Bedingungen. Die Reduktion der Wachstumsrate wurde von einer Dichte von ca. fünf Individuen pro Quadratzentimeter (Spätbefall) bzw. vier Individuen (Frühbefall) sowie 0,2 Individuen pro Quadratzentimeter (kontrollierte Bedingungen) induziert. Insgesamt wurde somit die intra-spezifische und interspezifische Dichteregulation bei einer Dichte von 0,2-5 Individuen ausgelöst, vor dem Beginn der exponentiellen Wachstumsphase, in Abhängigkeit vom Wachstumsstadium der Wirtspflanze und dem Initialbefall (s. 4.2.1, 4.2.2).

Die Dichteregulation durch Emigration vor dem Eintreten der Population in die exponentielle Wachstumsphase ist für die Kontrolle des Schädlings von Bedeutung. Die geringe Dichte, ab der die Abwanderung einsetzt, kann der Abwehr von Blattlausantagonisten dienen. Blattlausantagonisten finden ihre Beute unter anderem ab bestimmter Dichten (Honek et al. 1998, Mayr 1973, Zwölfer & Völkl 1997) z. B. anhand bestimmter Lockstoffe (Pheromone, Honigtau), die mit der Populationsdichte korrelieren (Hagvar & Hofsvang 1987, Hardie et al. 1994, Honek 1998, Hou et al. 1997, van Steenis & El-Khawass 1994). Eine geringe Dichte verringert die Wahrscheinlichkeit des Auffindens der Blattlauskolonie durch den Räuber oder Parasitoiden (Zwölfer & Völkl 1997). Dies muß bei der Entwicklung von biologischen Kontrollstrategien berücksichtigt werden (gleichmäßige Verteilung der Antagonisten im Bestand, Art des Antagonisten usw.).

Neben der Bedeutung für die Biologische Kontrolle führt die Abwanderung bei geringen Dichten zu einer Ausbreitung des Schädlings im Bestand, was auf die Schadensentwicklung und -überwachung Einfluss hat (Hughes 1996). Der Abwanderung durch geflügelte Morphen geht die von ungeflügelten Morphen auf der Pflanze und im Nahbereich voraus. Die Verteilungsmuster von *A. gossypii* auf Gurke wurden von Rochat et al. (1999) erfasst. Sie beschreiben, dass 10 Tage nach der Infektion der Versuchspflanzen (Initialbefall 5 Aphiden auf 70 cm hohen Pflanzen) die Läuse anfangen, sich auf der Pflanze zu verteilen. Innerhalb von 14 Tagen wurden die benachbarten Pflanzen und nach 30 Tagen war die Pflanzenreihe (20 Stück) besiedelt. *Alatae* waren in der Population von Anfang an vorhanden (s. 4.2.1), deren Abwanderung nach 24 Tagen deutlich zunahm. Ähnliche Ergebnisse findet man bei Sato (1998), der nach drei Wochen hohe Dichten auf Pflanzengruppen beobachtete und nach ca. sechs Wochen einen Befall im ganzen Bestand. In den vorliegenden Versuchen setzte, in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen (Initialbefallsstärke, Pflanzenalter), die Abwanderung der *Alatae* nach 2-5 Wochen ein. Über die Abwanderung der ungeflügelten Formen und das Verteilungsmuster im Bestand liegen keine Daten vor. Es erscheint jedoch möglich, dass die Emigration der geflügelten Formen im Gegensatz zur Verbreitung der Apteren im Nahbereich für die Sekundärinfektion im Bestand eine untergeordnete Rolle spielt. Die Beobachtungen von El Habi (1999) belegen diese Hypothese. Er verfolgte die

Migration von geflügelten *A. gossypii* in die Gewächshäuser mit Hilfe von gelben Leimtafeln. Der Zuflug auf die Gurkenkultur erfolgte von Beikräutern Anfang April. Das Populationsmaximum wurde nach neun Wochen im ganzen Bestand erreicht. Trotz Erreichen des Populationsmaximums und der mittels Fallen nachgewiesenen Migration der Alatae traten an den Pflanzen im Bestand kaum Alatae auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Alatae einen Wirt nur annehmen, wenn sie eine bestimmte Flugdauer hinter sich gebracht haben. Diese korreliert mit dem Energieverbrauch und geht zu Lasten der Fruchtbarkeit (Dixon 1976, Dixon & Wratten 1971). Die Emigration durch geflügelte Morphen dient hauptsächlich der Erschließung neuer Ressourcen, dem Wirtswechsel und der sexuellen Vermehrung (Dixon 1976). In den Versuchen wurden für die Primärinfektion nur aptere Virginoparae verwendet. Dies erschien aus den genannten Gründen und wegen der anscheinend hauptsächlich virginoparen Vermehrung von *A. gossypii* in Gewächshauskulturen (Ebert & Cartwright 1997) gerechtfertigt. Auch, wenn die Erstbesiedelung mit geflügelten Morphen stattfindet, scheint für den Befallsverlauf die Verbreitung durch ungeflügelte Formen von größerer Bedeutung zu sein. Dadurch wäre es denkbar, dass die Befallsentwicklung auf sogenannte Befallherde beschränkt ist, was eine Befallsüberwachung erleichtern würde.

Trotz der Reduktion der Wachstumsrate, dem Abwandern der Alatae und dem starken Einfluss der Blattlausantagonisten, der in der vierten bis sechsten Befallswoche zum Zusammenbruch der Blattlauspopulation führte, stieg die Populationsdichte in den Gewächshausversuchen weiter an. Dies war auch in den beiden Versuchen ohne Antagonisteneinfluss beobachtet worden. Bis zum Erreichen des Populationsmaximums vergingen mindestens dreieinhalb (später Befall Gewächshausversuch 2) bis maximal sechs Befallswochen (früher Befall Gewächshausversuch 2 und Versuch unter semikontrollierten Bedingungen), unabhängig von dichteregulierenden Prozessen. Angaben zu den Zeiträumen bewegen sich zwischen 6 und 9 Wochen bis zum Erreichen des Populationsmaximums auf Kürbisgewächsen (Mineo et al. 1994, Sato 1998, El Habi 1999, Jacobson & Croft 1998) und sind somit länger. Die maximale Dichte in den diskutierten Versuchen war am höchsten im Versuch unter kontrollierten Bedingungen mit etwa 18 Individuen und am geringsten im Gewächshausversuch 1 mit maximal 2,5 Individuen pro Quadratzentimeter. Die hohen Maximalwerte wurden durch die Pflanzenkäfige beeinflusst, die das Abwandern verhinderten. So kam es zu Dichten, wie sie unter normalen Umständen nicht auftreten würden. Bünger (1999) konnte in drei Versuchsjahren auf Gewächshausgurken maximale Dichten von allerhöchstens 0,01 Individuen / cm<sup>2</sup> (6 Aphiden pro Blatt) feststellen.

Die Population mit den höchsten Dichten und Wachstumsraten wurde am stärksten durch die Nützlinge reduziert. Dies lässt sich durch die Kopplung der Beutefindung an die Dichte der Beute erklären. Die dichteabhängige Wirkung der Blattlausantagonisten hat eine negative Wirkung auf die Populationsdichte, wobei ihre Wirkung mit zunehmender Dichte steigt und die Blattlauspopulation schließlich zum Zusammenbruch bringt (Krieg & Franz 1989, Ohnesorge 1991, Varley et al. 1980). Dies ist z.B. bei den bedeutenden Gegenspielern, die auch zur biologischen Kontrolle eingesetzt werden, *Aphidoletes aphidimyza* (RONDANI) sowie der *Aphidius sp.* bekannt. *A. aphidimyza* findet ihre Beute erst ab einer Dichte von 0,1 Blattläuse / cm<sup>2</sup> und legt ihre Eier proportional zur Beutedichte ab (Mayr 1973, el Titi 1972, 1974).

Die Schlupfwespen können auf Grund ihrer hohen Wirtsspezifität schon vereinzelte Wirte aufspüren, aber auch bei diesen Antagonisten steigt der Erfolg bei der Wirtsfindung mit zunehmender Dichte des Wirtes und gleichmäßiger Ausbringung im Bestand an (Hagvar & Hofsvang 1987, 1991, Hardie et al. 1994, Honek et al. 1998, Hou et al. 1997, van Schelt 1994, van Steenis 1993, van Steenis & El-Khawass 1995, van Steenis et al. 1995). Ähnliche Befallsverläufe fanden Weathersbee & Hardee (1994) auf verschiedenen Baumwollsorten in Freilandversuchen. Die Populationen brachen ebenfalls durch natürlich auftretende Antagonisten nach einem vorübergehenden Anstieg der Blattlauspopulation zusammen. Andere Autoren konnten keine wirksame biologische Kontrolle feststellen (z.B. Mineo et al. 1994). Es kann davon ausgegangen werden, dass das Maximum der Wachstumskurve durch Wechselwirkungen mit der Wirtspflanze (Alter) und den Blattlausantagonisten bestimmt wird, sofern Düngung und Klimaführung optimal sind und keine chemische Schädlingsbekämpfung erfolgt. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass bei einem Anbau ohne den Einsatz breitenwirksamer Insektizide der Einfluss der Nützlinge auf die Populationsdynamik der Aphiden und indirekt auf die Schadensentstehung nicht unberücksichtigt bleiben darf. Dies wird durch mehrjährige Versuche in der Praxis bestätigt (Bünger 1996, 1999, Bünger et al. 1997, 1999, 2000).

Die oben diskutierten Ergebnisse zeigen, dass sich die Daten, die man aus den Versuchen zur Wirkung von Veredelung und Sorte auf die Vermehrungsbiologie gewinnt, nur zu Vergleichen hinsichtlich der Wirtseignung verwenden lassen. Rückschlüsse auf die tatsächliche Populationsdynamik bzw. das Populationswachstum lassen sich aus ihnen nicht ziehen. Es konnte nicht geklärt werden, wie der Mechanismus der Dichteregulation in Abhängigkeit vom Wirtspflanzenalter funktioniert, da die Dichteregulation in ihrer Komplexität noch nicht vollständig erfasst ist. Die wichtigsten Einflussfaktoren unter Gewächshausbedingungen scheinen das Pflanzenalter zum Zeitpunkt des Befalls und die Wirkung von Antagonisten zu sein. Die Höhe des Initialbefalls ist offenbar nur für die anfängliche Geschwindigkeit der Populationsentwicklung von Bedeutung zu sein. Vergleiche mit Ergebnissen anderer Autoren sind kaum möglich. Die meisten Autoren beschäftigen sich mit dem Verlauf des natürlichen Befalls auf Baumwolle und dem Einfluss verschiedener Kontrollmaßnahmen auf den Ertrag. Die Populationsdynamik auf Gurken verschiedenen Pflanzenalters unter Gewächshausbedingungen, ohne den Einfluss einer Bekämpfungsmaßnahme, wurde nicht beobachtet. Die verschiedenen Untersuchungen unter anderem von Mineo et al. (1994), Naveed et al. (1995), Slosser (1992), Stam et al. (1994), Weathersbee et al. (1995) zeigen aber deutlich, dass die Populationsdynamik durch Sorten, Antagonisten und das Pflanzenalter (bzw. Pflanztermin) beeinflusst werden. Außerdem wurde deutlich, dass mit Dichteangaben pro Pflanze und Blatt ein Vergleich von Populationsdynamiken in Bezug zur Befallsstärke nicht möglich ist.

### 4.3 Einfluß des Schädlings auf den Trockenmasseertrag und die Inhaltsstoffe

Dieser Teil der Arbeit (s. 2.3.2, 2.3.3, 3.1.4, 3.2) dient der Quantifizierung und Qualifizierung der Schädigung der Pflanze durch die Blattlaus. Zur Ermittlung der qualitativen Veränderungen wurde vor allem der Gehalt an Kohlen- und Stickstofffraktionen in der Pflanze und der Blattlaus erfasst. Denn es ist bekannt, dass vor allem der in der Pflanze verfügbare biologisch gebundene Stickstoff limitierend für die Vermehrung der Blattläuse und das Wachstum der Pflanze ist (Buysse et al. 1993, McDonald & Stadenberg 1993, Minks & Harrewijn 1987, Rossing 1991, Ruiz & Romero 1988). Die quantitativen Angaben beziehen sich auf die Trockenmasseverluste der Pflanze infolge des Entzugs durch die Laus.

#### 4.3.1 Schaden

Der Vergleich der Trockenmasse der einzelnen Pflanzenorgane (kontrollierte Bedingungen) ergab, dass bei allen Varianten eine Verschiebung der Trockenmasseverteilung nach 35 Tagen Versuchsdauer zu Ungunsten der Blatt- und Wurzelmasse stattfand (s. Tab. 3.11). Der Spross- und Fruchtanteil stiegen an. Dies ist typisch für das Wachstum von Gurkenpflanzen. Ein verstärktes vegetatives Wachstum (Blatt, Sprossachse, Wurzel) wird durch das generative Wachstum (Fruchtbildung) abgelöst (Liebig 1978, Liebig 1982, Marcelis 1991, 1992, 1994, van der Vlugt 1990). Der genaue zeitliche Verlauf der Trockenmassezunahme wurde nicht erfasst. Er konnte nur anhand der Wachstumsrate berechnet werden, ebenso wie der Verlust bzw. Schaden (Unterschied an Trockenmasse zwischen der Kontrolle und der befallenen Variante). Mit zunehmender Befallsstärke war die Trockenmasse pro Pflanze signifikant reduziert. Der auftretende Verlust war im Verhältnis bei Wurzel und Frucht höher als bei Blatt und Spross.

Das Wachstum der Pflanze (irreversible Zunahme der Biomasse) zeigt sich in der Menge und Verteilung der durch die Photosynthese gebildeten Trockenmasse. Es korreliert außerdem mit der Aufnahme von Wasser und Nährstoffen durch die Wurzeln. Aus diesem Grund müssen Ertragsreduktion und Wurzelreduktion in engem Zusammenhang gesehen werden. Durch das Saugen der Blattläuse wird der Pflanze nicht nur Trockenmasse entzogen (Schaden), sondern auch das *sink/source*-Verhältnis und damit die Verteilung der verbleibenden Assimilate gestört.

Die Verteilung der Assimilate von der *source* ausgehend passt sich dem Bedarf (*sinks*) während des Wachstums an, d.h. die *sink*-Stärke bestimmt die Verlagerung der Trockenmasse (Marcelis et al. 1988). Die Steuerung der Verteilung erfolgt über die Phytohormone. Robbins & Pharr (1988) wiesen nach, dass das Wurzelwachstum ein *sink* für die gebildeten Assimilate ist. Außerdem stellten sie fest, dass der Assimilateexport sowie die Photosyntheserate bei Blättern von Gurkenpflanzen, die Früchte trugen, höher war, als bei Gurkenpflanzen ohne Früchte. Van der Vlugt (1990) führt deshalb das Wurzelsterben bei Gurken während der generativen Phase auf das Fruchtwachstum zurück. Seine Begründung ist, dass Früchte ein stärkeres *sink* bilden als die Wurzeln. Wie differenziert die Verteilung

der Assimilate erfolgt, zeigen die Ergebnisse von Chamont (1993), der nachwies, dass Früchte erst nach der Blütenbildung einen stärkeren *sink* als die Wurzeln bilden. Je größer die Früchte waren, desto stärker war ihre *sink*-Wirkung. Chamont (1993) beobachtete außerdem, dass bei parthenokarpen Gurkensorten das Wurzelsterben deutlich geringer war. Auch wenn also mit der Bildung der Früchte die Wurzelmasse reduziert wird, so ist das Wurzelwachstum doch nicht in dem Maß verringert, dass es die Ertragsbildung negativ beeinflussen würde (Charmont 1993, Van der Vlugt 1990). Im Versuch unter kontrollierten Bedingungen waren die Wurzelmasse und Fruchtmasse der befallenen Varianten signifikant gegenüber der unbefallenen Kontrolle reduziert. Durch den Befall mit den Blattläusen kommt es zur Konkurrenz um die Assimilate mit den wachsenden Organen der Pflanze. Dies führt zu einem Absterben der Wurzeln, was eine Unterversorgung der Pflanze mit Wasser und Nährstoffen zur Folge hat. Konkurrenz, Wasser- und Nährstoffmangel führen zum Abstoßen der Früchte (McDonald & Stadenberg 1993).

Der *sink*, den der Schädling darstellt, ist also stärker, als der des wachsenden Organs. Die negative Wirkung der Läuse ist nicht nur durch den Entzug bedingt, sondern wird noch durch Konzentrationsveränderungen in der Zelle verstärkt. Janoudi et al. (1993) beobachteten z.B. eine negative Rückkopplung auf die Photosynthese durch eine Konzentrationssteigerung der Assimilate in den Zellen am Saugort. Die Photosynthese ist bei starkem Blattlausbefall reduziert, aber der Metabolismus bzw. die Atmung ist erhöht (McDonald & Stadenberg 1993, Shannag et al. 1998). Wie schon angesprochen (s. 4.2) haben die Speichelinhaltsstoffe der Läuse aber auch phytohormonähnliche Wirkung auf ihren Wirt (Kloft 1960 I, II, Schäller 1968). Wien (1997) beschreibt u.a., dass über systemisch wirksame Substanzen das Wurzelwachstum deutlich reduziert war. Dies hatte ein insgesamt signifikant reduziertes Wachstum zur Folge. Bekannt ist dieser Effekt der Wurzelschädigung u.a. von *Eucallipterus tiliæ* (L.) (Miles 1989).

Die Schäden, deren Entstehung dargestellt wurde, waren beträchtlich. Im Versuch unter kontrollierten Bedingungen erreichten sie nach 35 Befallstagen eine Höhe von 19 g (5 Aphiden Initialbefall) bis 25 g (10 Aphiden Initialbefall) Trockenmasse pro Pflanze bzw. 52 % bis 65 % gegenüber der Kontrolle. Im Versuch unter semi-kontrollierten Bedingungen war die Trockenmasse nur bei den frühen Befallsvarianten signifikant reduziert. Trotz der ähnlichen Befalldichten waren keine signifikanten Schäden bei den späten Befallsvarianten zu beobachten. Es wurde z.T. sogar mehr Trockenmasse als bei der Kontrolle gebildet. Der Schaden der frühen Befallsvarianten entsprach einem Verlust von 66-68 % der Trockenmasse pro Pflanze im Vergleich zur Kontrolle. Auch in diesem Falle war der Anteil der Fruchttrockenmasse am stärksten durch den Befall reduziert. Die Wurzelmasse wurde nicht erfasst. Die im ersten und dritten Gewächshausversuch auftretenden Unterschiede ließen sich statistisch nicht absichern; deshalb wird nur auf den zweiten Versuch Bezug genommen. Der Fruchtertrag war um 30-33 % bei den frühen Befallsvarianten und 12-20 % (Fruchtzahl pro Pflanze) gegenüber der Kontrolle reduziert. Die Höhe des Schadens wuchs mit zunehmendem Befall und Befalldauer. Der Schaden im Vergleich zur Kontrolle betrug bei den frühen Befallsvarianten 41 % und bei den späten Befallsvarianten 14-21 % Trockenmasseverlust pro Pflanze. Die von *A. gossypii* verursachten Schäden (Trockenmasse pro

Pflanze) schwankten also zwischen 14-68 %. Vergleichbare Daten zu Trockenmasseschäden von *A. gossypii* liegen nicht vor. Als Beispiel sei die nahe verwandte Art *Aphis craccivora* KOCH angeführt, die bis 61 % der gebildeten Assimilate ihrer Wirtspflanze entziehen kann (Miles 1989). Bekannt sind Schäden durch Blattläuse von bis zu 100 % (Basavangoud et al. 1981).

Es fällt auf, dass die Schäden variieren. Dies hängt mit der unterschiedlichen Befallsdauer und Intensität (Blattlaustage) sowie den Unterschieden im Pflanzenalter zum Zeitpunkt des Befalls zusammen. Ein Vergleich der Einzelpflanzengewichte der drei Versuche zeigt, dass die Startbedingungen in den verschiedenen Versuchen stark variierten.

Versuchsbedingungen	Startgewicht gerundet	Schaden [%] gerundet	Blattlaustage
Kontrolliert	5 g	52-65	132-152
Semi-kontrolliert	früh 9 g	66 – 68	127-138
	spät 217 g	kein	88-93
Praxisrelevant	früh 53 g	41	370-412
	spät 592 g	14 – 21	109-138

Es liegt nahe, dass der Schaden in Bezug zu den Reserven (z.B. Stärke) der Pflanze steht. Van der Vlugt (1990) beschreibt, dass das Wurzelgewicht nach der intensiven Wachstumsphase (nach ca. 45 Tagen), die der Reservebildung für die generative Phase dient, relativ konstant bleibt. Die Pflanzen der frühen Befallsvarianten und in der Klimakammer hatten z.T. dieses Stadium noch nicht erreicht. Deshalb waren die Schäden höher. Der Zusammenhang zwischen Pflanzenalter und Schaden zeigt sich auch in der Populationsentwicklung und den kritischen Dichten, die eine Emigration der Blattläuse auslösen. Wie schon besprochen (s. 4.2.2, 4.2.3) variierten der Zeitpunkt und die Dichten, die eine Emigration auslösten, je nach Pflanzenalter und Befallszeitpunkt zwischen 0,2 – 5 Individuen pro Quadratzentimeter und 2 - 5 Wochen nach Befallsbeginn. Auch die Schäden entsprechen dem Wachstumsstadium, in dem der Befall auftrat und der Dauer und Intensität des Befalls. Ähnliche Beobachtungen machten u.a. Wellings et al. (1989) mit *R. padi* auf Gerste oder Sohair et al. (1990) bei *Schizaphis graminum* RONDANI auf Weizen. Die Zusammenhänge von Schaden (g pro cm<sup>2</sup> Blattfläche) und Befall (Blattlaustage pro cm<sup>2</sup> Blattfläche) konnten in allen Versuchen regressionsanalytisch abgesichert werden. Ähnliche Regressionsmodelle wurden von Entwistle & Dixon (1987) für *Sitobion avenae* F. auf Weizen veröffentlicht. Eine signifikante Korrelation zwischen der Individuendichte und dem Schaden war in den hier dargestellten Versuchen nicht vorhanden. Diese Beobachtung deckt sich mit der Aussage von Mallot & Davy (1978). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass es unwahrscheinlich ist, dass der Schaden mit der Populationsdichte direkt korreliert ist, da viele indirekte, schwer abzuschätzende Effekte vorliegen.

Zur Erfassung dieser Effekte müssten weitere Untersuchungen durchgeführt werden, wie z.B. zum zeitlichen Verlauf der Trockenmasse-Verteilung in Abhängigkeit von verschiedenen Altersstadien der Pflanzen und dem Befall. Des Weiteren liegt die Vermutung nahe, dass sich durch den Befall und das Pflanzenwachstum die Nahrungsbedingungen für die Blattlaus verändern. Es muss sich dabei um eine wechselseitige Beeinflussung von Wirt und Parasit handeln. Dieser Aspekt wird im folgenden Abschnitt aufgegriffen.

#### **4.3.2 Der Trockenmasseentzug und sein Einfluss auf verschiedene Inhaltsstoffe der Pflanze**

Assimilate sind Produkte der Photosynthese und werden in der Pflanze über den Apo- und Symplasten sowie das Phloem von *source* zu *sink* verlagert. Es handelt sich hierbei überwiegend um lösliche Kohlenhydrate und Aminosäuren. Die Kohlenhydrate fungieren als Energie- und C-Lieferanten in der Pflanze und die Aminosäuren als Stickstoffsubstrat (Buysse et al. 1993). Die hohe Entnahme von Nährstoffen aus dem Phloem sowie der spezifische Bedarf der Blattläuse muss einen Effekt auf die Verteilung und das Mengenverhältnis der Assimilate in der Pflanze haben. Die Verfügbarkeit der Nährstoffe (vor allem Stickstoff) könnte wiederum die Populationsentwicklung und das Schadpotential von *A. gossypii* beeinflussen. Es wurden aus diesem Grund Entzug, Bedarf der Blattlaus und Zusammensetzung der Pflanze analysiert.

Pro Individuum und Tag wurden der Gurkenpflanze etwa 0,19 mg Trockenmasse durch *A. gossypii* entzogen. Der Honigtauanteil an der entzogenen Trockenmasse betrug 89,52 %, der Rest von nur 11,48 % wurde für den Körperaufbau der Laus verbraucht. Kunkel & Hertel (1975) geben für *M. persicae* SULZER an, dass von der aufgenommenen Nahrung 11 % in Biomasse umgesetzt wird, 14 % gehen über Transpiration und Respiration verloren, 73 % werden durch Ausscheidungen abgegeben. Die Verhältnisse bei den gemachten Beobachtungen stimmen in etwa mit den Angaben der Autoren überein. Da die Respiration von *A. gossypii* nicht erfasst wurde, lag der Entzug etwa um 14 % höher bei 0,22 mg pro Individuum und Tag. Groenendijk et al. (1990) berichten bei *A. fabae* auf Zuckerrübe von einem Honigtauentzug pro Tag von 1,6 mg / mg Aphide / Tag. Die Honigtauausscheidung im vorliegenden Versuch ist unter Berücksichtigung der gleichen Mengenverhältnisse höher mit 3,36 mg Honigtau / mg Aphide / Tag. Auch Banks & Macaulay (1964) geben mit einem Frischmasseentzug vom 2-5 mg / mg Aphide / Tag einen geringeren Wert als den im vorliegenden Versuch beschriebenen an. *A. gossypii* scheint im Verhältnis relativ viel Trockenmasse zu entziehen. Die Menge des Entzugs pro Individuum ist an die Wirtspflanzenqualität gekoppelt. Je nach Menge der essentiellen Stickstofffraktionen im Pflanzensaft muß eine Laus mehr oder weniger Trockenmasse entziehen, um ihren Stickstoffbedarf zu decken (Klingauf 1987, Rossing 1991). Über den Bedarf von *A. gossypii* liegen keine genauen Angaben vor, da es bis jetzt noch niemand gelungen ist, *A. gossypii* auf einer künstlichen Diät über mehrere Generationen zu züchten (Ebert & Cartwright 1997). Die Menge der Honigtauausscheidung pro Tag stieg mit zunehmendem Entwicklungsstadium der Laus an (0,07 mg / Tag bis 0,25 mg / Tag). Henneberry et al. (2000) berichten von schwankenden Honigtaumengen einer Population von *A. gossypii* auf Baumwolle. Im vorliegenden Versuch handelte es sich um



Aphiden synchronisierten Alters; aus diesem Grund wurde nur eine stetige Zunahme der Menge des Honigtaus beobachtet.

Die Inhaltsstoffe des Honigtaus bestanden zu etwa 42 % aus Kohlenhydraten und Aminosäuren (s. Tab. 3.4). Der Stickstoff- und Proteinanteil in den Honigtauproben lag unterhalb der Nachweisgrenze. Nach Klingauf (1988) enthält Honigtau 5-15 % Trockensubstanz, 0,5-10 % Kohlenhydrate, (Fructose, Glucose, Saccharose, Melezitose, Trehalose, Oligosaccharide), 20 % freie Aminosäuren sowie Phytohormone, NH<sub>3</sub>, organische Säuren und Ionen. Henneberry et al. (2000) bestimmten im Honigtau von *A. gossypii* auf Baumwolle Glucose, Fructose, Trehalulose und Melezitose. Im vorliegenden Versuch wurde im Honigtau ein Gehalt von 16,5 % Kohlenhydraten bestimmt (Kohlenstoffgehalt des Honigtaus 42 %). Davon entfielen ca. 2 % auf Fructose, 3 % auf Glucose, 1 % auf Saccharose. Die restlichen Zucker wurden nicht bestimmt. Der Anteil an freien Aminosäuren betrug 0,325 % und war damit gering im Vergleich zu den Angaben von Henneberry et al. (2000). Unterschiede der Honigtauzusammensetzung sind im Zusammenhang mit der Wirtspflanze zu sehen, die Einfluss auf die Zusammensetzung der Ausscheidungen hat (Klingauf 1987). Die Untersuchungsergebnisse waren hinsichtlich der im folgenden diskutierten Stickstoffbilanz von Interesse.

Bei den Blattläusen wurde aufgrund der geringen Probenmenge nur der Gehalt an Kohlenstoff (ca. 52 % in der Trockensubstanz) und Stickstoff (ca. 8 % in der Trockenmasse) bestimmt. Die Zusammensetzung der verbliebenen Aschenreste wurde nicht analysiert. Genauere Angaben zur Nährstoffbilanz könnten durch weitere Versuchen mit Radioisotopen gewonnen werden. Radioisotope empfehlen sich, da eine genaue Abschätzung des Entzugs und des Schadens auf Grund der Kompensationsfähigkeit der Wirtspflanze, Respiration der Blattlaus und der gasförmigen Ausscheidungen schwierig ist (Llwellyn 1988). Die Menge der entzogenen Trockenmasse hängt von der Nahrungsqualität der Wirtspflanze ab. Unter Nahrungsqualität ist der Gehalt an für die Laus essentiellen Fraktionen, besonders Stickstoff, im Phloem gemeint (Klingauf 1987). Um den Nährstoffentzug genauer zu definieren, wurden weiterführende Untersuchungen an den löslichen Kohlenhydrat- und Stickstofffraktionen der Gurkenpflanze durchgeführt. Aber nicht nur essentielle Nährstoffe sind für das Wachstum der Blattlaus von Bedeutung. Saccharose z.B. hat eine fördernde Wirkung auf die Nahrungsaufnahme der Laus und weist diesbezüglich Synergismen und Antagonismen mit verschiedenen Aminosäuren auf (Srivastava 1987, Ahmed 1994).

Richardson et al. (1984) und Wien (1997) geben an, dass die Hälfte des Kohlenstoffs im Phloemsaft von Cucurbitaceen als organische Säuren und Aminosäuren vorliegen und die andere Hälfte in Form von löslichen Kohlenhydraten. Über 10 % des Phloems besteht aus Saccharose. Allerdings ist als Besonderheit bei Gurken der Haupttransportzucker Stachyose, die am *sink* in ein Molekül Saccharose und zwei Moleküle Galaktose gespalten wird. Welche Bedeutung dies für das Wachstum der Gurkenlaus hat, ist nicht bekannt. Valenzuela et al. (1991) geben für die Kohlenhydratzusammensetzung von Gurkenpflanzen einen Gehalt von 0,8 - 1 % Glucose, 0,6 - 0,9 % Fructose, 1,4 - 1,9 % Saccharose und 0,6 % Stärke an. Bezüglich der Stickstofffraktionen können die Angaben von Moreno et al. (1998) für Gurke herangezogen werden. Der Gehalt an Protein und Aminosäuren in frischen Blättern betrug

1,5 % bzw. 0,34 % und insgesamt der organisch gebundene Stickstoff 8,3 % in der Trockenmasse.

	Zusammensetzung Phloem	Bedarf nach Auclair (1967)
	<i>Cucurbitaceae</i>	<i>A. gossypii</i>
Kohlenhydrate	0,5 - 12 %	20 - 30 %
freie Aminosäuren	2 - 30%	2 - 4 %
pH	7,5 - 8	7,4 - 7,8

Der Anteil der Stickstofffraktionen und vor allem der Aminosäurenanteil war gering im Vergleich zu den Angaben aus der Literatur. Die Kohlenhydratgehalte hingegen liegen im Schwankungsbereich (s. Tab. 3.12, 3.13). Unterschiede in den Angaben können sich aus verschiedenen Methoden der Nährstoffanalyse, der Probengewinnung und unterschiedlichen analysierten Pflanzenorganen ergeben. Eine Reduktion der Kohlenhydrat- und Stickstoffgehalte könnte durch das Reinigen der Pflanzenproben von Aphiden und Honigtau mittels Wasser verursacht worden sein. Die Aminosäuren sind chromatographisch nach Vorsäulenderivatisierung mit Ortho-Phtaldialdehyd (OPA) / Mercaptoethanol mit einer Reversed-Phase-Säule einfach zu trennen (Fürst et al. 1990, Godel et al. 1984, Graser et al. 1985, Weibull 1988, Weibull et al. 1990). Die sekundären Aminosäuren Prolin und Hydroxyprolin sind durch OPA nicht derivatisierbar und auch nicht nachweisbar. Cystin und Cystein sind derivatisierbar, die Derivate besitzen aber nur geringe fluoreszierende Eigenschaften und sind deshalb kaum detektierbar. Deshalb ist die Methode nur mit Einschränkungen zur Bestimmung der freien Aminosäuren geeignet. Es gab im angewendeten Analysensystem Schwierigkeiten bei der exakten Trennung von Arginin und Threonin sowie von  $\gamma$ -Aminobuttersäure und Tyrosin, die Aminosäure Tryptophan wurde nicht erfaßt. Weibull et al. (1986) stießen auf ähnliche Schwierigkeiten, mit der Einschränkung, dass sie auf Grund eines anderen Gradientenprogrammes auch Tryptophan bestimmen konnten. Dafür hatten sie aber Schwierigkeiten beim Nachweis von Lysin und Methionin. Für weiterführende Untersuchungen sollte das Gradientenprogramm in Anlehnung an Weibull et al. (1986) modifiziert und optimiert werden.

Die Veränderungen in der Zusammensetzung der Pflanze ließen sich anhand des Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnisses beschreiben. Es wurde mit zunehmendem Pflanzenalter enger aber gleichzeitig mit zunehmendem Blattlausbefall weiter, d.h., da der Kohlenstoffgehalt gleich blieb, wurde der Stickstoffgehalt der Pflanzenteile durch die Blattläuse insgesamt vermindert. Trotz der starken Wurzelschädigungen kann die Reduktion des Stickstoffgehaltes nicht ausschließlich auf die Wurzelreduktion zurückgeführt werden. Bar-Tal et al. (1994) stellten fest, dass durch Schnitt reduzierte Wurzeln bei Tomate keinen Einfluss auf den Stickstoffgehalt in der Trockensubstanz hatten. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Unterschiede im Stickstoffgehalt auf der Saugtätigkeit der Aphiden beruhen. An der

Zusammensetzung des Honigtaus, der keinen Stickstoff in nachweisbaren Konzentrationen enthielt, wird deutlich, dass die Laus den Stickstoff vollständig verwertete. Daraus geht hervor, dass die Laus ein Mehrfaches des Trockenmassebedarfs aus der Pflanze entziehen muss, um eine ausreichende Menge an Stickstoff für den Aufbau der eigenen Biomasse aufzunehmen. Durch den Entzug nimmt die Laus Einfluss auf die Assimilateverteilung in der Pflanze. Es findet eine Umverteilung der Stickstoff enthaltenden Assimilate von den Wurzeln und Früchten über die Sprossachse zu den Blattläusen statt. Das bedeutet, dass Wurzeln und Früchte am stärksten von der Konkurrenz mit den Blattläusen um die Assimilate betroffen waren, wohingegen Blätter und Sprossachse primär die stattfindenden Verlagerungsprozesse in der Pflanze wiedergaben. Am deutlichsten war dies bei den löslichen Kohlenhydraten zu beobachten. Sie wurden in den infizierten und geschädigten Blättern akkumuliert. Insgesamt war aber der Trockenmasseertrag reduziert. Veen (1985) führt als Grund für die Akkumulation eine Rückkopplung wegen einer Schädigung der Siebzellen durch die Blattläuse an. Der assimilierte Kohlenstoff ( $C^{14}$ ) in besogenen und unbesogenen Blättern wurde nicht in Richtung Spross verlagert. Eine Folge der Zuckerakkumulation ist die Hemmung der Photosynthese (z. B. Shannag et al. 1998), die zu einer Wachstumsreduktion führt. Dass anscheinend ein ähnlicher Mechanismus bei Gurke wirksam wird, kann von den Ergebnissen von Richardson et al. (1984) abgeleitet werden. Die Autoren stellten fest, dass bei einer Plasmolyse kein Langstreckentransport mehr von Stachyose stattfand. Miller (1989) beschreibt außerdem, dass mechanischer und Temperaturstress zum Zellwandabbau führen können. Dies war mit erhöhten Zuckergehalten in den gestressten Geweben verbunden. Ein dritter Faktor für die Zuckerakkumulation in den Blattgeweben ist die *sink*-Wirkung der Laus (Miles 1989). Pharr & Sox (1984) beschreiben, dass Saccharose- und Raffinose-Konzentrationen im *sink* höher waren. Marcelis (1991, 1994) beobachtete bei erhöhtem Bedarf der Früchte (*sink*) einen Export von Saccharose, Raffinose und Stachyose aus den Blättern. Es ist zu vermuten, dass dieser Prozess durch das Saugen der Blattlaus zum Erliegen kommt. Es sind noch andere Reaktionen der Pflanze auf den Blattlausbefall bekannt. Bei geringem Befall kann eine Steigerung der Leistungsfähigkeit der Pflanze erfolgen, da durch den Entzug von Assimilaten die Rückkopplung der Photosynthese aufgehoben ist (Miles 1989, Shannag et al. 1998). Bei zunehmendem Befall kehrt sich die Wirkung um. Der genaue Mechanismus der stattfindenden Verlagerungsprozesse, nämlich ob es sich um eine Akkumulation auf Grund der *sink*-Wirkung handelt, die einen Export verhindert, ob ein erhöhter Import zu den befallenen Organen hin die Ursache ist, oder ob beide Prozesse sich überlagern und in welchem Zusammenhang dies mit der Photosynthese steht, muss noch geklärt werden. Über die Mechanismen, die zu einer Akkumulation der Stickstofffraktionen führen, ist nichts bekannt. Richardson et al. (1984) beschreiben, dass die im Blatt gebildeten stickstoffhaltigen Assimilate und organischen Säuren in einer unbefallenen Gurkenpflanze zum *sink* abtransportiert werden. In Geweben nahe am Saugort von Aphiden kommt es zur Mobilisierung von Aminen und Amidn (Miles 1989). *M. persicae* (SULZER) reduziert z.B. durch den Befall den Carotinoidgehalt ihrer Wirtspflanze (Miles 1989). Die *sink*-Wirkung der Laus könnte eine Akkumulation der freigesetzten Stoffe bewirken. Die Unterschiede des prozentualen Anteils der Aminosäuren werden nicht allein von der Wirtspflanze aus gesteuert, sondern auch über die Speichelsekretion der Blattläuse und einer Art selektiver Nah-

rungsaufnahme (Kloft 1960 I, II, Schaller 1963, 1961, Poehling & Morvan 1984). Eine Speichelsekretion, welche die Aminosäuren Glycin und Alanin enthielt, wurde bei 10 verschiedenen Aphidenarten nachgewiesen (Schaller 1961, 1963).

Die Erkenntnisse werfen die Frage auf, ob die Wurzelschädigung (s. 4.3.1) auf eine Mobilisierung von Speicherstoffen in der Wurzel oder auf einen verhinderten Export aus den Blättern, der *source*, zurückzuführen ist. Verkleij & Challa (1988) machten anhand von  $C^{14}$ -Verlagerungen unter unterschiedlichem Licht und Temperaturen die Beobachtung, dass Stärke ein wichtiger Speicher in *source*-Organen von Gurke ist. Robbins & Pharr (1987, 1988) bestätigen dies und machten zudem die Beobachtung, dass es bei behindertem Wurzelwachstum zur Akkumulation von Stärke kommt. Die Ergebnisse des vorliegenden Versuchs sind nicht eindeutig. Betrachtet man den Anteil an Stärke in der Trockensubstanz, so war der Gehalt des Speicherkohlenhydrates im Blatt am höchsten. Es traten keine signifikanten Unterschiede auf, obwohl das Gesamtmittel und der Stärkegehalt in der Wurzel tendenziell eine leichte Abnahme mit zunehmendem Befall erkennen ließen. Auch diese Frage kann nur durch weiterführende Untersuchungen geklärt werden. Ein wichtiges Enzym im Kohlenhydrat-Metabolismus ist die Sucrose-Phosphat-Synthase. Die Aktivität ist niedrig bei hohen Stärkegehalten und hoch bei geringem Stärkegehalt. Die Aktivität dieses Enzyms könnte als Indiz für die Wirkung des Entzugs durch Blattläuse verwendet werden.

Durch die Saugtätigkeit von *A. gossypii* Populationen an Gurke unter kontrollierten Bedingungen wurden pro Pflanze ca. 86-88 g Trockenmasse über vier Wochen Befall entzogen. Daraus ergibt sich, dass pro  $cm^2$  Blattoberfläche ca. 20 mg Honigtau abgelagert wurden. Welche Bedeutung dies für die Schadwirkung hat, ist nicht geklärt. Es sind unterschiedliche Reaktionen der Pflanzen auf Honigtauablagerungen auf der Blattoberfläche bekannt. Der Honigtau der Weißen Fliege führt zu einer Reduktion der Photosynthese (Shannag 1989). Ähnliches berichten Rabbinge et al. (1981), die Photosynthese von Weizen wurde durch die Honigtau-Ausscheidungen von *S. avenae* und *M. dirhodum* und die Blattalterung beschleunigt. Diesen Effekt beobachteten Hurej & van der Werf (1993) bei dem System *A. fabae* und Zuckerrübe nicht. Dieser Kalkulation des theoretischen Entzugs stehen die an den Pflanzen gemessenen Schäden gegenüber. Sie betragen pro Pflanze zwischen 19-25 g Trockenmasse. Die Zusammensetzung der Pflanze ergibt einen Verlust von ca. 8 g Kohlenstoff und 0,88 g Stickstoff. Unter Berücksichtigung der bekannten Laus und Honigtau-Zusammensetzung sowie der Trockenmasseverteilung nach Kunkel und Hertel (1975) ergibt sich nach dem geschätzten Entzug durch die Laus folgende Trockenmasseverteilung:

- 30 g entfallen auf Kohlenstoff,
- 0,87 g entfallen auf Stickstoff
- 44 g entfallen auf einen nicht analysierten Trockenmasserest
- 12 g werden gasförmig ausgeschieden und wurden nicht erfasst.

Das zeigt, dass die Pflanze den Verlust an Kohlenhydraten über die Photosynthese besser kompensieren kann als den der Stickstoffassimilate. Dieser Zusammenhang ist in der

Bedeutung der Amide als  $\text{NH}_4^-$ - und Kohlenstoffskelettdonator für andere biogene Syntheseschritte zu sehen (Srivastava 1987).

Trotzdem scheint die Kompensationsfähigkeit der Pflanzen sehr groß (67-75 %). Auch im Versuch unter semi - kontrollierten Bedingungen ergab der Vergleich des Trockenmasseentzuges durch die Blattläuse mit dem gemessenen Schaden ein Kompensationsvermögen von 49-121 %. Es war bei den älteren Pflanzen deutlich höher. Gurkengewächse sind Pflanzen mit einem extrem hohen Wachstumspotential im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen (Wien 1997). Dadurch kommt es bei guten Wachstumsbedingungen zur Überkompensation. Wie oben angesprochen kann der Entzug von überschüssigen Assimilaten durch die Blattlaus bei geringen Befalldichten das Wachstum sogar fördern (Leski 1995, Shannag 1998, Miles 1989). Die Pflanze kann vor allem den Entzug der Kohlenhydrate durch eine erhöhte Photosyntheserate, wie es auch bei einer Zunahme an *sinks* beschrieben wurde, ausgleichen (Marcelis 1991, 1994, Marcelis et al. 1988, Chamont 1993, Leski 1995, Plaut et al. 1987, Robbins & Pharr 1988, Wien 1997). Mit zunehmender Befalldichte und -dauer sowie der Zunahme an anderen *sinks* wird die Leistungsfähigkeit der Photosynthese überfordert und die Pflanze baut ihre Reserven ab. Dieser Prozess wird durch die gesteigerte Transpirationsrate (Shannag 1989) bei Blattlausbefall und die mangelhafte Nachlieferung durch die Wurzeln (u.a. Stickstoff und Wasser) gesteigert. Durch Wasserstress werden die Stomata geschlossen, dadurch kommt es zu einer weiteren Reduktion der Photosyntheserate (Shannag 1989).

Es wird anhand der Ergebnisse deutlich, dass der Schaden variabel ist und mit Zunahme der Pflanzengröße bzw. Reserve der Ressource abnimmt. Ähnliche Ergebnisse finden wir bei Yencho et al. (1986) bezüglich *Acyrtosiphon pisum* HARRIS auf *Pisum sativum* L. Der Schaden ist abhängig vom Gleichgewicht zwischen Assimilatproduktion (aktive Blattfläche) und -entzug (Aphidengröße, Menge, Dauer, Nahrungsqualität). Eine zentrale Bedeutung in diesem *source/sink*-Gleichgewicht kommt der Wurzel als Ort der Nährstoff- und Wasseraufnahme in ihrer Konkurrenz zu Früchten und Läusen zu. Auch wenn bekannt ist, dass Photosynthese auf Baumwolle durch *A. gossypii* geschädigt wird, so muss das System Gurke-Blattlaus auf Grund undeterminierten Wachstums, Wachstumsrhythmik und variablen Anbaumethoden genauer untersucht werden. Es wird deutlich, dass es noch viele Wissenslücken auf dem Gebiet der systemischen Schädigung durch das Saugen der Blattläuse, der tatsächlichen Höhe des Entzugs, dem Nährstoff- und Energiebedarf der Blattlaus, der Bedeutung von Honigtau und Rußtauablagerungen für die Photosynthese, der Kompensationsmechanismen der Pflanze und der Trockenmasseverteilung bei Blattlausbefall bestehen (Ebert & Cartwright 1997, Llwellyn 1988). Als weitere unbekanntes Größe kommen noch die Auswirkungen von Virusübertragungen auf diese Bilanz hinzu (Tecsı et al. 1994).

## 4.4 Einfluss von *A. gossypii* auf das Wachstum der Gurkenpflanzen

Im Folgenden werden die phänologischen Schäden, die durch den Entzug der Trockenmasse und den Einfluß auf die Physiologie der Gewächshausgurken durch *A. gossypii* verursacht wurden, dargestellt und diskutiert.

### 4.4.1 Sprosslänge

Die Sprosslänge bzw. die Anzahl der Nodien ist mit dem Ertrag korreliert (Solanki & Shah 1989, Abusaleha & Dutta 1988). Deshalb erschien es sinnvoll, diese Größe als Maß für die Schädigung heranzuziehen. Die Sprosslänge wurde zwar besonders bei den jungen Pflanzen unter kontrollierten und semi-kontrollierten Bedingungen durch die Saugtätigkeit der Aphiden beeinträchtigt (25 % - 41 %, s. 3.1.4.1, 3.2.1, 3.3.2.1), erwies sich jedoch als nicht relevant für den Schadensverlauf. Die Versuche unter praxisrelevanten Bedingungen bestätigen dies. Es traten keine Unterschiede bezüglich der Sproßachsenlänge auf. Dies muß im Zusammenhang mit den unter praxisrelevanten Bedingungen durchgeführten Schnittmaßnahmen gesehen werden. Das praxisübliche Dekapitieren machte es unmöglich, einen Einfluss der Blattläuse auf das Sprosslängenwachstum zu erfassen.

### 4.4.2 Blattfläche

Die Blattfläche ist die bedeutendste Größe für die Beobachtung der Schadwirkung der Blattläuse (Heathcote 1972). Ertrag und Blattfläche sind direkt voneinander abhängig (Hurej & van der Werf 1993, Krug 1991, Ramirez et al. 1988, Robbins & Pharr 1988, Ruoching & Weishen 1991). Für eine hohe Ertragsleistung ist eine ausreichend ausgebildete Blattfläche die Basis. Das bedeutet, dass ein ausgeglichenes Wachstum eine ausgewogene *sink*-Kapazität zwischen Speicherorganen und Blättern gewährleistet (Marcelis 1991, 1994). Außerdem kann das Wachstum vereinfacht durch das Blattflächenwachstum beschrieben werden (Krug 1991). Ein Vorteil dieser Größe ist, dass die Blattfläche kontinuierlich erfassbar ist und weniger durch die Schnittmaßnahmen betroffen wird, als die Sprossachse. Die Blattläuse schädigen dieses Organ direkt, daher ist die Schädigung über die Blattfläche erfassbar. Die Schädigung der Blätter kann auf verschiedene Arten stattfinden, die alle eine Reduktion des Wachstums zur Folge haben. Bei *A. gossypii* treten durch das Saugen Wuchsdeformationen sowie Honigtau- und Rußtauablagerungen auf, diese wirken direkt auf die Leistung der Assimilationsfläche. Shannag et al. (1998) beschreiben z.B. (*A. gossypii* auf Baumwolle) eine Reduktion der Photosyntheserate und eine Steigerung der Transpirationsrate der befallenen Baumwollblätter.

In den Versuchen wurde die Blattfläche mittels der Korrelation von Blattlänge und Blattfläche berechnet. Die Messgenauigkeit ist personenabhängig. So eignen sich die Angaben nur zu Vergleichen der vorliegenden Daten untereinander. Für Vergleiche mit den Daten anderer Autoren könnten sie aber zu ungenau sein. Modernere optisch-elektronische Messgeräte werden zukünftig genauere Ergebnisse ermöglichen. Ein Faktor, der die Ergebnisse zu Populationswachstum und Schadverlauf beeinflusst haben könnte, sind möglicherweise die

Schnittmaßnahmen. Durch die in der Praxis üblichen Schnittmaßnahmen werden vor allem alte, senescente Blätter entfernt. Nach van Steenis (1995) sind diese als Nahrungsquellen für *A. gossypii* weniger geeignet als vollaktive und junge Blätter. Des Weiteren wurde in den Versuchen festgestellt, dass *A. gossypii* auf Veränderungen der Kapazität der Pflanze mit Dichteregulation der Population reagiert. Der Befall der photosynthetisch leistungsstärksten reifen Blätter sowie der jungen Blätter, die zum Aufbau neuer Blattfläche dienen, ist für den Verlauf der Schädigung weitaus bedeutender. So kann davon ausgegangen werden, dass das gelegentliche Entfernen von Blattlauskolonien auf seneszenten Blättern einen vernachlässigbaren Einfluss auf den Befallsverlauf und die Schadentstehung hatte.

Wie bereits festgestellt wurde, sind photosynthetisch vollaktive Blätter die *source*-Organe der Pflanze. Daraus ergibt sich die Frage, wie viel Blattfläche eine Gurkenpflanze einbüßen kann, ohne dass es zu Wachstumsdepressionen und Ertragsreduktionen kommt. Von Sojabohne ist bekannt, dass sie Verluste von 17-33 % ihrer Blattfläche ohne Ertragseinbußen verkraften kann (Turnipseed 1972). Haile et al. (1998) beobachteten, dass Sojabohnen auf eine Entblätterung von 46-66 % in Abhängigkeit von der Sorte und der Witterung unterschiedlich reagierten und die Lichtaufnahmefähigkeit des Laubes ausschlaggebend für das Auftreten von Schäden war. Gurkenpflanzen scheinen trotz ihres enormen Wachstumspotentials (Wien 1997) gegen Blattverluste empfindlicher zu sein als z.B. Sojabohnen. Ramirez et al. (1988) stellten bei ihren Untersuchungen zum einen fest, dass das Wachstumsstadium zum Zeitpunkt des Blattflächenverlustes entscheidend ist und zum anderen bereits eine Reduktion um nur 25 % zu Ertragseinbußen führte. Der Frucht- und Trockenmasseertrag waren proportional zum Grad der Entblätterung. In den durchgeführten Versuchen wurden unter kontrollierten Bedingungen eine maximale Reduktion der Blattfläche aufgrund des Blattlausbefalls von 43-52 %, unter semi-kontrollierten Bedingungen von 64-70 % (nur bei frühem Befall) und unter praxisrelevanten Bedingungen von 36-40 % (früher Befall) bzw. 10-18 % (Spätbefall) erfasst. Der Anteil geschädigter Blätter (Deformationen der Blattspreite und Honigtauverschmutzungen) betrug unter kontrollierten Bedingungen ca. 70 %, unter semikontrollierten Bedingungen betrug er 93-100 % bei der frühen Befallsvariante. Bei den späten Befallsvarianten unterschied sich der Anteil deformierter Blätter mit 3-4 % von der mit Honigtau verschmutzten Blattoberfläche von 73-90 %. Es können keine weiteren Vergleiche aus der Literatur herangezogen werden. Der überwiegende Teil der Aussagen aus der Literatur beschränkt sich auf die Korrelation von Endbefall und Ertrag. Shannag (1989) beschreibt allerdings für das System Weiße Fliege / Gurke eine deutliche Reduktion der Blattfläche und des Ertrags, die mit den Befallsstärken korrelierten. Die genaue Höhe dieser Schädigung ist aber aus den veröffentlichten Daten nicht abzulesen. Die Gewinnung von Vergleichsmaterial, wie es bei anderen Kulturen, z.B. Zuckerrübe (Hurej & van der Werf 1993) vorliegt, wäre erstrebenswert.

Im zeitlichen Verlauf des Blattflächenwachstums wurde zu Beginn und bei einem späten Befall eine leichte Förderung durch den Blattlausbefall beobachtet, was eine direkte Korrelation von Befall und Schaden unmöglich machte. Dieses Phänomen ist bekannt und wird als Überkompensation beschrieben (Leski 1995, Shannag 1989). Die Blattläuse wirken durch den Entzug der Assimilate regulierend auf das *source/sink*-Verhältnis und fördern so

das Wachstum über eine Steigerung der Photosynthese (Leski 1995). Aus diesem Grund wurde zur Beschreibung der Zusammenhänge der Blattlausindex herangezogen, der das Zeitintegral von Befallsstärke und Befallsdauer bildet (Welter et al. 1990, s. 4.3).

Die Schadschwelle bezüglich der Reduktion der Blattfläche auf Grund des Blattlausbefalls wurde je nach Versuch und Pflanzenalter zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt bzw. Befallsstadium überschritten und ist damit vergleichbar mit den Ergebnissen zum Trockenmasseschaden bzw. den Ergebnissen zur Populationsdynamik. Das Pflanzenalter bzw. die Kapazität der Pflanze ist auch unter dem Aspekt phänologischer Schäden für die Höhe des Schadens eine bedeutende Größe.

Unter kontrollierten Bedingungen wurde die Schadschwelle nach 11-12 Tagen Befall mit einem kumulativen Index von 8 Individuen-Befallstagen pro cm<sup>2</sup> überschritten. Die Honigtauverschmutzung der Blattoberfläche betrug zu diesem Zeitpunkt 18-31 %. Deformationen der Blätter und eine Verschmutzung der Blattoberfläche mit Honigtau waren schon nach sieben Tagen Versuchsdauer zu beobachten. Die Variante 1 (5 Aphiden Initialbefall) überschritt die Schadschwelle mit einer geringfügig niedrigeren Individuendichte als Variante 2 (10 Aphiden Initialbefall) und etwas früher. Der Einfluss der höheren Vermehrungsraten wird hier deutlich. Eine höhere Vermehrungsrate bedeutet auch einen vorübergehend höheren Assimilatebedarf für den Aufbau der Biomasse der Läuse.

Unter semi-kontrollierten Bedingungen wurde die Schadschwelle mit 17 Blattlaustagen am 22sten Tag nach Befallsbeginn bei den frühen Befallsvarianten überschritten. Die Honigtauverschmutzung der Blattoberfläche betrug zu diesem Zeitpunkt 0,83 - 2,3 %. Die Unterschiede im Vergleich zur Kontrolle waren nach 35 Tagen Befallsdauer signifikant. Die Blattschäden als prozentualer Anteil deformierter Blätter an der gesamten Blattzahl waren 28 Tage nach Befall für die frühen Befallsvarianten signifikant höher gegenüber den anderen Varianten mit 8,5-9,5 % geschädigter Blätter. Für die Varianten des Spätbefalls betrug der Anteil deformierter Blätter nach 35 Tagen Befall 3-4 % und die Honigtauverschmutzung der Blattoberfläche 73 - 80 %. Die Blattfläche der späten Befallsvarianten war nicht reduziert sondern z.T. sogar vergrößert (Vergleich Überkompensation Leski 1995). Die Blattfläche unter praxisrelevanten Bedingungen war im Vergleich zur Kontrolle nach 21-22 Tagen bzw. 20-22 Blattlaustagen bei der frühen Befallsvariante und 41 Tagen Befall bzw. 73 Blattlaustagen reduziert. Die Reduktion der Blattfläche betrug 36-40 % und 15-21 % gegenüber der Kontrolle, wobei die Schäden bei den frühen Befallsvarianten die höheren waren; über die Honigtauablagerungen und Blattdeformationen steht kein Datenmaterial zur Verfügung.

Wie aus den Versuchen unter kontrollierten und semi-kontrollierten Bedingungen hervorgeht, haben die Deformationen der Blätter einen größeren reduzierenden Einfluss auf das Wachstum als die Honigtauablagerungen. Dies wird aus den Zahlen des Spätbefalls ersichtlich. Ähnliche Beobachtungen wurden von Hurej & van der Werf (1993) für *A. fabae* auf Zuckerrübe gemacht. Gibson et al. (1976) wiesen bei *M. euphorbiae* und Kartoffelblättern nach, dass die Blattkräuselung, die durch das Saugen der Blattlaus entstand, Ursache für die Reduktion von Blattfläche und Schädigung der Photosynthese war. Die Bedeutung von



Honigtau bezüglich die Leistungsfähigkeit der Blätter ist allerdings im Zusammenhang mit dem Schädling zu sehen. Die von Rabbinge et al. (1981) gemachten Beobachtungen an Weizen mit den Blattlausarten *S. avenae* und *M. dirhodum* deuten auf eine physiologische Wirkung des Honigtaus hin, die eine Reduktion der Photosynthese und eine beschleunigte Alterung der Blätter bewirkte. Dies entspricht den Ergebnissen von Shannag (1989) mit *T. vaporariorum* an Gurke. Es sind noch andere Mechanismen denkbar, die eine Veränderung der Leistungsfähigkeit des Blattes verursachen, z.B. die Erhöhung der Reflexion von Strahlung durch den Honigtau, Erschwerung der Transpiration etc.. Über die Wirkung des Honigtaus von *A. gossypii* auf die Leistungsfähigkeit der Gurkenblätter liegen in der Literatur keine Daten vor. Eine Quantifizierung des Einflusses und der Bedeutung für das Pflanzenwachstum wäre von Interesse.

Aus den Versuchsergebnissen lässt sich eine dynamische Schadschwelle ableiten, die zwischen 8-72 Blattlaustagen liegt und mit zunehmendem Alter der Pflanzen höher ist. Die Schadschwelle wurde in allen Versuchen 1-2 Wochen vor dem exponentiellen Wachstum und der Bildung von Emigranten überschritten. Zu signifikanten Wachstumsreduktionen gegenüber der Kontrolle kam es ebenfalls erst 1-2 Wochen nach Erscheinen der ersten nicht signifikanten Unterschiede der Varianten. Da in der Klimakammer Individuendichte und Lichtverhältnisse nicht praxisrelevant waren und die Pflanzen zudem nicht veredelt waren sollte man von einer höheren Schadschwelle ausgehen als im Minimum von 8 Blattlaustagen. Die unterschiedlich starken Schäden von jungen gegenüber den älteren Pflanzen werden durch die verschiedenen Schadschwellen berücksichtigt. Diese Unterschiede sind ursächlich auf die geringere Kapazität (begrenzte Ressourcen) der jungen Pflanzen zurückzuführen. Für ein schnelles Wachstum junger Pflanzen ist die schnelle Zunahme der Blattfläche sehr wichtig, weil ein großer Teil des zur Verfügung stehenden Lichtes sonst nicht genutzt werden kann (Krug 1991). Deshalb wird zu Beginn der größte Anteil an synthetisierten Assimilaten für das Blatt- und Wurzelwachstum verwendet. Durch das Saugen der Blattläuse konnten die jungen Pflanzen keine Reserven aufbauen. Des Weiteren war die photosynthetisch aktive Fläche noch nicht ausreichend ausgebildet, so dass die Konkurrenzwirkung der Blattlaus zu den anderen *sinks* (junge Blätter, Früchte, Wurzeln) besonders hoch war. Auch nach einem Zusammenbruch der Blattlauspopulation haben die im frühen Stadium geschädigten Pflanzen zu wenig Reserven, um wieder neue Blätter zu bilden. Durch die enge Korrelation von Blattfläche und Ertrag ergibt sich daraus folglich eine langanhaltende Ertragsreduktion, auch wenn die Schadwirkung bereits aufgehört hat. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Hurej & van der Werf (1993) am System *A. fabae* und Zuckerrübe. Im Gegensatz zum Frühbefall erfuhren die Pflanzen der späten Befallsvarianten z. T. sogar eine Förderung der Blattfläche durch den Befall. Dies ist auf eine Steigerung der *source*-Kapazität bei gesteigertem Bedarf an Assimilaten zurückzuführen, wie es z. B. bei den *source/sink*-Verhältnissen bezüglich der Ertragsbildung von Gurken nachgewiesen wurde (Krug 1991, Marcelis 1991, 1994, Plaut et al. 1987).

Es kann also festgehalten werden, dass die Blattfläche junger Pflanzen massiv und wesentlich stärker durch den Befall mit *A. gossypii* reduziert wird als die von 4 - 5 Wochen älteren Pflanzen. Es lässt sich ableiten, dass die *source/sink*-Verhältnisse der Pflanze durch

das Saugen der Aphidenpopulationen beeinflusst werden. Dies hat auch Wirkungen auf der physiologischen Ebene wie Photosynthese und Assimilateverteilung in der Pflanze. Der Mechanismus der Trockenmasseverteilung und des Aufbaus der *sink*-Wirkung durch die Läuse ebenso wie die Bedeutung der Blattdeformationen und Honigtauablagerung für das Pflanzenwachstum muss noch quantifiziert werden.

#### 4.4.3 Früchte

Ebenso wie es Shannag (1989) für Weiße Fliege oder Welter et al. (1990) für Thripse an Gurken beschreiben, korrelierten die Blattfläche der befallenen Pflanzen und der kumulierte Ertrag. Shannag (1989) konnte Ertragsverluste von 20-47 % durch Weiße Fliege und Welter et al. (1990) 54 % durch Thripse an Gurke feststellen. Die einzigen Angaben über *A. gossypii* und Ertragsverluste an Cucurbitaceen findet man bei Mineo et al. (1994) und Attia & El Hamaky (1985). Es werden Ertragsverluste von 50 % (Mineo et al. 1994, *C. melo*, Freiland) bis 100 % (Attia & el Hamaky 1985, *C. sativus*, Freiland) bei freier Populationsentwicklung von *A. gossypii* beschrieben. Weitere Angaben zu Ertragseinbußen beziehen sich auf das System Baumwolle und *A. gossypii*. Auch wenn kaum vergleichbare Daten vorliegen zeigt sich, dass ein Rückgang der Blattfläche einen Rückgang des Ertrags bewirkt. Dies wurde durch das zeitgleiche Abstoßen junger Früchte mit dem Beginn der Blattflächenreduktion in den Versuchen unter kontrollierten und semikontrollierten Bedingungen visualisiert.

Im Versuch unter kontrollierten Bedingungen setzten die befallenen Varianten weniger Früchte an und stießen sie nach 21 Tagen Befall ab. Bei Erreichen der Erntereife der Früchte wäre der Ertrag um 62-73 % reduziert gewesen. Auch Shannag (1989) beschreibt den geringeren Ansatz und das Abstoßen junger Früchte bei zunehmendem Befall junger Pflanzen mit Weißer Fliege, die wie *A. gossypii* ein Phloemsauger ist. Der Abort junger Früchte war im Versuch unter semi-kontrollierten Bedingungen ab Befallswoche 35 signifikant, aber nur bei den frühen Befallsterminen. Es wurden 86-91 % der Früchte abgestoßen. Die Ertragseinbußen erreichten aber nur eine Höhe von 65-68 % gegenüber der Kontrolle. Bei den anderen Varianten (Kontrolle und Spätbefall) lag der Verlust an jungen Früchten bei 30 %. Eine Fruchtabstoßung von etwa 30 % scheint für Gurken unter Gewächshausbedingungen üblich zu sein (Marcelis 1992), was die geringere Höhe der Ertragseinbußen bestätigt. Die späten Befallsvarianten hatten insgesamt einen geringeren Fruchtansatz als die unbefallene Kontrolle, brachten aber mehr Früchte zur Erntereife. Die Ertragsminderung unter praxisrelevanten Bedingungen setzte früher als die Blattflächenreduktion ein.

Ursache im Vergleich zu den Versuchen unter kontrollierten Bedingungen könnten die Temperaturschwankungen im Gewächshaus gewesen sein. Temperaturschwankungen nehmen Einfluss auf die Fruchtbildung (Wien 1997). Zum einen über die Geschwindigkeit der Stoffwechsel- und Assimilateverlagerungsprozesse und zum anderen über einen erhöhten Wasserbedarf bei hohen Temperaturen (Wien 1997). Dies lässt den Schluss zu, dass Pflanzen unter praxisrelevanten Bedingungen auf die Schädigung durch die Blattlaus sensibler über den Ertrag reagieren. Dementsprechend war die Schadschwelle hinsichtlich der Erträge niedriger als die der Blattflächen. Die erste Ertragsreduktion trat bei den frühen Varianten 14-

18 Tage nach Befallsbeginn auf und erreichte eine maximale Höhe von 30-33 % gegenüber der Kontrolle. Die Schadschwelle lag bei 4 - 13 Blattlaustagen. Das Überschreiten der Schadschwelle wurde bei den frühen Befallsvarianten ca. fünf Wochen vor dem Auftreten signifikanter Schäden beobachtet. Bei den späten Befallsvarianten zeigte sich die Ertragsreduktion an den Tagen 28-33 nach Befallsbeginn bei einer Schadschwelle von 35-54 Blattlaustagen. Die Höhe der Ertragsreduktion bei den späten Befallsvarianten lag bei 12-20 %. Weitere Unterschiede zwischen den Versuchen können durch die unveredelte Sorte ‚Girola‘ im Versuch unter kontrollierten Bedingungen erklärt werden. Veredelung kann zu höherem Wachstum und Erträgen mit höherer Qualität im Vergleich zu unveredelten Sorten führen (Canizares, Goto 1998). Auch die Versuchsbedingungen (Einzelpflanzenkäfige und Parzellenabteilungen) haben einen Einfluss auf das Wachstum. Basavangoud et al. (1981) beschreiben, dass in abgeteilten Versuchspartzen ein geringerer Ertrag erreicht wurde. Dies hat nur insofern Bedeutung, als die Daten nur bedingt mit Daten aus Praxisbetrieben verglichen werden können. Des Weiteren muss bei Vergleichen berücksichtigt werden, dass die Kontrollpflanzen in den Gefäßversuchen mit Oxydemeton-methyl zur Bekämpfung der einwandernden Blattläuse angegossen wurden. Dies könnte Einfluß auf das Wurzelwachstum gehabt haben. Trotzdem war die Wurzelmasse signifikant gegenüber den befallenen Varianten erhöht. Die Behandlung der Kontrollparzellen mit Heptenophos im Versuch unter praxisrelevanten Bedingungen könnte sich positiv auf den Ertrag der Kontrollparzelle ausgewirkt haben. Basavangoud et al. (1981) beschreiben für das Organophosphat Phosphamidon eine Wachstumsförderung bei *Carthamus tinctorius* L.. Ein Vergleich mit Praxisdaten erscheint unkompliziert, da Organophosphate zur Insektenbekämpfung in der Praxis eingesetzt werden, ebenso wie das verwendete Fungizid (Triadimenol). Triadimenol kann, wie von Förster et al. (1980) beschrieben, die Transpirationsrate und Photosyntheserate kurzfristig geringfügig reduzieren und eine Längenwachstumsreduktion bewirken. Dieses Mittel ist in der Praxis üblich und wurde zudem in allen Varianten eingesetzt. Um solche Einflüsse zukünftig zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Versuche, wenn möglich, in insektensicheren Parzellengewächshäusern mit mehltaresistenten Gurkensorten durchzuführen.

*A. gossypii* verursachte an Gewächshausgurke in Abhängigkeit vom Alter der Pflanze zum Befallszeitpunkt Ertragsverluste zwischen 12 und 73 %. Verursacht wurden die Ertragseinbußen durch das Abstoßen junger Früchte und einen geringeren Fruchtansatz bei den befallenen Pflanzen. Da die Früchte nicht direkt geschädigt werden, wie z.B. bei einem Thripsbefall, muss die Ursache für den Ertragsverlust auf eine Veränderung der Versorgung der Früchte mit Assimilaten und/oder eine phytohormonelle Wirkung der Blattläuse zurückgeführt werden. Unter optimalen Bedingungen werden 60 % des Pflanzentrockengewichts für die Ertragsbildung verwendet (Marcelis 1992). In den vorliegenden Versuchen wurden nur 25 % der Trockenmasse in Ertrag umgesetzt. Das Fruchtwachstum ist an die *sink*-Stärke der Frucht und an die *source*-Kapazität der Blätter gekoppelt (Marcelis 1992). Die *sink*-Stärke der Früchte wird durch ihre Anzahl erhöht (Marcelis 1992). Einen *sink* kann die Frucht aber erst nach der Blütenbildung aufbauen (Chamont 1993, Wien 1997). Blütenbildung und Fruchtwachstum werden durch alle Faktoren gefördert, die den Aufbau von Kohlenhydraten

begünstigen (viel Licht, niedrigere und ausgeglichene Temperaturen, verhaltene N-Düngung) und vegetatives Wachstum mindern (Marcelis 1992, Wien 1997). Die höheren Schäden der jungen Pflanzen sind auf den sehr frühen Befall - noch vor der Blüte - zurückzuführen. Die Reduktion der Blattfläche (Ressourcenverknappung) und der Aufbau eines starken *sinks* durch die Blattlauspopulation verstärken den Mangel eines Frucht-*sinks* bei jungen Pflanzen. Bei einem späteren Befall sind neben höheren Ressourcen schon ausreichend viele Früchte angelegt, die mit der Blattlauspopulation um die Assimilate erfolgreich konkurrieren können und so auch zur Reife kommen. Qualitätseinbußen, wie sie Phloemsauger bei Cucurbitaceen verursachen können, wurden nicht beobachtet (Mineo et al. 1994, Shannag 1989). Die aus der Praxis berichteten dramatischen Totalausfälle scheinen Ausnahmen zu sein, die mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Zusammenspiel mehrerer Fehler in der Kulturführung zurückzuführen waren.

#### 4.4.4 Wurzeln

Bisher wurde die Schadwirkung der Grünen Gurkenlaus anhand des Blattflächenwachstums und der Fruchtbildung beschrieben. Ein weiterer wichtiger Faktor ist jedoch auch das Wurzelwachstum bzw. die zur Verfügung stehende Wurzelmasse und ihre aktive Oberfläche (Krug 1991). Eine Schädigung der Wurzeln durch Blattlausbefall und andere Phloemsauger ist bekannt (Miles 1989, Brinkmann 1990) und wurde bereits beschrieben (s. 4.3). Die Wurzel ist Syntheseort verschiedener wachstumsregulierender Phytohormone (Cytokinine, Gibbereline, Abscisinsäure). Da die Wurzel auch der Aufnahmeort von Wasser und Nährstoffen ist, bestimmt ihre Aktivität bzw. Leistungsfähigkeit das Sprosswachstum auf unterschiedliche Weise (Wien 1997). Brinkmann et al. (1990) beschreiben, dass das Wurzelwachstum von Gurke nach drei Wochen durch den Befall mit *T. vaporariorum* reduziert war. Es traten keine signifikanten Schäden am Spross auf, da die Wurzeleistung bei geschädigten Wurzeln höher war. Ähnliche Ergebnisse erzielten Bar-Tal et al. (1994), die nachwiesen, dass eine reine Wurzelreduktion durch Schneiden bei Tomate den N-Gehalt in der Pflanze nicht reduziert. Im System Ackerbohne und *A. fabae* war hingegen das Sproß- und Wurzelwachstum beeinträchtigt (Prüter & Zebitz 1991). Dies zeigt, dass die Wirkung von Phloemsaugern unterschiedlich sein kann und die Wachstumsdepression der Gurkenpflanzen, die von *A. gossypii* befallen waren, weitere Ursachen außer einer simplen Reduktion der Wurzelmasse hatte. Ursachen wie systemisch wirksame Substanzen (Kloft 1960 I, II, Schaller 1968, Wien 1997) wurden bereits diskutiert. Nicht zu vernachlässigen ist die Konkurrenz der Blattläuse zu den wachsenden Organen um die Assimilate. Dadurch kann es zu einer Unterversorgung der Wurzeln und Störung des Gleichgewichtes zwischen vegetativem und generativem Wachstum der Gurkenpflanze, nicht zuletzt durch die Störung des Phytohormonhaushaltes, kommen. Van der Vlugt (1990) beschreibt z.B., dass das Wurzelgewicht nach der intensiven Wachstumsphase der jungen Gurkenpflanzen während der generativen Phase mit leichten Schwankungen relativ konstant bleibt. Trotz der zunehmenden *sink*-Stärke der Früchte bleibt die Versorgung der Pflanze gewährleistet (Marcelis et al. 1988, 1994). Während der folgenden vegetativen Wachstumsphase erholt sich auch die Wurzel. Die zeitgleiche Abstoßung junger Früchte und die Blattflächenreduktion sind Symptome für die durch die Blattlaus verursachte Wurzelreduktion. Bei

den befallenen Pflanzen wurde in etwa die gleiche Anzahl an Früchten angesetzt (s. Tab. 3.6, 3.14), die aber sehr früh wieder abgestoßen wurden und somit nicht zur Erntereife gelangten. Der reduzierte Ertrag ist somit nicht nur das Produkt einer verminderten Nährstoff- und Wasseraufnahme der geschädigten Wurzel, sondern auch das Ergebnis eines gestörten *sink/source*-Gleichgewichts der Organe. Je früher die schädigende Wirkung der Blattlaus eine gesunde Wurzelentwicklung hemmt, desto weniger kann die Wurzel die Schädigungen durch eine gesteigerte Leistungsfähigkeit kompensieren (Bar-Tal et al. 1994, van der Vlugt 1990).

Die in den vorherigen Abschnitten beobachtete Altersresistenz ist das Zusammenspiel von ausreichender Wurzelmasse, die ihre Leistungsfähigkeit steigern kann, ausreichender Blattmasse, die Entzug besser durch Erhöhung der Photosynthese ausgleichen kann und einer höheren *sink*-Kapazität der größeren Fruchtzahl und Früchte. Deshalb ist ein Befall nach der Frühertragsphase von geringerer Bedeutung. Aus den bisher diskutierten Ergebnissen stellt sich die Frage, zu welchem Pflanzenorgan *A. gossypii* in Abhängigkeit vom Pflanzenalter die stärkste Konkurrenz ausbildet, wie sie im Detail Einfluss auf die Trockenmasseverteilung nimmt und welche sekundären Faktoren (Honigtau, Virusübertragung, physiologisch aktive Substanzen) die Schadwirkung zusätzlich beeinflussen. Aus Sicht des Schädling wäre noch die Frage zu klären, welchen Einfluss die physiologischen Veränderungen der Wirtspflanze auf die Populationsdynamik der Blattlaus haben. Diese Daten würden die Entwicklung einer dynamischen Schadschwellenprognose erleichtern.

## 4.5 Schadschwelle und Prognose

Ziel der Arbeit war es, Daten zur Quantifizierung und Qualifizierung der von *A. gossypii* verursachten Schäden an Gewächshausgurke zu erfassen, die als Grundlage für Befalls- und Schadprognose dienen können.

Schaden wird nach Nutter (1993) unter Berücksichtigung der FAO Guidelines als jede Reduktion in Menge und/oder Qualität des Ertrags definiert, die durch Schädigungen hervorgerufen wird. Der Schaden an Gewächshausgurke sollte nicht nur am Ertrag gemessen werden, sondern an den ertragsbestimmenden Organen (Blätter), deren Wachstum sich kontinuierlich erfassen lässt. Eine weitere Möglichkeit der exakten Bestimmung des Schadens bietet die Erfassung der gesamten gebildeten Trockenmasse und ihrer Verteilung während des Wachstums an Stelle des Ertrags. Dies hätte den Vorteil, dass die Schadentwicklung in Hinsicht auf eine Schadprognose simuliert werden könnte.

Die Schadschwelle ist als die geringste Schädlingsdichte definiert, ab der eine Schädigung beobachtet werden kann. Die Schadschwelle, wie auch die Schäden an Gewächshausgurke, waren je nach Pflanzenalter und Entwicklung der Pflanze variabel, wie die Diskussion der Ergebnisse verdeutlicht. Der Schaden an Gewächshausgurke wurde weniger durch die Höhe als vielmehr durch den Zeitpunkt des Befalls (Pflanzenalter) bestimmt. Dies bestätigt die Ergebnisse anderer Autoren wie Shannag (1989) (*T. vaporariorum* / *C. sativus*) oder Welter et al. (1990) (Thripse / *C. sativus*) und Slosser et al. (1992/ 1993) oder Fuchs & Minzemayer

(1995) (*A. gossypii* / Baumwolle). Da Gurken eine lange Kulturdauer haben, in der sich vegetatives und generatives Wachstum abwechseln (Liebig 1978, 1983), ist die Beschränkung der Schadschwelle auf spezifische Wachstumsstadien und eine korrelierende maximale Befallsstärke wie z.B. bei Getreide (Ohnesorge 1991) erschwert. Hinzu kommt die äußerst flexible Dichteregulation der Blattlauspopulation in Abhängigkeit von der Kapazität der Wirtspflanze. Das bedeutet, dass bei Voraussage einer Bekämpfungsschwelle die Emigration berücksichtigt werden muss. Eine Schadschwelle wie bei dem System Gurke / Thrips / Fruchtertrag (Shipp & Wang & Binns 1999, Welter et al. 1990) ist für *A. gossypii* an Gurke nicht zu ermitteln, denn eine direkte Korrelation zwischen Befall und Ertrag, wie sie bei den Thripsen herzustellen ist, gibt es hier nicht. Es liegen jedoch Angaben über Schadschwellen von *A. gossypii* für Baumwolle und Melone vor. An Baumwolle schwanken sie zwischen 50 - 100 Individuen pro Blatt ab einer Befallsdauer von 2 - 3 Wochen bei Fuchs & Minzenmayer (1995) oder 33 Aptere/ Blatt bei Dai et al. (1990) und 30 % befallenen Blättern (Silvie, Sognigbe 1998). An Melone wird die Schadschwelle auf eine Dichte von 10-20 Kolonien pro Blatt (Mineo et al. 1994) festgelegt. Sämtliche Angaben beziehen sich auf den Ertrag, sind als Entscheidungshilfe für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln gedacht und somit Bekämpfungsschwellen. Die Bekämpfungsschwelle wird retrospektiv nach Ertrag und Kosten festgelegt, aber nicht auf Grund tatsächlicher Schäden in Zusammenhang mit einem bestimmten Befall in Abhängigkeit vom Wachstumsstadium der Pflanze. Für die Entwicklung einer Schadschwelle in Bezug zum Wachstumsstadium der Pflanze und hinsichtlich einer natürlichen Befallsentwicklung ohne Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel sind diese Angaben aus der Literatur wertlos. Es bedarf weiterer Untersuchungen über die Schadentstehung und -entwicklung in Abhängigkeit von der Befallsstärke an verschiedenen Wachstumsstadien der Wirtspflanze. Das Ergebnis können nur vom Pflanzenalter abhängige dynamische Schadschwellen sein.

Verluste sind nach Nutter (1993) unter Berücksichtigung der FAO Guidelines eine Reduktion in Wert und/oder finanziellem Ertrag, der durch Schäden verursacht wird. Verluste entsprechen nicht immer der Höhe der Schäden. Die ökonomische Schadschwelle ist die Schädlingsdichte, ab welcher der Verlust so hoch ist, dass ein ökonomischer Schaden entsteht. Sie ist abhängig vom erwarteten Wert des Erntegutes. Die Bekämpfungsschwelle ergibt sich aus der Abwägung zwischen ökonomischem Schaden und ökonomischem Aufwand für die Bekämpfung des Schädlings. Bei einem Frühbefall traten Ertragseinbußen von 30 % unter praxisrelevanten Bedingungen auf. Bei einem potentiellen Ertrag von 64 Früchten pro m<sup>2</sup> (Hiller 1999) auf der Reichenau bedeutet dies einen Verlust von 19 Früchten pro m<sup>2</sup>. Auf der Reichenau wurden aber nur maximal 62 % des potentiellen Ertrages erreicht (Hiller 1999). So muss mit einem Verlust von ca. 6-11 Früchten pro m<sup>2</sup> ohne eine geeignete Bekämpfung der Blattläuse gerechnet werden. Geht man von einem Erzeugerpreis von 0,20 Euro aus, so beträgt der wirtschaftliche Verlust 1,2-2,2 Euro pro m<sup>2</sup>. Eine solche Summe rechtfertigt die Kontrolle des Schädlings z.B. durch den Einsatz von Blattlausantagonisten.

Eine Schadfunktion ist nach Nutter (1993) eine Gleichung, die Schaden oder Schaderregerpopulationen in Relation zu Ertragsverlusten in einer spezifischen Wachstumsphase der Wirtspflanze bringt. Wie bereits besprochen, ließ sich keine direkte zeitliche Beziehung

zwischen Ertragsbildung bzw. Ertragsschaden und Populationsdichteentwicklung herstellen. Dies bestätigt die Aussage von Mallot und Davy (1978), dass der Schaden mit der Populationsdichte nicht direkt korreliert ist, da viele indirekte, schwer abzuschätzende Effekte vorliegen. Zur Berechnung der Regressionsgleichungen zur Beschreibung des Zusammenhangs von Schaden und Befall wurde die Trockenmasse bzw. der Trockenmasseschaden auf die Blattfläche bezogen, in Anlehnung an den LAR nach Hunt (1982). Der mit Hilfe der AWR berechnete Trockenmasseschadenverlauf war direkt mit dem Zeitintegral des Befalls (kumulativer Blattlausindex = Blattlaustage) korreliert.

kontrollierte Bedingungen  $y \text{ [mg / cm}^2\text{]} = 3,1016 + 0,1527 \times \text{Tage/ cm}^2 \quad r^2 = 0,67; \infty = 0,005$

semi-kontrollierte Bedingungen  $y \text{ [g / cm}^2\text{]} = 0,0017 + 0,0001 \times \text{Tage/ cm}^2 \quad r^2 = 0,67; \infty = 0,005$

praxisrelevante Bedingungen  $y \text{ [g / cm}^2\text{]} = 7,6017 + 0,1849 \times \text{Tage/ cm}^2 \quad r^2 = 0,55; \infty = 0,0001$

$x$  = Befall pro Blattflächeneinheit;  $y$  = Schaden pro Blattflächeneinheit

Einen ähnlichen Ansatz machten Kieckhefer et al. (1995), die Befalldichte, -dauer und Pflanzenstadium als Voraussetzung für die Bewertung des Schadens an Weizen durch *R. padi* und *Diuraphis noxia* betrachteten. Er bewertete den Zusammenhang von Blattlaustagen und Ertragsverlust als eine zuverlässige Größe für die Bekämpfungsprognose wie auch Entwistle & Dixon (1987). Eine allgemeingültige Prognose des zu erwartenden Schadens kann über diese Beziehungen allerdings nicht erstellt werden. Um eine allgemeingültige Prognose zu ermöglichen, bedarf es der Entwicklung und des Einsatzes von Prognosemodellen.

Eine valide Schadprognose könnte durch Integration der Schädigung und eines Befallsprognosemodells (Populationsmodell) in ein Wachstumsmodell von Gurke (z.B. SUCROS) ermöglicht werden. Die Frage ist, in welcher Form die Daten in ein Modell implementiert werden könnten und wie die Prognose erfolgen soll. Dazu ist auszuführen, dass man statisch beschreibende, (z.B. Produktionsplanung Temperatur / Wachstum / Heizkosten oder Stickstoffdüngung / Wachstum bzw. Ertrag / Kosten Schacht & Schenk 1995, Schapendonk et al. 1984, Bouman 1995, Liebig 1989), oder dynamisch erklärende, z.B. Wachstumsprozesse, SUCROS, Modellansätze unterscheidet. Die einfachste Modellvariante stellen die Regressionsmodelle dar. Sie sind aber auch die am stärksten abstrahierenden Modelle. Durch sie wird die Wirkung eines oder mehrerer Faktoren auf eine Zielgröße dargestellt ohne die kausalen Zusammenhänge zu kennen oder zu berücksichtigen. Von Nachteil ist bei diesen Modellen, dass keine Extrapolation in andere Umweltbedingungen möglich ist und viele Daten benötigt werden. Weniger abstrahierende Modelle sind erklärende, mechanistische oder physiologische Modelle, die anhand von physikalischen Gesetzen oder chemischen Gleichungen, die einem Prozess zu Grunde liegen, diesen modellieren (Matitschka 1995).

Die physiologisch-dynamischen Modelle liefern viele Erklärungen, sind aber auf Grund vieler Rechenschritte langsam, eher für kurzfristige Schätzungen geeignet und weniger stabil als Regressionsmodelle (Challa 1989, Liebig & Alscher 1993, Ward, Rabbinge, Dixon 1988). Als großer Nachteil der strukturgetreuen physiologisch-dynamischen Modelle sind die fehlenden statistischen Verbindungen zwischen den gemessenen Daten und der Vielzahl der zu schätzenden Parameter (Richter et al. 1991) zu sehen. Bei möglichst realitätsnahen Modellen werden beide Arten verknüpft (Liebig & Alscher 1993). Im Falle eines Schadprognosemodells wären drei Module erforderlich:

- Ein robustes Populationsmodell das den Befall simuliert.
- Ein Wachstumsmodell, welches das Gurkenwachstum simuliert
- Ein Schadmodell, das den Schaden an den Pflanzen durch den Befall mit der Blattlaus simuliert

Es sollte eine Verknüpfung der beiden ersten Modelle über das letztgenannte erfolgen.

#### **4.5.1 Möglichkeiten einer Befallsprognose von *A. gossypii***

Das Populationswachstum unter relativ konstanten Umgebungsbedingungen, wie in einem Gewächshaus mit Klimasteuerung, wurde im vorliegendem Fall maßgeblich von der Kapazität der Wirtspflanze und der Regulation durch Nützlinge begrenzt. Jedoch sind die genaueren Zusammenhänge noch nicht geklärt (z.B. Rückkopplung Laus / Wirtspflanze). Die Klimaeinflüsse auf das Populationswachstum sind im Gewächshaus von untergeordneter Bedeutung. Dies kann anhand der diskutierten Ergebnisse und von Hinweisen aus der Literatur (Kokourek et al. 1993, 1994) als bewiesen betrachtet werden. Die Populationsdynamik folgt unter praxisrelevanten Bedingungen einer Maximumkurve mit einer Frequenz von 8-12 Wochen. So kann der kritische Zeitabschnitt (Gefahr der Überschreitung der Schadenschwelle) der Populationsentwicklung auf ca. 2-3 Wochen eingegrenzt werden. Die gewonnenen Daten lieferten erste Anhaltspunkte für ein mögliches beschreibendes Modell der Populationsdynamik mit einer mittleren konstanten Wachstumsrate der Population in Abhängigkeit vom Alter der Wirtspflanze. Für die Berechnung der Aphidendichte, mit dem Ziel der Voraussage und Definition einer Bekämpfungsschwelle, ist nur die logistische Wachstumsphase bzw. der exponentielle Abschnitt dieser Kurve von Bedeutung. In dieser Phase wird die Dichteregulation durch Reduktion der Wachstumsrate, Emigration, Parasitierung und Prädation wirksam und führt zu einer Veränderung des Populationswachstums. Schätzungen, die auf den in den Sortenversuchen ermittelten Daten basierten, hätten zu einer völligen Fehleinschätzung geführt. Sie können aber als Datengrundlage eines erklärenden Modells dienen.

Um diese Populationsdynamik von *A. gossypii* durch ein mathematisches Modell beschreiben zu können, müssen neben der Wechselwirkung von Pflanze und Blattlauspopulation auch die dichteabhängigen Faktoren berücksichtigt und noch genauer untersucht werden. Hinzu kommen eventuell Einflüsse von Sorte und Veredelungsunterlage. Auch die Bedeutung der räumlichen Verbreitung muss berücksichtigt und bewertet werden, da sie den realen



Verlust der Kultur bestimmt. Befallsherde und ihre Größe haben eine andere Wirkung auf die Schadentstehung als ein gleichmäßiger Befall (Huges 1996), der kaum vorkommt. Sollte ein Modell entwickelt werden, das diese Anforderungen erfüllt, könnte das Monitoring im Bestand auf die Zuflugsphase der Schädlinge und die darauffolgenden 2 - 3 Wochen begrenzt werden. Des Weiteren müssen im kritischen Zeitraum selbstverständlich die Blattlausantagonistenpopulationen erfaßt werden, um eine Entscheidung bezüglich der Kontrollstrategie fällen zu können. Das Monitoring erfordert einfache Boniturmethode, wie sie schon von verschiedenen Autoren entwickelt wurden, aber im Zusammenhang mit einem Prognosemodell noch validiert werden müssen (Lapchin et al. 1997, Mineo et al. 1994, Stam & Adelrahman & Munir 1994, Weathersbee & Hardee 1994, Weathersbee et al. 1995, Wise & Lamb 1995). Langzeitstudien, die klären, wie lange die Population braucht, bis sie in die nächste exponentielle Wachstumsphase übergeht, sind eine weitere Voraussetzung für eine Befallsprognose. Untersuchungen, die in den Jahren 1994-1998 im Rahmen eines Interreg-Projektes (Bodensee-Hochrhein) auf der Insel Reichenau (Baden-Württemberg) durchgeführt wurden, lieferten erste Ergebnisse zu diesem Thema (Bünger 1996, 1999, Bünger et al. 1997, 1999, 2000). Im Frühling, 5-8 Wochen nach dem Auspflanzen (entspricht etwa dem sogenannten Spätbefall) und im Sommer - Spätsommer, 13-27 Wochen nach dem Auspflanzen, traten verstärkt Blattläuse an den Gewächshausgurken auf. Als Ursache für diese beiden Spitzen sind im Frühjahr der Wirtswechsel und die Verschleppung der Blattlaus in die Gewächshäuser zu betrachten. Im Sommer-Spätsommer sind die Seneszenz der Pflanzen und der Rückgang der Nützlingsdichte (u.a. auf Grund der Kurztagbedingungen und Hyperparasitierung) der Grund für die Zunahme der Blattlausdichte. Der Befall im Spätsommer spielt wirtschaftlich kaum eine Rolle, so dass der kritische Zeitraum auf das Frühjahr im jungen Gurkenpflanzenbestand beschränkt ist.

Es gibt unterschiedliche Modellansätze zur Simulation der Befallsentwicklung von Blattläusen sowie der Antagonistenwirkung. Der überwiegende Teil aller Modelle simuliert die Populationsdynamik von Getreideläusen auf Getreide. Hierzu wurden zahlreiche Veröffentlichungen herausgegeben (u. a. Freier et al. 2002, Nordheim et al. 1988, Wennegren & Landin 1992, Zhou & Carter 1989). Das Simulationsmodell GETLAUS von Freier et al. (2002) ist ein Beispiel dafür. Es simuliert die Populationsentwicklung der Getreideläuse (*Sitobion avenae*, *Rhopalosiphum padi*, *Methopolophium dirhodum*) während der Hauptbefallszeit unter dem Einfluss der wichtigsten Umweltfaktoren (Wetter, Wirtspflanze, natürliche Gegenspieler). Es besteht aus einfachen einzelnen Regressionsmodellen, die mit einander verknüpft sind. Alle Rechenoperationen laufen auf der Grundlage von exakt abgefragten Werten aus Tabellen, mathematischen Funktionen oder definierten Bedingungen ab. Die wichtigste Steuergröße sind die Startwerte, welche die Bedingungen im Weizenfeld am Ende der Weizenblüte dokumentieren. Das Modell zur Populationsdynamik besteht aus sechs Teilen (Immigration, junge Larven, alte Larven, Nymphen, Aptere und Alatae). Sie beschreiben die Vorgänge von Migration, Entwicklung, Reproduktion, Mortalität und Nahrungsaufnahme. Die Entwicklung dieses Modells für Lehrzwecke war sehr aufwendig und benötigte ca. 10 Jahre. Des Weiteren wurden Populationsmodelle für Blattläuse entwickelt, die auf der sogenannten ‚Leslie Matrix‘ als Instrument für ein erklärendes Populationsmodell für

Insekten mit überlappenden Generationen beruhen (Nordheim et al. 1988, Wennegren und Landin 1992). Dieser Modellansatz hat einen sehr hohen Datenbedarf und Rechenaufwand, da er für jedes Entwicklungsstadium die Entwicklungsdauer separat berechnet. Die ‚Leslie Matrix‘ diente auch als Grundlage zur Berechnung der Populationszusammensetzung. Es stellte sich heraus, dass bei einer gleichbleibenden Populationsstruktur einfach mittels der Wachstumsrate der Population das Populationswachstum berechnet werden kann, was eine große Vereinfachung bedeutet. Für den Schädling *A. gossypii* selbst wurden an Baumwolle im Freiland Modelle von Lou & Shen (1985) und Xianyuan & Sterling (1987) entwickelt. Das nichtlineare multiple Regressionsmodell berücksichtigte den Einfluss der Wetterdaten. Da die benötigten Daten zum Zeitpunkt der Veröffentlichung noch nicht vollständig waren, ist dieses Modell noch nicht verifiziert. Der Einfluss von *Coccinella septempunctata* auf die Populationsentwicklung von *A. gossypii* an Baumwolle in Abhängigkeit von Anbaumaßnahmen (Mischkultur) wurde von Xia & Rabbinge (1995-1999) modelliert. Weitere Veröffentlichungen liegen nicht vor.

Vergleicht man die bekannten Daten über *A. gossypii*, so wird deutlich, dass die größten Lücken im Kenntnisstand über die Populationsdynamik bei den Mortalitätsfaktoren, dem Wirtspflanzeneinfluss, der Migration und Dichteregulation bestehen. Da ein Populationsmodell eine wichtige Voraussetzung für die Ermittlung von Blattlausindices ist, und diese Rückschlüsse auf den Schaden ermöglichen, ist es wichtig, die Lücken zu schließen. Die Entwicklung eines Modells könnte mit einem Entwurf durch die Zusammenführung von Daten aus der Literatur sowie den gewonnenen Daten und Erkenntnissen beginnen. Die Gewinnung weiterer Daten für die anschließende Anpassung müsste dann folgen.

#### **4.5.2 Möglichkeiten einer Schadprognose mit SUCROS**

Auch zur Bewertung des Schadens und seiner Prognose fehlen vergleichbare Daten über die Schadbilanzierung an Gurke, die es ermöglichen würden, die Populationsdynamik mit einem Modell zur Schadprognose zu verknüpfen. Nicht die Populationsdichte eines Pflanzenschädling ist es, die seine wirtschaftliche Bedeutung bestimmt, sondern die Höhe des von ihm angerichteten Schadens (Ohnesorge 1991).

Die Schwierigkeit, das System Gurke und Blattlaus durch ein Modell befriedigend zu beschreiben, besteht auf Grund der nur indirekten Schädigung des Erntegutes im Gegensatz zu Kulturen wie Baumwolle oder Getreide. Ein weiterer Faktor sind physiologische Wechselwirkungen zwischen Wirt und Aphide, die bei der undeterminiert wachsenden Gurke weitaus komplexer sind als bei determiniert wachsendem Getreide oder Baumwolle. Die indirekte Schädigung sowie die physiologische Ebene der Schadensentstehung erschweren das Bestimmen einer Toleranzschwelle. Diese Schwelle ist maßgeblich von der Kompensationsfähigkeit der Pflanze abhängig. Die Kompensationsfähigkeit unterliegt zahlreichen Einflüssen, wie der Wechselwirkung mit anderen Schaderregern. Echter Mehltau fördert z.B. das Populationswachstum von *A. gossypii* (Krumscheid 1996). Auch die Übertragung von Viren ist nicht ohne Bedeutung für den Verlauf der Schädigung und oft nicht festzustellen (Tecsí et al. 1994). Auch hier bedarf es einer weitergehenden Erforschung dieser Wechselwirkungen.

Einen Ansatz zur Simulation von durch Aphiden verursachten Schäden liefert u.a. Goenendijk (1990). Grundlage seines Modells war der Assimilateentzug der Blattlaus, der durch Messungen der täglichen Honigtauausscheidung wiedergegeben werden konnte. Ein Populationswachstumsmodell, das die Entwicklungsstadien und deren Nahrungsbedarf als Grundlage hatte, diente zur Simulation des Blattgewichts unter dem Einfluss des Schädling. Die Unterschiede zwischen der befallenen und unbefallenen Zuckerrübe konnten so erklärt werden. Das gesamte Wachstum der befallenen Pflanzen ließ sich aber nicht mit dem Befall korrelieren und auch nicht simulieren. Eine weitere Möglichkeit eröffnen Kieckhefer et al. (1995), die Befallsdichte, -dauer und Pflanzenstadium als Voraussetzung für die Bewertung des Schadens an Weizen durch *R. padi* und *D. noxia* betrachteten. Sie setzten gleiche Blattlaustage (300) mit unterschiedlicher Entstehung (150 Blattläuse \* 2 Tagen; 75 Blattläuse \* 4 Tagen; 50 Blattläuse \* 6 Tagen; 25 Blattläuse \* 12 Tagen) in Bezug zum auftretenden Schaden. Das Saugen über 2 Wachstumsstadien des Weizens vergrößerte den Schaden im Gegensatz zu einem kurzfristigen, intensiven Saugen. Ebenso unterschieden sich verschiedene Blattlausarten in ihrer Wirkung. Sie bewerteten den Zusammenhang von Blattlaustagen und Ertragsverlust als eine zuverlässige Größe für die Bekämpfungsprognose.

Daraus ergeben sich mehrere Möglichkeiten, die quantitative und qualitative Schadwirkung in ein Wachstumsmodell, wie z. B. SUCROS, zu integrieren. Ein zentraler Aspekt ist die Trockenmasseverteilung auf die einzelnen Organe. Marcelis (1994) geht von der Regulation der Verteilung über die *sink*-Stärke aus (potentielle relative Wachstumsrate). Es wäre also möglich, die Lauspopulation als ein weiteres *sink* mit einer potentiellen Wachstumsrate (z.B.  $r_m$ -Werte) zu betrachten. Eine andere mögliche Implementierung könnte über physiologische Zusammenhänge wie die Photosynthese und Respiration erfolgen. Der Simulation der Photosyntheseleistung müssen die genaue Verteilung der Assimilate sowie die Bilanzen der auf- und abbauenden Prozesse nachgegliedert sein.

Eine andere Möglichkeit wäre die Simulation des potentiellen Wachstums, das in Korrelation zu einem bestimmten Befall um einen bestimmten Prozentsatz gemindert wird. Der Zusammenhang von Trockenmasseschaden und Blattlausindex ist in den obigen Abschnitten ausführlich behandelt worden. Der Schaden (Trockenmasseentzug bzw. -schaden) könnte z.B. als Befallsstärke \* Befallsdauer (Blattlaustage) und Summe der sekundären Effekte (Honigtau, Rußtau, physiologische Störungen, Virusübertragung) beschrieben werden. So könnte ein Simulationsmodell zur Schadprognose über das Zusammenführen des Populationswachstums (Populationsmodell zur Schätzung des kumulierten Blattlausindex) mit der Trockenmassezunahme (potentielles Wachstum) abzüglich des Schadens (Trockenmasse pro cm<sup>2</sup> Blattfläche) über ein einfaches Regressionsmodell erfolgen. Der Input in ein solches Modell wären das Pflanzengewicht bzw. die Größe zum Zeitpunkt des Befalls, Befallsstärke, Nützlingsdichte und die Klimadaten und Standortdaten. Mit Hilfe eines Populationsmodells würden das Populationswachstum und der Blattlausindex unter Nützeinfluss sowie anhand des Wachstumsmodells das Pflanzenwachstum berechnet. Anhand der ermittelten Regression von Schaden und Befall könnte der Trockenmasseverlust geschätzt und vom Endgewicht abgezogen werden.

Die Ausführungen haben gezeigt, dass verschiedene Möglichkeiten bestehen, die gewonnenen Daten mit Hilfe verschiedener zur Verfügung stehender Modellansätze für die Entwicklung und Weiterentwicklung eines Schadprognosemodells zu verwerten. Dieser Arbeit muss aber die grundlegende Entscheidung vorausgehen, welchen Zweck das Modell erfüllen soll. Soll es dem Einsatz in der Praxis zur umweltschonenden Bekämpfung von Blattläusen dienen oder zum Verständnis der Zusammenhänge der Schadentstehung herangezogen werden. Dies muss beim weiteren Vorgehen berücksichtigt werden.

## 4.6 Schlussfolgerungen und Ausblicke

Die Arbeit lieferte Ergebnisse zur Quantifizierung und Qualifizierung der von *A. gossypii* verursachten potentiellen Schäden an Gewächshausgurken. Die Daten können als Grundlage für ein Schadprognosemodell verwendet werden, das je nach Zielsetzung erklärend oder beschreibend sein kann. Die größte Schwierigkeit für die genaue Bilanzierung der Schäden scheint zu sein, dass die Schädigung (Entzug) nicht mit der Befallsdauer und Menge der Läuse direkt korreliert. Die Antworten auf diese Fragen sind nur durch die Gewinnung weiterer Daten zu finden. Die Qualität der Daten ist dabei nach Holz & Wetzel (1989) von großer Bedeutung für die Entwicklung des Modells. Das in der Literatur zur Verfügung stehende Material reicht bis jetzt nicht aus, die bestehenden Lücken zu schließen, da man sich primär um Bekämpfungsstrategien gegen *A. gossypii* bemühte. Die zukünftige Forschung sollte sich mit folgenden Zusammenhängen und Aspekten beschäftigen:

- Pflanzenalter und Schaden
- Trockenmasseverteilung zwischen den sinks
- Energiebedarf der Blattlaus
- Epidemiologie
- räumlichen Verteilung im Hinblick auf eine biologische Kontrolle
- Bedeutung der Emigration
- Ausmaß und Folgen der Wurzelschädigung
- Bedeutung von Honigtau für die Schädigung
- Virusübertragung
- Einfluss der Kulturmaßnahmen auf die Schadensbildung

Mögliche Untersuchungsansätze zur Beantwortung der offenen Fragen, wie mittels  $C^{14}/N^{15}$ -Verlagerung, Untersuchung der Speichelzusammensetzung, Messungen zur Photosyntheseleistung etc., wurden bereits diskutiert. Das Ziel des modernen Pflanzenschutzes ist die Reduzierung der Ertragsverluste durch Schaderreger auf ein wirtschaftlich akzeptables Maß, nicht die Eliminierung der Erreger. Eine besondere Bedeutung nimmt hierbei die Schadschwellenprognose ein (van Lenteren & Woets 1988), die es ermöglicht, Befallsverläufe und den Zeitpunkt wirtschaftlich relevanter Ertragsminderung durch den Schädling

zu bestimmen. Ein Schadprognosemodell sollte letztlich die Abschätzung verschiedener Bekämpfungsmethoden in Form einer Bilanz mit einbeziehen. Es kann so einem besseres Verständnis des Agrarökosystems dienen und ist bedeutend für weitere Fortschritte im umweltschonenden Anbau.