

# **Anwendung von Strohmulch zur Reduzierung von Virusinfektionen in Pflanzkartoffeln**

**Endbericht (2002-2004)**

**Projekt 00UM24 bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)**

**T. Döring<sup>1</sup>, U. Heimbach<sup>2</sup>, T. Thieme<sup>3</sup> und H. Saucke<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der  
Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

<sup>2</sup>Institut für Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland, Biologische Bundesanstalt, Messeweg 11/12,  
38104 Braunschweig

<sup>3</sup>BTL Biotestlabor, Birkenallee 19, 18184 Sagerheide

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>4</b>
1.1	PROBLEMSTELLUNG	4
1.2	LÖSUNGSANSÄTZE	4
1.3	ZIELE DES PROJEKTES	5
<b>2</b>	<b>PLANUNG UND ABLAUF DER ARBEITEN</b>	<b>6</b>
2.1	PROJEKTSTANDORTE	6
2.2	PROJEKTZEITRAUM	6
2.3	FELDVERSUCHE: PRÜFGLIEDER UND DESIGN	6
2.4	PFLANZ-, MULCH UND ERNTEDATUM	8
2.5	WITTERUNGSVERLAUF	9
2.6	UNTERSUCHTE PARAMETER: METHODIK	9
2.6.1	<i>Pflanzenwachstum</i>	9
2.6.2	<i>Knollenertrag und Sortierung</i>	9
2.6.3	<i>Virusbefall</i>	10
2.6.4	<i>Virusvektoren</i>	10
2.6.5	<i>Beikrautbesatz</i>	11
2.6.6	<i>Befall mit Kartoffelkäfer (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say)</i>	11
2.6.7	<i>Krautfäulebefall (<i>Phytophthora infestans</i> Mont. de Bary)</i>	11
2.6.8	<i>Pockenkrankheit (<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn)</i>	12
2.6.9	<i>Bodenfeuchte und Stickstoff im Boden</i>	12
2.6.10	<i>Bodenerosion</i>	12
2.6.11	<i>Mikroklimamessungen</i>	13
2.6.12	<i>Ausbringungstechnik</i>	13
2.7	STATISTISCHE AUSWERTUNG	13
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>14</b>
3.1	WIRKUNGEN DER STROHMULCHANWENDUNG	14
3.1.1	<i>Pflanzenentwicklung</i>	14
3.1.2	<i>Knollenertrag und Sortierung</i>	15
3.1.3	<i>Virusbefall</i>	16
3.1.4	<i>Virusvektoren</i>	20
3.1.5	<i>Beikräuter</i>	26
3.1.6	<i>Befall mit Krautfäule (<i>Phytophthora infestans</i>)</i>	27
3.1.7	<i>Pockenkrankheit (<i>Rhizoctonia solani</i>)</i>	28
3.1.8	<i>Kartoffelkäfer (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)</i>	28
3.1.9	<i>Bodenfeuchte und Nitrat</i>	29
3.1.10	<i>Bodenerosion</i>	31
3.1.11	<i>Mikroklima</i>	31
3.2	AUSBRINGUNGSTECHNIK	32
3.2.1	<i>Beurteilung verwendeter Maschinen</i>	32
3.2.2	<i>Arbeitszeitmessung</i>	33
3.3	ÖKONOMISCHE BEWERTUNG DES STROHMULCHEINSATZES	34
3.3.1	<i>Szenario 1: Produktion von zertifiziertem Pflanzgut</i>	34
3.3.2	<i>Szenario 2: Nachbau</i>	35
3.3.3	<i>Wirtschaftliche Effekte von Strohmulch hinsichtlich Bodenerosion und Nitrat</i>	38
3.4	WIRKUNGEN DES VORKEIMENS	39
3.4.1	<i>Knollenertrag</i>	39
3.4.2	<i>Virusbefall</i>	39
3.4.3	<i>Beikräuter</i>	40
3.4.4	<i>Krautfäulebefall</i>	40
3.4.5	<i>Pockenkrankheit</i>	40
3.4.6	<i>Zusammenfassung bzgl. Vorkeimen</i>	41
3.5	WIRKUNGEN DER HAFERSTREIFEN	41
3.5.1	<i>Virusbefall</i>	42
3.5.2	<i>Virusvektoren</i>	42
3.5.3	<i>Krautfäulebefall</i>	43

<b>4</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK.....</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>50</b>
6.1	DATENANHANG .....	50
6.2	ABBILDUNGEN ZU FELDVERSUCHEN.....	53
6.3	LITERATURANGABEN.....	56

# 1 Aufgabenstellung

## 1.1 Problemstellung

Die Erzeugung von Speisekartoffeln stellt für viele ökologisch wirtschaftende Betriebe ein wichtiges wirtschaftliches Standbein dar (Dreyer & Padel 1992). Aufgrund der vegetativen Vermehrung der Kartoffeln sind Viruskrankheiten ein besonders gravierendes Problem bei der Erzeugung von Kartoffeln (Schumann 1991). Virusbelastetes Pflanzgut kann zu empfindlichen Ertragseinbußen führen (Köhler & Klinkowski 1954; Wenzl 1980; van der Zaag 1987). Daher wird empfohlen, amtlich zertifiziertes und virusgetestetes Pflanzgut einzusetzen, welches eine festgesetzte Virusbelastung unterschreitet (Pieper et al. 1930; Radcliffe & Ragsdale 2002). Das seit mehreren Jahrzehnten wichtigste und häufigste Kartoffelvirus ist PVY (Potato virus Y), welches derzeit für den überwiegenden Teil der Aberkennungen von Pflanzgut verantwortlich ist (Reschke 1999; Kürzinger & Kürzinger 2001; Rasocha et al. 2003). Wegen seiner großen Relevanz wurde dieses Virus für die Evaluierung von Virusmanagement-Strategien ausgewählt.

In der ökologischen Landwirtschaft war bis Ende 2003 der Einsatz von konventionell erzeugtem Pflanzgut möglich, jedoch ist durch europäische Rahmenrichtlinien ab 2004 die Verwendung von ökologisch erzeugten Pflanzkartoffeln vorgeschrieben. Dies führt – bei gleichzeitig steigendem Öko-Flächenanteil und politischen Maßnahmen zur Ausweitung des Ökolandbaus – zu einem verstärkten Bedarf von gesundem Öko-Kartoffelpflanzgut. Die Verfügbarkeit von zertifiziertem Pflanzgut ist jedoch nach Jahren mit starker Flugaktivität der virusübertragenden Blattläuse gering.

Ziel war daher, vielversprechende Verfahren zur Minderung von PVY in ökologisch erzeugtem Kartoffelpflanzgut für die Anwendung in der Praxis zu prüfen.

## 1.2 Lösungsansätze

Für zahlreiche landwirtschaftliche Kulturen ist die blattlausreduzierende und virusreduzierende Wirkung verschiedener Mulchmaterialien experimentell belegt, so z.B. für Raps (Heimbach & Eggers 2002), Lupinen (Jones 1994) und verschiedenen Kürbisgewächsen (Brown et al. 1993). Insbesondere zeigte sich, dass die Bedeckung des Bodens mit Stroh, d.h. die Ausbringung einer Strohmulchschicht zur Minderung von Blattlausbesatz und Viruserkrankungen führt (Döring & Saucke 2001; Eggers & Heimbach 2001; Saucke & Döring 2004).

Einen weiteren Ansatz zur Risikominderung bzgl. Kartoffelviren bot sich nach experimentellen Arbeiten in der Umfassung der Kartoffelfelder mit Streifen von sogenannten Fangpflanzen ("Haferstreifen") an, die zu einer Reduktion von Virusinfektionen durch "Abfangen" von Virusvektoren führen kann (Difonzo et al. 1996; Thieme et al. 1998).

Schließlich stellt, v.a. nach älterer Literatur, auch das Vorkeimen der Pflanzknollen eine empfohlene Maßnahme zur Minderung von Viruskrankheiten dar (Sigvald 1985; Andersson et al. 2002). Daneben

dient diese im ökologischen Kartoffelanbau verbreitete Art der Pflanzgutvorbereitung aber vor allem der Ertragssicherung bei frühem Befall mit Krautfäule (Karalus & Kainz 2003).

Die Anwendung von Strohmulch in Kartoffeln versprach neben einer möglichen Virusminderung auch weitere, aus pflanzenbaulicher oder ökologischer Sicht günstige Wirkungen. Hierzu gehört zum einen die bereits gut dokumentierte starke und zuverlässige Erosionsminderung durch Strohmulch (Duley & Kelly 1939; Borst & Woodburn 1942; Adams 1966; Nill & Nill 1993).

Zum anderen wurde vermutet, dass das Problem zu hoher Rest-Stickstoffmengen im Herbst, das insbesondere nach Kartoffeln auftritt (Kolbe 2000; Haas 2002; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 2003), durch Strohmulch über eine N-Immobilisierung vermindert werden kann (Cheshire et al. 1999).

### **1.3 Ziele des Projektes**

Übergeordnetes Ziel des Projektes war die umfassende Bewertung der Anwendung von Strohmulch in ökologisch produzierten Kartoffeln. Daraus ergaben sich folgende Teilziele:

- a) die Quantifizierung des Effektes von Strohmulch auf die Vektoren und die Virusbelastung des Erntegutes;
- b) die Evaluierung von Nebeneffekten der Strohmulchanwendung auf wichtige pflanzenbauliche und phytomedizinische Parameter (Ertrag und Sortierung, Krankheitsdruck durch Wurzeltöterkrankheit und Krautfäule, Beikräuter, Stickstoffdynamik);
- c) die Bewertung von Möglichkeiten, Strohmulch mit anderen Verfahren des Virusmanagements zu kombinieren (Haferstreifen als Fangpflanzen, Vorkeimen);
- d) die Bewertung verschiedener Stroh-Ausbringungstechniken und der Vereinbarkeit mit den Erfordernissen der mechanischen Beikrautregulierung.
- e) die ökonomische Bewertung der Strohmulchausbringung.

## 2 Planung und Ablauf der Arbeiten

### 2.1 Projektstandorte

Die Untersuchungen wurden an vier Standorten in Deutschland durchgeführt (Nord-Hessen, Süd- und Mittel-Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern, siehe Tabelle 1). Durch diesen mehrortigen Ansatz konnte einerseits die geographische Variabilität im Vektor-Fluggeschehen abgebildet werden und andererseits unterschiedliche Bodenverhältnisse (schwere und leichte Böden, siehe Tabelle 2) mit einbezogen werden.

*Tabelle 1: Standorte, Versuchsansteller und wissenschaftliche Begleitung*

Projektstandort	Versuchsansteller Landwirt	Wissenschaftliche Begleitung	Versuchsstandort	Abk.
Witzenhausen	Joachim Keil	Dr. T. Döring, Dr. H. Saucke (Universität Kassel)	Hebenshausen und Eichenberg (Nordhessen)	Neu- H
Witzenhausen	Christoph Müller- Oelbke	dito	Etzenborn (Süd-niedersachsen)	E
Braunschweig	Bernd Barnstorf- Brandes	Dr. U. Heimbach (BBA)	Dibbesdorf bei Braunschweig	D
Rostock	Graf v. Bassewitz	Dr. Th. Thieme (BTL)	Lühburg (Mecklenburg- Vorpommern)	L

*Tabelle 2: Edaphische und klimatische Rahmenbedingungen*

Standort	Bodenart	Jahresmitteltemperatur	mm Niederschlag/Jahr
H	toniger Schluff	8.1	635
E	stark toniger Schluff	(8.1)*	709
D	lehmgiger Sand	8.8	618
L	(Sand)	**	**

\* Standort E verfügt nicht über eine eigene Temperatur-Meßstation; aufgrund der räumlichen Nähe zum Standort H und der gleichen Höhenlage wird jedoch angenommen, dass die Jahresmitteltemperaturen der Standorte H und E ähnlich sind. Perioden: E und H: 1977-2000. D: 1961-1990.

\*\* Daten nicht verfügbar. Monatswerte siehe Tabelle 33 im Anhang

### 2.2 Projektzeitraum

Die im Rahmen des Verbundprojektes geförderten Untersuchungen auf ökologisch geführten Praxisbetrieben erstrecken sich auf den Zeitraum der Jahre 2002 bis 2004. Zusätzlich werden Ergebnisse eigener Vorarbeiten aus den Jahre 2000 und 2001 herangezogen, die im Vorfeld des Projektes zur selben Fragestellung auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchshof der Universität Kassel in Kleinparzellenversuchen durchgeführt wurden.

### 2.3 Feldversuche: Prüfglieder und Design

Insgesamt wurden 23 Feldversuche ausgewertet. In allen Versuchen wurden mit Stroh gemulchte gegenüber ungemulchten Varianten geprüft. Dabei wurden hinsichtlich der im speziellen zu prüfenden Varianten (Faktoren) und der untersuchten Parameter an den Versuchsstandorten jeweils

unterschiedliche Schwerpunkte gewählt (Tabelle 3). So wurde in den Versuchen am Standort Dibbesdorf zusätzlich eine weitere Mulchvariante mit erhöhter Aufwandmenge einbezogen, so dass hier auch Aussagen zur Mengen-Wirkung-Relation möglich sind. Am Versuchsstandort Lühburg wurde als weiteres Prüfglied Haferstreifen (mit / ohne) zusätzlich untersucht. An allen Projektstandorten wurde (in insgesamt 10 Versuchen) differenzierte Pflanzgutvorbereitung (mit und ohne Vorkeimen des Pflanzgutes) als weiterer Faktor in die Versuche eingebunden.

**Tabelle 3: Übersicht zu Feldversuchen**

Sorte	Jahr	Ort	Code	Faktor Mulch (Stufen)	Vorkeimen (Faktor/ Variante)	weitere Faktoren / Varianten	Anzahl Bhdl.	Wdh.	plots	Design
Christa <sup>a</sup>	2000	H	CH0	2	mit/ohne	Hafer	4	4	16	RCB <sup>d</sup>
Christa <sup>a</sup>	2001	H	CH1	2	mit/ohne	-	4	4	16	RCB
Rosella <sup>a</sup>	2001	H	RH1	5	-	-	5	1	5	-
Christa <sup>a</sup>	2002	H	CH2	2	mit/ohne	-	4	4	16	RCB
Nicola <sup>a</sup>	2002	H	NH2	2	mit/ohne	-	4	4	16	RCB
Christa	2002	E	CE2	2	-	-	2	3	6	RCB
Nicola	2002	E	NE2	2	-	Unkrautreg. <sup>b</sup>	4	4 bzw. 8	24	strip <sup>e</sup>
Rosella	2002	H	RH2	2	-	Unkrautreg. <sup>b</sup>	6	1	6	-
Linda	2002	D	LD2	3	-	PVY-Init. <sup>c</sup>	6	4	24	strip <sup>e</sup>
Linda	2002	L	LL2	2	-	Hafer**	4	2	8	2 x RCB
Marabel	2002	L	ML2	2	-	Hafer**	4	2	8	2 x RCB
Christa	2003	E	CE3	2	-	-	2	4	8	RCB
Nicola	2003	E	NE3	2	mit/ohne	-	4	8	32	strip <sup>e</sup>
Marabel	2003	H	MH3	2	-	-	2	4	8	RCB
Rosella	2003	H	RH3	2	-	-	2	4	8	RCB
Linda	2003	D	LD3	3	mit/ohne	PVY-Init. <sup>c</sup>	6	4	24	strip <sup>e</sup>
Linda	2003	L	LL3	2	mit/ohne <sup>f</sup>	Hafer <sup>c</sup>	7	4	28	2 x RCB
Christa	2004	E	CE4	2	-	-	4	2	8	RCB
Nicola	2004	E	NE4	2	mit/ohne	-	4	4	16	2 x RCB
Simone	2004	H	SH4	2	-	-	4	2	8	RCB
Marabel	2004	H	MH4	2	-	-	4	2	8	RCB
Linda	2004	D	LD4	3	mit/ohne	PVY-Init. <sup>c</sup>	9	4	36	strip
Linda	2004	L	LL4	2	mit/ohne <sup>f</sup>	Hafer <sup>c</sup>	7	4	28	2 x RCB

a: nicht von der BLE finanzierte Versuche, deren Ergebnisse hier jedoch teilweise mit dargestellt werden.

b: nach dem Mulchen wurden in diesem Versuch (NE2) die Dämme zur Unkrautregulierung mit einer Dammfräse bearbeitet (Ende Juni). Ein Streifen wurde unbehandelt (ungefräst) gelassen. Durch das Design des Versuches ergaben sich folgende Anzahlen an Wiederholungen:

- mit Unkrautregulierung, ohne Mulch: 8
- mit Unkrautregulierung mit Mulch: 8
- ohne Unkrautregulierung, ohne Mulch: 4
- ohne Unkrautregulierung, mit Mulch: 4

c: nicht alle Kombinationen aller Behandlungsstufen

d: RCB: Randomized Complete Block Design

e: strip: Streifenanlage

f: Vorkeimparzellen als Kleinparzellen mittig *innerhalb* der Großparzellen, vgl. Tabelle 4.

## 2.4 Pflanz-, Mulch und Erntedatum

Die Pflanzung erfolgte nach praxisüblicher Terminierung zwischen Ende März und Anfang Mai, im Mittel über alle Versuche Mitte April. Das Mulchen erfolgte an den Standorten D, H und E jeweils (im Mittel) 6 Wochen nach der Pflanzung, am Standort L (im Mittel) 8 Wochen nach der Pflanzung.

Tabelle 4: Parzellengröße, Pflanz-, Mulch- und Erntedatum

Versuch	Parz.größe (m x m)	Pflanz- datum	Mulch- datum	Mulch (t/ha)	Ernte- datum	m geerntet pro Parz.	Vorfrucht
CH0	9 x 11	19.4.	19.5.	5,0	13.7.	- <sup>a</sup>	WW
CH1	9 x 9	23.4.	18.+28.5. <sup>b</sup>	5,0	26+27.7. <sup>c</sup>	63	KG
RH1	5,25 x 5	11.5.	21.6.	div. <sup>d</sup>	- <sup>e</sup>	-	KG
CH2	9 x 9	10.4.	16.+26.5. <sup>b</sup>	5,0	14.+16.8. <sup>c</sup>	63	KG
NH2	9 x 9	15.+20.5.	3.+10.6. <sup>b</sup>	4,0	23.+24.9. <sup>c</sup>	63	KG
CE2	9 x 30	5.4.	17.5.	3,5	5.8.	27	Möhren
NE2	(15+3) x 25	8.4.	17.5.	3,5	28.8.	15	WW
RH2	30 x 60	8.4.	31.5.	(3,5)	13.9.	15	Kohl
LD2	18x45, 27x45 <sup>f</sup>	4.4.	15.+16.5.	3,6/7,3	19.8. <sup>g</sup>	45	SG+R, OSR
LL2	51 x 49	22.4.	24.6.	1,4	14.8	(25) <sup>k</sup>	Futterpflanzen Rinderweide
ML2	36 x 49	22.4	24.6.	1,4	14.8	(25) <sup>k</sup>	Futterpflanzen Rinderweide
CE3	15 x 27.5	26.3.	8.5.	2,5	2.7.	27	W-Triticale
NE3	30 x 27.5	15.4.	21.5.	3,0	26.8.	48	Erbsen
MH3	24 x 18	17.4.	28.5.	3,0	3.9.	15	SW
RH3	18 x 30	17.4.	28.5.	3,0	4.9.	15	Kohl
LD3	30 x 40 6 od. 9 x 40 <sup>h</sup>	27.3.+31.3. <sup>i</sup>	8.-10.5.	5,5/8,5	21.8.	30	SG+R, OSR
LL3	45 x 45 9 x 10 <sup>g</sup>	22.4.+ 23.4.	12.6.	2,0	12.8.	(25) <sup>k</sup>	Futterpflanzen Rinderweide
CE4	9 x 30	31.3.	18.5.	5,0	2.8.	21	KG
NE4	(12+12) x 20	19.4.	24.5.	5,0	4.9.	25	WW
SH4	13,5 x 13,5	2.4.	28.5.	5,5	7.9.	25	KG
MH4	15 x 13,5	2.4.	28.5.	5,0	7.9.	25	KG
LD4	33 x 50	31.3.	11.5.	2,6/3,7	7.9.	30	WG/Erbsen
LL4	30 x 60 9 x 14 <sup>h</sup>	22.+23.4.	3.6.	2,3	12.8.	(25) <sup>k</sup>	Futterpflanzen Rinderweide

a: ohne Ertragserberhebung; je Reihe wurden 9 Knollen zufällig ausgewählt und Virustests unterzogen

b: früheres Mulchdatum in vorgekeimten, späteres in nicht-vorgekeimten Beständen

c: an den Terminen wurden je 2 Blöcke (Wiederholungen) geerntet

d: diverse Mengen: 0; 1,25; 2,5 und 5 t/ha Stroh

e: ohne Ernte, da durch die Regensimulation (Bodenerosionsversuch) die Pflanzen zu stark beeinträchtigt waren.

f: Parzellengröße: 45m x 45m (diese wurde jeweils unterteilt in Nachbau (27 m Breite) und Zert. Pflanzgut (18 m Breite)

g: Entnahme von Knollen für die Virustestung an Augenstecklingen: 19.8.02; Erntedatum und zusätzlich nochmals Probenahme für Virusprüfung mit Augenstecklingen: 1.10.02

h: kleinere Parzellen mit vorgekeimtem Pflanzgut

i: späteres Pflanzdatum: Infektionsreihen

k: theoretische Länge ca. 5,5 m; die Ertragserberhebung am Standort L wich methodisch von den anderen Standorten ab.

Die Messung der ausgebrachten Mulchmengen erfolgte in den Regel durch wiederholte Wiegung, im Falle der maschinellen Strohverteilung *nach* der Ausbringung, bei händischer Ausbringung in den Kleinparzellenversuchen *vorher*. Nicht in allen Praxisversuchen konnte die Mulchmenge exakt durch



Wiegen bestimmt werden; in diesen Fällen wurde das Ballengewicht geschätzt und über die Zahl der benötigten Ballen und die gemulchte Fläche die Aufwandmenge abgeschätzt. Die tatsächlichen Mulchmengen liegen schätzungsweise im Bereich  $\pm 0,25$  t/ha um die in Tabelle 4 angegebenen Werte. Der Bedeckungsgrad des Bodens durch gehäckseltes Stroh (mit einer Trockenmasse von  $>90$  %) liegt für 5 t / ha Aufwandmenge bei  $>95$  %.

## **2.5 Witterungsverlauf**

An dieser Stelle werden nur kurz die Besonderheiten im Witterungsverlauf der einzelnen Versuchsjahre dargestellt, ohne näher auf Einzeldaten einzugehen (Monatsdaten vgl. Tabelle 33 im Anhang). Im Jahr 2002 führte am Standort Dibbesdorf ein Starkniederschlag (über 120 mm) zu einer mehrtägigen Überschwemmung von Teilflächen (16.-18.7.02). Daher konnten hier keine realistischen Daten zum Ertrag erhoben werden. 2003 war insgesamt ein sehr warmes Jahr; an allen drei Standorten über alle Monate der Vegetationsperiode hinweg war die Temperatur höher als das langjährige Mittel. Im Durchschnitt war es ein eher trockenes Jahr, besonders an den Versuchsstandorten Dibbesdorf und Etzenborn; insbesondere Juli und August waren heiß und trocken, so dass es an keinem Standort zu nennenswertem Befall mit der Krautfäule kam. Das Jahr 2004 zeichnete sich in Lühburg durch ein relativ warmes und trockenes Frühjahr aus.

## **2.6 Untersuchte Parameter: Methodik**

Folgende Größen wurden in Abhängigkeit der Prüfglieder in mehreren Feldversuchen untersucht: Pflanzenwachstum, Knollenertrag, Sortierung der Ernteknollen, Virusbefall und verschiedene Parameter bezüglich der Virusvektoren, Beikrautbesatz, Kartoffelkäferbefall, Krautfäulebefall, Befall der Ernteknollen mit Sklerotien von *Rhizoctonia solani*, Bodenfeuchte, sowie Nitrat-Stickstoff im Boden an drei Terminen. In einzelnen Versuchen konnten zusätzlich Ergebnisse zu weiteren Parametern erarbeitet werden, so zur Bodenerosion und zum Mikroklima.

### **2.6.1 Pflanzenwachstum**

Der Effekt von Strohmulch auf die Pflanzenentwicklung der Kartoffeln wurde in insgesamt 13 der 23 Feldversuche untersucht. Durch Einbeziehung von zwei Messterminen im Versuch NE3 und Aufnahme von Breite und Höhe in Versuch NE2 ergeben sich 15 Vergleiche zwischen ungemulchter und gemulchter Variante. In den Versuchen NE2, LD3, NE3, MH3 und LD4 konnte gegenüber den restlichen Versuchen eine höhere Genauigkeit der Daten erreicht werden, indem die Anzahl der vermessenen Pflanzen pro Variante hier mindestens 64 betrug. In zwei Blatttagen wurde die Blattfarbe im Versuch CH1 mit einem Hydro-N-Tester bestimmt (Kantety et al. 1996).

### **2.6.2 Knollenertrag und Sortierung**

Die Beerntung der Feldversuche für nachfolgende Untersuchungen (Ertragsserhebung, *Rhizoctonia*-Befall, Virustests) erfolgte per Hand (Grabegabel) oder per Maschine (Siebtrommelroder) auf jeweils

mehreren mindestens 3 m langen Teilstücken pro Parzelle. Der Zeitpunkt der Versuchsernte lag vor der Betriebsernte, jedoch nach dem Absterben oder Abschlegeln des Kartoffelkrautes. Das Erntedatum und die pro Parzelle geerntete Gesamtstrecke an Kartoffelreihen sind Tabelle 4 zu entnehmen. Die Sortierung war in allen Praxisversuchen 35-55 mm, in den Versuchen CH1 und MH1 35-65 mm.

### 2.6.3 Virusbefall

Der Virusbefall der Ernteknollen als einer der wichtigsten Parameter der vorliegenden Untersuchung (vgl. Abschnitt 1.1) ist von sehr vielen Faktoren abhängig. Zu diesen gehören:

- (1) die prinzipielle Anfälligkeit der Kartoffelsorte; in den Versuchen wurden meist PVY-anfällige Sorten (z.B. Christa oder Linda), jedoch auch die hoch PVY-resistente Sorte Marabel verwendet;
- (2) das zeitlich differenzierte Auftreten der Virusvektoren (siehe nächster Abschnitt)
- (3) der Ausgangsbefall des Pflanzgutes.

Die Virustestungen richteten sich in der Methodik nach der gängigen Praxis der Pflanzenschutzämter bei der Kartoffelpflanzgut-Testung (Casper & Meyer 1981). Aus den Ernteknollen wurden im blattlausfreien Gewächshaus Augenstecklinge gezogen. Die daraus gewachsenen Blätter wurden mittels einer Blattsaftpresse gesaftet und der Blattsaft einem immuno-enzymatischen Standard-Virustest (DAS-ELISA) unterzogen. Die polyklonalen, stammunspezifischen Seren wurden von der Firma Bioreba, Schweiz, bezogen. Der Virusbefall wird hier wie in der amtlichen Testung stets als Prozent befallener Ernteknollen angegeben, unberücksichtigt bleibt also die Höhe des Virusgehaltes je Pflanze.

### 2.6.4 Virusvektoren

Blattläuse als Überträger (Vektoren) des Y-Virus wurden mittels dreier Methoden erfaßt:

- Gelbschalen, die am Rande des Bestandes oder nahe davon aufgestellt wurden. Gelbschalen haben eine (nach Arten selektive) Lockwirkung auf geflügelte Blattläuse und lassen Aussagen über die allgemeine Flugaktivität einiger Arten der Vektoren zu (Moericke 1951). Sie werden zum Monitoring des Vektorfluges von den Pflanzenschutzämtern routinemäßig eingesetzt (Rieckmann & Zahn 1998). Allerdings gibt es Arten, die evtl. als Virusüberträger eine wichtige Rolle spielen (*Rhopalosiphum padi*), jedoch in Gelbfallen unterrepräsentiert sind. In den hier beschriebenen Feldversuchen wurden runde Schalen verwendet. Diese hatten einen Durchmesser von 22,5 cm und waren mit einem sogenannten "Hummelgitter" aus gelbem Kunststoff (Maschenweite 8 x 8 mm) ausgestattet, welches größere Insekten von der Landung in der Schale abhält.
- Klebenetze im Bestand. Diese erlauben Aussagen über die Landeaktivität im Bestand und zeigen damit direkt die Wirkung der Behandlungen auf das Vektorgeschehen. Hier wurden 0,25 m<sup>2</sup> oder 0,5 m<sup>2</sup> große, mit Insektenkleber besprühte, schwarze Netze eingesetzt (Maschenweite 7,7 x 4 mm). Die Netze wurden auf Aluminiumrahmen horizontal über den Kartoffelpflanzen aufgespannt. Die gefangenen Läuse wurden dann abgesammelt und wenn möglich nach Arten bestimmt.

- Blattlauszählungen im Bestand. Pro Parzelle wurden 50 oder 100 Blatt gezählt und auf Blattlausbesatz untersucht. Diese Methodik wird auch von den Pflanzenschutzämtern im Rahmen der Aktivitäten des Blattlauswarndienstes angewendet. Aussagen zur Vektorenaktivität sind nicht möglich, jedoch zur Populationsentwicklung und indirekt zur Ansiedlung. Mit dieser Methode werden Arten nur schlecht erfaßt, die nicht auf Kartoffeln siedeln, die jedoch als Virusvektoren fungieren. Solche Arten können jedoch eine große Rolle für die Übertragung nicht-persistenter Viren wie PVY spielen. Allerdings kann der Anteil blattlaus-besiedelter Blätter als guter Indikator für persistent übertragene Kartoffelviren gelten (Broadbent 1948)

### **2.6.5 Beikrautbesatz**

Der Besatz der Flächen mit Beikräutern wurde in 16 Versuchen untersucht. Dabei wurden drei verschiedene Parameter gewählt:

- Biomasse der Beikräuter je Flächeneinheit: Dieser Parameter ist sehr aufwendig zu erfassen, hat jedoch eine hohe Relevanz hinsichtlich möglicher Ertragseinbußen durch Beikrautkonkurrenz und es besteht ein geringes Risiko von Fehleinschätzungen;
- Der Deckungsgrad der Beikräuter ist leicht zu erfassen, hat eine relativ hohe Relevanz, birgt jedoch ein größeres Risiko von Fehleinschätzungen;
- Die Anzahl Beikrautpflanzen je Flächeneinheit ist weniger schnell zu erfassen als die Deckung, hat auch eine geringere Relevanz, ist jedoch kaum mit dem Risiko eines gerichteten Fehlers behaftet.

### **2.6.6 Befall mit Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata* Say)**

In insgesamt 10 Versuchen an den Standorten Dibbesdorf, Etzenborn und Hebenshausen/Neu-Eichenberg wurde der Befall der Kartoffelpflanzen mit verschiedenen Stadien des Kartoffelkäfers untersucht. Wiederum wurden verschiedene Parameter ausgewählt.

- Zahl der Eigelege pro Pflanze
- Zahl der Larven pro Pflanze
- Zahl der Käfer pro Flächeneinheit
- Fraßschaden durch Kartoffelkäfer durch Einschätzung des Anteils gefressener Blattmasse.

### **2.6.7 Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary)**

Der Befall der Kartoffelpflanzen mit der Krautfäule wurde anhand verschiedener Parameter beurteilt.

Dies waren:

- Prozent befallene Blattfläche eines Bestandes von mehreren Pflanzen
- Anteil Pflanzen mit Blattläsionen
- Anteil Blätter mit Blattläsionen

Bei mehrmaliger Bonitur des Krautfäulebefalls über die Vegetationsperiode wurden die Daten als Fläche unter der Befallskurve zusammengefasst.

### **2.6.8 Pockenkrankheit (*Rhizoctonia solani* Kühn)**

Der Befall der Ernteknollen mit Sklerotien der Pocken- oder Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani* Kühn) wurde nach gründlichem Waschen mit einem Boniturschlüssel (Lyre 1982) in 15 Versuchen an jeweils 100 oder mehr Knollen pro Parzelle bonitiert, indem die Knollen nach dem Anteil befallener Knollenoberfläche in Befallsklassen (0%, 1-4%, 5-9%, 10-14%, >=15%) gruppiert wurden. Zwei Parameter wurden ausgewählt, um den Befall zu quantifizieren:

- ein Befallsschwereindex, indem die Befallsstufenwerte mit den jeweiligen Knollenanzahlen der zugehörigen Klasse multipliziert wurden; dieser Index gibt – in etwa – einen "mittleren Befall" in % der Knollenfläche wieder.
- der %-Anteil unbefallener Knollen.

Insgesamt wurden knapp 27.000 Knollen auf *Rhizoctonia*-Befall untersucht.

### **2.6.9 Bodenfeuchte und Stickstoff im Boden**

In insgesamt sieben Feldversuchen (CH2, CE3, CE4, LD3, LD4, LL3, LL4) wurden an jeweils drei Terminen in zwei Tiefen (0-30 cm und 30-60 cm) Bodenproben genommen, um Auswirkungen der Strohmulch-Applikation auf die Stickstoff-Dynamik im Boden zu beleuchten. Die Bodenfeuchte wurde zusätzlich zu den genannten sieben Feldversuchen noch im Versuch CH1 beprobt. Der erste Probenahmetermin kurz nach dem Auflaufen der Kartoffeln sollte die Ausgangslage zu Beginn des jeweiligen Versuchs und vor dem Auftreten von möglichen Behandlungseffekten dokumentieren. Am zweiten Termin kurz vor der Ernte sollte geklärt werden, inwieweit Strohmulch auf die Aufnahme oder die Umsetzung von Stickstoff während der Vegetationsperiode Einfluss nimmt. Der dritte und wichtigste Zeitpunkt zur Probenahme war wenige Wochen nach der Ernte; hier sollte bestimmt werden, ob und inwieweit es durch die Einarbeitung von Stroh in den Boden während der Ernte aufgrund des relativ hohen C/N-Verhältnisses von Stroh zu einer Stickstoff-Immobilisierung ("N-Sperre") kommt, welche die Nachernteverluste von Stickstoff vermindern könnte (Cheshire et al. 1999).

### **2.6.10 Bodenerosion**

In Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Bodenkunde der Universität Kassel wurde im Jahr 2001 am Standort Neu-Eichenberg ein Feldversuch zur Wirkung verschiedener Strohmulch-Aufwandmengen auf die Erosion des Oberbodens durchgeführt (RH1, siehe Tabelle 4). Ein Regensimulator wurde auf einem 8 % abfallenden Kartoffelschlag bei ca. 20 % Kulturpflanzen-Deckung platziert. Aus einer effektiven Höhe von 3,5 m wurden mit diesem Gerät innerhalb von 60 min 73 mm Wasser verregnet. Der oberirdische Abfluss wurde in Litergefäßen aufgefangen und die Sedimentmenge und Sedimentkonzentration bestimmt. Weitere methodische Details zu diesem Versuch sind Döring et al. (2005) zu entnehmen.

### 2.6.11 Mikroklimamessungen

Im Versuch CH2 wurden über mehrere Wochen Temperatur und Luftfeuchte mit Hobo Data Loggers im Kartoffelbestand bestimmt. Die Messfühler waren durch ein Aluminiumdach von der direkten Sonneneinstrahlung geschützt und etwa 10 cm über dem Boden platziert. Pro Parzelle wurde je ein Datalogger eingesetzt.

### 2.6.12 Ausbringungstechnik

Für die Strohausbringung konnten in den Praxisversuchen mit vier verschiedenen Geräten Erfahrungen gesammelt werden (Tabelle 5). Abbildungen der Geräte sind im Anhang zusammengestellt. Die zum Mulchen verwendete Arbeitszeit wurden in verschiedenen Versuchen erfasst.

*Tabelle 5: Verwendete Technik für die Strohausbringung*

Ort	Versuche	Gerät	Firma
Hebenshausen	CH0, CH1, RH1, CH2, NH2	händisch	-
	RH2	Rundballenhäcksler	Kverneland
	MH3, RH3, SH4, MH4	Strohverteilwagen	Hawe
Etzenborn	CE2, NE2	Rundballenhäcksler	Kverneland
	CE3, NE3, CE4, NE4	Strohverteilwagen	Hawe
Dibbesdorf	LD2, LD3, LD4	Strohverteilwagen	Baas
Lühburg	LL2, ML2	Rundballenhäcksler	Kverneland
	LL3, LL4	Strohshredder	Tomahawk

## 2.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte in der Regel mit dem Programm SAS (Anon. 1990; Anon. 1994). Prozentwerte wurden einer Winkeltransformation unterzogen (arcus-sinus-Wurzel-Transformation). Dargestellt sind stets die Mittelwerte aus den untransformierten Daten. Für eine Gesamtbetrachtung einzelner Parameter über alle Versuche wurde bei Vorliegen von ausreichend vielen Vergleichspaaren der Vorzeichentest von Dixon & Mood (Sachs 1999) herangezogen; Ein Vergleichspaar besteht dabei aus einem Mittelwert der Variante ohne Strohmulch und einem Mittelwert der Variante mit Strohmulch.

### 3 Ergebnisse

In der weit überwiegenden Zahl der Fälle kam es zwischen dem Faktor Mulchen und den anderen Versuchsfaktoren (Vorkeimen und Haferstreifen) nicht zu signifikanten Wechselwirkungen. Die Effekte der drei Faktoren können also im wesentlichen als unabhängig voneinander betrachtet werden. Daher werden im folgenden zunächst die Ergebnisse hinsichtlich des Faktors Strohmulch besprochen und anschließend die bezüglich der anderen Faktoren (Vorkeimen, Haferstreifen) behandelt.

#### 3.1 Wirkungen der Strohmulchanwendung

In der Tabellierung der Ergebnisse sind die Varianten "Wenig Stroh" vom Versuchsstandort Dibbesdorf der Variante "Mit Stroh" aus den anderen Standorten zugeordnet. Diese Art der Darstellung wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit und Komprimierung gewählt, obwohl die Aufwandmengen in den genannten Varianten zwischen den Versuchsstandorten nicht übereinstimmen (siehe Tabelle 4).

##### 3.1.1 Pflanzenentwicklung

Hinsichtlich des Effekts von Strohmulch auf die Pflanzenentwicklung konnte keine einheitliche Tendenz beobachtet werden. In 9 von 15 Fällen war in den gemulchten Varianten die Pflanzenhöhe bzw. –breite geringer als in den ungemulchten, in den restlichen 6 Fällen war es umgekehrt (Tabelle 6). Nur in 2 der 15 Fälle waren die Effekte signifikant. Der Vorzeichentest ergab keine signifikante Richtung der Differenz zwischen gemulchten und ungemulchten Pflanzengrößen.

Tabelle 6: Pflanzenhöhe (H) bzw. –breite (B) in cm, alle Versuchsstandorte

Versuch <sup>a</sup>	Parameter	Datum	Vorkeimen	Ohne Stroh	Wenig Stroh/ Mit Stroh	Viel Stroh	Diff. <sup>b</sup>	Stroh-Effekt
<b>NE2</b>	H	19.6.02	ohne	38,1	36,0	-	-	*
<b>NE2</b>	B	19.6.02	ohne	48,5	50,8	-	+	ns
LD2	B	19.6.02	ohne	61,4	55,7	57,3	(-)	
LL2 <sup>c</sup>	H	11.7.02	ohne	(34,6)	(30,9)	-	-	(ns)
ML2 <sup>c</sup>	H	11.7.02	ohne	(26,4)	(28,4)	-	+	(ns)
<b>LD3</b>	H	17.6.03	ohne	32,8	31,8	32,2	(-)	ns
LD3	H	17.6.03	mit	33,7	32,0	33,4	(-)	ns
LL3 <sup>c</sup>	H	8.7.03	ohne	67,7	69,4	-	+	ns
<b>MH3</b>	H	9.7.03	(ohne)	55,5	53,3	-	-	ns
CE3	H	12.6.03	(ohne)	41,2	42,0	-	+	ns
<b>NE3</b>	H	12.6.03	ohne+mit	47,8	48,5	-	+	ns
<b>NE3</b>	H	9.7.03	ohne+mit	64,9	63,3	-	-	*
NE4	H	30.6.04	mit	53,0	50,5	-	-	ns
<b>LD4</b>	B	15.6.04	ohne+mit	55,1	55,8	52,5	(-)	ns
LL4 <sup>c</sup>	H	2004	ohne	55,4	56,0	-	+	ns

a: Durch Fettdruck hervorgehoben sind die Versuche mit einer Anzahl gemessener Pflanzen  $\geq 64$  pro Variante.

b: Richtung der Differenz zwischen gemulchten (M) und ungemulchten (K)Varianten:

- M<K (Reduktion durch Mulchen)

+ M>K (Erhöhung durch Mulchen)

(-) Durchschnitt der gemulchten Varianten kleiner als ungemulcht aber ohne einheitliche Tendenz

c: beide Hafervarianten (mit und ohne Hafer)

Zusätzlich zur Bestimmung der Pflanzhöhe und -breite wurden im Versuch CH1 auch spektrometrische Messungen im Bestand durchgeführt, um über die Blattfarbe Aussagen treffen zu können. Hier waren mittels Hydro-N-Tester (Kantety et al. 1996; Shaahan & El-Bendary 1999) ermittelte Reflexionswerte in den gemulchten Varianten höchst signifikant *geringer* als in den ungemulchten. So kann für diesen Versuch der (in einigen anderen Versuchen, z.B. LD3, SH4, entstandene) subjektive Eindruck bestätigt werden, dass die Pflanzen in den gemulchten Varianten teils "gelber" waren als in den Varianten ohne Mulch. Dieser Umstand galt jedoch nicht für alle Versuche und wurde auch nicht ertragswirksam (vgl. 3.1.2).

### 3.1.2 Knollenertrag und Sortierung

Insgesamt wurde eine starke Schwankung der Erträge zwischen den Versuchen beobachtet. Maximal wurde ein Gesamtertrag von 432 dt/ha erreicht, der geringste Ertrag lag unter 100 dt/ha (Tabelle 7). In nur einem einzigen der Feldversuche konnte eine signifikante Wirkung des Mulchens auf den Ertrag beobachtet werden. In allen anderen Versuchen waren die Effekte auf den Gesamtertrag nicht statistisch abzusichern. Auch die Richtung der (nicht-signifikanten) Effekte auf den Ertrag war nicht einheitlich.

*Tabelle 7: Gesamtertrag in dt/ha in Abhängigkeit der Strohmulchanwendung (Mittelwerte für alle Versuche)*

Versuch	Vorkeimen	Variante	Ohne Stroh	Wenig Stroh/ Mit Stroh	Viel Stroh	Mulch-Effekt (%) <sup>a</sup>	
CH1	ohne+mit	-	359	375	-	+ 4,3	ns
MH1	(ohne)	-	432	458	-	+ 6,1	ns
CH2	ohne+mit	-	142	138	-	- 3,0	ns
NH2	ohne+mit	-	150	159	-	+ 6,0	ns
CE2	(ohne)	-	146	153	-	+ 4,8	ns
NE2	(ohne)	mit Hacken	193	187	-	- 3,2	ns
NE2	(ohne)	ohne Hacken	231	204	-	- 11,5	ns
LL2	(ohne)	ohne+mit Hafer	95	84	-	- 6,9	ns
ML2	(ohne)	ohne+mit Hafer	109	101	-	- 11,6	ns
LD3	ohne	-	132	119	114	- 9,8	ns
LD3	mit	-	118	97	102	- 17,8	ns
LL3	ohne	ohne+mit Hafer	178	195	-	+ 9,3	ns
MH3	(ohne)	-	306	299	-	- 2,3	ns
RH3	(ohne)	-	415	388	-	- 6,5	ns
CE3	(ohne)	-	292	307	-	+ 5,2	ns
NE3	ohne+mit	-	378	371	-	- 1,8	ns
CE4	(ohne)	-	319	355	-	+ 11,1	ns
NE4	ohne	-	326	302	-	- 7,2	*
NE4	mit	-	353	341	-	- 3,5	ns
SH4	(ohne)	-	231	197	-	- 14,8	ns
MH4	(ohne)	-	321	341	-	+ 6,2	ns
LD4	ohne+mit	-	193	214	205	+ 11,0	ns
LL4	ohne	ohne+mit Hafer	131	132	-	+ 0,5	ns

a:  $(M-K)/K \cdot 100$ ; wobei M=Mulch (mit Stroh) und K= Kontrolle (ohne Stroh); aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit der Versuche bezieht sich der Wert für den Versuch LD nur auf die Variante "**Wenig Stroh**".

Dass Mulchen *keinen* Ertragseffekt hat, muss auch nach dem Vorzeichentest (siehe Abschnitt 2.7) angenommen werden. Der Mulch-Effekt (als % Änderung des Ertrages gegenüber der ungemulchten Behandlung) schwankte zwischen -17,8 % und +11,1 %. Der mittlere Effekt, berechnet als Median der prozentualen Änderungen über alle Versuche, liegt bei -2,7 %.

In den meisten Fällen wurde keine signifikante Wirkung von Strohmulch auf die Knollengrößenverteilung (Sortierung) beobachtet (Tabelle 8). Auch zeigte sich keine deutliche konsistente Richtung der Änderung durch Strohmulch, d.h. kein deutlicher Hinweis auf mehr Über- oder Untergrößen durch Mulchen. Zwar überwog im Jahr 2004 die Zahl der Fälle, in denen die gemulchten Flächen tendenziell einen größeren Anteil Untergrößen und geringeren Anteil Übergrößen produzierten, jedoch schlug sich dies nicht im Gesamtertrag nieder (Tabelle 7) und war auch nach dem Vorzeichentest nicht signifikant.

*Tabelle 8: Richtung des Effektes von Strohmulch auf den %-Anteil an Untergrößen (<35 mm) und Übergrößen (>55 mm).*

Versuch	Vorkeimen	Untergrößen	Sign	Übergrößen	Sign.
CH1	ohne+mit	-	*	+	ns
MH1	(ohne)	+	ns	-	ns
CH2	ohne+mit	-	ns	+	ns
NH2	ohne+mit	-	ns	+	ns
CE2	(ohne)	-	ns	+	ns
NE2	(ohne)	+	ns	-	ns
NE2	(ohne)	+	ns	-	ns
LD3	ohne	(+)	ns	-	ns
LD3	mit	(-)	ns	(+)	ns
MH3	(ohne)	+	ns	-	*
RH3	(ohne)	+	ns	-	ns
CE3	(ohne)	+	ns	+	*
NE3	ohne+mit	+	ns	+	ns
CE4	ohne	+	ns	+	ns
NE4	ohne	+	ns	-	ns
NE4	mit	-	ns	-	ns
SH4	ohne	+	*	-	*
MH4	ohne	+	ns	+	ns
LD4	ohne+mit	+	ns	-	ns

\* signifikant mit  $0.01 < p < 0.05$

-: M<K;

+ M>K;

(-) bzw. (+): Mittel aus "wenig Stroh" und "viel Stroh" geringer bzw. höher als "ohne Stroh".

### 3.1.3 Virusbefall

#### 3.1.3.1 Mulcheffekt auf den Virus-Endbefall

In den Exaktversuchen auf Kleinparzellen aus den Jahren 2000 bis 2002 in Nordhessen konnte in vier von fünf Fällen eine signifikante Reduktion des Virusbefalls nach Strohmulchanwendung beobachtet werden. In den Praxisversuchen führte Strohmulch jedoch nur in drei Versuchen (NE2, LD2, LD4) zu einer signifikanten Virusverminderung, in den restlichen Versuchen war die Wirkung von Strohmulch nicht signifikant (Tabelle 9). In der Tendenz war die Virusbelastung der Ernteknollen in den



Praxisversuchen nach Strohmulch-Anwendung in 20 von 31 Fällen geringer, in 9 Fällen höher und in 2 Fällen gleich. Damit wird eine Signifikanz im Vorzeichentest knapp (d.h. um 1 Fall) verfehlt.

Tabelle 9: PVY-Vorbefall (d.h. bei Pflanzung) und PVY-Endbefall

Vers.	Vorbefall		Variante	Endbefall			Diff. <sup>b</sup>	Signifikanz des Mulch-Effekts
	im Pflanzgut	Vorkeim.		Ohne Stroh	Wenig Stroh/ Mit Stroh	Viel Stroh		
CH0	7,1 <sup>c</sup>	(ohne)	-	70,0	34,0	-	-	*
CH1	8,3 <sup>c</sup>	ohne+mit	-	13,8	9,0	-	-	**
RH2	0,7	(ohne)	-	13,7	7,4	-	-	ns
CH2	8,3 <sup>c</sup>	ohne+mit	-	61,6	47,9	-	-	**
NH2	13,8 <sup>c</sup>	ohne+mit	-	63,3	54,7	-	-	*
CE2	3,8	(ohne)	-	66,1	47,6	-	-	ns
NE2	4,3	(ohne)	-	53,2	36,8	-	-	*
LD2	4,8	(ohne)	(zertifiz.)	79,6	68,5	49,0	-	*
LD2	17,4	(ohne)	(Nachbau)	91,1	77,6	69,6	-	**
LL2	0	(ohne)	-	4,0	5,5	-	+	(ns)
ML2	0	(ohne)	-	0,0	0,3	-	+	(ns)
MH3	1,6	(ohne)	-	0,8	0,8	-	0	ns
RH3	17,0	(ohne)	-	20,4	29,0	-	+	ns
CE3	0,8	(ohne)	-	2,0	1,9	-	-	ns
NE3	2,5	ohne	-	5,3	5,6	-	+	ns
NE3	2,5	mit	-	4,3	5,3	-	+	ns
LD3	2,0	ohne	-	7,3	11,6	6,4	(+)	ns
LD3	2,0	mit	-	9,2	6,3	5,2	-	ns
LD3	7,3	ohne	+PVY <sup>a</sup>	11,3	9,9	15,4	(+)	ns
LL3	0,0	ohne	ohne Hafer	3,4	6,3	-	+	ns
LL3	0,0	mit	ohne Hafer	14,5	13,7	-	-	ns
LL3	0,0	ohne	mit Hafer	4,0	4,0	-	0	ns
LL3	0,0	mit	mit Hafer	16,8	-	-	-	-
CE4	4,3	(ohne)	-	4,4	3,0	-	-	ns
NE4	7,4	ohne	-	10,4	9,1	-	-	ns
NE4	7,4	mit	-	10,2	9,4	-	-	ns
SH4	13,0	(ohne)	-	59,5	55,6	-	-	ns
MH4	0,0	(ohne)	-	1,2	1,1	-	-	ns
LD4	8,9	ohne	"Nachbau"	44,4	34,1	36,2	-	ns
LD4	8,9	mit		42,1	35,1	29,0	-	ns
LD4	12,1 <sup>c</sup>	ohne	"Zertifiziert"	37,0	19,3	20,6	-	*
LL4	1,9	ohne	-	1,4	4,1	-	+	ns

a: höherer Ausgangsbefall, siehe Spalte Vorbefall

b: Richtung der Differenz zwischen ungemulchten (M) und gemulchten (K)Varianten:

- M<K (Reduktion durch Mulchen)

+ M>K (Erhöhung durch Mulchen)

(+) Durchschnitt der gemulchten Varianten größer als ungemulcht aber ohne einheitliche Tendenz

c: Künstliche Erhöhung des Ausgangsbefalls durch Einbringung von (nicht beernteten) Infektorstreifen. Ohne Berücksichtigung der Infektorstreifen ergäben sich für die einzelnen Versuche folgende

Ausgangsbefälle: 0% PVY in CH0, CH1, und CH2; 6 % in NH2; 10,1% in LD4.

ns: nicht signifikant \*: p<0.05; \*\*: p<0.01

Einer der Gründe für die unerwartete Diskrepanz zwischen Exaktversuchen und Praxisversuchen muss in der höheren Variabilität der Virus-Ausgangsbelastung des Pflanzgutes in den Praxisversuchen gesehen werden: Während in den Kleinparzellen die räumliche Verteilung der Infektionsquellen streng

kontrolliert war, kann bei natürlicher Ausgangsbelastung des Pflanzgutes im Praxisversuch die räumliche Gleichverteilung der Infektionsquellen über die Parzellen nicht gewährleistet werden. Dies verwischt mögliche Unterschiede, da der Vorbefall einen wichtigen Faktor für den Endbefall darstellt. Eine genauere Analyse der Virusdaten zeigt, dass es in den Praxisversuchen mit einem *hohen* Infektionsniveau der Ernteknollen (>20%), wie es auch in den Kleinparzellenversuchen bestand, fast immer zu einer Reduktion des Virusbefalls durch Mulchen kam. Dies ist in Abb. 1 deutlich zu erkennen (siehe auch Tabelle 9; Versuche CE2, NE2, SH4, LD4).

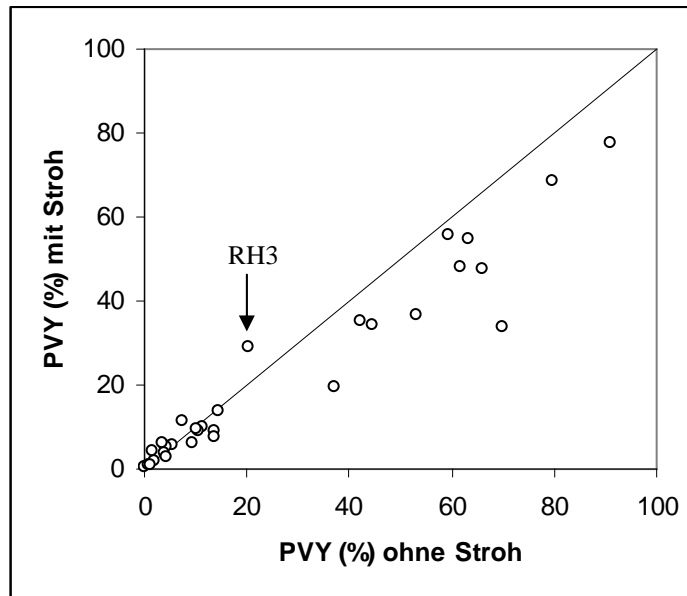


Abb. 1: PVY-Befall in ungemulchten Varianten (x-Achse) aufgetragen gegen PVY in gemulchten Varianten (y-Achse).

Jeder Punkt stellt ein Mittelwert-Paar jeweils eines Versuches dar. Die Linie teilt die Bereiche mit Befallsreduktion durch Mulchen (unten rechts) und Befallserhöhung durch Mulchen (oben links)

Einzigste Ausnahme ist der Versuch RH3; hier wurde durch ein ungewöhnlich starkes Niederschlagsereignis kurz nach dem Mulchen die Mulchschicht zu einem großen Teil in den Boden eingewaschen und konnte daher keine optisch vermittelte Wirkung mehr erzielen.

Im Kontext des je nach allgemeinem Befallsniveau unterschiedlichen Wirkungsgrades von Mulchen ist zu beachten, dass bei geringen Befallswerten und dann nur geringen Unterschieden eine viel größere Stichprobe an Knollen notwendig ist, um Unterschiede im Virusbefall statistisch absichern zu können.

Im Versuch RH2 führten häufige Niederschläge im Mai zu einer Verzögerung des Mulchens, da der Boden für die vorher notwendige Beikrautregulierung nicht ausreichend abgetrocknet war. Da aber in dieser Zeit bereits ein Hauptteil der Vektorflugaktivität stattfand (vgl. Abb. 2), kam das Mulchen in diesem Fall zu spät.

In den Versuchen in Lühburg kann der Mulchtermin als im Vergleich zu den anderen Standorten als teils relativ spät nach dem Pflanzen beurteilt werden (vgl. Tabelle 4). Zusammen mit einer relativ

geringen Virusausgangsbilastung in Lühburg könnte dies als Grund dafür angesehen werden, dass es in Lühburg in der Mehrzahl der Fälle nicht zu einer Verminderung des Virusbefalls im Erntegut kam. Zusätzlich waren bezüglich der Mulchwirkung gegenüber Virusinfektionen auch Jahreseffekte zu erkennen: Im Jahr 2003, das sich durch einen sehr geringen Vektorflug während der virusempfindlichen Zeit der Vegetationsperiode auszeichnete (vgl. Abb. 2), gab es keine eindeutige Richtung des Strohmulcheffektes auf PVY, während in den anderen Jahren die Zahl der virusreduzierenden Fällen deutlich überwog.

Abschließend sei hier noch kurz erörtert, welche (für Landwirte steuerbare) Faktoren ausser den Prüfgliedern (Mulchen, Vorkeimen, Haferstreifen) größeren Einfluss auf die PVY-Infektionen nahmen. Hier spielten sicher der Standort, der Vorbefall und die Virusresistenz der Sorten eine Rolle. In der Gesundlagenregion in Mecklenburg-Vorpommern wurden die geringsten Viruswerte beobachtet, wenn auch dieser Effekte nicht vollständig vom Effekt des Ausgangsbefall zu trennen ist. Die starken Jahreseffekte (d.h. über den Termin und die Intensität des Vektorfluges) zeigen jedoch, dass einer der wichtigsten Faktoren für den PVY-Befall nicht direkt steuerbar ist. Hier sind Maßnahmen und Maßnahmen Kombinationen zu entwickeln, welche relativ unabhängig von der Vektor-Phänologie wirken oder deren Vorhersagbarkeit nutzen (vgl. Kap. 4).

### 3.1.3.2 Auftreten und Verteilung der Virusstämme von PVY

Am Projektstandort Witzhausen wurden Untersuchungen zu speziellen Virusstämmen von PVY durchgeführt. Der Stamm NTN (Knollenringnekrose) gilt als besonders aggressiv und verursacht bei empfindlichen Sorten ringförmige Nekrosen an den Knollen, die zur Unverkäuflichkeit führen. Von den verwendeten Sorten zeichnet nur Nicola NTN-Symptome. Im Jahr 2002 zeigten 6 % der Ernteknollen aus dem Versuch NE2 NTN-Symptome; hierbei war der NTN-Befall in den gemulchten Varianten deutlich geringer als in den ungemulchten (3,5 % gegenüber 8,0 % NTN;  $p < 0.01$ ). Im Jahr 2003 war jedoch von >3191 bonitierten Knollen im Versuch NE3 nur eine Knolle NTN-positiv; in den anderen Versuchen konnte kein NTN-Befall beobachtet werden.

Zur Beurteilung der Virusstammverteilung wurde in 2002 von 98 mit stamm-unspezifischem Serum positiv getesteten Knollen aus dem Versuch NE2 jeweils ein weiteres Blatt des Augenstecklings mit einem N-spezifischen Antikörper untersucht. Die Analyse erfolgte kostenlos durch Dr. Rabenstein und Team, BAZ Aschersleben. Es konnten keine (deutlichen) Effekte der Strohmulchanwendung auf Verteilung der Virusstämme festgestellt werden, dagegen eher räumliche Effekte (Klumpung).

*Tabelle 10: Verteilung der Virusstämme auf die Varianten (Nicola, Etzenborn)*

Variante/Stamm/ Zahl der Proben	C oder O	N	alle	N%
ohne Mulch	7	38	45	84
mit Mulch	14	39	53	74
Gesamt	21	77	98	

### 3.1.4 Virusvektoren

#### 3.1.4.1 Gelbschalenfänge

Über den Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2004 gab es starke Unterschiede in der Blattlausphänologie, d. h. in der zeitlichen Verteilung der Vektoraktivität (Abb. 2, Abb. 3).

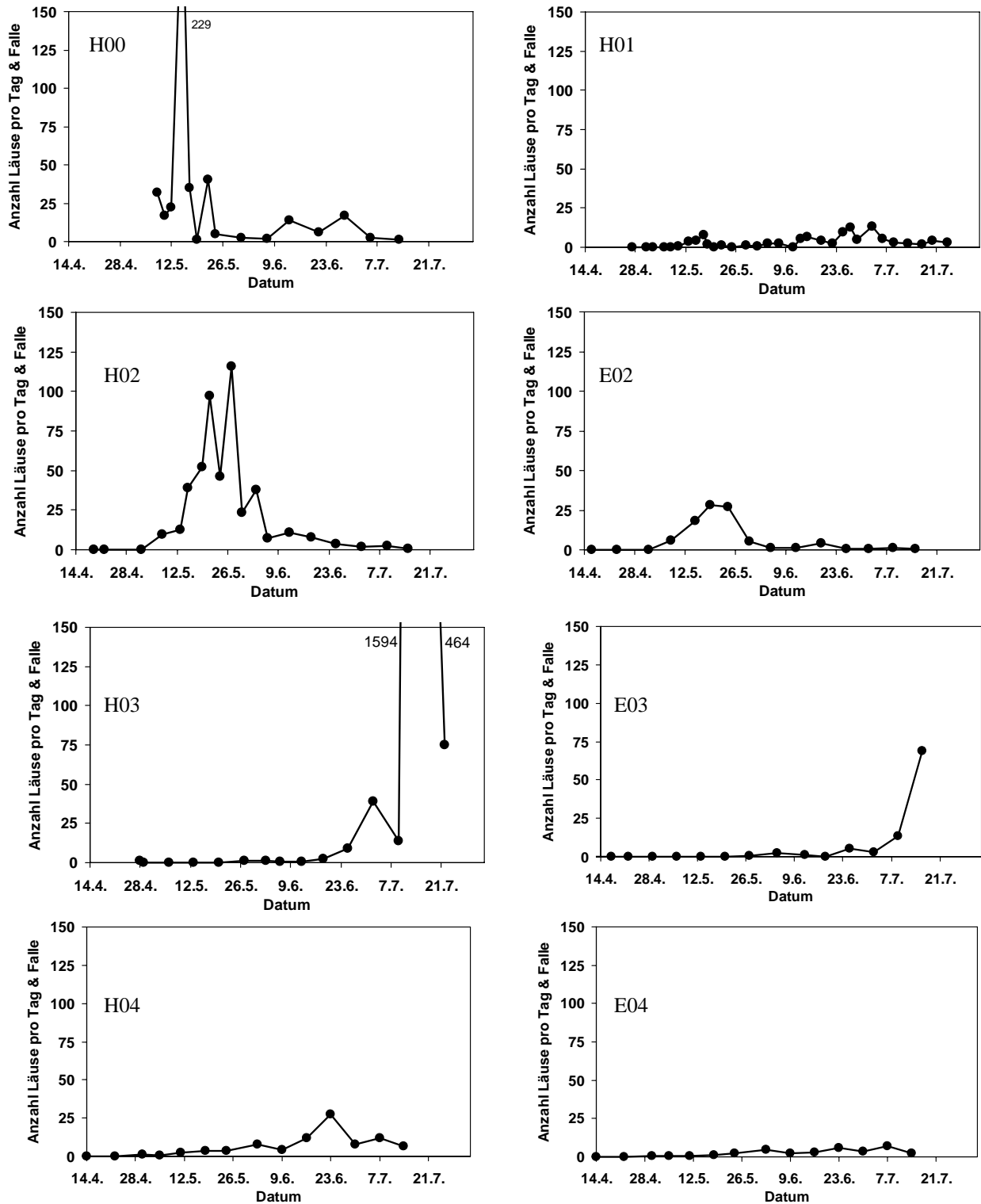
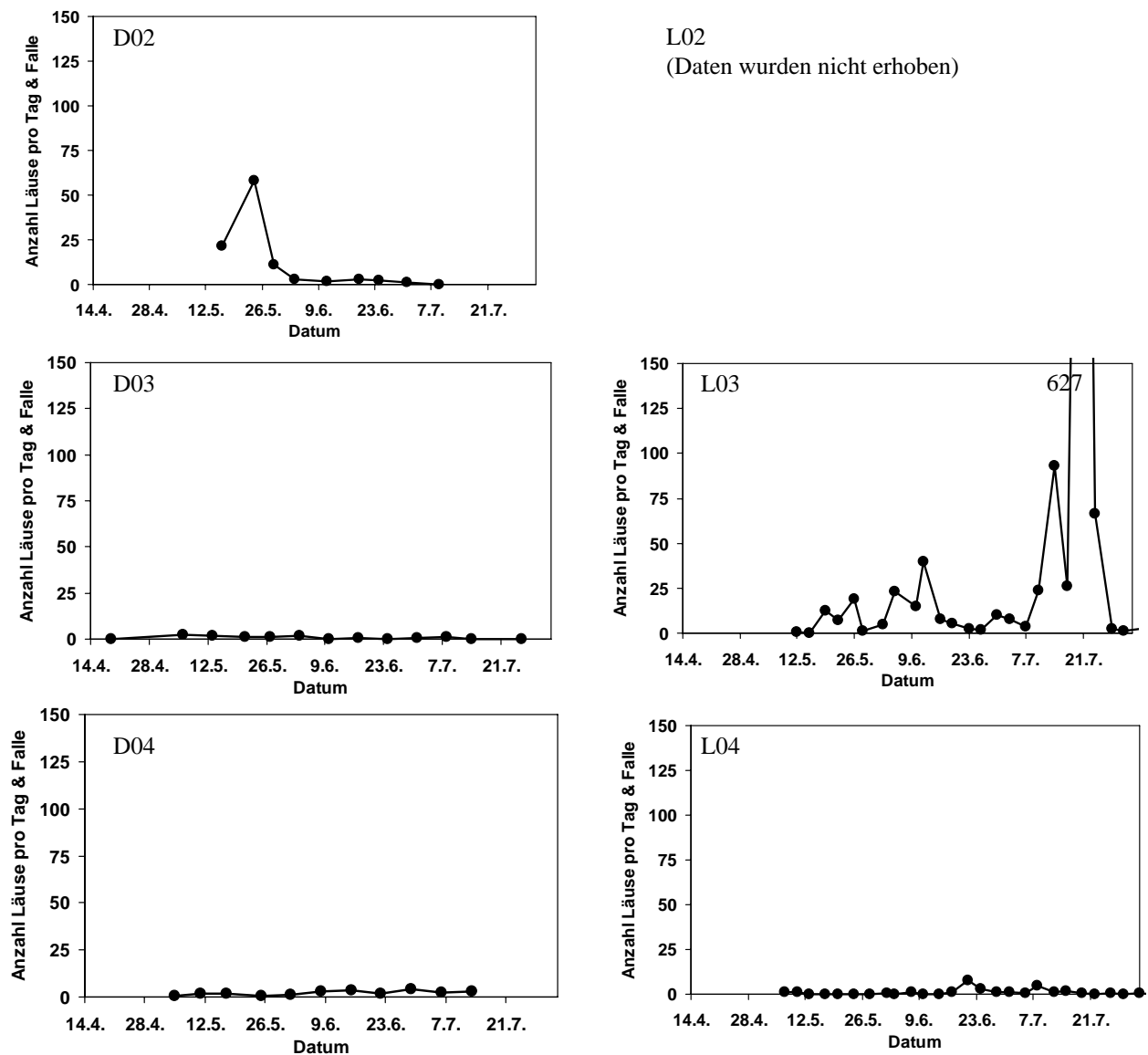


Abb. 2: Phänologie des Blattlausfluges, Standorte H und E, in den Jahren 2000-2004



L02  
(Daten wurden nicht erhoben)

Abb. 3: Phänologie des Blattlausfluges an den Standorten D und L, in den Jahren 2002-2004

Die Jahre 2000 und 2002 zeichneten sich durch einen relativ starken Frühjahrsflug aus, während in den Jahren 2001 und 2003 der Schwerpunkt der Vektoraktivität im Sommer lag. Das Jahr 2004 zeigte mit Ausnahme des Standortes H einen insgesamt schwachen Blattlausflug. Die in den Versuchsjahren unterschiedliche Vektoraktivität spiegelt sich auch in den Virusbefallswerten (Tabelle 9) wider, indem in der Regel hohe Frühjahrsflug-Aktivität mit hohen Viruswerten korrespondiert.

Der zeitlich ausgedehnte Frühjahrsflug im Jahr 2002 war zum Zeitpunkt des Flug-Maximums von der Kleinen Pflaumenlaus (*B. helichrysi*), einem relativ effizienten PVY-Vektor, und der Gierschblattlaus (*C. aegopodii*) dominiert (Tabelle 11). Den sehr starken Sommerflug in 2003 (Ausnahme Standort D, vgl. jedoch Abb. 5) dominierten die Mehligke Kohlblattlaus (*B. brassicae*) und die Grüne Pfirsichblattlaus (*M. persicae*).

Tabelle 11: Artenzusammensetzung der Gelbschalenfänge: Anteil am Fang zum Zeitpunkt des Flugmaximums

Art / Jahr	Vektor	2000	2001	2002			2003			2004			
Ort	(PVY) <sup>a</sup>	H	H	H	E	D	H	E	L	D	E	H	L
<i>Aphis fabae</i> group	0,10		+							+	+		
<i>Brachycaudus helichrysi</i>	0,21	+		++	++	++							
<i>Brevicoryne brassicae</i>	0,01						++	+	+++				+
<i>Capitophorus elaeagni</i>	x									+			
<i>Cavariella aegopodii</i>	x	++		++	+	+							
<i>Hyperomyzus lactucae</i>	0,16											+	
<i>Myzus persicae</i>	1,00						+	++					

+: > 20 %; ++: > 40 % +++: > 60 %.

a: nach Harrington & Gibson (1989); Heimbach et al. (1998); Halbert et al. (2003); sowie BPC: [http://aphmon.csl.gov.uk/pvy\\_vector\\_info.cfm](http://aphmon.csl.gov.uk/pvy_vector_info.cfm)

*Myzus persicae* hat als effizientester Vektor den Wert 1,00. Für *C. elaeagni* und *C. aegopodii*, die als PVY-Vektoren nachgewiesen sind, liegen keine relativen Vektor-Effizienzen vor.

### 3.1.4.2 Blattlausbefall der Kartoffelpflanzen im Feld

In 10 Praxisversuchen wurde der Effekt von Strohmulch auf den Anteil blattlausbesiedelter Kartoffelblätter untersucht. Zwei Wochen nach dem Mulchen führte Strohmulch in 4 von 10 Fällen zu einer signifikanten Verminderung dieses Anteils, später, zum Zeitpunkt des Populationsmaximums in 8 Fällen (Tabelle 12). Die Anzahl kartoffelbesiedelnder Läuse zum Zeitpunkt des Populationsmaximums war in allen Fällen durch Strohmulch reduziert, davon signifikant in 4 Fällen (Tabelle 13). In allen Versuchen, in denen 2 verschiedene Aufwandmengen geprüft wurden, trat der geringste Blattlausbefall bei der höheren Aufwandmenge auf. Diese Effekte waren in einem Fall (LD3) statistisch zu sichern.

Tabelle 12: Blattlausbefall von Kartoffelblättern (Mittelwert des %-Anteils befallener Blätter etwa 2 Wochen nach dem Mulchen und am Datum des maximalen Befalls).

Exp.	Etwa 2 Wochen nach dem Mulchen			Am Datum des maximalen Befalls		
	Ungemulcht	Gemulcht	Signifikanzniveau	Ungemulcht	Gemulcht	Signifikanzniveau
CE2	40,0	17,3	**	99,3	93,3	*
NE2	36,5	16,3	***	99,0	89,8	***
MH3	1,5	1,5	ns	38,5	28,0	ns <sup>a</sup>
CE3	0,0	0,0	(ns)	3,0	2,5	ns
NE3	6,5	3,3	*	12,5	6,8	*
MH4	12,5	12,5	ns	99,0	74,0	*
SH4	11,0	4,5	ns <sup>a</sup>	94,5	43,0	***
CE4	2,0	0,5	ns <sup>a</sup>	53,5	37,5	*
NE4	9,0	2,5	*	76,0	42,0	*
NE4	9,5	6,0	ns	82,5	71,5	*

a: p<0,1\*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001; ns: nicht signifikant

Tabelle 13: Durchschnittliche Individuenanzahl der Blattläuse auf Kartoffeln am Datum des maximalen Befalls (pro 100 Blätter).

Exp.	Datum	Blattläuse pro 100 Blatt		
		Ungemulcht	Gemulcht geringere Menge*	Gemulcht höhere Menge*
CH0	19.6.	36,0a	9,3a	-
CE2	19.6.	1829,3a	589,3a	-
LD2	25.6.	163,8a	37,0b	12,1b
CE3	4.6.	4,2a	2,5a	-
NE3	9.7.	49,0a	11,0b	-
LD3	23.6.	50,5a	49,0a	31,5a
LD3	23.6.	89,5a	65,5b	32,5c
LL3	30.6.	86,8a	67,5a	-
SH4	30.6.	337,8a	158,8b	-
LD4	6.7.	538,0a	171,0a	117,0a
LL4	19.7.	2,3a	1,0a	-

\*: vgl. Tabelle 4; Zahlen mit gleichem Buchstaben innerhalb einer Zeile sind nicht statistisch signifikant verschieden (LSD-Test).

### 3.1.4.3 Blattlauslandung im Bestand

Die an den Standorten Lühburg und Dibbesdorf verwendeten horizontal aufgestellten Fangnetze zeigten nach Jahren und Standorten unterschiedliche Effekte der Strohmulchausbringung (siehe Abb. 4 bis Abb. 9).

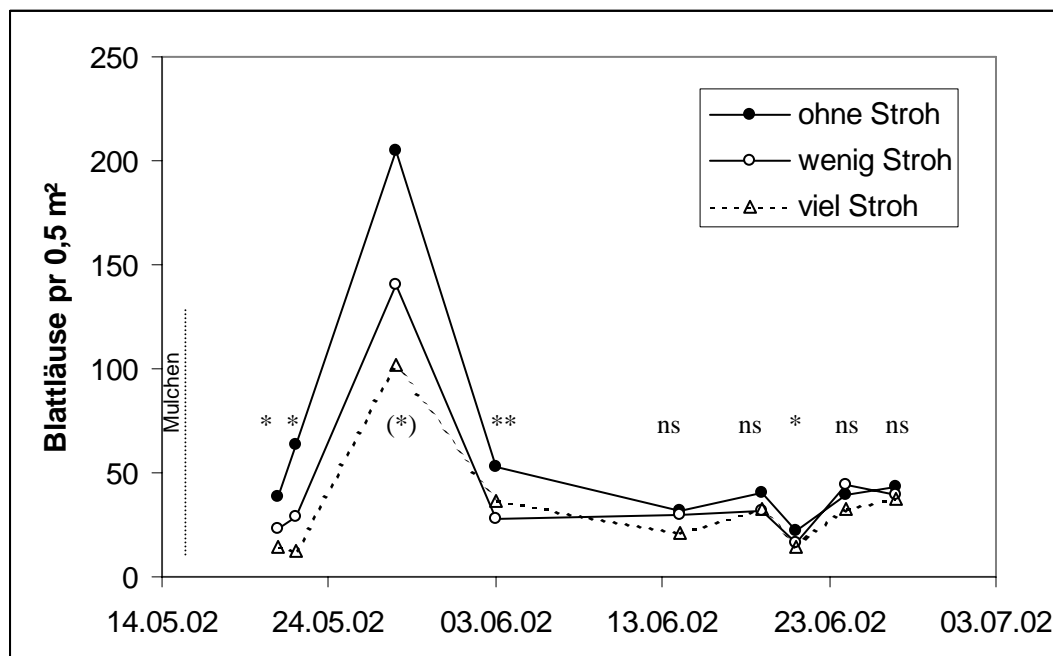


Abb. 4: Blattläuse auf Klebnetzen, Dibbesdorf 2002

ns: nicht signifikant; (\*):  $p < 0,1$ ; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$

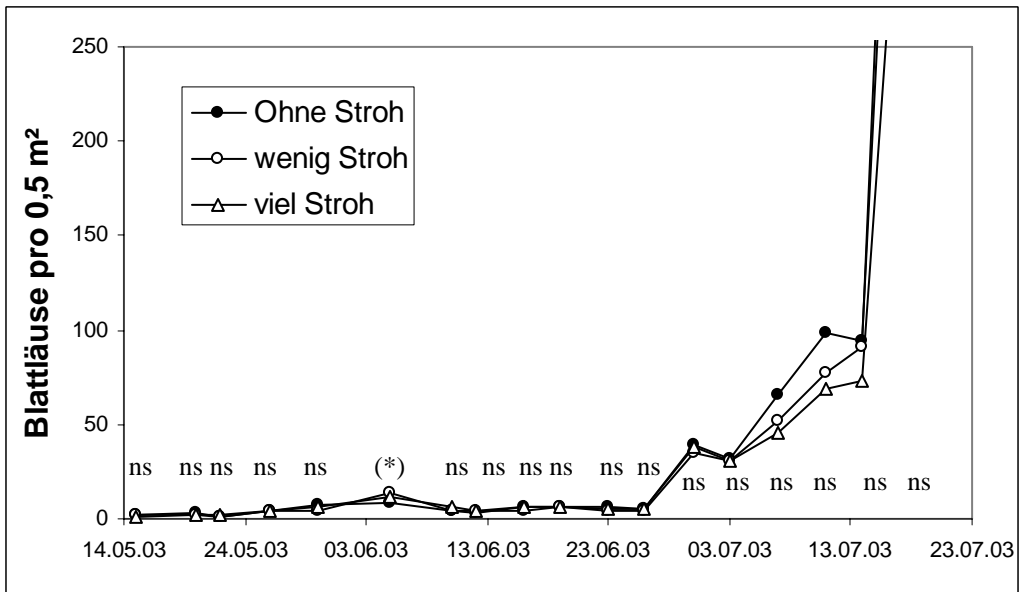


Abb. 5: Blattläuse auf Klebenetzen, Dibbesdorf 2003

ns: nicht signifikant; (\*):  $p < 0,1$

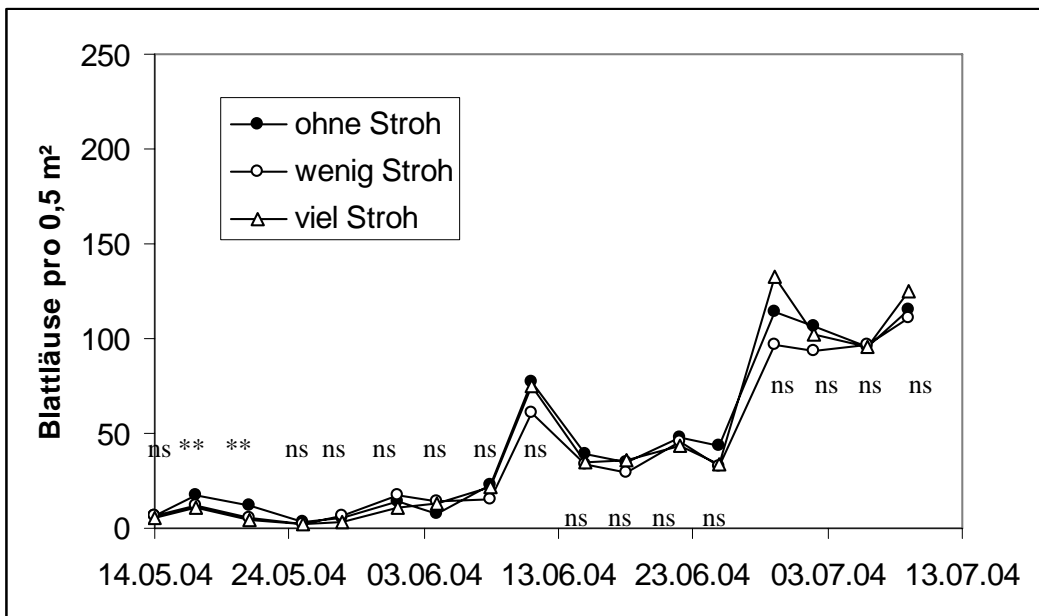


Abb. 6: Blattläuse auf Klebenetzen, Dibbesdorf 2004



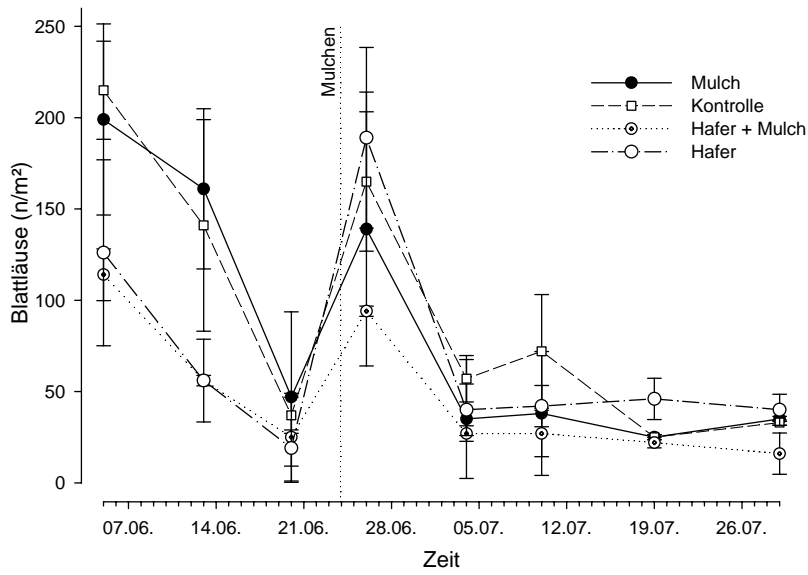


Abb. 7: Blattläuse auf Klebenetzen, Lühburg 2002

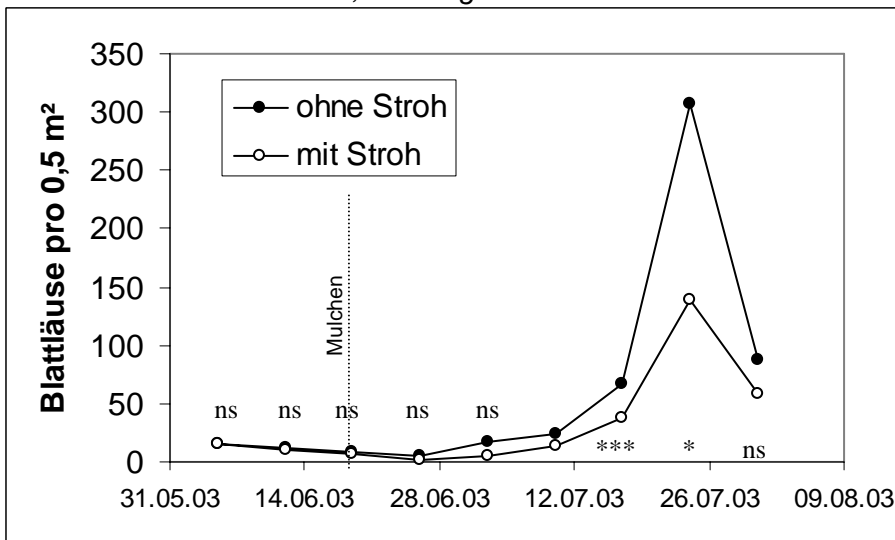


Abb. 8: Blattläuse auf Klebenetzen, Lühburg 2003

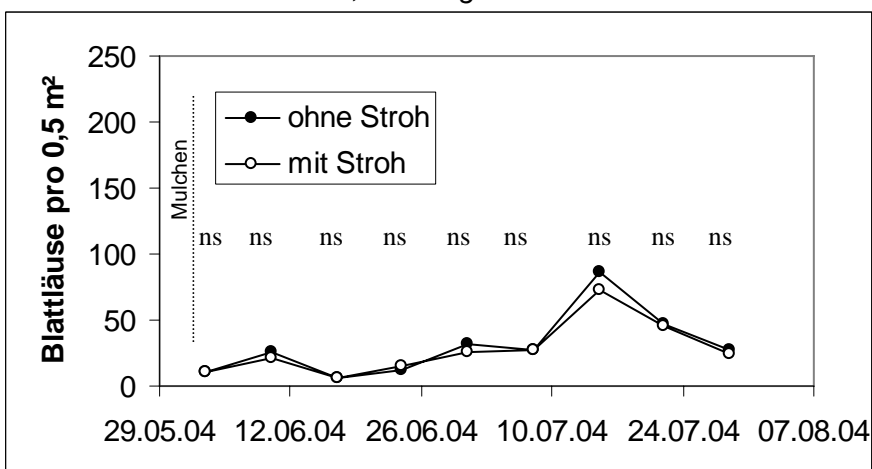


Abb. 9: Blattläuse auf Klebenetzen, Lühburg 2004

### 3.1.5 Beikräuter

In den 16 Feldversuchen, in denen der Beikrautbesatz in Abhängigkeit vom Versuchsfaktor Mulchen erhoben wurde, ergaben sich, einerseits durch die Erfassung mehrerer Parameter je Versuch (Anzahl der Beikräuter pro m<sup>2</sup>, geschätzte Deckung der Beikräuter in % und Beikrauttrockenmasse), andererseits durch die wiederholte Bonitur innerhalb der Vegetationsperiode insgesamt 64 Vergleiche zwischen den Mulch-Varianten. Von diesen war in 29 Fällen der Beikrautbesatz in den Strohmulchparzellen im Mittel tendenziell geringer als in den ungemulchten Parzellen, bzw. in 34 Fällen höher (Tabelle 14). Nur in 9 der 64 Fälle waren die Effekte signifikant. Über alle betrachteten Versuche hatte Strohmulch also keine einheitliche Wirkung auf den Beikrautbesatz (Vorzeichentest nicht-signifikant). Die detaillierten Daten hierzu sind in Tabelle 34 im Anhang dargestellt. Eine Artentabelle mit Haupt- und Nebenunkräutern ist ebenfalls im Anhang zu finden (Tabelle 35).

*Tabelle 14: Effekt von Strohmulch auf Beikräuter, alle Standorte. Anzahl Fälle mit unterschiedlicher Richtung der Wirkung*

Parameter	Position	Ort	Anzahl Fälle <sup>a</sup>					Summe	
			M<K *	M<K ns	M=K	M>K ns	M>K *		
Anzahl	Tal	H	1	2	0	0	0	3	
		E	1	1	0	0	0	2	
		D	0	0	0	2	0	2	
		L	1	1	0	1	0	3	
	Damm	H	0	2	0	0	0	2	
		E	0	2	0	1	0	3	
		D	0	1	0	1	0	2	
		L	0	0	0	3	0	3	
	Tal & Damm	H	1	0	0	1	2	4	
		E	0	2	0	1	0	3	
		D	0	0	0	1	0	1	
	Deckung	Tal	H	0	3	0	0	0	3
E			1	0	0	2	0	3	
D			1	0	0	0	0	1	
L			0	2	1	1	0	4	
Damm		H	0	2	0	0	0	2	
		E	0	0	0	2	0	2	
		D	0	1	0	1	0	2	
		L	0	1	0	2	0	3	
Tal & Damm		H	0	0	0	4	0	4	
		E	0	0	0	4	1	5	
		D	0	0	0	2	0	2	
		L	0	3	0	0	0	3	
Trockenmasse		Tal & Damm	E	0	0	0	2	0	2
			alle	6	23	1	31	3	64

a: \* statistisch signifikanter Unterschied; ns: nicht signifikant; M Mulch; K ungemulcht.

Im Vergleich der verschiedenen Standorte und Versuche war ein sehr unterschiedlicher Beikrautbesatz zu beobachten. Hier spielten Vorfrucht- und Bodenbearbeitungsbedingungen im jeweiligen Versuch die entscheidende Rolle.

Der Befall mit Bekräutern, insbesondere von bestimmten Arten wie Quecke (*Agropyron repens*) oder Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) war sehr ungleichmäßig auf der Versuchsfläche verteilt, wie sich auch an (in der Regel) hohen Standardabweichungen der untersuchten Parameter zeigte. Der Befall war häufig lokal konzentriert und nestartig. Eine Beeinflussung von Wurzel- und Rhizomunkräutern durch Mulchen mit Stroh war jedoch nicht zu erwarten. Obwohl prinzipiell eine Begünstigung von Bekräutern durch eine erhöhte Bodenfeuchte und somit verbesserte Keimrate vermutet werden kann, ist andererseits eine unkrautunterdrückende Wirkung durch die Strohmulchschicht postuliert worden. Diese Effekte werden aber wohl erst bei deutlich höheren Strohaufwandmengen wirksam (Döring et al. 2005).

### 3.1.6 Befall mit Krautfäule (*Phytophthora infestans*)

Über die drei Versuchsjahre schwankte der Befall mit Krautfäule sehr stark. Im Jahr 2003 gab es wegen der Trockenheit im Sommer insgesamt kaum oder gar keinen Befall (Ausnahmefahr); in keinem der Versuch in 2003 war das Absterben der Pflanzen hauptsächlich durch Krautfäule bedingt, eher durch *Alternaria solani* (CE3) und Trockenheit. Insgesamt zeigte sich in der Mehrzahl der Versuche keine signifikante Wirkung des Mulchens auf den Befall der Kartoffelpflanzen mit *Phytophthora infestans* (Tabelle 15).

Tabelle 15: Wirkung von Strohmulch auf Krautfäulebefall, gemessen als (1) relative Fläche unter der Befallskurve (RFUK) bzgl. befallener Blattfläche ("A-a"); (2) befallener Blattfläche an einem Termin in % ("A-1"); (3) als Anzahl befallener Blätter an einem Termin ("L-1#") (4) als % befallener Blätter an einem Termin ("L-1"); oder (4) als RFUK bzgl. % befallener Pflanzen ("P-a").

Parameter	Exp.	Fehler-df	ohne Stroh	mit Stroh	Differenz mit Stroh – ohne Stroh <sup>a</sup>		Blockeffekt
A-a (a.u.)	CH2	9	0,282	0,264	–	ns	***
	NH2	9	0,027	0,023	–	ns	***
	NE2	7	0,074	0,072	–	ns	**
	MH3	3	0,049	0,030	–	ns	ns
	CE4	3	0,135	0,099	–	ns	ns
	LD4 <sup>b</sup>	6	0,365	0,362	–	ns	ns
	LL4	(7)	0,242	0,260	+	*	**
A-1 (%)	LD2 <sup>b</sup>	3	17,5	5,2	–	*	ns
	MH4	3	5,8	3,3	–	ns	ns
	SH4	3	15,5	10,5	–	ns	ns
	NE4	3	48,5	42,5	–	**	ns
	NE4	3	52,0	46,4	–	ns	ns
L-1#	LL2	3	33,3	31,1	–	ns	ns
	ML2	3	19,8	17,3	–	ns	ns
	LL3	(7)	5,1	8,4	+	ns	ns
L-1 (%)	LD2 <sup>b</sup>	3	68,5	34,5	–	*	ns
P-a	LD4	6	0,372	0,359	–	ns	ns

a: Signifikanzniveau für die Differenz der winkeltransformierten Daten

b: Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die **niedrigere** Aufwandmenge hier nicht dargestellt.

\*\* : p < 0.01; \*\*\* : p < 0.001.

Jedoch gab es, bei gemeinsamer Betrachtung aller Versuche einen eindeutigen Trend zur Reduktion von Krautfäule durch Strohmulch (Vorzeichentest signifikant  $p < 0.01$ ). Es muß allerdings in Frage gestellt werden, ob dieser Trend von wirtschaftlicher Relevanz ist (vgl. Ertragsdaten, 3.1.2).

### 3.1.7 Pockenkrankheit (*Rhizoctonia solani*)

Auch beim Besatz der Ernteknollen mit Sklerotien von *Rhizoctonia solani* zeigten sich große Schwankungen zwischen den Versuchen. So weist z.B. der Anteil unbefallener Knollen die große Spannweite von 25 % bis 100 % auf, der Befallsindex schwankte von 0 bis 2,7. Insgesamt traten bis auf einen Versuch (NH2) keine signifikanten Unterschiede zwischen gemulchten und ungemulchten Varianten auf (Tabelle 16). Über alle Versuche hinweg konnte auch keine einheitliche Richtung der Unterschiede beobachtet werden (Vorzeichentest nicht-signifikant). In den Versuchen LL3 und LL4 wurde kein Befall mit *Rhizoctonia*-Sklerotien festgestellt.

Tabelle 16: Wirkung von Strohmulch auf den Befall der Ernteknollen mit *Rhizoctonia solani* Sklerotien, (Befallsschwere-Index  $i_{RS}$  und Anteil unbefallener Knollen  $p_0$ )

Exp.	Fehler df	Bonitierte Knollen	Mittlerer <i>R. solani</i> -Index			Mittel "unbefallen" (%)			Mulch-Effekt auf <i>R.solani</i> (Trend) <sup>a</sup>
			ohne Stroh	mit Stroh		ohne Stroh	mit Stroh		
CH2	9	1566	0,13	0,13	ns	94,8	94,9	ns	–
NH2	9	3357	1,97	2,71	*	46,4	35,0	*	+
CE2	2	1339	2,33	0,82	ns	45,7	68,3	ns	–
NE2	7	1869	0,11	0,13	ns	96,6	95,1	ns	+
NE2	3	877	0,27	0,18	ns	90,3	95,4	ns	–
LL2	3	800	0,50	1,40	ns	84,3	67,4	ns	+
ML2	3	798	1,48	1,44	ns	74,4	75,0	ns	–
MH3	3	993	1,60	1,94	ns	65,7	60,9	ns	+
RH3	3	1000	1,91	2,20	ns	53,5	52,7	ns	+
NE3	21	3191	1,04	1,04	ns	74,8	70,4	ns	+
<sup>b</sup> LD3	6	2393	1,20	1,15	ns	58,9	61,3	ns	–
MH4	3	1175	1,38	1,34	ns	46,1	54,9	ns	–
SH4	3	1146	1,85	2,12	ns	28,0	24,6	ns	+
CE4	3	1680	1,43	1,19	ns	52,0	54,5	ns	–
NE4	3	1200	1,16	1,36	ns	72,5	71,0	ns	+
NE4	3	1173	1,30	1,25	ns	59,5	65,1	ns	–
<sup>b</sup> LD4	6	2400	0,30	0,37	ns	75,9	73,5	ns	+

\*:  $p < 0,05$ .

a: Trend: + Befall größer in gemulchter Variante (Befallserhöhung durch Strohmulch)  
– Befall größer in ungemulchter Variante (Befallsreduktion durch Strohmulch)

b Zum Zwecke der besseren Übersichtlichkeit ist die Behandlung mit wenig Stroh ausgelassen.

### 3.1.8 Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*)

Aus den 10 Feldversuchen können durch die Erhebung an verschiedenen Terminen und die Bonitur von unterschiedlichen Parametern insgesamt 49 Datensätze zum Vergleich zwischen gemulchten und ungemulchten Flächen herangezogen werden (Tabelle 17). In keinem der 49 Fälle ergab sich ein signifikanter Einfluss von Strohmulch auf den Befall mit Kartoffelkäfern. Jedoch war in knapp drei

viertel der Fälle der Effekt in der Tendenz befalls-mindernd (Vorzeichentest signifikant mit  $p < 0.01$ ). In einer Vielzahl der Feldversuche konnten für den Kartoffelkäferbefall typische räumliche Klumpungen beobachtet werden (erhöhter Befall am Rand o.ä.).

*Tabelle 17: Befall der Pflanzen mit Kartoffelkäfern, gemessen mit untersch. Parametern. Anzahl Fälle mit geringerem, gleichem und höherem Befall.*

Parameter/Ort	Anzahl Fälle <sup>a</sup>					Summe
	M<K *	M<K ns	M=K	M>K ns	M>K *	
Eigelege						
E	0	3	2	1	0	6
H	0	5	1	2	0	8
D	0	1	0	0	0	1
KK/100 Blatt						
E	0	3	1	1	0	5
H	0	5	0	1	0	6
D	0	2	0	0	0	2
Blätter mit Larven						
E	0	1	0	1	0	2
H	0	0	0	2	0	2
D	0	8	0	0	0	8
Befallsindex						
D	0	2	0	0	0	2
Pfl. mit >2 Blättern angefressen						
E	0	3	0	0	0	3
H	0	1	0	1	0	2
D	0	2	0	0	0	2
alle Parameter	0	36	4	9	0	49

a: \* statistisch signifikanter Unterschied; ns: nicht signifikant; M Mulch; K ungemulcht.

### 3.1.9 Bodenfeuchte und Nitrat

Bezüglich der Bodenfeuchte konnte in nur einem Feldversuch eine signifikante Differenz zwischen gemulchten und ungemulchten Flächen festgestellt werden (Tabelle 18). In 6 von 8 Versuchen zeigte sich jedoch im Oberboden (0-30 cm Tiefe) zumindest eine Tendenz zur höheren Bodenfeuchte unter Strohmulch. Über alle Versuche ergibt sich dabei ein Median der Differenz von 0,6 % für den Oberboden, d.h. unter Strohmulch ist es im Mittel um gut ein halbes Prozent feuchter als ohne Mulch. Die maximale Differenz liegt hier bei 1,2 %-Punkten. Für die Tiefenstufe 30-60 cm liegt der Median bei 0.0 %, d.h. hier ist auch keine Tendenz mehr zu erkennen. Bei höherer Aufwandmenge ergaben sich in den Dibbesdorfer Versuchen tendenziell größere Effekte. Auch zeigten sich bei gemeinsamer Betrachtung aller 8 Versuche schwach positive Korrelationen zwischen Mulch-Aufwandmenge einerseits und Mulcheffekt auf die Bodenfeuchte andererseits. Alle Tendenzen (höhere Bodenfeuchte unter Mulch; größerer Effekt im Ober- als im Unterboden; größere Effekte durch höhere Aufwandmenge) werden durch zahlreiche Untersuchungen zur Wirkung von Strohmulch auf die

Bodenfeuchte bestätigt (Jacks et al. 1955), allerdings lagen dort die beobachteten Feuchteunterschiede höher, d.h. im Bereich >2%.

Selbst auf lehmigem Boden (Standorte E und H) sind nach unseren Ergebnissen Ernteverzögerungen oder –behinderungen wegen einer verzögerten Abtrocknung des Bodens nicht zu befürchten.

*Tabelle 18: Bodenfeuchte kurz vor der Ernte (Gewichts-%), alle Versuchsstandorte*

Versuch	Bodentiefe (cm)	Ohne Stroh	Mit /Wenig Stroh	Viel Stroh	Diff. <sup>a</sup>	Mulch-Effekt
CH1	0-30	17,7	18,9	-	+	ns
	30-60	19,0	18,0	-	-	ns
CH2	0-30	21,1	21,1	-	0	ns
	30-60	20,2	20,6	-	+	ns
CE3	0-30	8,8	9,3	-	+	ns
	30-60	11,7	11,8	-	+	ns
LD3	0-30	8,5	9,2	10,2	+	ns
	30-60	7,2	8,2	8,9	+	ns
LL3	0-30	4,8	5,8	-	+	ns
	30-60	7,1	5,6	-	-	ns
CE4	0-30	15,6	16,8	-	+	*
	30-60	16,9	17,1	-	+	ns
LD4	0-30	8,2	8,6	9,2	+	ns
	30-60	8,2	8,0	8,3	0	ns
LL4	0-30	10,8	10,6	-	-	ns
	30-60	11,9	10,3	-	-	ns

a: Richtung der Differenz zwischen ungemulchten (M) und gemulchten (K)Varianten:

-: M<K

0: M=K

+: M>K

ns: Differenz nicht signifikant (für untransformierte und winkeltransformierte Daten); \*: p<0,05

Durch die Einarbeitung der Strohmulchschicht beim maschinellen Erntevorgang wurden zwischen 0,6 und 33,8 kg Nitrat-N pro Hektar temporär immobilisiert und so der Auswaschung entzogen (Tabelle 19). Der Median über alle sieben Versuche liegt bei 12,0 kg. Im Versuch CE3 entspricht die immobilisierte Menge Stickstoff ca. 7 kg Nitrat-N pro Tonne Stroh. Ein sehr ähnlicher Wert wurde 2002, ebenfalls für die Sorte Christa auf lehmig-schluffigem Boden gefunden (Versuch CH2), auf den anderen Standorten jedoch geringere Werte. Im Vergleich der Standorte fällt eine insgesamt höhere Immobilisierung auf den schwereren Böden auf.

*Tabelle 19: Nitrat-Immobilisierung durch Strohmulch in kg NO<sub>3</sub>-N/ha in 0-60 cm Bodentiefe*

Versuch	Kurz vor der Ernte			Nach der Ernte				Diff. <sup>b</sup>
	Ohne Stroh	Mit /Wenig Stroh	Viel Stroh	TNE <sup>a</sup>	Ohne Stroh	Mit /Wenig Stroh	Viel Stroh	
CH2	48,0	46,2	-	41	110,0	76,2	-	33,8
CE3	23,9	25,1	-	22	74,9	57,3	-	17,6
CE4	23,6	19,5	-	19	53,0	32,5	-	20,5
LD3				67	32,7	22,2	19,1	12,0
LD4	6,3	5,8	4,0	ca.30	11,6	8,5	10,1	2,3
LL3	54,3	48,1	-	28	130,6	119,9	-	10,6
LL4	54,2	50,9	-	≥26	51,0	50,4	-	0,6

a: Tage nach der (Betriebs-)Ernte

b: für die Dibbesdorfer Versuche: Differenz der Kontrolle und dem Mittel der gemulchten Varianten  
 Dass die beobachteten Effekte nicht in allen Fällen statistisch zu sichern waren, kann in erster Linie auf die notwendigerweise relativ großen Parzellenausmaße zurückgeführt werden. Da die Versuche erstens nicht primär für bodenkundliche Fragestellungen angelegt wurden und zweitens auf Praxisbetrieben stattfanden, musste bei den großen Parzellen eine relativ hohe natürliche Boden-Variabilität innerhalb des Versuchsschlages in Kauf genommen werden. Unsere Ergebnisse werden jedoch im wesentlichen durch Exaktversuche aus der Literatur bestätigt; so war z.B. in Versuchen von Haas (2002) nach Ausbringung von 4 t/ha TM Stroh zu Kartoffeln und Einarbeitung bei der Ernte im Herbst der Nitratgehalt in der Schicht 0-60 cm um deutlich >20 kg Nitrat-N/ha geringer als ohne Stroh; dies entspricht Immobilisierungsraten von >5 kg N/t Stroh. Christensen & Olesen (1998) geben eine Schwankungsbreite der Immobilisierungsraten von 1-8 kg N/t Stroh an.

Die sehr geringen Nitratwerte im Versuch LD4 lassen sich vermutlich durch Witterungsbedingungen erklären. Hier hatten die Kartoffelpflanzen wahrscheinlich den Vorrat an Nitrat im Boden vor der Ernte fast vollständig aufgenommen.

### 3.1.10 Bodenerosion

Auf den schluffig-lehmigen Versuchsstandorten in Etzenborn und Hebenshausen/Eichenberg reduzierte Strohmulch in allen Versuchsjahren in starkem Maße die Bodenerosion (Fotodokumentation vorhanden, siehe auch Abb. 18 im Anhang). Dieser Effekt war für den Landwirt am Standort Etzenborn eine starke Motivation, das Verfahren anzuwenden. In Kleinparzellenversuchen konnte 2001 in der Sorte Rosella ein Regensimulationsversuch in Zusammenarbeit Dr. M. Brandt (Fachgebiet Bodenkunde der Universität Kassel) durchgeführt werden (Döring et al. 2005; Details zur Methodik siehe dort). Es zeigte sich, dass bereits bei sehr geringen Aufwandmengen (1,25 t Stroh pro ha) erhebliche erosionsmindernde Effekte auftraten (Tabelle 20).

*Tabelle 20: Wirkung von Strohmulch bei verschiedenen Aufwandmengen und Texturen auf den Abfluss, die Sedimentkonzentration und den Bodenabtrag*

<b>Mulchmenge [t ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>0</b>	<b>1,25</b>	<b>2,5</b>	<b>5,0</b>	<b>2,5</b>
<b>Mulchtextur</b>	<b>-</b>	<b>gehäckselt</b>	<b>gehäckselt</b>	<b>gehäckselt</b>	<b>lang</b>
Mittlere Sedimentkonzentration [g l <sup>-1</sup> ]	69,0	3,4	2,2	1,1	10,5
Maximale Sedimentkonzentration [g l <sup>-1</sup> ]	101,7	5,1	8,0	1,9	41,4
Bodenabtrag pro m <sup>2</sup> [g m <sup>-2</sup> ]	1606	31	42	26	133
Bodenabtrag [%]	100	1,9	2,6	1,6	8,3

### 3.1.11 Mikroklima

Im Versuch CH2 zeigten die mikroklimatischen Messungen geringe Unterschiede in Luftfeuchte und Temperatur zwischen gemulchten und ungemulchten Parzellen. Dabei wiesen die Unterschiede einen charakteristischen Tagesgang auf. In den gemulchten Parzellen war die Luft etwa 10 cm über dem Boden im Kartoffelbestand ca. 2 Wochen nach dem Mulchen tagsüber etwa ein halbes Grad wärmer

und um 3% trockener als die ungemulchten Flächen, während sich nachts die Verhältnisse umdrehen. Insgesamt waren diese Effekte mit fortschreitender Zeit geringer ausgeprägt.

## 3.2 Ausbringungstechnik

### 3.2.1 Beurteilung verwendeter Maschinen

Eine wesentliche Voraussetzung für die Praxistauglichkeit der Strohmulchanwendung in Kartoffeln ist die Möglichkeit zur maschinellen Ausbringung. Insgesamt wurden vier verschiedene Geräte geprüft (siehe Tabelle 5, Seite 13). Mit allen Geräten konnte das Stroh erfolgreich ausgebracht werden. Im Vergleich der Geräte zeigte sich jedoch die deutliche Überlegenheit des Hawe Strohverteilwagens gegenüber dem Kverneland Rundballenhäcksler, v.a. wegen der höheren Anzahl ladbarer Ballen und der besseren Verteilgenauigkeit beim Strohverteilwagen (Tabelle 21).

*Tabelle 21: Vergleich der Maschinen für Mulch-Ausbringung*

<b>Parameter</b>	<b>Hawe Strohverteilwagen</b>	<b>Kverneland Rundballenhäcksler</b>
Anzahl ladbarer Ballen	2,5 bis 3	1 bis 1,5
Konsequenzen Zahl Ballen		
- Arbeitszeit	geringer	höher
- Eignung für lange Schläge	höher	geringer
Zerkleinerung	bei mürbem Stroh ausreichende Zerkleinerung, sonst nicht	Häckseln mit Messern; Zerkleinerung mehr oder weniger unabhängig von Strohqualität
Streubreite	ca. 6-8 Reihen;	ca. 3-5 Reihen
Streubreite Konsequenzen		
- Gefährdung Dammstruktur	geringer	höher
- Bodenverdichtung	geringer	höher
- Arbeitszeit	geringer	höher
Regulierung der Strohmenge pro Fläche	über Fahrgeschwindigkeit ggü. Geschwindigkeit des Kratzbodens regulierbar; zusätzlich Turm drehbar	nur über Fahrgeschwindigkeit regulierbar
Abhängigkeit vom Wind	Wurfturm drehbar, daher Fahrtrichtung unabh. vom Wind	Da Auswurf nur an einer Seite, bei unterschiedlicher Fahrtrichtung (hin/zurück) Abschätzung über tatsächlichen Wurfweite schwierig
Technische Probleme	tw. Verstopfung; muss vor Pausen vollständig entleert werden: Kratzboden rückwärts laufen lassen; bei Übung handhabbar; Problem wurde an Fa. Hawe gemeldet.	Strohausstoß nimmt mit abnehmendem Stroballengewicht ab.
Gleichmäßigkeit der Strohdecke	nur bei mürbem Stroh zufriedenstellend; Übung erforderlich; windabhängig	problematisch, da Strohausstoß mit abnehmendem Stroballengewicht abnimmt.
Erforderliche Strohqualität	nicht zu nass, mürbe	nicht zu nass



### 3.2.2 Arbeitszeitmessung

In den Versuchen CE3, CE4, NE4, MH4 und SH4 wurde das Gerät der Firma Hawe verwendet und dabei die zum Mulchen erforderliche Arbeitszeit erfasst. Dabei musste berücksichtigt werden, dass es sich bei den zu mulchenden Flächen um Parzellen in Feldversuchen handelte, die durch die notwendige Randomisation der Varianten auf die Blöcke keine zusammenhängende Fläche ergaben, sondern durch nicht zu mulchende Flächen unterbrochen waren. Daher wurden die Zeiten des Mulchens jeweils separat gestoppt, die Fahrten des Mulchgerätes über die ungemulchten Kontrollflächen jedoch außen vor gelassen.

Zusätzlich entstehen aber beim Mulchen der Versuchsflächen durch das notwendige Ab- und Anstellen des Gerätes Verzögerungen, so dass die ermittelten Nettowerte für die Mulchzeit die tatsächlich erforderliche Arbeitszeit *überschätzen*. Für die Zeiten zum Mulchen ergaben sich relativ große Schwankungen, weniger für die Zeiten zum Beladen des Gerätes (Tabelle 22). Im Mittel lag der Zeitbedarf bei ca. 5 AKh/ha. Realistisch betrachtet muss dieser Wert als für die Praxis noch nicht akzeptabel angesehen werden.

*Tabelle 22: Beim Mulchen mit Hawe-Gerät verwendete Arbeitszeit pro ha*

<b>Versuch</b>	<b>Mulchen Netto-Zeit</b>	<b>Beladen</b>	<b>Wenden</b>	<b>Summe</b>
CE3	1:45	01:12	0:08	3:06
CE4	3:20	00:40	-	4:18
NE4	4:37	01:20	-	6:16
MH4	4:00	01:36	0:28	6:04
SH4	4:27	-	-	5:57
Mittel	3:38	1:12	0:18	5:08

Im Versuch LL3 fand das Strohmulchen am 12.6.2003 mit einem Strohschredder „Tomahawk“ (Fassungsvermögen: 1 Rundballen) statt. Für 8 Parzellen wurden 16 Rundballen à 200 kg verbraucht, pro zu mulchender Parzelle also 2kg/10 m<sup>2</sup>. Die gesamte zu mulchende Fläche hatte eine Größe von 1,62 ha. Hier lag der Gesamt-Zeitbedarf bei 10 h, wovon jedoch 4 h für Anfahrt, Ballen laden, Netze abnehmen sowie 2 Stunden für weitere vorbereitende Arbeiten notwendig waren (Technik anhängen, Transport, Technik einstellen). Es ergab sich hier also eine Netto-Zeit von 4 Stunden eigentliches Mulchen der Parzellen, also 2:28 h/ha. Dies liegt innerhalb der Werte aus Tabelle 22.

Mögliche Reduktionen der zum Mulchen erforderlichen Arbeitszeit liegen in der Verminderung des ausgebrachten Menge und in der technischen Verbesserung des Gerätes (vgl. 3.2.1).

Betriebliche Arbeitszeit-Spitzen wurden von der Mulchabbringung in den teilnehmenden Betrieben nicht berührt.

### **3.3 Ökonomische Bewertung des Strohmulcheinsatzes**

Eine ökonomische Evaluation der Ausbringung von Strohmulch in Kartoffeln ist ausgesprochen komplex. Der Hauptgrund ist die große Variabilität vieler eingehender Parameter, die bei der Produktion von Pflanzgut herangezogen werden müssen. Die Variabilität bezieht sich u.a. auf:

- den Virusbefall (Schwankungen von Jahr zu Jahr, und je nach Sorte);
- den Ertragseffekt von Virusinfektionen (je nach Virusstamm, Sorte und Umweltbedingungen);
- die Wirkung von Strohmulch auf die Virusinfektion, wie hier in Abschnitt 3.1.3.1 gezeigt.
- das Ertragsniveau (u.a. abhängig von Boden, Witterungsbedingungen und Sorte);
- die Preise für Pflanzgut und Konsumware;
- den Strohpreis.

Für alle diese und weitere Parameter sind Annahmen zu machen. Es werden zwei Szenarien zur Wirtschaftlichkeit des Strohmulcheinsatzes gerechnet: Szenario 1 für die Erzeugung von Z-Pflanzgut, Szenario 2 für den Nachbau, d. h. Verwendung von hofeigenem un zertifiziertem Pflanzgut. Alle Rechnungen beziehen sich auf 1 ha.

#### **3.3.1 Szenario 1: Produktion von zertifiziertem Pflanzgut**

In diesem Szenario gibt es theoretisch 4 Fälle:

- a) Mulchen führt zur Anerkennung des Pflanzgutes, während das Nicht-Mulchen zur Aberkennung geführt hätte; hier ist die Leistung durch Mulchen wegen des höheren Verkaufspreises für Pflanzgut als für Konsumware sehr viel größer, als wenn nicht gemulcht worden wäre. Dieser Fall a) wird im folgenden als "erfolgreicher" Fall bezeichnet.
- b) Mulchen *und* Nicht-Mulchen führt zur *Aberkennung* des Pflanzgutes. Hier stehen gleichen Leistungen bei Mulchen und Nicht-Mulchen höhere Kosten beim Mulchen gegenüber.
- c) Beide Varianten, Mulchen und Nicht-Mulchen, führen zur *Anerkennung* des Pflanzgutes. Wiederum sind die Leistungen bei Mulchen und Nicht-Mulchen gleich, während beim Mulchen höhere Kosten aufweist.
- d) Mulchen führt zur Aberkennung des Pflanzgutes, während das Nicht-Mulchen zur Anerkennung geführt hätte; dieser Fall kann ausgeschlossen werden, da in keinem der zahlreichen Feldversuche eine signifikante Erhöhung der Virusbelastung durch Mulchen beobachtet wurde.

Die Wirtschaftlichkeit von Mulchen lässt sich nun so bestimmen, dass der Anteil der "erfolgreichen" Fälle an der Gesamtzahl der Fälle ermittelt wird, die notwendig ist, damit in der Gesamtheit gerade ein Gewinn gemacht wird. Die Ergebnisse dieser Rechnung für eine Aufwandmenge von 3.5 t/ha Stroh ist in der folgenden Tabelle 23 dargestellt. Demnach muss Mulchen bei jährlicher Anwendung und einem Ertrag von 200 dt/ha mindestens alle 5 Jahre zur Anerkennung führen, d.h. durch Mulchen die Anerkennungsschwelle unterschritten werden, damit Mulchen wirtschaftlich ist; bei 300 dt/ha liegt die Grenze bei alle 7 Jahre.

Tabelle 23: Wirtschaftlichkeit von Strohmulch im Szenario 1 (Pflanzguterzeugung) in Abhängigkeit des Ertrages

Ertrag (dt/ha)	% der Fälle "erfolgreich" <sup>a</sup>	"erfolgreich" alle x Jahre <sup>b</sup>
100	45	3
150	30	4
200	22	5
250	18	6
300	15	7
350	13	8
400	11	9

a: Für einen Gewinn durch Strohmulch notwendiger Mindestanteil der Fälle, in denen Strohmulchanwendung zur Anerkennung führt, ausgedrückt als % aller Anwendungen.

b: Für einen Gewinn durch Strohmulch notwendiger zeitlicher Höchstabstand zwischen erfolgreichen Anwendungen.

"Erfolgreiche" Fälle (d.h. Anerkennung durch Mulchen) sind nur dann realistisch, wenn die zu erwartende Virusbelastung im Erntegut ohne Mulchen zwischen 10 % und 20 % läge. Bei geringeren Werten als 10 % werden auch die ungemulchten Partien anerkannt, bei Werten über 20 % Virus reicht die Virusreduktion durch Mulchen wahrscheinlich nicht mehr aus, da eine *relative* Virusreduktion um über 50 % in keinem der Feldversuche beobachtet wurde.

### 3.3.2 Szenario 2: Nachbau

Folgende Grundannahmen werden gemacht:

- 1) Im Jahr j werden 3,5 t/ha Strohmulch in Kartoffeln ausgebracht. Im folgenden Jahr j+1 wird die Ernte aus dem Jahr j als Pflanzgut verwendet. Dies wird verglichen mit der gleichen Vorgehensweise ohne Strohmulchabfuhr.
- 2) Die Leistung von Strohmulch bezieht sich hier auf die geringere Virusbelastung des Erntegutes aus dem Jahr j, die in Jahr j+1 zu einer *geringeren Ertragsminderung* gegenüber der ungemulchten Kontrolle führt. Nach Literaturangaben wird dabei eine Faustzahl von 50 % Ertragsminderung bei einer virusbelasteten Pflanzknolle gegenüber einer gesunden Knolle zu Grund gelegt, d.h. je % Virus im Pflanzgut 0,5 % Ertragsminderung (z.B. bringen danach 10 % Virus im Pflanzgut 5 % Ertragsausfall). Als Verkaufspreis für die Ernte aus Jahr j+1 werden 28 € angenommen (Vermarktung als Konsumware an Großhandel).
- 3) Die Kosten für die Strohmulchanwendung werden wie in Szenario 1 bestimmt.

Die Ergebnisse werden in Abhängigkeit vom Ertragsniveau dargestellt. In der folgenden Tabelle 24 ist das Szenario 2 für 300 dt/ha beispielhaft dargestellt.

Tabelle 24: Beispielrechnung zu Szenario 2 (nach Lübbertsmeier 2004).

Nachbau im Jahr nach Mulch	mit Mulch			ohne Mulch			Differenz
	dt/ ha	€ dt	€ ha	dt/ ha	€ dt	€ ha	
Virusendbefall im Mulchjahr (x)	12,5			25			
Ertragsverlust % pro Virus-%	0,5			0,5			
Bruttoertrag bei 0 % Virusbefall im Folgejahr	300			300			
tatsächlicher Ertrag mit x % Virus	281			263			
davon 5% Auslese zu Futterkartoffeln	14	3,00	42,19	13	3,00	39,38	
Nettoertrag	267	28,00	7481,25	249	28,00	6,982,50	
<b>Gesamtleistung</b>			<b>7523,44</b>			<b>7,021,88</b>	<b>501,56</b>
Lizenzgebühren (Nachbau)			50,00			50,00	
Lagerschwund bei Zwangsbelüftung, Speise+Futter (8%)	300		598,50			558,60	
Lagerkosten (0,3€dt, KTBL)			80,16			74,81	
Hagelversicherung (lt. KTBL)			48,60			45,36	
Strohkauf	35	5,60	196,00	0,00	0,00	0,00	
Verbandsbeitrag			10,00			10,00	
Vermarktungskosten							
Kartoffelsäcke (0,16€25 kg Nettoertrag)		0,64	171,00		0,64	159,60	
<b>Summe Direktkosten</b>		<b>1154,26</b>				<b>898,37</b>	<b>255,88</b>
<b>FB</b>	<b>var. MK</b>	<b>€Akh</b>	<b>AKh</b>				
Herbstackerung, Anbaudrehflug vierscharig	32,77		1,90	32,77		1,90	
Saatbeetbereitung 2 mal, Eggenkombi, 3 m	21,03		1,50	21,03		1,50	
Pflanzgut sortieren, Sortierer klein, Förderband 6m	2,17		3,00	2,17		3,00	
Pflanzguttransport, 4 t Kipper, 1-achsig	15,46		1,50	15,46		1,50	
Kartoffel legen, 2-reihig	22,50		3,00	22,50		3,00	
1 x Häufeln, Kartoffelvielfachgerät 2-reihig	13,12		2,00	13,12		2,00	
1 x Striegeln, Hackstriegel, 6 m	7,33		0,80	7,33		0,80	
<b>HH</b>							
Hacken, Häufeln, 2-reihig	25,60			25,60			
Bereinigung+Feldanerkennung			0,00			0,00	
Strohtransport	4,29		0,50			0,00	
Strohmulchausbringung	164,80		3,00			0,00	
<b>HE</b>							
Kraut abschlegeln	12,60		1,14	12,60		1,14	
Ernte Kartoffelroder, 3 t	176,30		30,00	176,30		30,00	
Abfahren+Einlagern, 6 t Kipper, 2-achsig	31,12		2,50	31,12		2,50	
Abschleppen+Kraut beseitigen, Ackeregge 4m	10,56		2,00	10,56		2,00	
<b>SH&amp; WR</b>							
Sortieren Kartoffelsortierer klein, Förderband 6 m	48,20		75,00	48,20		75,00	
Verladen, Hubstapler, 1,5 t	25,15		2,50	25,15		2,50	
Transport, 6 t Kipper, 2-achsig	40,20		12,50	40,20		12,50	
Maschinenrüstzeit	43,82		6,60	43,82		6,60	
<b>Summe variable Maschinenkosten</b>	<b>697,02</b>		<b>149,44</b>	<b>527,93</b>		<b>145,94</b>	<b>169,09</b>
<b>Direktkostenfreie Leistung (GL-DK)</b>			<b>6369,18</b>			<b>6123,50</b>	<b>245,68</b>
<b>Deckungsbeitrag in € ha (DfL-var.MK)</b>			<b>5672,16</b>			<b>5595,57</b>	<b>76,59</b>
<b>DB/ AKh</b>			<b>37,96</b>			<b>38,34</b>	<b>-0,39</b>

In Abhängigkeit von

$y_k$  der Virusbelastung in der ungemulchten Kontrolle

$y_m$  der Virusbelastung in der gemulchten Variante und

$E$  dem Ertragsniveau bei Verwendung von virusfreiem Pflanzgut

ergibt sich der Gewinn  $G$  durch Mulchen durch:

$$G = (0.117781 * E) * (y_k - y_m) - 365.09$$

Mit der Restriktion  $G = 0$  (Deckungsbeitrag von Mulch und Kontrolle gleich) ist dann

$$y_m = y_k - 3100/E$$

Diese Beziehung ist in der Abb. 10 dargestellt. Der wirtschaftliche Teil (Mulchen führt zu höherem Gewinn) liegt jeweils im Bereich unter der Gerade. Z.B. ist bei 300 dt/ha Ertragsniveau und 30 % zu erwartender Virusbelastung in einer hypothetischen ungemulchten Variante (Ernte aus Jahr  $j$ ; Pflanzknollen in Jahr  $j+1$ ) das Mulchen wirtschaftlich, wenn in der gemulchten Variante weniger als 20 % der Knollen virusinfiziert sind. Wenn das Virusniveau ohne Mulchen bei 20 % läge, müsste bei 300 dt/ha Ertragsniveau Mulchen schon zu einer Virusreduktion auf <10 % führen (d.h. relative Reduktion > 50 %), um wirtschaftlich zu sein, bei 200 dt/ha müsste Mulchen die Virusinfektionen sogar von 20 % auf unter 5 % drücken. Eine relative Virusreduktion um >50 % wurde jedoch in keinem der Feldversuche beobachtet. Daher ist dieser Bereich (>50 % Reduktion) nicht in der Graphik dargestellt.

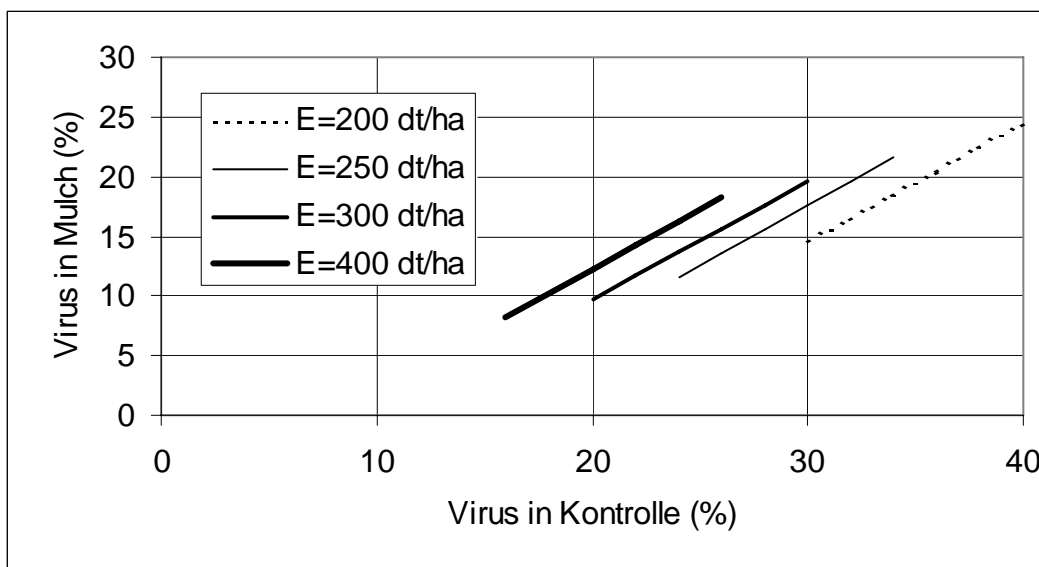


Abb. 10: Linien gleichen Deckungsbeitrags ( $DB_{mit\ Mulch} = DB_{ohne\ Mulch}$ ) bei Nachbau in Abhängigkeit vom Virusbefall. Bereiche  $DB_{mit\ Mulch} > DB_{ohne\ Mulch}$  liegen jeweils unter der Linie.

Sehr hohe Viruswerte (> 40 %) in der Kontrolle sind unrealistisch, da bei starker Virusbelastung nicht mehr nachgebaut würde, sondern sich der Bezug von Z-Pflanzgut lohnt. Dies gilt v.a. für ein hohes Ertragsniveau. Z.B. ist bei 300 dt/ha der Nachbau unwirtschaftlich, sobald die nachzubauende Ernte

über 30 % Virus aufweist, bei 200 dt/ha ist die Grenze bei etwa 40 %. Diese Werte schwanken natürlich mit dem Preisunterschied zwischen Konsumware und Pflanzgut.

Zusammenfassend läßt sich sagen, dass im Nachbau-Szenario das Mulchen bei relativ hohen Erträgen und hoher (zu erwartender) Virusbelastung wirtschaftlich ist, bei geringen bis mittleren Erträgen oder geringer Virusbelastung jedoch nicht.

### **3.3.3 Wirtschaftliche Effekte von Strohmulch hinsichtlich Bodenerosion und Nitrat**

In den bisherigen Rechnungen zur Wirtschaftlichkeit wurden die Leistungen von Strohmulch durch Minderung der Bodenerosion und der Nachernte-Stickstoffverluste nicht berücksichtigt, da beide Effekte stark standortabhängig und wirtschaftlich schwer zu quantifizieren sind. Heilmann (1992, S. 152) bestimmte für einen (konventionellen) Beispielbetrieb einen mittleren Bodenabtrag von 20,8 t pro Hektar und Jahr bei konventioneller Bestellung. Die Spannweite des Bodenabtrages liegt jedoch nach Haas (1992) zwischen 0,2 und >200 t pro Hektar und Jahr.

Weiterhin berechnete Heilmann (1992) den Substitutionswert der Hauptnährstoffe erodierten Oberbodens auf 6,87 DM/t; hier geht jedoch z.B. Stickstoff nur mit einem Wert von 1,00 DM/kg Rein-N ein. Dieser Wert dürfte den wahren Wert für den ökologischen Landbau stark unterschätzen. Realistische Werte liegen nach Mücke (2002) und Lünzer & Vogtmann (o.J.) eher zwischen 2,50 € und 6,00 € je kg N. Die im Betrieb am Versuchsstandort Etzenborn auch zu Frühkartoffeln eingesetzten Haarmehlpellets kommen nach Angaben von Mücke (2002) auf Stickstoffkosten von 2,87 €/kg N.

Bei einer Aufsummierung aller Stickstoff-Gewinne durch die Strohmulch-Applikation ergeben sich überschlagsmäßig:

$$\begin{aligned} & 12 \text{ kg/ha mittlere Verminderung des potentiellen Stickstoff-Verlustes (siehe 3.1.9, S. 29)} \\ & + 14 \text{ kg/ha (mittelfristiger) N-Düngungseffekt bei einem Gehalt 4 kg N pro t Stroh und 3,5 t/ha} \\ & + 4 \text{ kg/ha bei einem gering angesetzten Erosionswert von 2 t/ha Abtrag und ca. 2kgN/t Boden.} \\ & = 30 \text{ kg N/ha} \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich ein Plus von  $2,87 \text{ €/kg N} \times 30 \text{ kg N/ha} = \underline{86,10 \text{ €/ha}}$ . Bei 20 t/ha Bodenabtrag durch Erosion (s.o.) ergäben sich  $\underline{182,25 \text{ €/ha}}$ . Da der Strohzukauf (bzw. der betriebsinterne Preis des Strohs) einen relativ großen Teil der Kosten der Strohmulch-Ausbringung darstellt (Tabelle 24), gleichzeitig aber die Effekte bzgl. Bodenerosion wie gezeigt (Tabelle 20, Abschnitt 3.1.10) auch bei sehr geringen Mengen wirksam werden, liegt es nahe, die Aufwandmenge entsprechend zu reduzieren, wenn der Hauptzweck im Bereich Bodenschutz liegt.

### 3.4 Wirkungen des Vorkeimens

#### 3.4.1 Knollenertrag

In der Mehrzahl der acht Versuche, in denen der Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den Ertrag bestimmt wurde, hatte das Vorkeimen eine *ertragssteigernden* Effekt (Tabelle 25). Der Anteil der Übergrößen nahm durch das Vorkeimen zu, der Anteil der Untergrößen ab. Die Ausnahme von dem ertragssteigernden Effekt des Vorkeimens bildet das Versuchsjahr 2003. Hier kam es wegen des sehr trockenen und heißen Sommers zu einem nur sehr geringen Krautfäulebefall. Daher konnte der Vorteil vorgekeimter Kartoffeln, den Ertrag früher zu bilden als nicht-vorgekeimte Knollen und so der Krautfäule gleichsam auszuweichen, nicht wie sonst, d.h. bei höherem Krautfäuledruck, zum Tragen kommen. Die Ergebnisse bestätigen im wesentlichen Angaben anderer Autoren (Karalus & Rauber, 1997; Karalus & Kainz, 2003; vgl. auch Fittje et al. 2005).

Tabelle 25: Wirkung des Vorkeimens auf den Ertrag

Versuch	Ertrag (dt/ha)		Übergrößen		Untergrößen	
	ohne Vorkeimen	durch Vorkeimen	ohne Vork.	mit Vork.	ohne Vork.	mit Vork.
CH1	333,0	+20,4 ***	19,2	26,0 ***	6,6	5,6 ***
CH2	138,6	+1,4 ns	6,0	3,7 ns	13,8	16,4 ns
NH2	147,2	+10,2 ns	20,9	25,8 ns	13,9	12,4 ns
NE3	379,4	-2,7 ns	28,5	35,0 **	2,5	1,8 **
LD3	121,5	-13,3 ns	1,9	3,9 **	30,3	26,9 ns
LL3	186,5	+3,4 ns	-	-	-	-
NE4	314,2	+10,5 (ns)	10,5	17,1 (ns)	5,7	4,2 (ns)
LD4	199,1	+5,0 ns	2,5	5,6 **	27,7	25,0 *

#### 3.4.2 Virusbefall

Der Befall mit PVY reagierte je nach Versuch sehr unterschiedlich auf das Vorkeimen. Sowohl wurden Fälle mit einer Abnahme als auch mit einer deutlichen Zunahme des Virusbefalls beobachtet. Gründe mögen, wie an anderer Stelle dargelegt (Fittje et al., 2005), in der Wechselwirkung mit der Phänologie der Vektoren liegen. Aus diesem Grund kann das Vorkeimen nicht empfohlen werden, wenn die zu erwartende Frühjahrsflugaktivität der Vektoren hoch ist.

Tabelle 26: PVY-Befall der Ernteknollen in Abhängigkeit von der Pflanzgutvorbereitung

PVY %	Nicht vorgekeimt	Vorgekeimt	Signifikanz
CH0	70,0	73,0	ns
CH1	15,5	7,3	***
CH2	64,0	45,4	***
NH2	55,4	62,7	ns
NE3	5,4	4,8	ns
LD3	6,9	8,5	(ns)
LL3	5,0	14,5	
NE4	9,7	9,8	ns
LD4	38,2	35,4	ns

### 3.4.3 Beikräuter

Nach Pflanzgutvorbereitung differenzierte Beikrautbonituren liegen von den Standorten Hebenshausen/Neu-Eichenberg und Etzenborn vor. In Kleinparzellenversuchen konnte teilweise ein signifikanter unkrautunterdrückender Effekt des Vorkeimens festgestellt werden (Tabelle 27). Dies lässt sich auf die stärkere Konkurrenz der Kulturpflanze gegenüber den Beikräutern zurückführen. Der Effekt ließ sich jedoch in den Praxisversuchen nicht bestätigen. Ein Grund hierfür kann wiederum in der notwendigen größeren Ausdehnung der Praxisversuchsflächen gesehen werden, so dass im Vergleich zu den Kleinparzellenversuchen eine geringere Homogenität der Flächen vorlag. Auch hängt die Stärke des Vorkeimens der Pflanzkartoffeln stark von den Bedingungen des jeweiligen Betriebes ab (Fittje et al. 2005).

Tabelle 27: Wirkung des Vorkeimens auf Beikrautaufkommen in verschiedenen Feldversuchen

Parameter	Position	Versuch	ohne Vork.	mit Vork.	Differenz	Signifikanz
Anzahl/m <sup>2</sup>	Damm	CH1	23,7	6,4	-17,3	*
	Damm	NE3	3,6	3,6	0,0	ns
	Tal	CH1	81,2	25,3	-55,9	*
	Tal	NE3	28,5	33,4	4,9	ns
	Damm & Tal	CH0	80,0	57,5	-22,5	ns
Deckung (%)	Damm	CH1	2,5	0,9	-1,6	*
	Damm	NE3	0,3	0,4	0,1	ns
	Tal	CH1	3,7	1,5	-2,2	*
	Tal	NE3	1,6	2,1	0,5	ns
	Damm & Tal	CH0	13,3	10,3	-2,9	ns
	Damm & Tal	NE4	10,2	3,0	-7,2	ns

### 3.4.4 Krautfäulebefall

Mit Ausnahme des Kleinparzellenversuches NH2 wurde tendenziell ein höherer Krautfäulebefall in vorgekeimten Kartoffeln festgestellt. Dieser Effekt war in einem der Versuche signifikant (LD4).

Tabelle 28: Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den Phytophthora-Befall

Versuch	Parameter	ohne Vork.	mit Vork.	Diff.	Sign.
CH2	RAUDPC	0,24	0,31	+	ns
NH2	RAUDPC	0,03	0,02	-	ns
NE4	Befall (% Blattfläche) an 1 Termin	45,5	49,2	+	(ns)
LD4	RAUDPC	0,37	0,40	+	***

Diff: Richtung d. Differenz; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; ns: nicht signifikant. (ns) nicht signifikant, keine echten Wiederholungen.

### 3.4.5 Pockenkrankheit

Aus 6 Versuchen liegen Daten zum Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den *Rhizoctonia*-Befall vor. Obwohl die Fälle mit Befallserhöhung durch Vorkeimen überwiegen (Tabelle 29), kann wegen der relativ geringen Zahl der Versuche kein eindeutiger Effekt des Vorkeimens auf den *Rhizoctonia*-Befall festgestellt werden.



Tabelle 29: Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den *Rhizoctonia*-Befall

Versuch	Befallsschwere-Index				Unbefallen (%)			
	ohne Vork.	mit Vork.	Diff.	Sign.	ohne Vork.	mit Vork.	Diff.	Sign.
CH1	0,35	0,11	-	(ns)	88,9	96,3	+	(ns)
CH2	0,16	0,10	-	ns	93,4	96,3	+	ns
NH2	1,96	2,72	+	*	50,3	31,2	-	**
NE3	0,83	1,04	+	ns	77,1	68,1	-	*
NE4	1,26	1,27	+	(ns)	71,8	62,3	-	(ns)
LD4	0,32	0,48	+	ns	77,7	62,0	-	**

Diff: Richtung d. Differenz; \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; ns: nicht signifikant. (ns) nicht signifikant, keine echten Wiederholungen.

### 3.4.6 Zusammenfassung bzgl. Vorkeimen

Zusammenfassend kann zum Versuchsfaktor Pflanzgutvorbereitung festgehalten werden, dass insgesamt Ergebnisse zum Vorkeimen aus der Literatur bestätigt werden konnten. Vorkeimen hatte in der Regel einen ertragssteigernden Effekt, nicht jedoch in 2003, als es kaum Krautfäulebefall gab. Bezüglich PVY wurden sowohl Fälle mit Befallserhöhung als auch mit Verminderung beobachtet. Das Beikrautaufkommen wurde in den Kleinparzellenversuchen durch Vorkeimen tendenziell vermindert. Es konnte kein eindeutiger Effekt des Vorkeimens auf den *Rhizoctonia*-Befall festgestellt werden. In drei von vier Fällen waren vorgekeimte Kartoffeln stärker mit Krautfäule befallen als nicht-vorgekeimte, davon in einem Fall höchst signifikant.

Es ergaben sich keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Pflanzgutvorbereitung und dem Faktor Mulchen. Dies bedeutet, dass sich beide Verfahren gegenseitig nicht beeinflussen und damit frei kombinierbar sind. Insbesondere kann das bei Vorkeimen erhöhte Virusrisiko im Falle von Frühinfektionen durch Mulchen abgemildert werden (Saucke & Döring 2004). So können die pflanzenbaulichen und sonstigen phytomedizinischen Vorteile des Vorkeimens auch im Pflanzkartoffelbau genutzt werden.

### 3.5 Wirkungen der Haferstreifen

Aufgrund der Erfordernisse der Praxis konnte der Faktor "Haferstreifen" innerhalb der einzelnen Versuche nicht randomisiert werden, hierdurch ergaben sich lediglich Pseudoreplikationen. Daher kann je Versuch die Wirkung der Haferumrandung der Kartoffelschläge sowie die Wechselwirkung mit dem Faktor Strohmulch nicht statistisch geprüft werden. Jedoch ist es (trotz möglicher Wechselwirkungen mit den Jahren und Sorten) möglich, eventuelle Wirkungstendenzen der Haferstreifen bei der Gesamtbetrachtung der vier Lühburger Versuche auszumachen.

### 3.5.1 Virusbefall

Die Haferumrandung hatte keinen konsistenten Effekt auf den Virusbefall (Tabelle 30). Zwei Fällen mit Befallsverminderung stehen zwei Fälle mit Erhöhung gegenüber. Insgesamt war aber der Befall in allen Fällen so niedrig, dass Unterschiede auch statistisch schwer nachzuweisen wären (vgl. 3.1.3.1)

Tabelle 30: Einfluss der Haferumrandung auf den Befall der Ernteknollen mit PVY (%)

Versuch	Vorkeimen	ohne Hafer	mit Hafer	Diff.
LL2	ohne	4,4	5,2	+
ML2	ohne	0,3	0,0	-
LL3	ohne	4,9	4,0	-
LL4	ohne	2,5	3,0	+

### 3.5.2 Virusvektoren

Die Besiedlung der Kartoffelpflanzen mit Blattläusen war (bei einmaliger Bonitur pro Versuch) in allen vier Lühburger Versuchen in den Haferumgrenzten Kartoffelparzellen reduziert (Tabelle 31).

Tabelle 31: Durchschnittliche Individuenanzahl der Blattläuse auf Kartoffeln am Datum des maximalen Befalls (pro 100 Blätter) in Abhängigkeit vom Faktor Hafer-Umrandung, Lühburg.

Exp.	Datum	Blattläuse pro 100 Blatt		
		ohne Hafer	Mit Hafer	Diff.
ML2	(?)	(0,5)	(0,2)	-
LL2	(?)	(1,0)	(0,7)	-
LL3	30.6.	91,8	62,5	-
LL4	19.7.	2,5	0,8	-

Die Blattlauslandung im Bestand zeigte gegenüber dem Faktor Haferstreifen eine ähnliche Tendenz wie die Besiedlung der Kartoffelpflanzen (Zu den Ergebnissen bzgl. Klebenetze aus 2002 vgl. Abb. 7, Seite 25, zu 2003 und 2004 siehe Abb. 11 und Abb. 12.). Von den insgesamt 26 Terminen, für die Klebenetzfänge in Lühburg ausgezählt wurden ergibt sich in der Mehrzahl der Fälle (18) eine geringe Blattlausindividuenzahl in den Parzellen die mit Hafer umfasst waren (Vorzeichentest signifikant,  $p < 0,05$ ). Betrachtet man die drei Jahre einzeln, so ist die blattlausreduzierende Tendenz der Haferumrandung nur in 2002 und 2003 zu beobachten, nicht jedoch 2004.

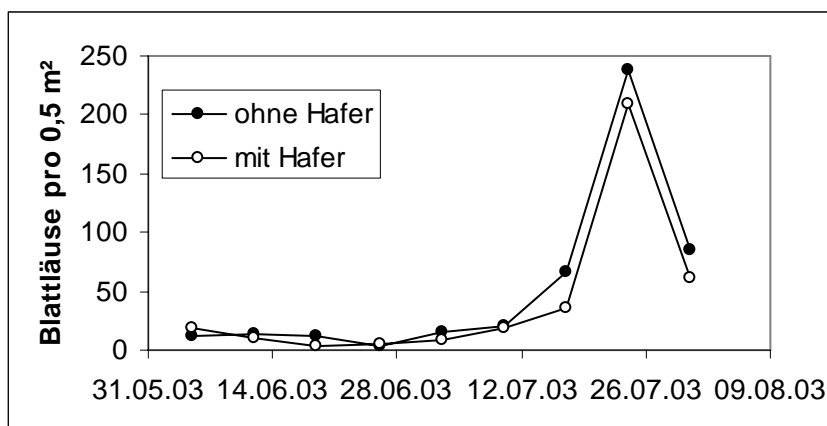


Abb. 11: Blattläuse auf Fangrahmen in Abhängigkeit von der Haferumrandung, Versuch LL3

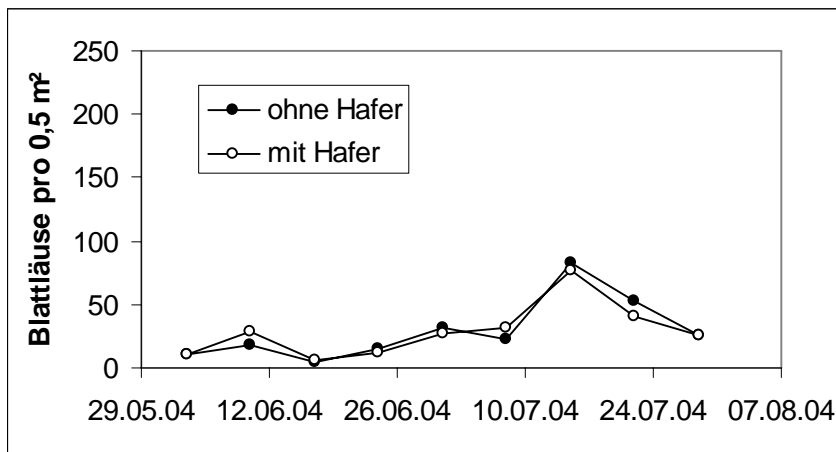


Abb. 12: Blattläuse auf Klebenetzen in Abhängigkeit von der Haferumrandung, Versuch LL4

### 3.5.3 Krautfäulebefall

Auch auf den Befall mit *Phytophthora infestans* hatte die Haferumrandung keinen konsistenten Effekt (Tabelle 32). Wiederum stehen sich jeweils 2 Fälle mit Befallsverminderung und -Erhöhung gegenüber.

Tabelle 32: Einfluss der Haferumrandung auf den Krautfäule-Befall

Versuch	Parameter	ohne Hafer	mit Hafer	Diff.
LL2	L-1#	30,8	33,6	+
ML2	L-1#	20,1	17,0	-
LL3	L-1#	8,3	5,2	-
LL4	A-a	0,229	0,273	+

(Zu den Parametern vgl. Tabelle 15, Seite 27)

## 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Sowohl aus phytomedizinischer als auch aus ökologischer Sicht zeigt die Anwendung von Strohmulch in Kartoffeln positive Effekte:

- Die **Bodenerosion** wird drastisch und zuverlässig eingedämmt (3.1.10). Strohmulch ist daher geeignet ist, Umweltbelastung durch Bodenabtrag auf erosionsgefährdeten Standorten zu minimieren;
- Die **Stickstoffverluste** nach der Ernte werden vermindert (3.1.9). Somit kann das Verfahren zu einer Entlastung von Grundwasser beitragen.
- In Abhängigkeit von Vektordruck und Virus-Ausgangsbefall trägt Strohmulch zu einer Verminderung der **Viruserkrankung** PVY in Kartoffeln bei, und zwar insbesondere bei hohem Befallsdruck (3.1.3.1).
- Die Anzahl auf Kartoffeln siedelnder Läuse wird deutlich reduziert und damit bestehen geringere Infektionsmöglichkeiten für persistente Viren wie PLRV.
- Der **Ertrag** und die Knollengrößensortierung, (3.1.2) sowie der Befall mit **Rhizoctonia**-Sklerotien (3.1.7) werden nicht beeinflusst.
- Tendenziell mindert Strohmulch den **Krautfäulebefall** (3.1.6) und **Kartoffelkäferbefall** (3.1.8).
- Die **Humusbilanz** wird verbessert, was insbesondere bei der stark humuszehrenden Hackfrucht Kartoffel von Bedeutung ist.

Das Verfahren kann, wie die **ökonomische** Analyse gezeigt hat, derzeit im ökologischen Kartoffelbau in folgenden Fällen empfohlen werden:

- a) Generell bei hohem Erosionsrisiko, insbesondere wenn dies mit hohem Ertragsniveau zusammenfällt. Die Wiederaufnahme der durch die Länder finanzierten Förderung bodenschonender Ackerbauverfahren innerhalb der GAK (z.B. Programm 3.4/K32 in Bayern, welches auch mit der Förderung für Ökologischen Landbau kombinierbar ist), könnte die Wirtschaftlichkeit der Strohmulchanwendung erhöhen;
- b) In der Produktion von Z-Pflanzgut, wenn Mulchen mindestens alle 5-7 Jahre zur Pflanzgut-Anerkennung führt (Ertragsniveau 200-300 dt/ha, vgl. Tabelle 23).
- c) Im Nachbau bei relativ hohem Virusinfektionsrisiko (vgl. Abb. 10);

Aufgrund der Vielzahl der für die ökonomische Analyse zu berücksichtigenden Faktoren ist in jedem Fall eine **betriebspezifische Entscheidung** über die Anwendung von Strohmulch notwendig. Neben der Frage, welche der Leistungen von Strohmulch im jeweiligen Fall wirksam werden können, muss im Einzelfall auch die Verfügbarkeit der Maschinen für die Ausbringung geklärt werden. Im Projekt konnten Prototypen für die Ausbringung grundsätzlich erfolgreich eingesetzt werden. In der **technischen Ausrüstung** liegen Verbesserungsmöglichkeiten, die sicherstellen, dass die Ausbringung

noch schneller laufen kann. Teilweise kann auch der Einsatz von Maschinen zur Mulchhausbringung deren Auslastung verbessern, so z.B. im Falle des Kverneland-Rundballenhäckslers, der sonst im Herbst zur Bedeckung von Rübenmieten mit Stroh eingesetzt wird.

Aufgrund des starken Einflusses der Vektorphänologie auf die Effizienz des Strohmulcheinsatzes bzgl. PVY besteht eine viel versprechende Möglichkeit zur Optimierung des Mulcheinsatzes darin, nur in solchen Jahren zu mulchen, in denen ein starker Frühjahrsflug erwartet werden kann. Sinnvoll ist der Mulcheinsatz demnach dann, wenn nach einem relativ milden Winter ein starker Frühjahrsflug zu erwarten ist. Jahre, in denen schon früh, d.h. bei Pflanzung bekannt ist, dass Mulchen weniger sinnvoll wäre, z.B. im *Folgejahr* eines Jahres mit starkem Flug und nach einem relativ strengen Winter, können dann ausgelassen werden. Damit würde sich das Verhältnis zwischen erfolgreichen Fällen (vgl. Seite 34 f.) zur Gesamtanzahl der Jahre mit Mulchanwendungen entscheidend verbessern. Inwieweit hier eine Regression des Vektorfluges (Zeitpunkt, Stärke) z.B. auf Wintertemperaturen eine Entscheidungshilfe für den Landwirt (Mulchen ja oder nein) sein könnte, bleibt zu klären.

Hinsichtlich der Virus-Regulation ist schließlich auch zu beachten, dass Mulchen ebenso wie alle anderen Maßnahmen zur Erzeugung gesunder Pflanzknollen keine *alleinige* Lösungsstrategie darstellen kann, sondern als eine **risikomindernde** Maßnahme immer in Kombination mit anderen Maßnahmen durchgeführt werden muss.

Einer der wichtigsten Aspekte für die Einführung der Strohmulchanwendung in die Praxis wird in der Kompatibilität mit der mechanischen Beikrautregulierung gesehen. An bisherigen Erfahrungen und Ergebnissen ist festzuhalten:

a) Eine mechanische Beikrautregulierung *nach* der Ausbringung des Strohs kann nur erfolgen, wenn das Stroh dabei gehäckselt wird. Bei Langstroh kommt es zu Verstopfungen der Hack- oder Häufelgeräte.

b) Eine mechanische Beikrautregulierung nach der Strohausbringung ist (abhängig vom Zustand des Bodens und dem verwendeten Gerät zur Beikrautregulierung) weiterhin mit der teilweisen Einarbeitung des Strohs in den Oberboden verbunden, so dass die Mulchdecke einen Teil ihrer optischen Wirkung (Heimbach et al. 2001; Döring et al. 2004); einbüßt; aus unseren Erfahrungen können drei Strategien abgeleitet werden, die Erfordernisse von Mulchen und Beikrautregulierung zu vereinbaren:

- Es wird *spät* gemulcht, so dass vorher genügend viele und späte Durchgänge der Beikrautregulierung durchgeführt werden können; dies setzt voraus, dass der Frühjahrsflug der Läuse nicht zu früh einsetzt, da die bis zur letzten Beikrautregulierung ungemulchten Kartoffeln sonst ungeschützt dem Vektorendruck ausgesetzt wären. Diese erste Strategie wurde von den am Projekt beteiligten Landwirten stets bevorzugt.
- Es wird relativ *früh* gemulcht, und die Mulchdecke wird ungestört belassen, bis der Frühjahrsflug abgeklungen ist; es erfolgt dann eine (späte) mechanische Beikrautregulierung zu einem

Zeitpunkt, an dem von einer substantiellen (optisch vermittelten) Mulchwirkung nicht mehr auszugehen ist.

- es wird so *viel* Stroh ausgebracht (mind. 5 t/ha, eher ca. 7 t/ha), dass vom Stroh eine Unkraut unterdrückende Wirkung ausgeht. Auf weitere Bearbeitungsschritte durch Hacken oder Häufeln wird dann verzichtet.

Prinzipiell ist das Strohmulchverfahren auch für andere Hackfrüchte geeignet; insbesondere bietet es sich hier im Rübenanbau zur Erosionsminderung und Verringerung der Virusinfektionen an.

Auch kann eine Übertragung des Strohmulchverfahrens auf die Verhältnisse des konventionellen Pflanzkartoffelbaus sinnvoll sein, um dort weitere Möglichkeiten zur Virusminderung zur Verfügung zu stellen und die Anwendung von Insektiziden zu reduzieren (vgl. auch Perring et al. 1999, Radcliffe & Ragsdale 2002).

## 5 Zusammenfassung

An vier Standorten in Deutschland (Eichenberg bei Witzenhausen, Nordhessen; Etzenborn, Südniedersachsen; Dibbesdorf bei Braunschweig, Niedersachsen; Lühburg bei Rostock, Mecklenburg-Vorpommern) wurden in den Jahren 2002 bis 2004 Versuche zur Praxiseinführung eines kulturtechnischen Verfahrens, der Anwendung von Strohmulch in ökologisch angebauten Kartoffeln zur Sicherung der Pflanzgutgesundheit durchgeführt. **Ziele des Projektes** waren: a) die Quantifizierung des Effektes von Strohmulch auf die Vektoren und die Virusbelastung des Erntegutes; b) die Evaluierung von Nebeneffekten der Strohmulchanwendung auf wichtige pflanzenbauliche und phytomedizinische Parameter (Ertrag, Krankheitsdruck durch Wurzeltöterkrankheit und Krautfäule, Beikräuter); c) die Bewertung von Möglichkeiten, Strohmulch mit anderen Verfahren des Virusmanagements zu kombinieren (Haferstreifen als Fangpflanzen, Vorkeimen) d) die Bewertung verschiedener Ausbringungstechniken und der Vereinbarkeit mit den Erfordernissen der Beikrautregulierung; und e) die ökonomische Bewertung des Verfahrens.

Durch die Strohmulchauflage kam es in der überwiegenden Zahl der Versuche zu einer **Reduktion der Virusbelastung**. Dabei war der Effekt abhängig vom allgemeinen Befallsdruck; bei hohem Befallsdruck (starkes Aufkommen virusübertragender Blattläuse im Frühjahr; relativ hoher Ausgangsbefall) kam es zu einer zuverlässigen Virusreduktion, während dieser Effekt bei schwachem Befallsdruck nicht beobachtet wurde. An allen Standorten ging mit dem Mulchen eine **Reduktion der kartoffelbesiedelnden Blattläuse** einher. Effekte von Strohmulch auf **Ertrag, Sortierung und Pflanzenentwicklung** zeigten keine Richtung und waren generell gering. Teilweise ließen sich geringe, jedoch nicht signifikante Ertragssteigerungen durch Mulchen nachweisen, aber auch (nicht-signifikante) Ertragsreduktion wurde beobachtet.

An keinem der Standorte war eine deutliche und konsistente Wirkung der Strohmulchdecke auf die **Beikräuter** zu verzeichnen. Insgesamt war die räumliche Variabilität der Beikrautdeckung je Versuch wesentlich höher als Effekte durch Strohmulch. Strategien zur Kompatibilität von Strohmulchanwendung und mechanischer Beikrautregulierung werden diskutiert.

Für die Beurteilung des Effektes von Strohmulch auf die Wurzeltöterkrankheit, ausgelöst durch *Rhizoctonia solani*, wurden am Erntegut Knollen auf Befall mit Sklerotien bonitiert. Sowohl innerhalb der Versuche als auch über alle Versuche betrachtet, ergaben sich bei insgesamt großer Variabilität des Befalls keine signifikanten Effekte durch Mulchen. Strohmulch hatte einen geringen aber in der Richtung konsistenten befallsreduzierenden Effekt auf die Krautfäule (*Phytophthora infestans*). Ebenso gab es eine Tendenz zur Verminderung des **Kartoffelkäferbefalls** durch Mulchen.

Mulchen führte sowohl im Regensimulationsversuch als auch in den Praxisversuchen auf den lehmig-schluffigen Böden zu einer drastischen **Verminderung der Bodenerosion**. **Nitratwerte** im Boden zum Zeitpunkt wenige Wochen nach der Betriebsernte waren unter Strohmulchparzellen um 12,0 kg N/ha (Median über 7 Versuche) vermindert. Zum Zeitpunkt kurz vor der Ernte war die **Bodenfeuchte**

nur im Oberboden konsistent höher durch Mulchen; dabei waren die Unterschiede in den meisten Fällen nicht signifikant und stets gering.

Die ökonomische Analyse des Strohmulcheinsatzes zeigte, dass das Verfahren zwar deutliche Leistungen bringt, die jedoch nicht in allen Fällen die relativ hohen Kosten decken. Wirtschaftlich lohnend sind Fälle mit hohem Erosionsrisiko, hohem Ertragsniveau und relativ hohem Virusinfektionsrisiko. In der Produktion von Z-Pflanzgut ist Mulchen (ohne Berücksichtigung der Erosionsmindernden Effekte) wirtschaftlich, wenn es bei einem Ertragsniveau von 200 (bzw. 300) dt/ha mindestens alle 5 (bzw. alle 7) Jahre zur Pflanzgut-Anerkennung führt. Aufgrund der Vielzahl der für die ökonomische Analyse zu berücksichtigenden Faktoren ist in jedem Fall eine **betriebspezifische Entscheidung** über die Anwendung von Strohmulch notwendig.

Das **Vorkeimen** hatte wie aus der Literatur bekannt einen meist ertragssteigernden Effekt, der jedoch in Fällen mit geringem Befall durch Krautfäule (so in 2003) ausblieb. Hinsichtlich der Viruserkrankungen führte Vorkeimen sowohl zu teils signifikanter Befallsreduktion als auch zu relativ starken Erhöhung des Befalls, nämlich vornehmlich in solchen Fällen, in denen die Hauptphase des Vektorflugs in die Zeit des Auflaufens vorgekeimter Bestände fiel. Eine **Kombination mit Mulchen** scheint aufgrund der zeitlich komplementären Wirkungsweisen gegenüber den Virusvektoren sinnvoll. **Haferumrandungen** um die Kartoffelschläge als Fangstreifen für mögliche Vektoren führten in den präsentierten Versuchen im Gegensatz zu vorherigen Erfahrungen zu keiner konsistenten Wirkung gegenüber Virusinfektionen der Ernteknollen, jedoch tendenziell zu geringeren Blattlauslanderaten und Besiedelungswerten. Der Krautfäulebefall wurde nicht konsistent von den Haferstreifen beeinflusst.

## **Summary**

*Potato virus Y* (PVY) is transmitted non-persistently by winged morphs of many aphid species and is a main problem in seed potato production. In order to evaluate the potential of (a) straw mulch applications (2-8 t ha<sup>-1</sup>), (b) presprouting and (c) oat strips on PVY, small and large scale organically managed field experiments were carried out at four sites in Germany (Northern Hessen, Niedersachsen and Mecklenburg-Vorpommern), over 5 years.

The percentage of leaves infested with aphids and the aphid population size were repeatedly determined during the growing period by inspecting 50 or more leaves per plot. In order to determine the associated agronomic effects of mulching, soil nitrate dynamics, weed development, tuber yield, severity of late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) and black scurf (*Rhizoctonia solani* Kühn), as well as soil erosion, were also investigated.

Mulching significantly reduced aphid infestation on leaves as well as PVY incidence in tubers in the majority of experiments. For the effect of presprouting the temporal coincidence of two factors was crucial - crop emergence and aphid flight activity. Presprouting decreased PVY incidence when in the phase of early crop emergence aphid spring flight activity was low, but increased it, although not



significantly, when prominent aphid flight peaks occurred in this critical period. Straw mulch was most effective when vector pressure was concentrated early in the year acting as a PVY protectant for young plants.

Tuber yield and tuber size distribution were not influenced significantly by mulching. However, the risk of undesirable post harvest N- leaching was significantly reduced due to the immobilisation of nitrate-N after harvest. There was no consistent effect of straw mulch on number of weeds, weed cover and above ground biomass of weeds. The fact that yield and weed development were not significantly affected by straw mulch is mainly attributed to the relatively low amounts of straw applied. Soil erosion was reduced by >97 % in a rain simulation experiment on a potato field of 8 % slope with 20 % crop cover. Soil loss was greatest (1606 g m<sup>-2</sup>) in the unmulched treatment, and 31, 42 and 26 g m<sup>-2</sup> in treatments with chopped straw at 1.25, 2.5 and 5 t ha<sup>-1</sup>, respectively.

Straw mulch had no significant effect on late blight severity, in the majority of the experiments, but a trend reducing late blight through the application of straw mulch was observed. A similar situation was found for the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). Black scurf was not influenced consistently by straw mulch.

## **Dank**

Vor allem möchten wir uns bei den Landwirten Christoph Müller-Oelbke, Bernd Barnsdorf-Brandes und Graf v. Bassewitz für ihre Unterstützung und Kooperation bedanken. Der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung sei an dieser Stelle für die Projektfinanzierung und –begleitung herzlich gedankt. Die Firma Hawe stellte uns freundlicherweise einen Strohverteilerwagen als kostenlose Leihgabe zur Verfügung.

Zahlreiche studentische Hilfskräfte und TechnikerInnen haben zum Gelingen des Projektes beigetragen, darunter Sabine Ahlers, Fr. Bohl, Rainer Braukmann, Evelyn Geithe, Lydia Hans, Susanne Heyers, Günter Kellner, Sascha Kirchner, S. Leistner, Sophie von Lilienfeld-Toal, Roland Lübbertsmeyer, Anja Sawallisch und Stephan Simon. Ihnen möchten wir unseren aufrichtigen Dank aussprechen.

Fachliche Hilfe kam von vielen verschiedenen Seiten, so von Jom Deckers, Christa Eggers, Prof. Dr. Maria Finckh, Thorsten Haase, Prof. Dr. Jürgen Heß, Eberhard Kölsch, Dr. Kurt Möller, Dr. F. Rabenstein, Dr. Christian Schüler, Marc Taylor und R. Ulrich. Auch hierfür herzlichen Dank.

## 6 Anhang

### 6.1 Datenanhang

*Tabelle 33: Mittelwerte der Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit in den Versuchszeiträumen und im vieljährigen Mittel (1973 – 1992) an den Standorten Lühburg, Hebenshausen und Etzenborn.*

<b>Jahr</b>	<b>April</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>August</b>
<b>LÜHBURG</b>					
Temperatur (°C)					
2002	7,8	14,1	16,3	18,0	16,6
2003	7,7	13,2	17,1	18,7	18,3
2004	8,6	11,7	14,1	15,7	18,0
1973-92	6,2	11,1	15,1	16,4	16,0
Niederschlag (mm)					
2002	63,7	68,5	118,4	85,2	66,2
2003	28,8	64,2	52,1	78,0	50,8
2004	32,5	38,5	70,0	93,5	53,0
1973-92	41,0	50,0	70,0	82,0	65,0
Wind (m/s)					
2002	2,6	2,6	2,6	2,4	1,6
2003	3,5	2,5	2,4	2,1	2,2
2004	3,0	2,5	2,6	2,0	2,3
<b>HEBENSHAUSEN</b>					
Temperatur (°C)					
2001	7,2	13,7	13,8	18,1	19,4
2002	8,1	14,3	17,1	19,8	19,9
2003	7,8	13,6	17,9	18,1	19,8
1977-2000	7,1	12,0	14,6	16,5	16,4
Niederschlag					
2001	60,4	31,8	53,3	62,3	35,8
2002	48,7	117,4	73,4	33,2	54,5
2003	25,9	85,4	78,4	s.d.*	19,3
1977-2000	45,2	53,9	75,7	62,7	54,4
<b>ETZENBORN</b>					
2002	58,9	91,6	78,1	113,5	80,7
2003	38,7	42,7	64,5	46,3	20,0
1977-2000	48,3	62,0	78,7	64,7	66,8

\* s.d. sampler defect, Beobachtungen zeigen jedoch an, dass Niederschlag unter dem vieljährigen Mittel lag.

Tabelle 34: Effekte von Strohmulch auf Beikräuter

Nr.	Position	Parameter	Versuch	Datum	ohne Stroh	mit (wenig) Stroh	viel Stroh	Diff.	Sign.
1	DAMM & TAL	Anzahl/m <sup>2</sup>	CH1	06.06.01	7.8	16.3 -		+	*
2	DAMM & TAL	Anzahl/m <sup>2</sup>	CH1	27.06.01	51.1	17.3 -		-	**
3	DAMM & TAL	Deckung (%)	CH1	06.06.01	0.3	1.5 -		+	*
4	DAMM & TAL	Deckung (%)	CH1	27.06.01	2.6	2.7 -		+	ns
5	DAMM & TAL	Unkrauttrockenmasse	NE2	09.07.02	28.3	36.6 -		+	ns
6	DAMM & TAL	Unkrauttrockenmasse	NE2	09.07.02	22.4	25.3 -		+	ns
7	Tal	Anzahl / 16 m <sup>2</sup> )	LD2	19.06.02	ca. 25	ca.110	ca. 40	+	(ns)
8	Damm	Anzahl / 16 m <sup>2</sup> )	LD2	19.06.02	ca. 50	ca. 75	ca. 45	+	ns
9	DAMM & TAL	Deckung (%)	LL2	07.06.02	?	? -		-	ns
10	DAMM & TAL	Deckung (%)	LL2	26.06.02	?	? -		-	ns
11	DAMM & TAL	Deckung (%)	LL2	18.07.02	ca. 42	ca. 22 -		-	ns
12	Damm	Deckung (%)	LD3	17.06.03	12.0	11.8	15.0	+	ns
13	Damm	Deckung (%)	MH3	12.06.03	0.7	0.3 -		-	ns
14	Damm	Deckung (%)	CE3	04.06.03	0.0	0.1 -		+	ns
15	Damm	Deckung (%)	NE3	18.06.03	0.3	0.4 -		+	ns
16	Damm	Anzahl/m <sup>2</sup>	LL3	02.06.03	25.0	38.3 -		+	ns
17	Damm	Anzahl/m <sup>2</sup>	LL3	08.07.03	63.3	72.7 -		+	ns
18	Damm	Anzahl/m <sup>2</sup>	LL3	28.07.03	80.3	100.0 -		+	ns
19	Damm	Anzahl/m <sup>2</sup>	MH3	12.06.03	13.8	12.6 -		-	ns
20	Damm	Anzahl/m <sup>2</sup>	NE3	18.06.03	2.5	2.1 -		-	ns
21	Tal	Deckung (%)	LD3	17.06.03	2.9	3.3	13.4	+	
22	Tal	Deckung (%)	MH3	12.06.03	1.3	1.0 -		-	ns
23	Tal	Deckung (%)	RH3	25.06.03	20.1	8.6 -		-	ns
24	Tal	Deckung (%)	CE3	04.06.03	0.1	0.3 -		+	ns
25	Tal	Deckung (%)	NE3	18.06.03	1.7	1.9 -		+	ns
26	Tal	Anzahl/m <sup>2</sup>	LL3	02.06.03	23.3	21.7 -		-	ns
27	Tal	Anzahl/m <sup>2</sup>	LL3	08.07.03	57.3	66.0 -		+	ns
28	Tal	Anzahl/m <sup>2</sup>	LL3	28.07.03	71.0	49.3 -		-	*
29	Tal	Anzahl/m <sup>2</sup>	MH3	12.06.03	66.1	36.4 -		-	*
30	Tal	Anzahl/m <sup>2</sup>	RH3	25.06.03	191.0	116.8 -		-	ns
31	Tal	Anzahl/m <sup>2</sup>	NE3	18.06.03	20.1	19.5 -		-	ns
32	DAMM & TAL	Anzahl/m <sup>2</sup>	LD3	07.05.03	36.6	42.1	42.8	+	ns
33	DAMM & TAL	Anzahl/m <sup>2</sup>	LD3	07.05.03	20.3	18.3	26.5	+	ns
34	Damm	Anzahl	CE4	16.06.04	15.7	9.8 -		-	ns
35	Damm	Deckung	CE4	16.06.04	1.2	1.3 -		+	ns
36	Tal	Anzahl	CE4	16.06.04	77.1	47.7 -		-	*
37	Tal	Deckung	CE4	16.06.04	9.9	5.6 -		-	*
38	DAMM & TAL	Deckung	CE4	30.06.04	19.0	14.9 -		-	ns
39	DAMM & TAL	Deckung	CE4	07.07.04	17.1	19.9 -		+	ns
40	DAMM & TAL	Deckung	CE4	21.07.04	65.0	57.5 -		-	ns
41	Damm	Anzahl	MH4	16.06.04	1.9	1.5 -		-	ns
42	Damm	Deckung	MH4	16.06.04	0.8	0.4 -		-	ns
43	Tal	Anzahl	MH4	16.06.04	8.3	5.8 -		-	ns
44	Tal	Deckung	MH4	16.06.04	1.2	0.9 -		-	ns
45	DAMM & TAL	Deckung	MH4	28.07.04	8.0	11.1 -		+	ns
46	DAMM & TAL	Deckung	MH4	04.08.04	5.0	5.5 -		+	ns
47	DAMM & TAL	Deckung	NE4 NV	30.06.04	8.1	12.3 -		+	ns
48	DAMM & TAL	Deckung	NE4 NV	28.07.04	26.6	30.4 -		+	ns
49	DAMM & TAL	Deckung	NE4 NV+V	04.08.04	4.5	10.3 -		+	ns
50	DAMM & TAL	Deckung	NE4 V	30.06.04	2.6	3.4 -		+	ns

51 DAMM & TAL	Deckung	NE4 V	28.07.04	17.5	23.1	-	+	*
52 DAMM & TAL	Deckung	SH4	28.07.04	9.8	15.9	-	+	ns
53 DAMM & TAL	Deckung	SH4	04.08.04	3.3	4.0	-	+	ns
54 Tal	Deckung	LD4	18.06.04	1.1	3.8	2.4	+	ns
55 Damm	Deckung	LD4	18.06.04	2.9	3.7	1.1	-	ns
56 Tal	Anzahl	LD4	18.06.04	7.7	19.3	14.2	+	ns
57 Damm	Anzahl	LD4	18.06.04	24.2	22.4	16.3	-	ns
58 DAMM & TAL	Deckung	LD4	23.07.04	11.8	11.6	17.2	+	ns
59 Damm	Deckung-Diff	LL4	07.06.04		-32.6		-	(ns)
60 Damm	Deckung-Diff	LL4	12.07.04		6.6		+	(ns)
61 Damm	Deckung-Diff	LL4	22.07.04		10.6		+	(ns)
62 Tal	Deckung-Diff	LL4	07.06.04		-1.3		-	(ns)
63 Tal	Deckung-Diff	LL4	12.07.04		0.0		0	(ns)
64 Tal	Deckung-Diff	LL4	22.07.04		-0.8		-	(ns)

*Tabelle 35: Auftreten von Beikrautarten an den Versuchsstandorten*

Botanischer Name	Deutscher Name	Dibbesdorf	Lühburg	Eichenberg	Etzenborn
<i>Agropyron repens</i>	Quecke	xxx	xxx	x	x
<i>Anchusa arvensis</i>	Ackerkrummhals	x	.	.	.
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Hirtentäschel	.	.	x	xxx
<i>Chenopodium album</i>	Weißer Gänsefuß	xxx	xxx	xxx	xxx
<i>Cirsium arvense</i>	Ackerkratzdistel	.	x	x	x
<i>Fumaria officinalis</i>	Gemeiner Erdrauch	x	.	x	.
<i>Galium aparine</i>	Klettenlabkraut	x	.	x	x
<i>Lamium amplexicaule</i>	Stengelumf. Taubnessel	.	.	x	.
<i>Lamium purpureum</i>	Rote Taubnessel	.	.	x	x
<i>Matricaria recutita</i>	Kamille	.	x	x	x
<i>Mercurialis annua</i>	Bingelkraut	x	.	.	.
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatschmohn	x	.	.	.
<i>Polygonum convolvulus</i>	Windenknöterich	xxx	xxx	xxx	x
<i>Polygonum persicaria</i>	Flohnknöterich	x	x	x	x
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Hederich	.	x	.	.
<i>Sinapis arvensis</i>	Acker-Senf	xxx	.	x	.
<i>Sonchus arvensis</i>	Acker-Gänsedistel	.	.	xxx	x
<i>Spergula arvensis</i>	Ackerspörgel	x	.	.	.
<i>Stellaria media</i>	Vogelmiere	.	x	x	xxx
<i>Thlaspi arvense</i>	Ackerhellerkraut	xxx	.	xxx	x
<i>Viola arvensis</i>	Ackerveilchen	.	.	.	x

xxx: Hauptbeikraut, x: Nebenbeikraut, .: kein oder sehr geringes Auftreten

In Dibbesdorf traten weitere Gräser sehr stark auf.

## 6.2 Abbildungen zu Feldversuchen



Abb. 13: Kleinparzellen-Feldversuch, Neu-Eichenberg 2002



Abb. 14: Mulchausbringung mit Hawe Strohverteilwagen, 2003, Neu-Eichenberg





*Abb. 15: Mulchausbringung mit Baas Strohverteilwagen, Dibbesdorf*



*Abb. 16: Mulchausbringung mit Kverneland Rundballenhäcksler*





*Abb. 17: Strohmulchdecke kurz nach Ausbringung; Feldversuch Neu-Eichenberg*



*Abb. 18: Effekt von Strohmulch auf die Bodenerosion im Feldversuch RH3. Die Erosionsrinne beginnt dort, wo die Strohmulchschicht endet.*

### 6.3 Literaturangaben

- Adams, J. E. (1966): Influence of mulches on runoff, erosion and soil moisture depletion. - Soil Science Society of America Proceedings 30: 110-114
- Andersson, B., Sigvald, R., Wiik, L., Båth, B., Ascard, J., Erjefält, L., Olsson, K. (2002): Ecological potato production I. Effects of plant protection methods on potato late blight, potato virus Y and yield.- In: Wenzel, G., Wulfert, I. (Eds.), 15th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Hamburg, pp. 198-
- Anonymus (1990): SAS® Procedures Guide, Version 6. - Cary, NC. 705 pp.
- Anonymus (1994): SAS/STAT® User's Guide, Version 6. - Cary, NC. 1686 pp.
- Borst, H. L., Woodburn, R. (1942): Effect of mulches and surface conditions on the water relations and erosion of Muskingum soils. - United States Department of Agriculture Technical Bulletin 825: 1-16.
- Broadbent, L. (1948): Methods of recording aphid populations for use in research on potato virus diseases. – Annals of Applied Biology 35: 551-566.
- Brown, J. E., Dangler, J. M., Woods, F. M., Tilt, K. M. (1993): Delay in mosaic virus onset and aphid vector reduction in summer squash grown on reflective mulches. - Horticultural Science 28: 895-986.
- Casper, R., Meyer, S. (1981): Die Anwendung des ELISA-Verfahrens zum Nachweis pflanzenpathogener Viren. - Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzbundes 33: 49-54.
- Cheshire, M. V., Bedrock, C. N., Williams, B. L., Chapman, S. J., Solntseva, I., Thomsen, I. (1999): The immobilization of nitrogen by straw decomposition in soil. - European Journal of Soil Science 50: 320-341.
- Christensen, B.T., Olesen, J.E. (1998): Nitrogen mineralisation potential of organomaterial size separates from soils with annual straw incorporations. European Journal of Soil Science 50, 320-341.
- Difonzo, C. D., Ragsdale, D. W., Radcliffe, E. B., Gudmestad, N. C., Secor, G. A. (1996): Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato. - Annals of Applied Biology 129: 289-302.
- Döring, T., Saucke, H., (2001): Viruserkrankungen im Ökologischen Pflanzkartoffelbau - Perspektiven kulturtechnischer Gegenmassnahmen.- In: Reents, H. R. (Eds.), Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 6.-8.März 2001 Freising-Weihenstephan, Freising-Weihenstephan, pp. 261-264.
- Döring, T. F., Kirchner, S. M., Kühne, S., Saucke, H. (2004): Response of alate aphids to green targets on coloured backgrounds. – Entomologia Experimentalis et Applicata 113:53-62.



- Döring, T. F., Brandt, M., Heß, J., Finckh, M., Saucke, H. (2005): Effects of straw mulch on yield, weed development, nitrate dynamics and soil erosion in organically grown potatoes. - Field Crops Research, in press.
- Dreyer, W., Padel, S., (1992): Kartoffelanbau.- In: Neuerburg, W., Padel, S. (Eds.), Organisch-biologischer Landbau in der Praxis, München, Frankfurt, Bern, pp. 153-160.
- Duley, F. L., Kelly, L. L. (1939): Effect of soil type, slope, and surfane conditions on intake of water. - Nebraska Agricultural Experimental Station Research Bulletin 112: 1-16.
- Eggers, C., Heimbach, U. (2001): Reduzierung des Blattlausbefalls durch Mulchsaatverfahren in Ackerbohne. - Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie 13: 253-256.
- Fittje, S., Döring, T., H., Saucke, Böhm, H. (2005): Aspekte des Pflanzenschutzes bei der Pflanzgutvorbereitung von ökologisch produzierten Kartoffeln. - In: Heß, J. & Rahmann, G. Ende der Nische – Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel 1.-4. März 2005. Stiftung Ökologie & Landbau. 145-148.
- Haas, G. (2002): Grundwasserschutz im Organischen Landbau – Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung hoher Restnitratmengen im Boden. Verlag Dr. Köster, Berlin. 61 pp.
- Halbert, S., Corsini, D. L., Wiebe, M. A., (2003): *Potato Virus Y* transmission efficiency for some common aphids in Idaho. - American Journal of Potato Research 80, 87-91.
- Harrington, R., Gibson, R. W., (1989): Transmission of potato virus Y by aphids trapped in potato crops in southern England. - Potato Research 32, 167-174.
- Heilmann, H. (1992): Betriebswirtschaftliche Analyse und Beurteilung einzelbetrieblicher Möglichkeiten zur Reduzierung von Nitratauswaschung und Bodenerosion. - Dissertation Universität Hohenheim. 187 pp.
- Heimbach, U., Thieme, H., Weidemann, H. L., Thieme, R. (1998): Transmission of potato virus Y by aphid species which do not colonise potatoes. - In: Dixon, A. F. G. (Ed.), Aphids in natural and managed ecosystems, León (Spain), pp. 555-559.
- Heimbach, U., Eggers, C., Thieme, T. (2001): Optische Beeinflussung von Blattläusen durch Strohmulch. - Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie 13: 289-292.
- Heimbach, U., Eggers, C. (2002): Möglichkeiten zur Reduzierung der Blattlauszahlen und des Virusbefalls im Raps im Herbst. - Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem 388: 67-75
- Jacks, G.V., Brind, W. D., Smith, R. (1955): Mulching. – Technical Communication of the Commonwealth Bureau of Soil Science 49: 1-87.
- Jones, R. A. C. (1994): Effect of mulching with cereal straw and row spacing on spread of bean mosaic potyvirus into narrow-leaved lupins (*Lupinus angustifolius*). - Annals of Applied Biology 124: 45-58.

- Kantety, R. V., van Santen, E., Woods, F. M., Wood, C. W., (1996): Chlorophyll meter predicts nitrogen status of tall fescue. - *Journal of Plant Nutrition* 19, 881–899.
- Karalus W., Rauber, R. (1997): Effect of Presprouting on Yield of Maincrop Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in Organic Farming. - *Journal of Agronomy and Crop Science* 179: 241-249.
- Karalus, W., Kainz, M., (2003): Pflanzgutvorbereitung und Vorkeimtechnik.- In: Möller, K., Kolbe, H., Böhme, H. (Eds.), *Handbuch Ökologischer Kartoffelbau*, Leopoldsdorf, Austria, pp. 77-83.
- Köhler, E., Klinkowski, M. (1954): *Viruskrankheiten*. Sorauer: *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*. Parey, Hamburg.
- Kolbe, H. 2000. *Landnutzung und Wasserschutz. Der Einfluss von Stickstoff-Bilanzierung, N<sub>min</sub>-Untersuchung und Nitratauswaschung sowie Rückschlüsse für die Bewirtschaftung von Wasserschutzgebieten in Deutschland*. - WLW Wissenschaftliches Lektorat & Verlag Leipzig. 99 pp.
- Kürzinger, W., Kürzinger, B. (2001): Pflanzkartoffelproduktion und Verhinderung von Virusinfektionen - Erfahrungen aus Mecklenburg-Vorpommern. - <http://www.landwirtschaft-mv.de/ksaatvir.mv> : 6 pp.
- Lübbertsmeier, R. (2004): *Ökonomische Bewertung des Strohmulcheinsatzes zur Reduzierung von Viruskrankheiten im ökologischen Kartoffelanbau*. Diplomarbeit Universität Kassel, Fachbereich 11, Ökologische Agrarwissenschaften.
- Lünzer, I., Vogtmann, H. (o.J.): *Anbau im Gewächshaus Teil 6: Düngung*. <http://nrw.oekolandbau.de/pflanzenbau/020806.pdf>; Abrufdatum 14.4.2005. - Aus: Lünzer, I. & Vogtmann, H. *Ökologische Landwirtschaft – Pflanzenbau- Tierhaltung – Management*. Symposium Publishing. 7 pp.
- Lyre, H., (1982): Richtlinie für die Prüfung von Beizmitteln gegen Auflaufkrankheiten - insbesondere *Rhizoctonia solani* Kühn - an Kartoffeln.- In: *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* (Eds.), *Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenbehandlungsmitteln*, Berlin, Braunschweig, 7 pp.
- Moericke, V. (1951): Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus, *Myzodes persicae* (Sulz.). - *Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst* 3: 23-24.
- Mücke, M. (2002): Was bringen organische stickstoffhaltige Zukaufdünger zur Ertrags- und Qualitätsverbesserung im ökologischen Weizenanbau. <http://orgprints.org/00002033>; Abrufdatum 14.4.2005. *Versuchsbericht 2002 aus der Landwirtschaftskammer Hannover*. 8 pp.
- Nill, D., Nill, E. (1993): The efficient use of mulch layers to reduce runoff.- In: Mulongoy, K., Merckx, R. (Eds.), *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*, New York, pp. 331-338.

- Perring, T.M., Gruenhagen, N.M., Farrar, C.A. (1999): Management of plant viral diseases through chemical control of insect vectors. - *Annual Review of Entomology* 44: 457-481.
- Pieper, J. J., Burlison, W. L., Flint, W. P. (1930): Growing potatoes in Illinois. - *Bulletin of the Illinois Agricultural Experiment Station* 344: 243-283.
- Radcliffe, E. B., Ragsdale, D. W. (2002): Aphid-transmitted potato viruses: the importance of understanding vector biology. - *American Journal of Potato Research* 79: 353-386.
- Rasocha, V., Dolezal, P., Hausvater, E. (2003): Occurrence of vectors of potato diseases in the years 1999-2002 and their effect on virus disease spread in the Czech Republic. - *Vedece Prace/Scientific Studies - Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod*. 14: 115-123.
- Reschke, M., (1999): Die Bekämpfung von Schadorganismen im Kartoffelanbau unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimal gestalten.- In: *Landwirtschaftskammer Hannover, Georg-August-Universität Göttingen (Eds.), Hochschultagung 1999 - Perspektiven für den Kartoffelbau, Göttingen*, pp. 15-48.
- Rieckmann, W., Zahn, V. (1998): Relationship of aphid flight behaviour and successful potato seed production in the district of the Hannover chamber of agriculture from 1980-1996. - *Gesunde Pflanzen* 50: 107-111.
- Sachs, L. 1999. *Angewandte Statistik*. - 9. Aufl. Springer. 881 pp.
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2003): *Nitratbericht 2002*. - Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 10-8. Dresden. 33 pp.
- Saucke, H., Döring, T. F. (2004): Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes. - *Annals of Applied Biology* 144: 347-355.
- Schumann, G. L., (1991): *Plant diseases: their biology and social impact*. - American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 397 pp.
- Shaahan, M. M., El-Bendary, Y., (1999): Evaluation of nitrogen status for snap bean, potatoes and cucumber under field conditions using a portable chlorophyll meter. - *Alexandria Journal of Agricultural Research* 44, 191-200.
- Sigvald, R. (1985): Mature-plant resistance of potato plants against potato virus Y<sup>o</sup>(PVY<sup>o</sup>). - *Potato Research* 28: 135-143.
- Thieme, T., Heimbach, U., Thieme, R., Weidemann H.L. (1998): Introduction of a method for preventing transmission of potato virus (PVY) in Northern Germany. - *Aspects of Applied Biology* 52: 25-29.
- van der Zaag, D. E., (1987): Yield reduction on relation to virus infection.- In: Bokx, J. A., van der Want, J. P. H. (Eds.), *Viruses of potatoes and seed-potato production*, Wageningen, pp. 146-150.
- Wenzl, H. (1980): Virusbefall und Ertragsverlust bei Kartoffeln. - *Pflanzenarzt* 33: 79-80.