

Abschlussbericht

Forschungsthema:

Optimierung des Kartoffelanbaus im Ökologischen Landbau hinsichtlich der Weiterverarbeitung zu Pommes frites und Chips

Forschungsprojekt-Nr.: 03OE003

Aktenzeichen: 514-43.10/03OE003

Projektpartner:

I Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau

Universität Kassel

(Projektleitung)

Prof. Dr. Jürgen Heß

Dr. Christian Schüler

Dipl.-Ing. agr. Thorsten Haase

Ila Institut für ökologischen Landbau

Bundeforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

Dr. Herwart Böhm

Dipl.-Ing. agr. Tanja Krause

gemeinsam mit:

Ilb Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,

Fachgebiet Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Universität Kiel

Prof. Dr. Friedhelm Taube

Dr. Ralf Loges

Weitere Projektbeteiligte: Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel

(BFEL), in Detmold

Dr. Norbert U. Haase

Kuratorium für Technik und Bauwesen i. d. Landwirtschaft

(KTBL), Versuchsstation für Kartoffeltechnik, Dethlingen

Dr. R. Peters und Dipl.-Ing.agr. E. Schorling

Laufzeit:

20.05.2003 bis 31.10.2005

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projektes, Darstellung des mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe/Beratungsbedarfes im BMELV	1
1.1	Planung und Ablauf des Projektes	2
1.1.1	Organisation des Projektes	2
1.1.2	Zielsetzung	2
1.2	Wissenschaftlicher Stand bei Projektbeginn	3
2	Material und Methoden	6
2.1	Standortkennzeichnung:	6
2.1.1	FÖL (Universität Kassel)	6
2.1.2	FAL, Institut für ökologischen Landbau	8
2.2	Versuchsanlage und Versuchsdurchführung	10
2.2.1	FÖL (Universität Kassel)	10
2.2.1.1	Vorfrucht-Versuch	10
2.2.1.2	K-Versuch	12
2.2.2	FAL, Institut für ökologischen Landbau	14
2.2.3	Beide Projektpartner	17
2.3	Probenahme und Untersuchungen	20
2.3.1	FÖL (Universität Kassel)	20
2.3.2	FAL, Institut für ökologischen Landbau	22
2.4	Untersuchungen an der BFEL in Detmold	25
2.5	Statistische Auswertung	28
2.5.1	FÖL (Universität Kassel)	28
2.5.2	FAL-OEL	29
2.5.3	Beide Projektpartner, Sortenversuch:	29
3	Ergebnisse	30
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	30
3.1.1	Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau der Universität Kassel	30
3.1.1.1	Vorfrucht-Versuch	30
3.1.1.2	Kalium-Düngungs-Versuch (K-Versuch)	54
3.1.2	FAL-OEL	73
3.1.2.1	Feldversuche zum Kleegrasmanagement	73
3.1.2.2	Feldversuche zur Beregnung in Kombination mit Stallmistdüngung	89
3.1.3	Beide Projektpartner	100
3.1.3.1	Sortenversuche	100
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse, Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung insbesondere Ableitung von Vorschlägen für Maßnahmen 121	
3.2.1	Vorfrucht und Vorkeimen	122
3.2.2	Kaliumversorgung	123
3.2.3	Kleegrasmanagement	125
3.2.4	Beregnung in Kombination mit Stallmistdüngung	127
3.2.5	Sortenversuche	130
3.2.6	Die Ergebnisse vor dem Hintergrund der wichtigsten erhobenen Parameter	132
4	Zusammenfassung	137
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen und weiterführende Fragestellungen	140

6	Literaturverzeichnis	142
7	Veröffentlichungen:	149
8	Anhang.....	151
8.1	Farbmessung bei Kartoffelchips (Laborvorschrift)	151
8.2	Prüfschema für Pommes frites und Backofen-Pommes frites	153
8.3	Farbmessung der Rohbreiverfärbung (Laborvorschrift).....	155
8.4	Farbmessung der Kochdunkelung (Laborvorschrift).....	157

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes, Darstellung des mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe/Beratungsbedarfes im BMELV

Bei der Herstellung von Kartoffelerzeugnissen (z.B. zu Pommes frites oder Chips) werden hohe Qualitätsansprüche an den Rohstoff gestellt. Hinsichtlich der äußeren Qualität sollen die Kartoffeln frei von Krankheiten, Fraßschäden oder anderen Mängeln wie Verfärbungen, z.B. Schwarz- oder Eisenfleckigkeit sein. Sie sollen eine gute Lagerfähigkeit, geringe Beschädigungsempfindlichkeit sowie eine bestimmte Größensortierung aufweisen. Während für die Verarbeitung zu Chips eine Sortierung zwischen 40-65 mm gefordert wird, sollten bisher die ökologisch erzeugten Kartoffeln zur Produktion von Pommes frites eine Mindestknollengröße von 35 mm aufweisen, wobei der Anteil > 50 mm mindestens 50 % betragen muss. Diese Anforderung hinsichtlich der Knollengrößen wurde neuerdings allerdings auf „60 % der Knollen > 50 mm“ ausgeweitet. Hinzu kommen noch spezifische Vorgaben an die inneren Qualitätsmerkmale. Der Gehalt an Stärke soll in den Verarbeitungskartoffeln für Pommes frites zwischen 14-18 % i. d. FM (entspricht ca. 19-23 % Trockenmasse) und für Chips sogar zwischen 16-20 % i. d. FM (entspricht ca. 21-25 % TM) betragen, da dadurch eine hohe Ausbeute an Fertigprodukten, ihre Knusprigkeit, die Textur und ein guter Geschmack gewährleistet wird. Darüber hinaus wird ganzjährig ein möglichst geringer Gehalt an reduzierenden Zuckern mit höchstens 0,3 % i. d. FM bei Pommes- und 0,15 % i. d. FM bei Chipskartoffeln angestrebt. Denn zu hohe Zuckergehalte führen zu Braunfärbung und bitterem Geschmack des Endproduktes, sowie zu einer erhöhten Bildung des potentiell krebserregenden Acrylamids. Da die Verarbeitung der Kartoffeln möglichst ohne Unterbrechung ganzjährig erfolgen soll, müssen die Kartoffeln auch nach der Lagerung noch qualitativ hochwertig sein. Damit der Gehalt an reduzierenden Zuckern nicht ansteigt, sind entsprechende Lagerungsstrategien entwickelt worden. Als vorteilhaft hat sich dabei eine Lagerung bei ca. 8–10 °C erwiesen. Diese Warmlagerung wiederum führt zu einem früheren Einsetzen der Keimung, wobei deutliche, sortenbedingte Unterschiede hinsichtlich der Keimfreudigkeit bestehen.

In der konventionellen Landwirtschaft können diese Qualitätsstandards über eine angepasste mineralische Düngung und entsprechende Pflanzenschutzmittelstrategien erreicht werden. Im ökologischen Kartoffelanbau muss dagegen die Nährstoffversorgung im Wesentlichen durch die Vorfrucht und die organische Düngung gesichert werden. Sowohl Stickstoff als auch Kalium haben starken Einfluss auf die Ertragsbildung wie auch auf die Rohstoffqualität. Eine angepasste, systemkonforme K-Düngung kann sich positiv hinsichtlich der Verfärbungen und der Beschädigungsempfindlichkeit der Kartoffeln auswirken, ist aber unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus noch nicht ausreichend untersucht worden. Auch über das sortenspezifische Nährstoffaneignungs- und -verwertungsvermögen bei limitierter Nährstoffversorgung bestehen noch erhebliche Erkenntnislücken. Krankheiten der Kartoffeln führen zur Ertragsminderung, aber auch zu Qualitätseinbußen der Knollen. Mit *Rhizoctonia solani* befallene Knollen weisen erhöhte Schälverluste bei der maschinellen Schälung auf. Inwieweit sich Vorfrüchte auf den Befall mit *R. solani* und auch *Streptomyces scabies* (Kartoffelschorf) auswirken, ist umstritten. Um eindeutige Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Bewirtschaftungsfaktoren (unterschiedliche Vorfrüchte, Vorfrucht-management, organische Düngung, Beregnung) und Krankheitsbefall, Qualität und Ertrag der Verarbeitungskartoffeln unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus zu erfassen, sind daher systematisch angelegte Feldversuche unerlässlich.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

1.1.1 Organisation des Projektes

Um zu praktisch verwertbaren und umsetzbaren Ergebnissen zu gelangen, wurde das Projekt so konzipiert, dass Feldversuche an unterschiedlichen Standorten angelegt werden. In gemeinsamen Vorversuchen hatten die Projektpartner bereits Sortenversuche an drei Standorten mit einem 21 Sorten umfassenden Sortiment in den Jahren 2000 und 2001 durchgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen sollten die erfolgreichsten Sorten und weitere Neuzüchtungen im Rahmen des Projektes weiter geprüft werden. Die spezifischen pflanzenbaulichen Feldversuche zur Optimierung der Verarbeitungsqualität wurden mit einer Sorte je Verarbeitungsrichtung (Agria – Pommes frites, Marlen – Chips) durchgeführt. Diese Sortenauswahl beruhte wiederum auf den Erfahrungen der Vorversuche (BÖHM et al., 2002). Um eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf unterschiedliche Standortbedingungen zu gewährleisten, umfasste das Forschungsprojekt Feldversuche an verschiedenen Standorten (jeweils zwei Versuchsstandorte je Projektpartner: Frankenhausen/Hessen und Meierhof/Niedersachsen, sowie Lindhof/Schleswig-Holstein und Gut Wulksfelde /Schleswig-Holstein). Diese Vorgehensweise sollte sicherstellen, dass ein umfangreiches zweijähriges Datenmaterial aus den Anbauversuchen zur Wirkung von Düngung, Vorfrucht, Strategien des Klee-grasmanagements und Beregnung zum Ende des Projektes zur Verfügung steht. Von den Projektpartnern sollten jeweils einzelne, unterschiedliche Fragestellungen bearbeitet werden. Im Falle der Sortenversuche wurden die Daten jedoch zusammengeführt und gemeinsam ausgewertet, so dass die Wirkung des Faktors Standort quantifiziert werden kann. Die Untersuchung/Analyse des Probenmaterials (Stauden, Knollen, Boden) aus Feldversuchen wurde am Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, am Institut für ökologischen Landbau (FAL-OEL) und am Lehrstuhl Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Universität Kiel durchgeführt. Für die semitechnische Verarbeitung der Knollenproben und die Analyse der reduzierenden Zucker wurde ein Werkvertrag an die Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel in Detmold vergeben.

Die Herstellung von Pommes frites und Chips unter definierten Bedingungen mit anschließender optischer und sensorischer Bonitur (semitechnische Verarbeitung) wurde nach der Ernte (Oktober/November) und nach einer 4-monatigen Lagerungsperiode durchgeführt. Dies gewährleistet, dass nicht nur einzelne Qualitätsparameter erhoben werden, sondern durch die Herstellung der Veredlungsprodukte in Pilotanlagen eine Gesamtbeurteilung der jeweiligen Endprodukte erfolgt.

1.1.2 Zielsetzung

Ziel des Forschungsvorhabens war es, Strategien zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Verarbeitungskartoffeln unter den Rahmenbedingungen des Ökologischen Landbaus zu erarbeiten. Die Qualitätskriterien für Kartoffelverarbeitungsprodukte unterscheiden sich von denen für Speisekartoffeln erheblich. Nur mit Hilfe einer gezielten, an den Verwendungszweck und die besonderen Bedingungen des Ökologischen Landbaus angepassten Erzeugung können die hohen Ansprüche des verarbeitenden Sektors an die äußere Qualität wie Sortierung, Krankheitsbefall, Beschädigungsempfindlichkeit, Lagerfähigkeit, Schälabfall etc., aber auch die innere Qualität, wie z.B. Gehalte an reduzierenden Zuckern, Stärkegehalt und Trockensubstanz erfüllt werden. Die Auswirkungen pflanzenbaulicher Maßnahmen wie Sortenwahl, Pflanzgutvorbereitung, Beregnung,

Vorfruchtwirkung und organische Düngung auf für die Verarbeitung relevante innere und äußere Qualitätsmerkmale standen im Mittelpunkt des Verbundprojektes.

Da Produkten aus ökologisch erzeugten Kartoffeln ein großes Marktpotential vorausgesagt wird, stellt der Anbau von Verarbeitungskartoffeln eine Möglichkeit der Einkommenssicherung und ggf. auch -steigerung für ökologisch wirtschaftende Betriebe dar. Den Zielen des ‚Bundesprogramm Ökologischer Landbau‘ wurde dabei in besonderer Weise Rechnung getragen, da ökologisch wirtschaftende Betriebe durch Anbau- und Sortenempfehlungen in die Lage versetzt werden, qualitativ hochwertige, am Verwendungszweck orientierte Ware für die Weiterverarbeitung in Gastronomie und Industrie zu erzeugen. Für die angestrebte Ausdehnung des Marktes für ökologisch erzeugte Produkte in Deutschland leistet das Vorhaben daher einen wichtigen Beitrag in dem bisher kaum besetzten Marktsegment für Kartoffelverarbeitungsprodukte.

1.2 Wissenschaftlicher Stand bei Projektbeginn

Bei Kartoffelverarbeitungsprodukten ist die Qualität des Rohstoffes entscheidend für die Qualität des Endproduktes. Die Ansprüche an die Rohstoffqualität sind äußerst hoch. Die Knollen müssen weitestgehend frei sein von Krankheiten und Mängeln, wie z.B. Schwarz- und Eisenfleckigkeit, sowie Fraßschäden (6). Sie müssen außerdem je nach Endprodukt bestimmten Vorgaben für den Trockensubstanzgehalt, den Anteil an Stärke und reduzierenden Zuckern entsprechen. Trockensubstanz- und Stärkegehalt bestimmen die Ausbeute an Fertigprodukten und deren Qualität (z.B. Ölgehalt bei Fritierprodukten) (3, 6).

Sowohl Stickstoff als auch Kalium haben starken Einfluss auf den Ertrag und die Rohstoffqualität. Kalium beeinflusst maßgeblich die Beschädigungsempfindlichkeit, die Neigung zur Schwarzfleckigkeit, Rohbreiverfärbung sowie Kochdunkelung, aber auch den Stärkegehalt (1, 2, 3). Im Ökologischen Landbau muss aufgrund des Verzichtes auf leichtlösliche Düngemittel die Nährstoffversorgung im Wesentlichen durch die Vorfrucht bzw. die organische Düngung gesichert werden (7, 8, 10, 14, 15, 25). In viehlosen Betrieben und auf leichten Standorten kann der Einsatz mineralischer Kaliumdünger wie Kaliumsulfat und Kaliummagnesia ein Instrument zur ertrags- und qualitätssichernden Nährstoffversorgung der Kartoffel sein. Aufgrund der systembedingt im Ökologischen Landbau limitierten Menge an verfügbaren Düngern ist das sortenspezifische Nährstoffaneignungs- und -verwertungsvermögen (9) einer Sorte besonders wichtig. Hier bestehen ebenfalls noch erhebliche Erkenntnislücken.

Rhizoctonia solani, der Erreger der Wurzeltöterkrankheit, führt zu Ertragsminderung und Knollendehformationen und wird von Praktikern derzeit nach *Phytophthora infestans* als zweitwichtigste Krankheit im ökologischen Kartoffelanbau angesehen (25). Von *R. solani* betroffene Partien weisen erhöhte Schälverluste bei maschineller Schälung auf (6). Schalenbeschaffenheit und Augentiefe beeinflussen ebenfalls die Schälverluste und sind im Wesentlichen sorten-, aber auch standortabhängig (6). Zwischen der Vorfruchtwirkung einerseits und dem Krankheitsbefall (*R. solani*, Kartoffelschorf) andererseits bestehen Wechselwirkungen, die bislang nicht untersucht wurden. Praxiserhebungen aus dem Jahr 2000 zeigten zwar deutliche Unterschiede, jedoch keine eindeutigen Zusammenhänge (BÖHM & KUPRAT, 2000, unveröffentlicht). Aus diesem Grund sind Feldversuche mit unterschiedlicher Bewirtschaftung (Vorfrucht, Zufuhr organischer Dünger, Zeitpunkt der Bodenbearbeitung) unerlässlich, um diese Zusammenhänge für das System des Ökologischen Landbaus systematisch zu erforschen.

Ein großes Problem der Erzeugung von Rohware, die auch noch nach Lagerung den Qualitätsstandards der verarbeitenden Industrie entspricht, ist deren Lagerfähigkeit. Das Lagerverhalten ist unter anderem abhängig vom Standort, der Sorte und der Nährstoffversorgung (3, 6, 11, 14). Die konventionelle Landwirtschaft verfügt über einen Maßnahmenkatalog, der neben der exakt steuerbaren Nährstoffzufuhr über mineralische Düngung auch den Einsatz chemisch-synthetischer Keimhemmungsmittel im Lager erlaubt. Darauf kann der Ökologische Landbau nicht zurückgreifen. Neben der Entwicklung entsprechender Lagerungsstrategien ist der Anbau der 4°C-Typen eine Alternative für den ökologischen Kartoffelbau (5, 20). Von beiden antragstellenden Projektpartnern wurden in den Jahren 2000 und 2001 erste Sortenversuche für den Bereich des Ökologischen Landbaus parallel an 3 Standorten vorgenommen, die deutlich machten, dass die Verarbeitungseignung der Sorten stark vom Faktor Standort bestimmt wird (20). Die folgende Auflistung dokumentiert die bisherige Forschung (1-9) sowie Vorarbeiten der antragstellenden Einrichtungen (10-28) im Bereich Kartoffelerzeugung im Ökologischen Landbau.

1. Poletschny, H. und H. Kick (1978): Der Einfluss verschiedener Kaliformen und –mengen auf die Mineralstoffgehalte in Kartoffellaub und Kartoffeln sowie auf die Chipsqualität. *Landw. Forschung* **35**, 586-593
2. Putz, B. und H. Lang (1988): Zusammenhänge zwischen Mineraldüngung, Ertrag und Verarbeitungseignung von zwei ausgewählten Kartoffelsorten. *Kartoffelbau* **39**, 13-16.
3. Putz, B. (1989): Kartoffeln: Züchtung – Anbau – Verwertung. Behr's Verlag, Hamburg.
4. Karalus, W. (1995): Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den Krankheitsbefall und Ertragsaufbau bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Wissenschaftlicher Verlag, Gießen
5. Putz, B. (1997): Erste 4°C-Typen bei Kartoffeln aus deutscher Züchtung. Ber. 19. Kartoffeltagung Arbeitsgemeinschaft Kartoffelforschung e.V., Granum-Verlag, Detmold 25-30
6. Schuhmann, P. (Hrsg., 1999): Die Erzeugung von Kartoffeln zur industriellen Verarbeitung. Verlag Agri Media, Bergen - Dumme
7. Schulz, D. G. (2000): Ertrag und Qualität von Kartoffeln im Organischen Landbau. Abhängigkeit von Düngerart und Düngermenge. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau 14, Dissertation Universität Bonn
8. Neuhoff, D. (2000): Speisekartoffelerzeugung im Organischen Landbau – Einfluss von Sorte und Rottemisdüngung auf Ertragsbildung und Knolleninhaltsstoffe. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau 15, Dissertation Universität Bonn
9. Möller, K. (2001): Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. FAM-Bericht 51 und Dissertation TU München. Shaker Verlag
10. Kölsch, E. und H. Stöppler (1990): Kartoffeln im ökologischen Landbau. KTBL-Arbeitspapier 147.
11. Heß, J. (1995): Residualer Stickstoff aus mehrjährigem Feldfutterbau: Optimierung seiner Nutzung durch Fruchtfolge und Anbauverfahren unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Habilitationsschrift Universität Bonn. Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen
12. Böhm, H., Dewes, T., 1995: Qualität und Lagereigenschaften ausgewählter Kartoffelsorten aus ökologischem Anbau. In: Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung

- zum Ökologischen Landbau in Kiel, Wiss. Fachverlag P. Fleck. Niederkleen, 45-48.
13. Böhm, H. & T. Dewes (1995): Einfluss der Sortenwahl und des Standortes auf Ertrag, Qualität und Lagereigenschaften von Kartoffeln im Ökologischen Landbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **8**, 145 - 148
 14. Böhm, H. & T. Dewes (1997): Auswirkungen gesteigerter Stallmistdüngung auf Ertrag, Qualität und Nachernteverhalten bei ausgewählten Kartoffelsorten. *Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 3.-4. März 1997 in Bonn*, Hrsg. U.Köpke & J.-A. Eisele, Verlag Dr.Köster,, 368-374
 15. Loges, R., F. Taube und A. Kornher (1997): Ertrag, N₂-Fixierungsleistung sowie Ernterückstände verschiedener Rotklee- und Rotkleeergrasbestände. Beitr. 4. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Bonn, 265-271
 16. Böhm, H. (1999): Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät, Heft 10, 105-110
 17. Böhm, H. (1999): Qualität und Ertrag von Speisekartoffeln im Ökologischen Landbau. Einfluss von Sortenwahl und Düngung. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **12**, 113 - 114.
 18. Meinck, S. (1999): Speisekartoffelanbau im Ökologischen Landbau. Optimierung des Anbauverfahrens durch Sortenwahl und *Phytophthora*-Prophylaxe. Dissertation, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel
 19. Böhm, H. (2001): Einfluss der Beetentsteinung mit integriertem Zwischenfruchtanbau und variierter organischer Düngung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **13**, 88-89
 20. Böhm, H., T. Haase und B. Putz (2002): Verarbeitungseignung und Ertrag von Kartoffeln aus Ökologischem Landbau. *Kartoffelbau* **53** (8), 323-329
 21. Haase, T., C. Schüler, E. Kölsch und J. Heß (2002): Speisekartoffelerzeugung im Ökologischen Landbau. *Kartoffelbau*, **53** (4), 136-139
 22. Haase, T., C. Schüler, E. Kölsch und J. Heß (2002): Der Einfluss von Sorte, Pflanzabstand und Pflanzgutkalibrierung auf Ertrag und Sortierung von Kartoffeln im Ökologischen Landbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **14**, 80-81
 23. Böhm, H. (2002): Möglichkeiten und Grenzen des ökologischen Anbaus von Speisekartoffeln. In: Verband der Kartoffel-, Lager-, Aufbereitungs- und Schälbetriebe (KLAS) (Hrsg.): *Kartoffeltrends 2001*, Verlag: Agrimedia GmbH, 23 - 29
 24. Böhm, H. (2002): Regulierung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) im ökologischen Kartoffelanbau. In: Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze, 7. Fachgespräch „Alternativen zur Anwendung von Kupfer als Pflanzenschutzmittel – Forschungsstand und neue Lösungsansätze“, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin, 06. Juni 2002, Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt, 48-55
 25. Böhm, H. (2002): Möglichkeiten und Grenzen des ökologischen Anbaus von Speisekartoffeln. In: Verband der Kartoffel-, Lager-, Aufbereitungs- und Schälbetriebe (KLAS) (Hrsg.): *Kartoffeltrends 2002*, Verlag: Agrimedia GmbH, 23 - 29
 26. Böhm, H. und S. Fittje (2002): Pflanzguterzeugung von Kartoffeln im ökologischen Landbau – Einsatzmöglichkeiten der Grünrodetechnik. In: *Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **95**, 61-67
 27. Böhm, H., T. Haase und B. Putz (2002): Verarbeitungseignung und Ertrag von Kartoffeln aus Ökologischem Landbau. *Kartoffelbau* **53** (8) 323-329
 28. Haase, T., C. Schüler und E. Kölsch (2003): Optimierung der Bestandesdichte. *Kartoffelbau* **54** (3), 96-101

2 Material und Methoden

2.1 Standortkennzeichnung:

2.1.1 FÖL (Universität Kassel)

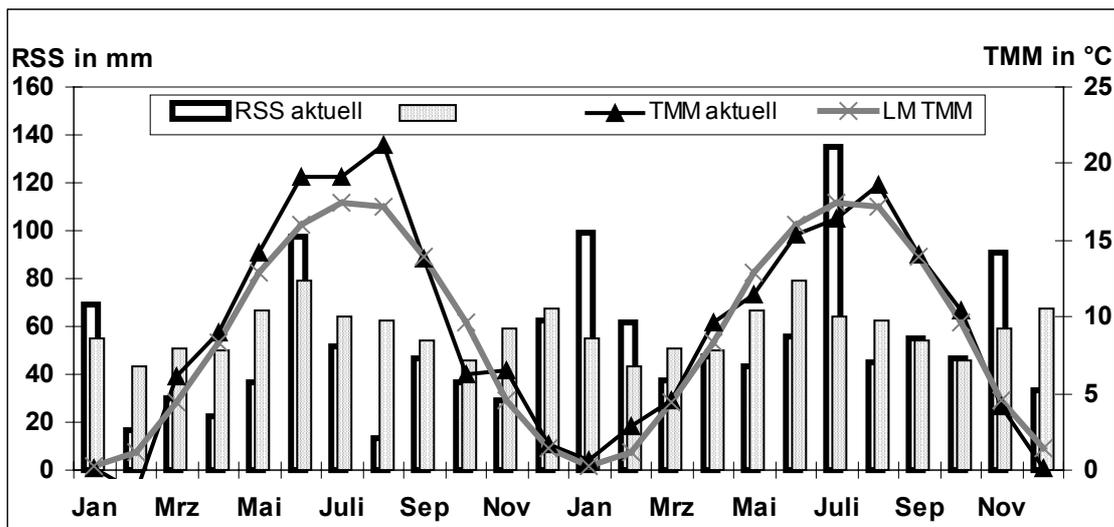
Die Feldversuche des Fachgebietes Ökologischer Land- und Pflanzenbau der Universität Kassel wurden an zwei Standorten angelegt. Der Vorfrucht-Versuch wurde auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen durchgeführt. Die Domäne Frankenhausen ist der Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel und ist seit dem Wirtschaftsjahr 2000/2001 Mitglied der Verbände BIOLAND und NATURLAND. Der Betrieb liegt auf einer Höhe von 209 bis 259 m (NN) in der Hofgeismarer Rötsecke. Bei den Böden handelt es sich vorwiegend um Parabraunerden aus Löss mit hoher Basensättigung. Die Angaben zur Bodenart der verwendeten Flächen basieren auf einer umfangreichen Bodenkartierung aus dem Jahr 1999 (BRANDT et al. 2001). Für den Vorfrucht-Versuch wurden zwei Flächen - Holzbeck (HB; 2003) und Schmalenbeck (SB; 2004) - genutzt, die sich beide durch eine hohe Ackerzahl auszeichnen. In beiden Fällen handelt es sich um mittleren tonigen Schluff (Ut3) mit ca. 75 Bodenpunkten (Reichsbodenschätzung). Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt laut 30-jährigem (1960-1990) Mittel 8,5 °C und der durchschnittliche jährliche Niederschlag 700 mm. Der Witterungsverlauf in den Versuchsjahren wird in Abb. 1 dem langjährigen Mittel gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt, dass im Jahre 2003 die monatlichen Niederschläge zwischen Mai und September (Ausnahme Juni: +20 mm) außergewöhnlich gering waren. 2004 stimmten die Niederschläge überwiegend mit dem langjährigen Mittel überein, außer im Juli, als insgesamt 700 mm mehr als im langjährigen Durchschnitt gemessen wurden. Eine deutliche Abweichung von der durchschnittlichen Tagesdurchschnittstemperatur konnte von Juni bis August 2003 festgestellt werden, während 2004 der Monat Mai mit Nachfrostereignissen sogar unterdurchschnittlich kühl war. Diese führten zu sichtbaren Frostschäden am Blattwerk der Kartoffelpflanzen, die jedoch im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode verwuchsen.

Der Versuch zur Kaliumversorgung wurde auf dem Meierhof Schreiber zu Belm durchgeführt. Der seit 20 Jahren ökologisch wirtschaftende Betrieb liegt im Osnabrücker Land an den südlichen Ausläufern des Wiehengebirges. Der vorherrschende Bodentyp ist eine mittlere Pseudogley/Braunerde über Geschiebedecksand mit hoher nutzbarer Feldkapazität. Die Bodenart ist ein schwach-lehmiger bis mittel-schluffiger Sand. Die Bonität der Versuchsflächen ist mit 44 und 49 Bodenpunkten vergleichsweise niedrig.

Das langjährige Niederschlagsmittel liegt – laut Deutschem Wetterdienst – bei 850 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur bei 8.5 °C (siehe Abb. 1). Die Witterungsverläufe in den beiden Vegetationsperioden 2003 und 2004 unterschieden sich sehr deutlich voneinander und wiesen entsprechend Abweichungen vom langjährigen Mittel von Temperatur und Niederschlag auf.

Die Niederschlagssumme der Monate März bis August war 2004 (432 mm) in Übereinstimmung mit dem 30-jährigen Mittel (426 mm). Deutlich geringere Niederschläge (285 mm) im selben Zeitraum wurden aber im Jahre 2003 gemessen. Überdurchschnittlich hohe Tagesdurchschnittstemperaturen traten in den Monaten Juni bis August 2003 auf.

a) Standort Frankenhausen (Vorfrucht-Versuch/Sortenversuch)



b) Standort Belm (K-Versuch)

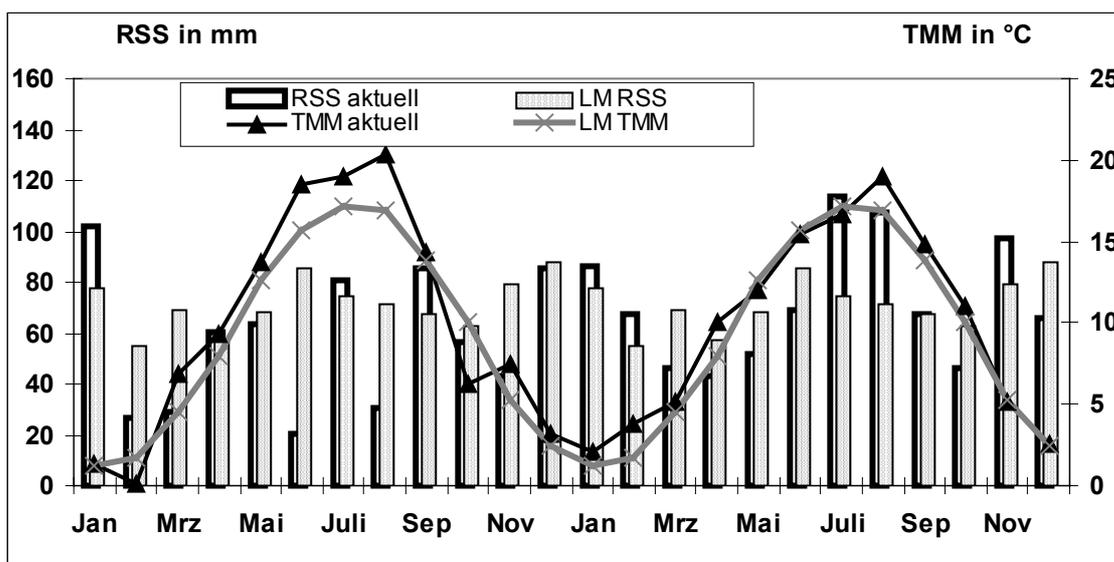


Abb. 1: Witterungsverläufe der beiden Versuchsstandorte Frankenhausen (a) und Belm (b) von Januar 2003 bis Dezember 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel. LM = langjähriges Mittel; RSS = monatlicher Niederschlag (mm; Summe); TMM = Temperatur (°C; Monatsmittel).

2.1.2 FAL, Institut für ökologischen Landbau

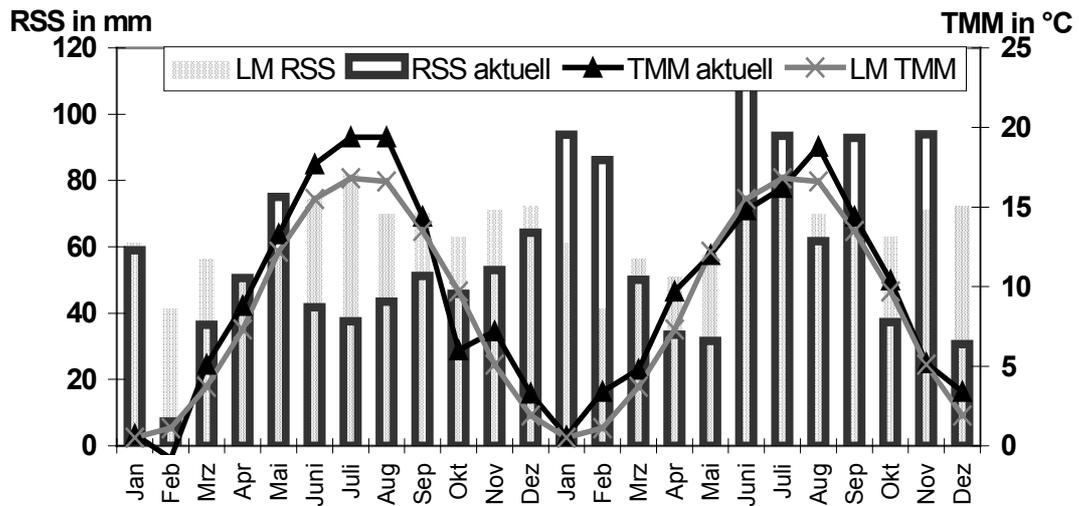
Die von der FAL, Institut für ökologischen Landbau betreuten Feldversuche wurden in den Jahren 2003 und 2004 auf zwei in Schleswig-Holstein gelegenen Betrieben durchgeführt. Die Versuche zum Klee grasmanagement und die Sortenversuche wurden auf dem Versuchsgut für Ökologischen Landbau und extensive Landnutzungssysteme „Lindhof“ der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angelegt. Der nach Naturlandrichtlinien bewirtschaftete Betrieb liegt in der holsteinischen Jungmoränenlandschaft, dem heutigen Östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins, ca. 25 km nordwestlich von Kiel an der Eckernförder Bucht. Bei den Bodentypen handelt es sich um Braunerden, Parabraunerden, Pseudogley-Parabraunerden und Kolluvisole, die kleinräumig oft wechseln. Bei der Bodenart liegt lehmiger Sand und sandiger Lehm mit Bodenwertzahlen zwischen 40 und 45 vor. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,7 °C und die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge 785 mm. Die Witterungsverhältnisse der beiden Versuchsjahre werden in Abb. 2b im Vergleich zu den Monatswerten des langjährigen Mittels, die von der ca. 20 km entfernt gelegenen Wetterstation Kiel-Holtenau des Deutschen Wetterdienstes (DWD¹) erhoben wurden, dargestellt.

Die Versuche zur Beregnung in Kombination mit Stallmistdüngung und ein weiterer Sortenversuch wurden auf dem Biolandbetrieb Gut Wulksfelde durchgeführt. Dieser Betrieb ist am Hamburger Rand im Oberen Alstertal auf einem sehr leichten Standort auf lehmigen Sand und Bodenwertzahlen von durchschnittlich 28 gelegen. Bei den Bodentypen handelt es sich um Braunerde-Podsole, Podsol-Parabraunerden, Bänderparabraunerde-Ortsstein-Podsole. Die Jahresdurchschnittstemperatur von 8,6 °C und durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge wurden an der ca. 16 km entfernten Wetterstation Hamburg- Fuhlsbüttel des DWD¹ erhoben. In Abb. 2a sind die Witterungsverhältnisse der beiden Versuchsjahre im Vergleich zu den Monatswerten des langjährigen Mittels dargestellt.

Die Abbildungen verdeutlichen, dass die Versuchsjahre durch sehr unterschiedliche Witterungsverhältnisse gekennzeichnet waren. Im Jahr 2003 waren alle drei Sommermonate erheblich zu warm. Der Juni und der August waren im Gebietsmittel von Deutschland jeweils die wärmsten seit 1991. Auch die Lufttemperaturen des Monats Juli lagen erheblich über den Mittelwerten der internationalen klimatologischen Referenzperiode 1961-1990. Die anhaltenden Hochdruckwetterlagen führten außerdem zu einer deutlich überdurchschnittlichen Sonnenscheindauer und zu einem erheblichen Niederschlagsdefizit. Da auch das Frühjahr bereits recht niederschlagsarm war und die große Hitze zu gesteigerter Verdunstung führte, ergaben sich in großen Teilen Deutschlands erhebliche Schäden in der Landwirtschaft (DWD, 2003). Die Temperaturen des Versuchsjahres 2004 waren dagegen vergleichbar mit dem langjährigen Mittel. Nach einer eher unterdurchschnittlichen Niederschlagssumme in den Monaten April und Mai, fielen die Niederschläge in den Sommermonaten Juni und Juli und auf dem Standort Wulksfelde auch im August erheblich höher aus im Vergleich zum langjährigen Mittel, was aufgrund stärkerer Bedeckung auch in einer geringeren Sonnenscheindauer für die Sommermonate resultierte.

¹ Für die Zurverfügungstellung der Wetterdaten sei dem DWD an dieser Stelle sehr herzlich gedankt.

a) Standort Wulksfelde



b) Standort Lindhof

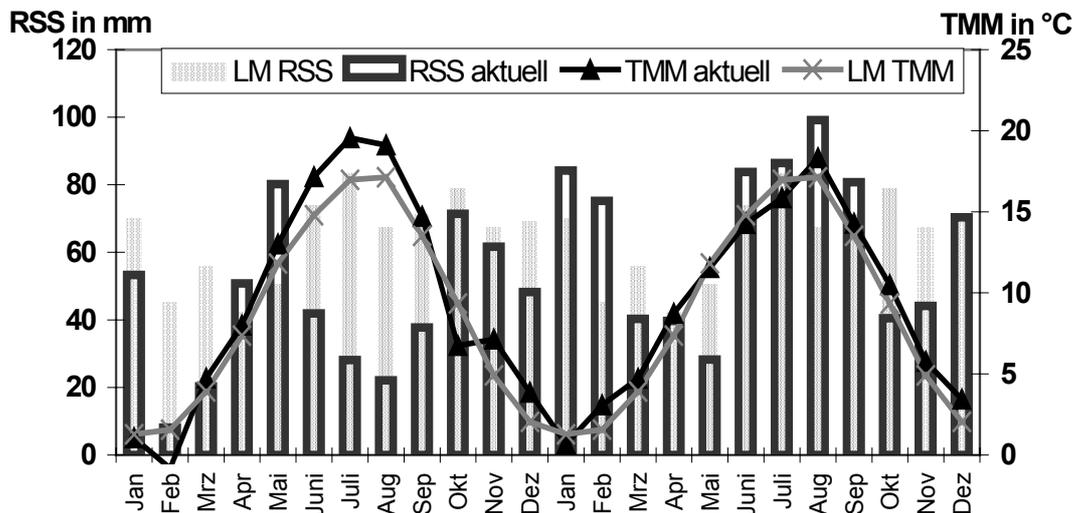


Abb. 2.: Witterungsverläufe der beiden Versuchsstandorte Wulksfelde (a) und Lindhof (b) von Januar 2003 bis Dezember 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel
 LM = langjähriges Mittel; RSS = monatlicher Niederschlag (mm; Summe); TMM = Temperatur (°C; Monatsmittel).

2.2 Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

2.2.1 FÖL (Universität Kassel)

2.2.1.1 Vorfrucht-Versuch

Der Vorfrucht-Versuch wurde in zwei aufeinander folgenden Jahren als Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Versuchsfaktoren waren Vorfrucht, Termin der Ernte, Sorte und Pflanzgutvorbereitung durch Vorkeimen (Tab. 1).

Tab. 1: Faktoren und Faktorstufen des Vorfrucht-Versuches

Faktor	Faktorstufe
1. Vorfrucht	1.1. Erbse
	1.2. Hafer
	1.3. Luzerne-Kleegras
	1.4. Winterweizen
2. Erntetermin	2.1.1. ca. 80 Tage nach dem Pflanzen
	2.1.2. ca. 94 Tage nach dem Pflanzen
	2.1.3. BBCH 99
3. Kartoffelsorte	3.1. Agria
	3.2. Marlen
4. Vorkeimen	4.1. ja
	4.2. nein
5. Versuchsjahr	5.1. 2003
	5.2. 2004

In den Jahren 2001/02 bzw. 2002/03 waren vier unterschiedliche Vorfrüchte (Erbse, Hafer, Kleegras und Winterweizen) in Streifen (76 x 6 m) nach Vorfrucht Sommergerste (Sorte Theresa; GPS-Nutzung) angelegt worden (Abb. 3, Schritt 1). Die Großteilstücke wurden in zwei Hälften (38 m x 6 m) geteilt, jede Hälfte in vier gleichgroße (9,5 x 6 m) Kleinteilstücke unterteilt und der Faktor ERNTE hinein randomisiert (Schritt 2). Um zwei aufeinander folgende, frühe mechanische Proberodungen (zwei Zeiternten) zu ermöglichen (Schritt 3), wurden diese Kleinteilstücke zusätzlich halbiert (9,5 x 3 m). In den beiden Jahren unterschied sich die Randomisationsstruktur (Abb. 3) geringfügig: 2003 wurden die vier Kleinteilstückfaktorkombinationen aus SO x VK den Parzellen sowohl der beiden Zeiternten als auch denjenigen der Haupternte zugewiesen (Schritt 4). 2004 hingegen wurde zunächst Faktor Sorte auf die Teilstücke (19 x 6 m) zufällig verteilt, anschließend der Faktor Vorkeimen zugewiesen (Schritte 4a und b).

Das Kleegras wurde zweimal geschnitten und der Aufwuchs von der Fläche entfernt. Der Ertrag an Grünmasse wurde bestimmt und Unterproben zur Bestimmung des

Trockensubstanz- und Stickstoff-Gehaltes genommen. Nach der Ernte von Getreide und Erbsen wurde eine Zwischenfrucht aus Ölrettich und Phacelia (Sorte Siletta bzw. Vetrovska im Verhältnis 24/6 kg/ha) eingesät, die – wie auch das Klee gras- nach leichtem Frost Ende Januar umgebrochen wurde.

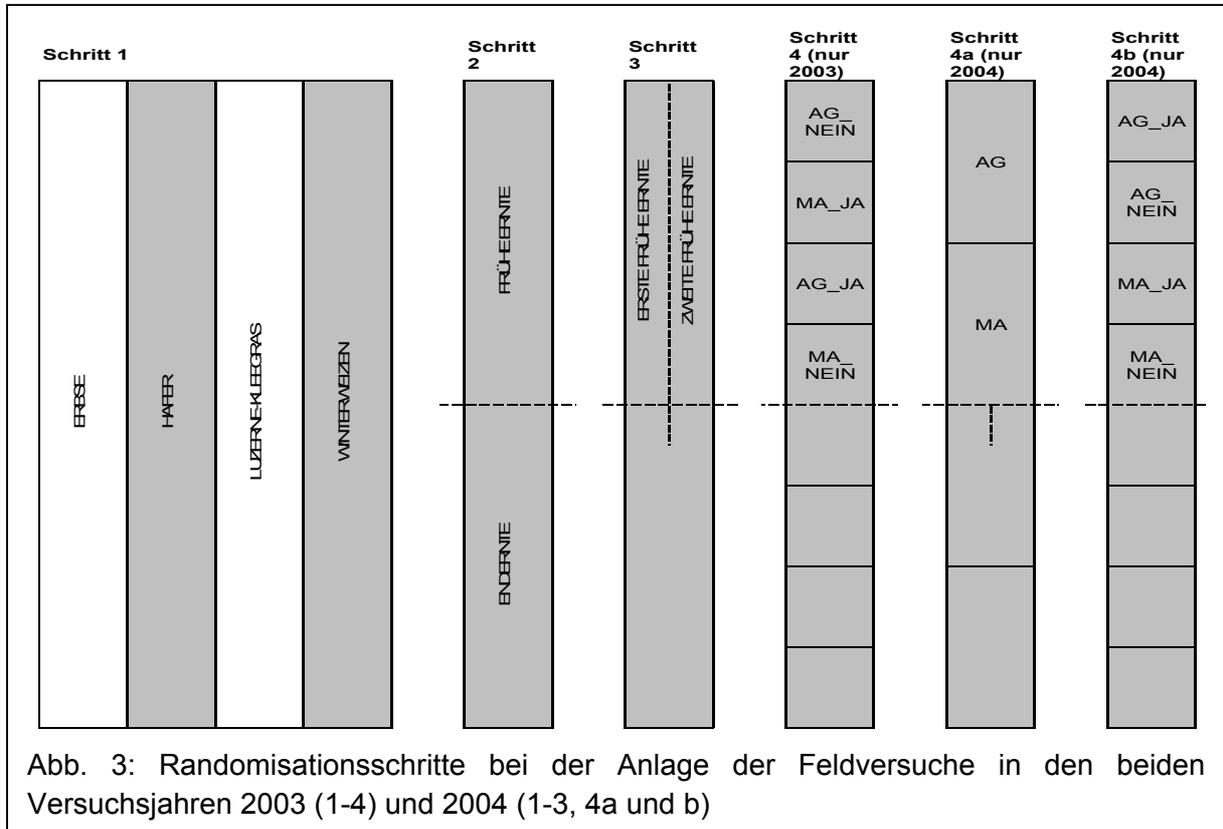


Abb. 3: Randomisationsschritte bei der Anlage der Feldversuche in den beiden Versuchsjahren 2003 (1-4) und 2004 (1-3, 4a und b)

Die Knollen für die vorgekeimte Behandlung wurden in Vorkeimkisten (600*400*90 mm; Firma Bekuplast, Ringe) in Lagen von zwei, maximal drei Knollen übereinander bei Dauerbelichtung aufgestellt. Nach einem 2-3-tägigen Wärmestoß (15-20 °C) standen die Kisten für die folgenden 5 bis 6 Wochen bei 10 bis 15 °C, um schließlich, ab 2 Tage vor dem Legen, tagsüber den außen vorherrschenden Temperaturen (Akklimatisierung) ausgesetzt zu werden. Das nicht vorzukeimende Pflanzgut war während des gesamten Zeitraumes in einem dunklen, 8-10 °C kühlen Keller gelagert. Das Pflanzgut war stets sehr eng sortiert (40-50mm). Die Vorsortierung diente auch der Auslese mangelhafter Pflanzknollen. Der Tabelle 2 sind weitere wichtige Details zu Standort und Versuchsdurchführung zu entnehmen.

Tab. 2. Standortfaktoren und Versuchsdurchführung 2003 und 2004 (Vorfrucht-Versuch)

Jahr	2003	2004
Bodenart	Ut3	Ut3
Bodenpunkte	75	75
Vor-Vorfrucht	Sommergerste	Sommergerste
Bodenbearbeitung	Grubber (nach Drusch); Kreiselegge vor Einsaat der Vorfrüchte	Grubber (nach Drusch); Kreiselegge vor Einsaat der Vorfrüchte
pH-Wert	6,6	6,8
N _t [% TM] (0-30 cm)	0,12	0,14
K ₂ O [mg/100g] CAL (0-30 cm)	11,8 (zum Auflaufen)	9,4 (zum Auflaufen)
Düngung	-	-
Pflanzenschutz	Neem Azal [®] / Novodor [®]	Neem Azal [®]
Beizung	nein	nein
Pflanztermin	24. April	22. April
Pflegemaßnahmen	2x Häufeln + 1x Handhacke	2x Häufeln + 1x Handhacke
Phytophthora- Befallsbeginn	-	17. Juli
Beregnung	nein	nein
Ernte	18. September	17. September

2.2.1.2 K-Versuch

Auf dem Betrieb Meierhof Schreiber wurde in den Jahren 2003 und 2004 ein zweifaktorieller Feldversuch als Spaltanlage mit den Faktoren Düngung (Großteilstück) und Sorte (Agria und Marlen) in vierfacher Wiederholung angelegt (Tab. 3). Der Versuch wurde zweifach angelegt, wobei der eine Block zu Ende der Blüte (Zeiternte; ZE), der andere nach Abreife der Kartoffeln (Haupternte; HE) beerntet wurde. Die Parzellen waren sechsreihig (16 Stauden pro Reihe; HE) bzw. vierreihig (10 Stauden pro Reihe; ZE) bei einem Reihenabstand von 0,75 m und einem Abstand in der Reihe von 34 cm. In die Beprobung und Auswertung wurden lediglich die Kernparzellen (ZE = 20 Stauden; HE = 64 Stauden) einbezogen. Die Zwischenfrucht Ölrettich – Inkarnatklée wurde am Tag der Düngung (s. Tab. 5) eingefräst und noch am selben Tag gepflügt. Die Pflanzbettbereitung wie auch das Legen der Kartoffeln erfolgte mit einer Kreiselegge. Die Fläche der Brutto-Düngungsgrößteilstücke betrug 100,8 m², die der Kleinteilstücke 24,3 m².

Die Bemessung der zu düngenden Menge Stallmist (dt/ha) richtete sich nach dem auf einem lehmigen Sand zu erwartenden Ertragsniveau und dem K-Gehalt des Stallmistes. Zu Beginn der Vegetationsperiode wurden Stallmistproben genommen und auf wichtige chemische Parameter untersucht (Tab. 4). Die gleichzeitige Bodenprobenahme diente der Quantifizierung des pflanzenverfügbaren K_{CAL} im Boden, sowie des mineralisierten NO₃-N. Zum Auflaufen der Kartoffeln, zur Blüte, zur Zeiternte und Haupternte wurden weitere Bodenproben gezogen. Um die zusätzliche N-Wirkung des Stallmistes zu kompensieren, wurde eine kombinierte Gabe aus Kaliumsulfat und Horngrieß, einem organischen, im Ökologischen Landbau zugelassenen N-Dünger (14 % N) in den Versuch integriert. Die reine

Horngrießvariante diente der Quantifizierung des N-Effektes aus dem Horngrieß in der kombinierten Düngergabe (KSHG). Die fünfte Variante war eine Kontrolle, die *ceteris paribus*, jedoch ohne Düngung geführt wurde. Die mineralische K- Düngung (Kaliumsulfat) wurde an die Stallmistvariante angepasst, so dass mit den Varianten SM, KS und KSHG jeweils gleiche Mengen an Kalium ausgebracht wurden. Die Dünger wurden in beiden Jahren am Tag der Ausbringung mit einer Fräse eingearbeitet. Das Pflanzgut war stets vorgekeimt.

Tab. 3. Faktorstufen im K-Düngungsversuch

Tab. 4. Stallmist: Nährstoffgehalte und –mengen (K-Versuch)

Düngung	Abk.		2003	2004
Stallmist	SM	% TM	33,4	17,7
Kaliumsulfat	KS	N (% TM)	1,30	2,06
Kaliumsulfat + Horngrieß	KSHG	P (% TM)	0,32	0,55
Horngrieß	HG	K (% TM)	1,75	3,09
Kontrolle	KON	C/N	24	19
		N (kg/ha)	130	146
		P (kg/ha)	32	39
		K (kg/ha)	175	217
Sorte		Düngung	11. April	14. April
Agria	AG	Legetermin	22. April	20. April
Marlen	MA			

Tabelle 5 sind weitere wichtige Details zur Versuchsdurchführung zu entnehmen.

Tab. 5 Standortfaktoren und Versuchsdurchführung 2003 und 2004 (K-Versuch)

	2003	2004
Bodenart	IS	IS
Bodenpunkte	49	46
Vorfrucht	2-jähriges Klee gras	Sommerweizen (ZF Ölrettich-Inkarnatklees)
Bodenbearbeitung	2 x Hacken und Häufeln; 1x Handhacke	2 x Hacken und Häufeln; 2x Handhacke
pH-Wert	5,6	5,7
NO₃-N [mg/kg TM] (0-30 cm)	8,5	1,6
N_t [% TM] (0-30 cm)	n.e.	n.e.
K₂O [mg/100g] CAL (0-30 cm)	13,7	9,4
Düngung	siehe Tab. 3	siehe Tab. 3
Vorkeimen	ja	ja
Beizung	nein	nein
Pflanztermin	22. April	20. April
Pflegemaßnahmen	Hacken und Häufeln	Hacken und Häufeln
Phytophthora- Befallsbeginn	-	6. Juli
Ernte	15./16. September	8./9. September

2.2.2 FAL, Institut für ökologischen Landbau

Der Klee grasmanagementversuch auf dem Versuchsgut Lindhof wurde in 2003 als zweifaktorielle und in 2004 als dreifaktorielle split-plot-Anlage in 4-facher Wiederholung durchgeführt. Es wurden Rotklee grasbestände in Gerstenganzpflanzensilage etabliert und im folgenden Jahr, innerhalb der Blöcke randomisiert, verschiedenen Nutzungsformen unterzogen. Diese Großparzellen wurden im darauffolgenden Frühjahr gesplittet und zum Anbau für zwei unterschiedliche Kartoffelsorten (Agria und Marlen) verwendet. Die Versuchsfläche betrug 2217,6 m², welches abzüglich der Wege einer Parzellengröße von 70,62 m² entspricht. Aufgrund des verspäteten Projektbeginns konnte der Faktor Gülledüngung in dem Versuchsjahr 2003 nicht berücksichtigt werden, wurde aber in 2004 durchgeführt, wodurch sich die Parzellengröße halbierte. Außerdem wurde im Jahr 2004 eine zusätzliche Nutzungsvariante geprüft.

Für die überjährigen Rotklee gras-Bestände wurden Rotklee (*Trifolium pratense* L. cv. Pirat) und Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne* L. cv. Fennema) in einem Saatmischungsverhältnis von 8/15 kg/ha verwendet. In Tabelle 6 sind die Versuchsfaktoren dargestellt.

Tab. 6: Faktoren und Faktorstufen des Klee grasmanagementversuchs

Faktor	Faktorstufe
1. Klee/Gras-Nutzungssystem	1.1. Schnittgutabfuhr (3 Schnitte)
	1.2. Schnittgutabfuhr (2x)+Gründüngung (1x)
	1.3. Gründüngung 1 (3xMulchen)
	1.4. Gründüngung 2 (1X Mulchen) ^{x1}
2. Kartoffelsorte	2.1. Agria
	2.2. Marlen
3. Versuchsjahr	3.1. 2003 (Erntejahr Kartoffel)
	3.2. 2004 (Erntejahr Kartoffel)
4. Gülledüngung (75 kg N/ha)^{x1}	4.1. mit
	4.2. ohne

^{x1}nur 2004

Die Bewirtschaftung der Rotklee gras-Bestände erfolgte bei der Schnittnutzung mit einem Kreiselmäher, wobei auf ca. 5 cm Stoppelhöhe gemäht und das Aufwuchsmaterial von der Fläche entfernt wurde. Beim Mulchen wurde mit einem Schlegelmäher auf gleicher Höhe gemäht und das Grüngut auf der Fläche gelassen. Die Bewirtschaftung wurde immer zeitgleich zu drei Terminen durchgeführt: Ende Mai, Anfang Juli und Ende August. Eine Ausnahme bildet die Nutzungsvariante des einmaligen Mulchens, bei der nur Ende August eine Bewirtschaftung erfolgte.

Im Frühjahr wurden die Rotklee gras-Bestände mittels mehrmaligem Fräsen und Pflugfurche umgebrochen. Aufgrund des steinigen Bodens des Versuchsstandortes Lindhof wurde vor dem Pflanzen eine Beetentsteinung (Spurbreite 1,65 m) vorgenommen, bei der Steine und

Kluten in den Furchen abgelegt werden, die sich zwischen den steinfreien Beeten unter den Schlepperspuren befinden.

Die Güllendüngung im Jahre 2004 erfolgte anschließend in Form von betriebseigener Rindergülle (75 kg N/ha) mittels Schleppschlauchtechnik. Danach wurden die vorgekeimten Kartoffeln (Technik siehe Tab. 7) mit einem Reihenabstand von 0,75 m gepflanzt.

Tab. 7: Arbeitsschritte beim Vorkeimen nach Karalus (2003)

1.	Einfüllen der Knollen in Vorkeimkisten 4-6 Wochen vor dem angestrebten Pflanztermin
2.	Pflanzknollen erhalten Wärmestoß von 18-20 °C über 2-3 Tage
3.	Absenken der Temperatur auf 10-12 °C
4.	Beim Sichtbarwerden der Keime 8-10 h pro Tag belichten (Tages- oder Kunstlicht)
5.	Luftfeuchtigkeit max. 70-80 %
6.	Am Ende der Vorkeimperiode auf 5-6 °C absenken (Pflanzgut abhärten)
7.	Vor dem Auspflanzen Knollentemperatur wieder auf 10-15 °C erhöhen

Die weitere Bewirtschaftung der Versuchsflächen (Unkrautregulierung, Düngung, Pflanzenschutzmassnahmen) wurde je nach Bedarf betriebsüblich durchgeführt. Einen Überblick über alle wichtigen Standortfaktoren, sowie Bewirtschaftungen der Kartoffeln gibt die Tabelle 8.

Tab.8: Standortfaktoren und Bewirtschaftungen zum Klee grasmanagementversuch

Klee grasmanagement Lindhof		
Jahr	2003	2004
Bodenart	sL	IS
Bodenpunkte	40-45	40-45
Vorfrucht	Klee gras (siehe Tab. 6)	Klee gras (siehe Tab. 6)
Bodenbearbeitung	Pflug, Frühjahrsumbruch, Beetentsteinung	Pflug, Frühjahrsumbruch, Beetentsteinung
pH-Wert	5,5	6,0
NO ₃ -N [mg/kg TM] (0-30 cm)	14,6 (im Ø der Nutzungssys.)	16 (im Ø der Nutzungssyst.)
N _t [% TM] (0-30 cm)	0,13 (im Ø der Nutzungssys.)	0,13 (im Ø der Nutzungssys.)
K ₂ O [mg/100g] CAL (0-30 cm)	6,8 (zur Pflanzung)	8,8 (zur Pflanzung)
Düngung	120 kg/ha K ₂ O (9. Mai)	120 kg/ha K ₂ O (4. März)
Pflanzenschutz	2x Kupfer (Σ1,2 kg/ha)	1x Kupfer (600g/ha)
Vorkeimen	ja	ja
Beizung	nein	nein
Pflanztermin	22. April	28. April
Pflegemaßnahmen	3x Rollhacke, 1x häufeln	2x Rollhacke, 1x häufeln
<i>Phytophthora</i> - Befallsbeginn	09. Juli	10. Juli
Beregnung	nein	nein
Ernte	17. September	15. September

Der Beregnungsversuch auf dem Biolandbetrieb Wulksfelde wurde in den Jahren 2003 und 2004 als dreifaktorielle Versuchsanlage in 4-facher Wiederholung angelegt. Innerhalb der

Blöcke randomisiert wurden zunächst zwei Düngungsvarianten mit betriebseigenem Rinderstallmist, der von Hand in den Parzellen verteilt und anschließend eingefräst wurde. Eine ungedüngte Variante diente als Kontrolle. Die Nährstoffgehalte des Stallmistes sind in Tab.9 dargestellt.

Tab. 9: Nährstoffgehalte des Stallmistes in 2003

Jahr	TM [%]	N _t [% FM]	P ₂ O ₅ [% TM]	K ₂ O [% TM]	C/N-Verhältnis
2003	20,2	0,53	1,15	5,41	14,5

Die Großparzellen wurden zur Pflanzung wiederum gesplittet und zum Anbau für zwei verschiedene Sorten (Agria und Marlen) verwendet. Die Versuchsfläche betrug 1989,3 m² mit Parzellengrößen von 31,5 m². Zur Durchführung der Beregnung wurde die Versuchsfläche in zwei Hälften geteilt. Zur Beregnung wurde ein Düsenwagen der Firma IRRIMEC eingesetzt. Die Einzugsgeschwindigkeit wurde dabei so eingestellt, dass eine exakte Beregnungsmenge gleichmäßig ausgegeben werden konnte. Tabelle 10 zeigt alle Versuchsfaktoren mit den Faktorstufen.

Tab.10: Faktoren und Faktorstufen des Beregnungsversuches

Faktor	Faktorstufe
1. Beregnung^{x1}	1.1. mit (5.07., 12.07., 19.07., 26.07.03 à 30mm= Σ 120 mm)
	1.2. ohne
2. Stallmistdüngung	2.1. Kontrolle (N ₀)
	2.2. 80 kg N/ha
	2.3 150 kg N/ha
3. Kartoffelsorte	3.1 Agria
	3.2 Marlen
4. Versuchsjahr	4.1. 2003 (Erntejahr Kartoffel)
	4.2. 2004 (Erntejahr Kartoffel)

^{x1}keine Beregnung in 2004

Zur Entscheidung, wann Beregnungen durchgeführt werden sollten, wurde in Abständen der Wassergehalt des Bodens überprüft. In 2004 diente zusätzlich die Beregnungsberatung „AMBER“ des DWD mit täglichen Angaben der nutzbaren Feldkapazität und dem Wasserdefizit in der Vegetationsperiode zur Abschätzung der Beregnungsnotwendigkeit. Aufgrund der feuchten Witterungsverhältnisse konnte im Jahr 2004 keine Beregnung durchgeführt werden, so dass dieser Faktor ausfiel und am Ende nur die Hälfte des Versuches beerntet wurde.

Die Pflanzung der vorgekeimten Kartoffeln (Technik siehe Tab. 7) erfolgte in einem üblichen Reihenabstand von 0,75 m. Einen Überblick über alle wichtigen Standortfaktoren und Bewirtschaftungen der Kartoffeln gibt die Tabelle 11.

Tab. 11: Standortfaktoren und Bewirtschaftungen zum Beregnungsversuch

Beregnungsversuch Wulksfelde		
	2003	2004
Bodenart	IS	IS
Bodenpunkte	28	35-40
Vorfrucht	Klee gras (Schnitt)	Klee gras (Schnitt)
Bodenbearbeitung	Pflug, Frühjahrsumbruch	Pflug, Frühjahrsumbruch
pH-Wert	5,4	5,4
NO₃-N [mg/kg TM] (0-30 cm)	9,6	3,9
N_t [%] (0-30 cm)	0,18	0,11
K₂O (mg/100g)CAL (0-30 cm)	3,2 (zur Pflanzung)	4,5 (zur Pflanzung)
Düngung	180 kg/ha K ₂ O (9. Mai) Stallmistdüngung (s.Tab.10)	180 kg/ha K ₂ O (Mai) Stallmistdüngung (s. Tab. 10)
Pflanzenschutz	4x Kupfer (Σ2,1 kg)	5x Kupfer (Σ2,64 kg/ha)
Vorkeimen	ja	ja
Beizung	nein	nein
Pflanztermin	16. Apr	21. Apr
Pflegemaßnahmen	4x häufeln/striegeln	4x häufeln/striegeln
Phytophthora- Befallsbeginn	01. Jul	10. Jul
Beregnung	ja (siehe Tab. 10)	nein
Ernte	10. Sep	07. Sep

2.2.3 Beide Projektpartner

Auf den drei Standorten Wulksfelde, Lindhof und Frankenhausen wurden in beiden Versuchsjahren einfaktorielle Feldversuche mit 12 verschiedenen nach der Beschreibenden Sortenliste des BUNDESSORTENAMTES (2003) zur industriellen Verarbeitung (Pommes frites und Chips) geeigneten Kartoffelsorten durchgeführt. Die sehr frühen und frühen Sorten wurden in einem eigenen Block angelegt, ebenso wie die mittelfrühen und mittelspäten Sorten. Auf den beiden norddeutschen Standorten wurde zusätzlich die 4°C-Sorte Sempra geprüft. Da die Sorte Diana im Jahr 2004 von den Erzeugern nicht zu beziehen war, wurde anstatt dessen die 4°C-Sorte Verdi angebaut. Tabelle 12 zeigt das Sortenspektrum auf den drei Versuchsstandorten.

Tab. 12: Sortenspektrum auf den unterschiedlichen Versuchsstandorten

Sorte	Verarbeitung zu Chips	Verarbeitung zu Pommes	Reifegruppe	Standort 1: Biolandbetrieb Wulksfelde	Standort 2: Versuchsgut Lindhof	Standort 3: Domäne Frankenhausen
Premiere		x	sehr früh.	X	X	X
Velox		x	sehr früh.	X	X	X
Camilla		x	früh	X	X	X
Carmona	x	x	früh	X	X	X
Delikat		x	früh	X	X	X
Diana	x		früh	nur 2003	nur 2003	nur 2003
Agria		x	mittelfrüh	X	X	X
Freya		x	mittelfrüh.	X	X	X
Marlen	x		mittelfrüh	X	X	X
Sempra	x		mittelfrüh	X	X	
Verdi	x		mittelfrüh	nur 2004	nur 2004	
Marena		x	mittelspät-spät	X	X	X
Saturna	x		mittelspät-spät	X	X	X
Sonate		x	mittelspät-spät	X	X	nur 2004

Die vorgekeimten Kartoffeln wurden auf den Standorten Wulksfelde und Frankenhausen in 0,75 m Reihenabstand gepflanzt. Die Versuchsfläche auf dem Gut Wulksfelde umfasste im Jahr 2003 1423,8m² (Parzellengröße 18m²), auf dem Versuchsgut Lindhof 1454,3m² (Parzellengröße 19,8m²) und auf der Staatsdomäne Frankenhausen in beiden Jahren 1632 m² (Parzellengröße 20,4 m²). Aufgrund der Erfahrungen aus dem ersten Versuchsjahr, dass das Probenmaterial bei ertragsschwächeren Sorten bedingt durch die lang anhaltende Trockenperioden kaum ausreichte, wurden die Parzellen im Jahr 2004 auf 36,0 m² beim Gut Wulksfelde und 26,4 m² auf dem Standort Lindhof vergrößert. Die weitere Bewirtschaftung der Versuchsflächen erfolgte nach ortsüblichen Gegebenheiten und wird in der Tabelle 13 gemeinsam mit den wichtigsten Standortfaktoren dargestellt.

Tab.13: Standortfaktoren und Bewirtschaftungen zu den Sortenversuchen

Sortenversuche						
Standort	Wulksfelde		Lindhof		Frankenhausen	
Jahr	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Bodenart	IS	IS	sL	sL	Ut3	Ut3
Bodenpunkte	28	35-40	40-45	40-45	80	75
Vorfrucht	Kleegras (Schnitt)	Kleegras (Schnitt)	Hafer	Erbsen	Winterroggen	Winterweizen
Zwischenfrucht/ Bodenbearbeitung	Pflug, Frühjahrs- umbruch	Pflug, Frühjahrs- umbruch	Gelbsenf eingearbeitet	Senf/Perser- klee eingearbeitet	Blaue Lupine/Pha- celia; Pflug (Februar)	Blaue Lupine/Pha- celia; Pflug (Dezember)
pH-Wert	5,5	5,4	6,0	6,1	7,3	6,8
NO ₃ -N [g/kg TM] (0-30 cm)	6,7	2,5	18,5	13,7	8,7	11,3
N _t [% TM] (0-30 cm)	0,17	0,11	0,13	0,13	0,14	0,13
K ₂ O[mg/100g] CAL (0-30 cm)	2,8 (zur Pflanzung)	4,8 (zur Pflanzung)	12,5 (zur Pflanzung)	8,5 (zur Pflanzung)	7,2 (zum Auflaufen)	10,2 (zum Auflaufen)
Düngung	180 kg/ha K ₂ O (9.5.03)	180 kg/ha K ₂ O (Mai 04)	120 kg/ha K ₂ O (9.5.03)	120 kg/ha K ₂ O (4.3.04)	nein	nein
Pflanzenschutz	4x Cu (Σ 2,1 kg/ha)	5x Cu (Σ 2,64 kg/ha)	2x Cu (Σ 1,2 kg/ha)	1x Cu (Σ 600g/ha)	nein	nein
Vorkeimen	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Beizung	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Pflanztermin	16. April	21. April	22. April	26. April	16. April	16. April
Pflegemaß- nahmen	4x häufeln/ striegeln	4x häufeln/ striegeln	3xRollhacke, 1xhäufeln	2xRollhacke, 1xhäufeln	3x Hacken und Häufeln	3x Hacken und Häufeln
Phytophthora- Befallsbeginn	01. Juli	27. Juni	02. Juli	10. Juli	-	-
Beregnung	ja (Σ 120mm)	nein	nein	nein	-	-
Ernte	10. Sept.	07. Sept.	17. Sept.	16. Sept.	19. Sept.	10. Sept.

2.3 Probenahme und Untersuchungen

2.3.1 FÖL (Universität Kassel)

Der Zwischenfruchtaufwuchs (oberirdische Biomasse) wurde erhoben, eine Unterprobe (ca. 500 g) vor und nach dem Trocknen (60 °C) gewogen, um den TS-Gehalt zu ermitteln. Die Proben wurden gemahlen (0,5 mm) und bis zur Analyse auf Gesamt-N in einem Exsikkator aufbewahrt. Zum Termin der Probenahme im Feld wurden auch Bodenproben horizontweise auf 0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe mit einem Pürkhauer Bohrstock gezogen. Die Proben wurden zunächst in Kühlboxen gekühlt und anschließend bei -17 °C tiefgefroren aufbewahrt. Eine weitere Bodenprobenahme erfolgte in den mehrfaktoriellen Feldversuchen im Anbaujahr der Nachfrucht Kartoffeln zu Vegetationsbeginn im April und nach Auflaufen der Kartoffeln Ende Mai. Jeweils zu den Zeiternten und nach Abreife/Absterben der Bestände. Unmittelbar vor der Ernte wurden wiederum Bodenproben gezogen, während der Vegetation nur bis auf 60 cm Tiefe.

Zu den jeweiligen Zeiternten wurden in den Kernparzellen der Versuche (Vorfrucht und K-Düngung) der Biomasse-Aufwuchs der Kartoffelpflanzen (Kraut) geschnitten, gewogen und getrocknet (60 °C) und in der Folge gemahlen (0,5 mm) und bis zur N-Analytik im Exsikkator verwahrt. Zur Ernte war das Kraut der Kartoffelpflanzen gänzlich abgestorben, daher liegen für diesen Termin keine Daten zur Biomasse vor.

Die Ernte der Kartoffeln fand im Vorfrucht-Versuch zum BBCH 65 und 69, im K-Versuch zum Stadium BBCH 69 und – bei beiden Versuchen – nach Abreife der Bestände (BBCH 99) statt. Die Beprobung der Parzellen wurde zu den Zeiternten an 32 (VF-Versuch), bzw. 20 Stauden (K-Versuch), zur Ernte an 64 Stauden pro Parzelle (beide Versuche) vorgenommen. Nach den Zeiternten bzw. einer 2-wöchigen Wundheilungsphase (Ernte) wurden die Knollen gewogen, gezählt und sortiert. Aus den erhobenen Knollengrößenfraktionen wurden die Erträge/Anteile (Masse und Zahl) der Sortierungen < 40, 40-50, 50-60 und > 60 mm berechnet. Aus der marktfähigen Ware (> 40 mm) wurden Unterproben für die Laboranalytik im FÖL, sowie für die Rohstoffanalyse und Weiterverarbeitung an der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittel und Ernährung in Detmold abgepackt. Die Restproben wurden in Raschelsäcken für die anschließende Lagerung am KTBL zurückgestellt. Die Lieferung an die BFEL und das KTBL erfolgte unmittelbar an das Abpacken der Proben.

Der Trockensubstanz-Gehalt des Kartoffel-Krautwuchses wurde anhand von Unterproben (ca. 500 g) bestimmt. Diese Proben wurden mit einer Pulverisette No. 19 Labor-Schneidmühle (FA. FRITSCH, Idar-Oberstein) gemahlen und Unterproben von 1 g (auf 4 Dezimalstellen) in einem HERAEUS Thermicon-T-Muffelofen (ELEMENTAR-ANALYSESYSTEME, Hanau) bei 550°C 8 Stunden lang trocken verascht. Anschließend wurde 32 %-ige HCL zugefügt und die Lösung über Nacht stehen gelassen. Die Proben wurden in ein Laborgefäß überführt und auf 100ml mit destilliertem Wasser aufgefüllt, um dann durch ein 615 ¼ (MACHEREY & NAGEL, Düren) Filterpapier in ein 100ml Polyethylen-Fläschchen zu passieren. Der Gesamt-Stickstoffgehalt wurde mittels eines Macro-N-Autoanalyzers (ELEMENTAR-ANALYSESYSTEME, Hanau) bestimmt.

Knollen-Unterproben (20 Knollen >40 mm) pro Parzelle wurden mit einer Dit-TRS-Haushaltsmaschine (DITO ELECTROLUX Co., Herborn) zu Würfeln von 1 cm³ verarbeitet und der TS-Gehalt gravimetrisch durch Wiegen vor und nach dem Trocknen (70 °C für 2,5 Tage)

bestimmt. Unmittelbar nach dem Trocknen wurden die zerkleinerten Knollen-Proben gemahlen (0,5 mm) und in einem trockenen, kühlen und dunklen Ort bis zur weiteren Analyse gelagert. Der Knollen-TS-Ertrag wurde errechnet, indem der Frischmasse-Knollenertrag mit der Knollen-TS (%) multipliziert und durch einhundert geteilt wurde.

Die N-Aufnahme durch Kraut und Knollen wurde durch Multiplikation des TS-Ertrages mit dem N-Gehalt (i. d. TS) von Kraut bzw. Knollen bestimmt.

Zur Bestimmung des mineralisierten Nitrat-Stickstoff im Boden wurden 2 x 50 g aufgetauter Boden (auf 5 mm gesiebt) in 250 ml Polyethylen-Flaschen 1h lang mit je 200 ml 1 % K_2SO_4 ausgeschüttelt und über MN 615 $\frac{1}{4}$ Faltenfilter filtriert. Von jedem Filtrat wurden 2 x 10 ml zur NO_3-N Messung verwendet. Der TS-Gehalt des Bodens wurde anhand von je 100 g Frischsubstanz pro Probe bestimmt.

Der restliche, gesiebte Boden der Profile 0-30 und 30-60 cm wurde bei 30 °C in großen Aluminiumschalen luftgetrocknet. Nach feinem Sieben (ca. 2 mm) wurden 150-200 g in Papiertütchen abgefüllt, um die pflanzenverfügbaren Nährstoffe im Boden „nach Auflaufen“ zu messen. 20 g Boden einer Probe, mit 50 ml 0,01m $CaCl_2$ -Lösung 0,5 Stunden ausgeschüttelt und über Nacht stehen gelassen diente der Bestimmung des pH-Wertes mittels eines Titran Line alpha TM pH-Meters.

Pflanzenverfügbare Phosphor sowie Kalium wurden in 5 g Boden nach Aufschluss mit 100 ml Calcium-Acetat-Lactat-Lösung und 90-minütigem Schütteln gemessen. Die P-Bestimmung erfolgte anhand von 10 ml Filtrat (27 ml Messlösung) spektro-photometrisch (UV-1602, SHIMADZU Co. Kyoto), die K-Bestimmung (10 ml Filtrat) unverdünnt über Atomabsorptionsspektroskopie (AAS; ATI UNICAM 939, Colchester). Verfügbares Magnesium wurde ebenfalls per AAS nach Aufschluss mit 0,0125m $CaCl_2$ gemessen.

2.3.2 FAL, Institut für ökologischen Landbau

Als Datenbasis bei dem Kleegrasmanagementversuch wurde zur Ermittlung des Rotkleegras-Gesamtertrages bzw. der potentiell erntbaren Sprossmasse der gemulchten Bestände in der Vorfruchtperiode zu den Nutzungsterminen eine Unterprobe von 0,25 m² in 4-facher Wiederholung je Nutzungssystem entnommen. Das Pflanzenmaterial wurde dann in die Bestandskomponenten Klee und Gras fraktioniert. Zur Bestimmung der auf der Fläche verbleibenden Ernterückstände wurde im Herbst (18.10.02, 20.10.03) zusätzlich auf einer Fläche von 0,25 m² die oberirdische Biomasse der Rotkleegras-Residuen, welche sich aus Sprossmaterial des letzten Aufwuchses, den mit einem Funiermesser entfernten Stoppeln und im Fall gemulchter Bestände aus Altmulch zusammensetzt, erhoben. Von den freigeräumten Flächen wurden danach Wurzelproben mittels eines Wurzelbohrers (Durchmesser 8 cm, Fa. EIJKELKAMP) in einer Tiefe von 0-30 cm entnommen. In einer Wurzelwaschanlage wurden die Wurzeln mit Hilfe von Druckluft und Wasserstrahlen ausgewaschen und in einem 1 mm-Sieb aufgefangen. Alle Pflanzenproben wurden bei 65°C mindestens 20 h getrocknet und mit einer TECATOR-Mühle auf 1 mm gemahlen. Um den Stickstoff-Gehalt und das C/N Verhältnis zu bestimmen wurden die Proben mit dem Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie-Verfahren (NIRS-Gerät 5000, Fa. FOSS) gemessen. Die Reflexionswerte wurden mit dem Programmpaket WINISI (FA. INFRASOFT INTERNATIONAL) ausgewertet. Die Kalibrierung wurde mit Hilfe von Werten aus dem C/N-Analyser Vario Max CN (Fa. ELEMENTAR ANALYSENSYSTEME) nach der DUMAS-Methode vorgenommen. Die Bestimmung der Aschegehalte erfolgte nach Veraschung im Muffelofen bei 550°C.

Bei dem Beregnungsversuch wurde der betriebseigene Rinderstallmist vor der Pflanzung der Kartoffeln auf seinen Stickstoffgehalt nach KJELDAHL analysiert.

Zur Bestimmung des Gehaltes an Gesamtstickstoff (N_t), mineralisch bzw. leicht pflanzenverfügbar organisch gebundenen Stickstoff (N_{min} und N_{org}) wurden auf allen Versuchsflächen im April 2003 bzw. 2004 zur Standortkennzeichnung Bodenproben mit einem Pürkhauer Bohrstock blockweise in 30 cm Tiefenabschnitten (0-30, 30-60 und 60-90 cm) entnommen. Zusätzlich zu dieser ersten Probenahme wurde nach dem Auflaufen der Pflanzen eine zweite Bodenprobenahme in den verschiedenen Blöcken durchgeführt. Weitere Bodenprobenahmen fanden in den Tiefenstufen 0-30 cm und 30-60 cm in den einzelnen Parzellen auf allen Versuchsflächen zum Zeitpunkt der Zwischenernte und zur Endernte statt. Je Parzelle wurden dabei 3 Einstiche an repräsentativen Stellen entnommen, entsprechend der Tiefenstufen zu einer Mischprobe vereint, in Gefrierbeutel gefüllt und bis zum Einfrieren bei -25°C zur Unterbindung der Mineralisation in Kühlboxen verwahrt. Zur Extraktion wurden die Proben langsam bei 4°C aufgetaut, homogenisiert (Bodenmühle, Fa. FRITZMEIER) und feldfeucht mit einer 0,0125m CaCl₂-Lösung versetzt (Verhältnis Boden zu Extraktionslösung 1:4). Bis zur Messung der Gehalte an NO₃⁻, NH₄⁺ und N_{ges} mit dem Autoanalyser (Traacs 800, Fa. BRAUN & LUEBBE) wurden die Extrakte wieder bei -25°C eingefroren. Der Gehalt des leicht pflanzenverfügbaren, organisch gebundenen Stickstoff (N_{org}) errechnet sich aus:

$$N_{org} = N_{ges} - NO_3 - NH_4$$

Etwa 8 Wochen nach Pflanzung der Kartoffeln (Ende Juni-Anfang Juli, BBCH 65) wurde auf den Versuchsflächen eine Zeiternte durchgeführt, bei der in jeder Parzelle (im Beregnungsversuch 2004 wegen der aufgrund der Witterung nicht notwendigen Beregnung nur auf die Hälfte der Parzellen) 10 Pflanzen gerodet. Gleichzeitig wurde die Anzahl an

Knollen und Stängel pro Pflanze, sowie das Gesamtgewicht der oberirdischen Pflanzenteile und der Knollen erfasst. Aus diesen Parametern konnte der Rohertrag, die Knollenanzahl/m², die Einzelknollenmasse und die Stängeldichte/m² rechnerisch ermittelt werden. Außerdem wurde von einer Unterprobe der Knollen (Trocknung bei 105 °C) und des Krautes (Trocknung bei 60 °C) gravimetrisch der Trockenmassegehalt bestimmt und für weitere Laboruntersuchungen aufbewahrt.

In der Vegetationsperiode wurde bis zum Absterben des Krautes wöchentlich das EC Stadium (nach BBA 1980) und der Befall mit *Phytophthora infestans* (BBA Boniturschema 1988) in den einzelnen Parzellen aufgenommen. Zum Vergleich der verschiedenen Varianten wurde aus den Befallsdaten über die Boniturtermine eine Befallskurve bzw. die Fläche unter der Befallskurve nach folgender Formel berechnet (SHANER et al., 1977):

$$FUDB = \sum_i^n (x_{i+1} + x_i / 2) * (t_{i+1} - t_i)$$

x_i = %befallene Blattfläche bei der i-ten Bonitierung
 t_i = Zeit (Tage) bei der i-ten Bonitierung

Die FUDB- Werte haben die Einheit „Prozent-Tage“.

Die Ernte der Kartoffeln fand im September bei Schalenfestigkeit mit einem zweireihigen Schwadleger (Wulksfelde: Fa. FARMFORCE, Lindhof: RL-1500, Fa. GRIMME) statt. Dabei wurden alle Kartoffeln aus den Erntereihen der Parzellen aufgesammelt und in luftdurchlässige Säcke „Raschelsäcke“ verpackt. Nach 2-3 Wochen dunkler Lagerung bei Frischluftzufuhr und ca. 15 °C zur Wundheilung erfolgte die Sortierung. Zuerst wurde dabei das Gesamtgewicht der Knollen pro Parzelle erhoben, dann eine Probe von 25 Knollen zur späteren Bonitur (*Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies*) entnommen. Die restlichen Kartoffeln wurden in der Sortiermaschine (SET 604 CK, Fa. SKALS) nach den 4 Fraktionen < 40, 40-50, 50-60, > 60 mm sortiert. Jede Fraktion, sowie aussortierte Abfallkartoffeln wurden gewogen. Danach erfolgte die Mischung der marktfähigen Ware (d.h. alle Knollen > 40 mm) sowie Verpackung und Abtransport eines Teils der Kartoffeln für die Weiterverarbeitung in der BFEL Detmold. Die restlichen Kartoffeln wurden Mitte Oktober 2003 bzw. 2004 zur KTBL-Versuchsstation für Kartoffeltechnik in Dethlingen gebracht und in einem Kartoffellager (Versuchslager mit einem Einzelkammerlagervolumen von 52 m³, Außenluftbelüftungssystem und Luftkühler, Fa. GAUGELE GMBH) bei 8 °C in Kisten eingelagert. Eine Ausnahme bildeten die beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi, die bei 4 °C in der Kartoffellagerhalle des Lindhofes eingelagert wurden. Nach einer etwa 4-monatigen Lagerung erfolgte in beiden Jahren Mitte Februar die Auslagerung der Kartoffeln. Dabei wurden zur Beschreibung der Keimung zum Einen Keimlängenklassen von 1-9 (siehe Anhang) nach der Richtlinie zur Prüfung auf Schwarzfleckigkeitsneigung an Kartoffelsorten des BUNDESSORTENAMTES (2000) sowie das Keimgewicht nach Abkeimen der Kartoffeln mit der Hand und zum Anderen der Substanzverlust bestimmt.

Laboruntersuchungen: Zur Ermittlung des N-Gehaltes wurden die getrockneten, mit einer Labormühle (TECATOR, 1 mm Sieb) vermahlene Kraut- und Knollenproben aus der Zeiternte, sowie gefriergetrocknete Knollenproben aus der Endernte mit dem NIRS-Verfahren gemessen (NIRLab N-200, Fa. BÜCHI). Die Auswertung der Reflexionswerte erfolgte mit dem Programm NIRCAL 4.21 der Firma BÜCHI. Zur Kalibrierung wurde eine qualitative Laboranalyse mit dem CNS-Elementaranalyser (Fa. HEKATECH GmbH) durchgeführt.

Krankheitsbonitur: Eine nach der Ernte willkürlich entnommene Unterprobe von 25 Knollen wurde mit Hilfe eines Boniturschemas nach JAMES & MCKENZIE (1972) zur Bestimmung des Befalls mit *Rhizoctonia solani* in 6 Klassen eingeteilt. Entsprechend wurde bei der Bonitur des Befalls mit Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies*) verfahren. Hier erfolgte eine Einteilung in 7 Klassen. Aus den Befallsklassen wurde nach LOOTSMA & SCHOLTE (1996) in einer abgewandelten Form ein *Rhizoctonia*- bzw. *Streptomyces*- Befallsindex ermittelt. Die Klasseneinteilung, sowie die entsprechenden Formeln sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tab.14: Klasseeinteilung und Formel zur Berechnung des Rhizoctonia- bzw. Streptomyces-Index (K_i = Gewicht der Knollen in der i-ten Befallsklasse, K_{ges} = Gesamtgewicht der bonitierten Knollen)

Klasse in %	1	2	3	4	5	6	7	Formel für Index
<i>Rhizoctonia</i>	0	0,1-1	1,1-5	5,1-10	10,1-15	> 15		$1 \cdot K_1 + 2 \cdot K_2 + 3 \cdot K_3 + 4 \cdot K_{(4+5+6)} / K_{ges}$
<i>Streptomyces</i>	0	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	> 50	$1 \cdot K_1 + 2 \cdot K_2 + 3 \cdot K_3 + 4 \cdot K_{(4+5+6+7)} / K_{ges}$

2.4 Untersuchungen an der BFEL in Detmold

An die BFEL in Detmold wurden von der Universität Kassel und der FAL-OEL jeweils nach der Sortierung im Oktober, sowie nach der Lagerung im Februar in den Jahren 2003 und 2004 folgendes Probenmaterial geliefert:

- 5 kg pro Versuchsparzelle zur Weiterverarbeitung zu Pommes frites oder Chips. Bei der Entscheidung zu welchem Produkt die Proben verarbeitet werden sollten, richteten sich die Versuchspartner nach der Beschreibenden Sortenliste für Kartoffeln vom BUNDESSORTENAMT (2003) und der darin beschriebenen „besten“ Eignung der jeweiligen Kartoffelsorte.
- 32 Knollen pro Parzelle zur Rohstoffausarbeitung
- 7 Knollen zur Erfassung der Kochdunklung

Ein wichtiges Qualitätskriterium von Verarbeitungskartoffeln ist der Trockenmasse- bzw. Stärkegehalt. Sorten mit hohem Stärkegehalt nehmen weniger Fett auf, was sich positiv auf die Textur, Knusprigkeit und indirekt auch auf den Geschmack des fertigen Produktes auswirkt. Durch den geringeren Wassergehalt wird die Frittierzeit verkürzt, welches Energie einspart und ökonomischer für den Verarbeiter ist (PUTZ, 1989) Die geforderten TM- bzw. Stärkegehalte sollten innerhalb einer Partie gleichmäßig sein und sind in Tabelle 15 dargestellt.

Nach Waschen der 5 kg-Probekartoffeln wurde das spezifische Gewicht der feuchten Knollen mittels einer Unterwasserwaage (KUV 2000, FISCHER KG, Bielefeld) bestimmt, die beliebige Einwaagen zwischen 0 und 6000 g akzeptiert. Das Spezifische Gewicht (SG) berechnet sich dabei aus:

$SG = \text{Gewicht an Luft} / (\text{Gewicht an Luft} - \text{Gewicht in Wasser})$

Auf Grundlage des Spezifischen Gewichtes wurde nun eine Abschätzung der Stärke- und Trockenmassegehalte vorgenommen.

$\text{Stärke (\% FM)} = -182 + (183 \cdot SG)$

$\text{Trockenmasse (\%)} = 210 + (213 \cdot SG)$ (HAASE, 2004)

Zusätzlich wurde der Trockenmasse und Restfeuchtegehalt anhand der repräsentativen Unterprobe von 32 Knollen gravimetrisch bestimmt.

Neben ausreichenden TM- und Stärkegehalte ist es wichtig, dass die Gehalte an reduzierenden Zuckern (Fructose und Glukose) in den Knollen von Verarbeitungskartoffeln bestimmte Höchstwerte nicht überschreiten (Tabelle 15). Gemeinsam mit freien Aminosäuren rufen reduzierende Zucker über die Maillard Reaktion beim Frittierprozess braune Verfärbungen (Melanoidine) und einen bitteren Geschmack im Endprodukt hervor, welches dann zu einer Ablehnung auf Seiten der Verbraucher führt.

Die Bestimmung des Gehaltes von reduzierenden Zuckern erfolgte enzymatisch unter Verwendung von gefriergetrockneten (CHRIST BETA 1-16, Osterode) und vermahlenden (LABORATORY MILL 3100, Stockholm, 0,8 mm Sieb) Probenmaterial mit einem UV-Test von BOEHRINGER (Mannheim). Dabei wird der D-Glucose-Gehalt vor und nach enzymatischer Hydrolyse der Saccharose erfasst. Die D-Fructose wird im Anschluss an die D-Glucose-Bestimmung gemessen.

Tab. 15: Richt- und Höchstwerte von Qualitätsparametern bei Verarbeitungskartoffeln

Qualitätsparameter	Trockenmasse	Stärke	Reduzierende Zucker
Pommes frites	19-23 %	14-18 % FM	max. 300 mg/100 g FM
Chips	21-25 %	16-20 % FM	max. 150 mg/100 g FM

Verfärbungen von Verarbeitungsprodukten sind schwerwiegende Mängel, da sie das äußere Erscheinungsbild des Verarbeitungsproduktes und somit ihren Genusswert stark beeinträchtigen (PAWELZIK, 2000). Bei der Rohbreiverfärbung kommt es infolge mechanischer Beanspruchung zu Beschädigungen von Zellwänden in den Knollen, die durchlässig für Sauerstoff werden. Unter Beteiligung des Enzymkomplexes der Polyphenoloxidasen können dann freie phenolische Aminosäuren oxidiert werden und es entstehen dunkle Farbstoffe, die Melanine, als Endprodukt.

Zur Bestimmung der Rohbreiverfärbung werden gewaschene Kartoffeln gewürfelt (Modell TR. 21, Fa. PEFRA), zu Rohbrei homogenisiert (Combimax, Fa. BRAUN) und in Petrischalen gefüllt. Nach einer Exposition von 30 min. wird der Deckel der Petrischale blasenfrei auf den Rohbrei gesetzt und die Verfärbung mit einem Farbmessgerät (MINOLTA CR 310) erfasst (L-Wert, siehe Anhang).

Eine weitere Verfärbungsreaktion ist die Kochdunkelung, bei der während des Kochvorgangs Phenole, z.B. Chlorogensäure mit freien Metallionen, z.B. Eisen, nicht enzymatisch reagieren. Als Folge entstehen graue vorfrittierte Pommes frites, die sich nicht vermarkten lassen.

Zur Bestimmung der Kochdunkelung werden 7 Knollen gewaschen, geschält, evtl. längs halbiert und zum Kochen gebracht. Nachdem sie gar sind (Gabeltest), werden sie gut zerstampft, in Petrischalen gefüllt und nach 30 min mit dem Farbmessgerät gemessen (L-Wert, siehe Anhang).

Zur Beurteilung der Endprodukte wurden die 5 kg–Proben zu Pommes frites oder Chips verarbeitet. Eine schematische Darstellung des Herstellungsprozesses vorfrittierter Pommes frites und Chips gibt die Abbildung 4.

Nach einem zweiten Frittiergang wurden die Pommes frites von bis zu 3 Personen sensorisch nach einem von der BFEL abgewandelten Prüfschema auf Basis der DLG in Bezug auf 1. Aussehen, Farbe, 2. Konsistenz, 3. Geruch und Geschmack bewertet. Ein Beurteilungsbogen ist im Anhang zu finden. Nach Gewichtung der Parameter wurde für die jeweilige Charge ein Qualitätsindex mit einer Höchstnote von 5 ermittelt.

Die Qualitätsbewertung der Chips erfolgte mittels einer instrumentellen Erfassung der Produktfarbe (L-Wert) mit dem Farbmessgerät MINOLTA CR 310, wobei der ermittelte Helligkeitswert (L-Wert) in Farbnoten nach der „Wageningen Farbtafel“ umgerechnet wird. Es werden die Noten 1-10 vergeben, bei einer Note ≥ 7 sind die Kartoffeln zur Chipsproduktion geeignet (siehe Anhang).

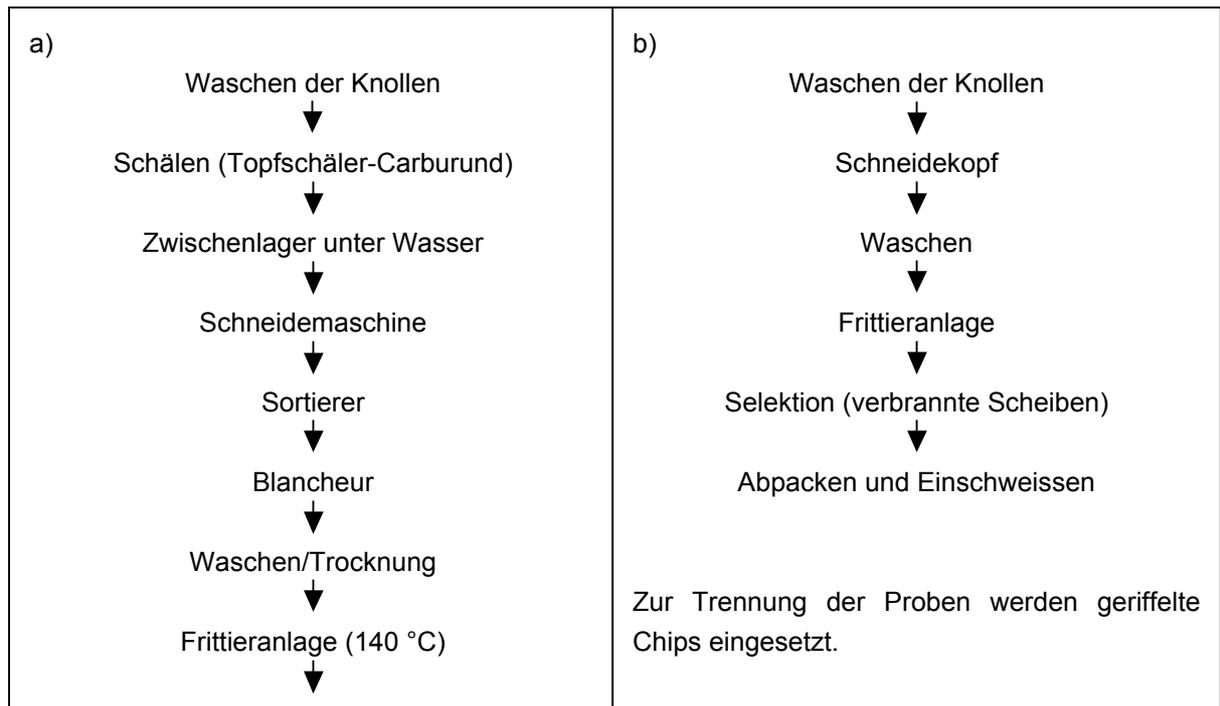


Abb. 4: Herstellungsprozess bei Pommes frites (a) und Chips (b) bei der BFEL in Detmold

2.5 Statistische Auswertung

2.5.1 FÖL (Universität Kassel)

Es wurde das Software Paket SAS 9.1.3. (SAS Institute 2004) verwendet. Im Vorfrucht-Versuch wurden die Daten analysiert, indem ein lineares gemischtes Modell angepasst wurde. Eine Varianzanalyse wurde mit der Prozedur GLM durchgeführt, die Schätzung der kleinsten quadratischen Mittel und Standardfehler wurden mit der Prozedur MIXED errechnet. Die Faktoren *Ernte* (Zeit- oder Haupternte; ER) und *Zeit* (erster oder zweiter Termin der jeweiligen Ernte; ZT) wurden als ein Faktor behandelt und mit den anderen drei Faktoren (Vorfrucht, Sorte, Vorkeimen) kombiniert, so dass eine volle, 4-faktorielle Struktur im festen Teil des gemischten Modells zur Anwendung kam. Wiederholungen wurden ebenfalls als feste Faktoren deklariert. Entsprechend der Randomisationsstruktur wurden JAHR•WDH•VF, JAHR•WDH•VF•ER, JAHR•WDH•VF•ER•ZT, WDH•VF•ER•SO (nur 2004), WDH•VF•ER•SO•ZT (nur 2004) und JAHR•WDH•VF•ER•SO•VK als zufällige Effekte bezeichnet und JAHR•WDH•VF•ER•SO•VK•ZT als Restfehler gemäß PIEPHO et al. (2003). Für die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse wurden gewöhnlich einzelne Probenahmeterminale (z.B. Zeiternte 1) separat ausgewertet, d.h. ohne Berücksichtigung der Faktoren ER•ZT.

Bei dem K-Versuch handelte es sich um eine einfache Spaltanlage mit Großteilstückfaktor Düngung und Kleinteilstückfaktor Sorte. Als fixe Faktoren wurden Düngung (DUE), Sorte (SO), Jahr und Wiederholung (WDH), als zufällige Faktoren DÜ•SO definiert. Die Zeit- und Endernten in diesem Versuch wurden getrennt ausgewertet, da es sich statistisch um zwei separate Anlagen handelte.

Die Variablen, die über mehrere Probenahmeterminale erhoben wurden (Nitrat-N im Boden; Knollen-Qualitätsparameter), wurden als Repeated Measurements betrachtet und entsprechend ausgewertet (PIEPHO et al., 2004).

Alle Datensätze wurden auf Normalverteilung der Residuen geprüft. War die Voraussetzung der Normalverteilung nicht erfüllt, wurden die Daten transformiert, entweder mit einer log-, einer Arcus-Sinus- oder per Quadratwurzel-Transformation. In folgenden Fällen konnte die Normalverteilung auch durch Transformation nicht erreicht werden.

- Vorfrucht-Versuch: absoluter Ertrag > 40 mm (2003), Stängel/m² (2003), Reduzierende Zucker 2003, Kochdunkelung (beide Jahre), Keimgewicht, Substanzverlust, *S. scabies*-Index,
- Kalium-Versuch: Gesamt-Knollenertrag, Knollendichte, Einzelknollenmasse, TM-Gehalt der Knollen, Stärke, Reduzierende Zucker, Rohbreiverfärbung, Kochdunkelung, Keimgewicht, *R. solani*-Index

2.5.2 FAL-OEL

Es wurde das Software Paket SAS 9.1.3. (SAS Institute 2004) verwendet. In den beiden Versuchen zum Klee grasmanagement und Beregnung wurde eine Varianzanalyse mit der Prozedur PROC MIXED durchgeführt. Im Klee grasmanagement wurde WIEDERHOLUNG * NUTZUNG und im Beregnungsversuch WIEDERHOLUNG * BEREGNUNG als zufällige Effekte bezeichnet. Bei einzelnen Probenahmeterminen wurde der Faktor Zeitpunkt nicht berücksichtigt. Bei den Qualitätsuntersuchungen nach Ernte und nach Lagerung , sowie dem Vergleich TM zur Zeiternte und Ernte wurde der Faktor Zeitpunkt als „repeated measurement“ in das Model integriert. Alle untersuchten Parameter wurden auf Normalverteilung überprüft. Trotz Transformation der Daten erfüllten folgende Parameter die Normalverteilung nicht, wurden jedoch trotzdem statistisch ausgewertet:

- Klee grasmanagementversuch: reduzierende Zucker, Kochdunkelung, Rhizoctonia- und Streptomyces-Index
- Beregnungsversuch: reduzierende Zucker, Rohbreiverfärbung, Keimlängenklasse, Keimgewicht

2.5.3 Beide Projektpartner, Sortenversuch:

Bei der Auswertung des Sortenversuches wurden die Faktoren Sorte (SO), Wiederholung (WDH), Standort (STA) und Jahr (JAHR) als fixe Effekte bezeichnet. STA•WDH•JAHR wurden als zufällige Effekte bezeichnet.

Bei einzelnen Probenahmeterminen wurde der Faktor Zeitpunkt nicht berücksichtigt. Bei den Qualitätsuntersuchungen nach Ernte und nach Lagerung wurde der Faktor Zeitpunkt als „repeated measurement“ in das Model integriert. Alle untersuchten Parameter wurden auf Normalverteilung überprüft. Trotz Transformation der Daten erfüllten folgende Parameter die Normalverteilung nicht, wurden jedoch trotzdem statistisch ausgewertet:

Trockenmasseertrag zur Zeiternte, Knollendichte, Stärkegehalt, Reduzierende Zucker, Rohbreiverfärbung, Kochdunkelung, Keimlänge, Keimgewicht, Substanzverlust.

3 Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau der Universität Kassel

3.1.1.1 Vorfrucht-Versuch

Allgemeine Versuchsbedingungen

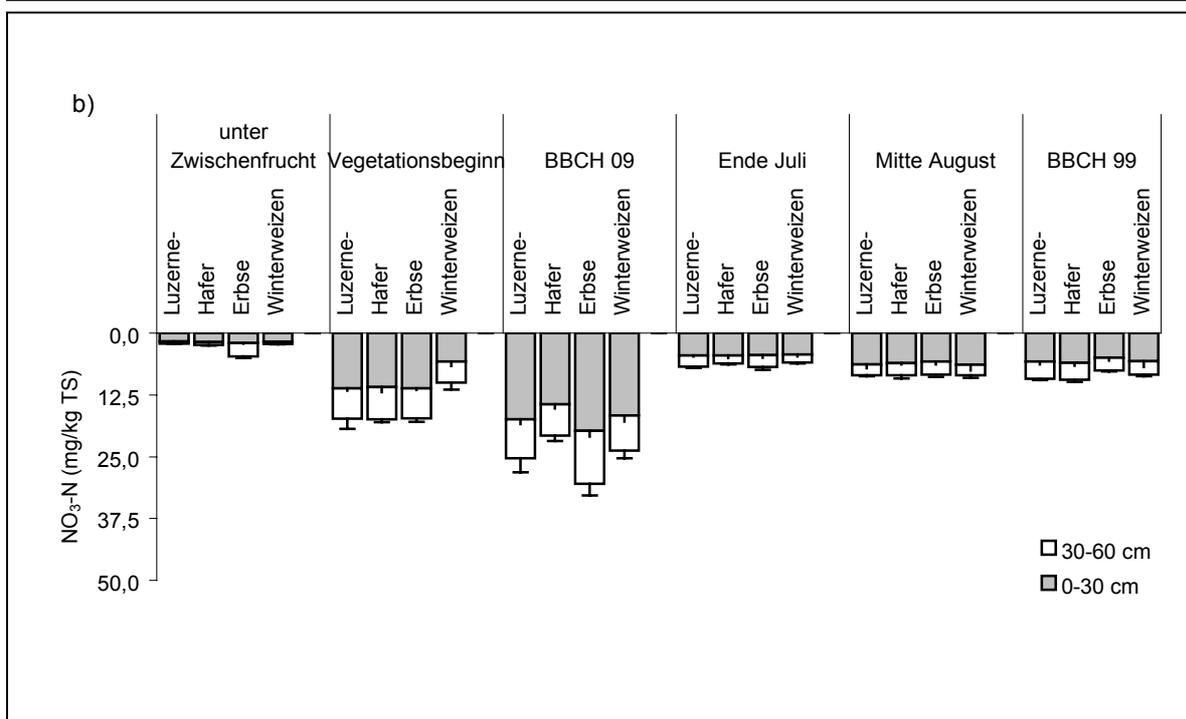
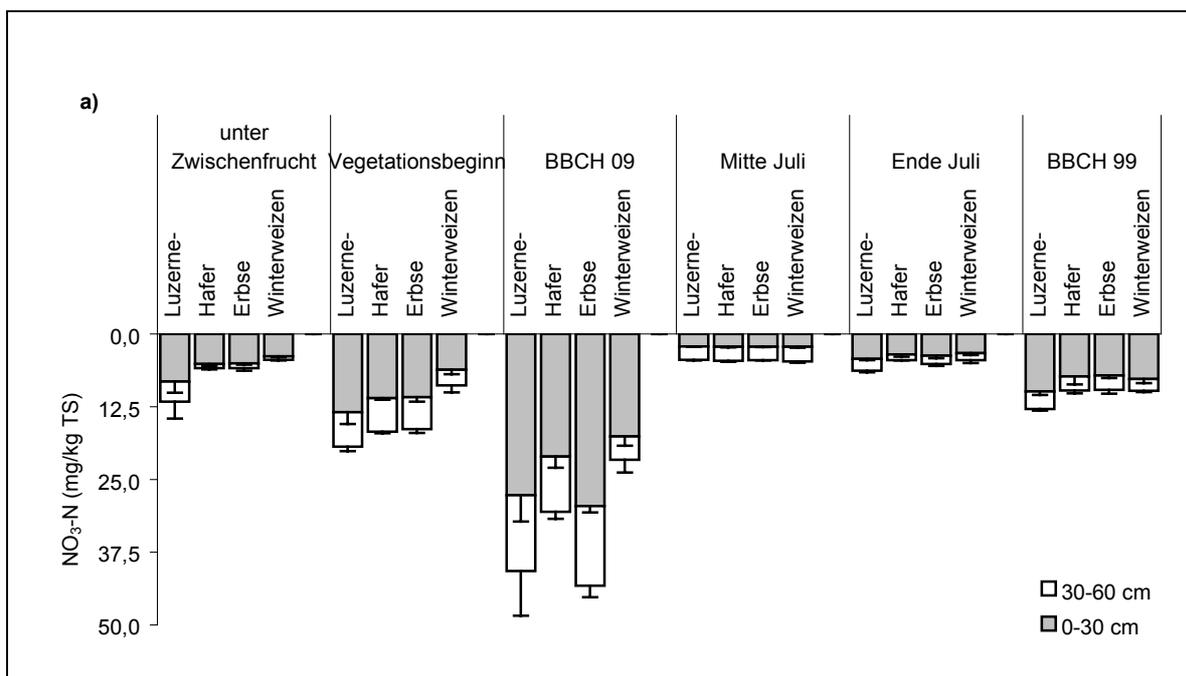
Im Jahre 2003 wurden lediglich geringfügige Krautfäuleinfektionen Mitte Juli bonitiert, die – gemäß dem Boniturschema der Biologischen Bundesanstalt (1988; abgeändert nach FRY, 1977) einem Befallsgrad von 0.01 % entsprachen. In Folge der trocken-warmen Witterung des Sommers 2003 trockneten die Befallsherde gänzlich aus, sodass keine weitere Entwicklung des Erregers mehr zu verzeichnen war. Im Jahr 2004 traten erste Infektionen ebenfalls Mitte Juli auf, die sich jedoch stark ausbreiteten: Zur ersten Zeiternte Ende Juli waren ca. 25-30 % der Blattfläche befallen. Zwei Wochen später belief sich der Befall auf rund 50 %, was dazu führte, dass die Erhebung des Krautaufwuchses nicht durchgeführt werden konnte. Am 25. August waren schließlich 75 % der Blattfläche aufgrund von Krautfäule abgestorben. Die zwei Sorten unterschieden sich nicht bezüglich der Intensität und des Verlaufes der Krankheit, ebenso wenig wie die Vorfrucht erkennbaren Einfluss hatte. Die kühle Witterung des Monats Mai im Jahre 2004 mit einhergehenden Nachtfrösten führte zu verzögertem Auflaufen und langsamer Jugendentwicklung des Krautapparates. Zudem wurden Frostschäden am Blattwerk bonitiert, die jedoch im weiteren Wachstumsverlauf nicht mehr erkennbar waren.

Es konnte keine Wirkung der geprüften Vorfrüchte auf den Gehalt des Oberbodens (0-30 cm) an pflanzenverfügbaren Nährstoffen (P, K und Mg) zum Auflaufen der nachfolgenden Kartoffeln abgesichert werden. Lediglich im Jahre 2003 führte die Luzerne-Klee gras-Vorfrucht zu signifikant ($p < 0,05$) niedrigeren Werten an pflanzenverfügbarem K_{CAL} . Schnittnutzung von Klee gras entzieht laut Fortune et al. (2003) hohe Mengen an Kalium. Insgesamt befanden sich die Gehalte in beiden Jahren auf Versorgungsstufe B (Phosphor), C (Kalium) und C (Magnesium). Laut MÖLLER & KOLBE (2003) ist eine Festlegung auf die Versorgungsstufe B für das durchschnittlich niedrigere Ertragsniveau im ökologischen Kartoffelanbau ausreichend.

Nitrat-Stickstoff im Boden

Unter der Zwischenfrucht (Probenahme im November 2002) wurden NO_3 -N Gehalte in der Bodenschicht 0-60 cm zwischen 19,3 kg NO_3 -N/ha (4,4 mg/kg) nach Winterweizen und 50,5 kg NO_3 -N/ha (11,6 mg/kg) nach Luzerne-Klee gras gemessen. Zum entsprechenden Termin im Winter 2003-04 lagen die höchsten Werte bei 20,5 kg NO_3 -N/ha (4,7 mg/kg) nach Erbse. Im Frühjahr stiegen die Werte in beiden Versuchsjahren signifikant an: Die geringsten und signifikant niedrigeren Gehalte waren im Boden nach Weizen festzustellen. Bis zum Auflaufen der Kartoffeln war der Gehalt wesentlich angestiegen und – nach Erbse- wurden 2003 Werte bis zu 188,0 (43,2 mg/kg), bzw. 2004 132,6 kg NO_3 -N/ha (30,5 mg/kg) nachgewiesen. Während 2003 nach Luzerne-Klee gras ein vergleichbar hohes N-Versorgungsniveau erhoben wurde, unterschieden sich die Gehalte nach Luzerne-Klee gras und Winterweizen im Jahre 2004 nur unwesentlich. Bis zum Zeitpunkt der Blüte war im Boden in beiden Jahren kaum Nitrat-N vorzufinden und es wurden Werte um die 19,8 (4,6 mg/kg; 2003), bzw. 27,9 (6,4 mg/kg; 2004) gemessen. In der Folge stiegen - im Jahre 2003 -

die Gehalte wieder leicht an. Insgesamt folgte das in der Bodenschicht 0-60 cm gemessene mineralisierte Nitrat-N dem Verlauf, wie er in der Vergangenheit von verschiedenen Autoren unter konventionell und ökologisch angebauten Kartoffeln beschrieben wurde (WALTHER 1990; SCHELLER 1993; HEß 1995; WHEATLEY & RITZ 1995; SCHMIDT 1997). Während im April noch recht geringe Mengen gemessen wurden, wurde zum Auflaufen ein sogenannter Frühlings-Peak verzeichnet. Der verfügbare Stickstoff wurde in der Folge rasch von den sich entwickelnden Beständen aufgenommen, so dass Mitte Juli kaum mehr mineralisierter N vorzufinden ist. Gegen Ende der Vegetationszeit steigt aufgrund der zunehmenden Bodenfeuchtigkeit normalerweise die Mineralisierungsrate und entsprechend der Nitrat-N-Gehalt an. Im vorliegenden Fall konnte kein Anstieg verzeichnet werden, was wahrscheinlich auf den recht frühen Probenahme-Termin zurückzuführen ist. Die im Jahre 2003 – gegenüber den anderen Vorfrüchten - nach Luzerne-Klee gras leicht erhöhten Werte deuten jedoch auf eine beginnende Spätmineralisierung aus der organischen Masse hin.



Die Höhe der N-Aufnahme durch den oberirdischen Aufwuchs (Kraut) bis zur abgeschlossenen Blüte wurde signifikant vor allem durch die Sorte, die Vorfrucht, aber auch das Jahr und die Pflanzgutvorbereitung beeinflusst und ist in Tabelle 16 dargestellt. Die statistische Auswertung ergab darüber hinaus signifikante Wechselwirkungen zwischen Vorfrucht*Jahr, Vorkeimen*Jahr und Vorfrucht*Sorte*Jahr. So entzog die Sorte Agria stets höhere Mengen an Stickstoff, 2003 nach Luzerne-Kleegras sogar 31,3 kg N/ha mehr als Sorte Marlen. 2003 wurden zwischen 44,6 (nach Winterweizen) und 106,2 kg N/ha (nach Luzerne-Kleegras) dem Boden entzogen. Die Abstufung der Leguminosen- und Getreidevorfrüchte bezüglich des im Jahre 2003 durch das Kraut aufgenommenen Stickstoffes war in dieser Deutlichkeit 2004 nicht nachzuweisen. Die Differenzierung der N-Aufnahme nach unterschiedlichen Vorfrüchten im Jahre 2004 spiegelt dennoch erkennbar das unterschiedliche Nitrat-N-Angebot zum Auflaufen der Kartoffeln wieder. 2003 waren hingegen die durch die Erbsen-Vorfrucht erhöhten N_{\min} -Gehalte im Boden zur Blüte noch nicht in entsprechend höheren N-Aufnahmen wieder zu finden. Die N-Aufnahme durch das Kartoffelkraut wurde in absoluten Mengen geringfügig, jedoch hoch signifikant durch die Pflanzgutvorbereitung beeinflusst. Dieser Effekt war jahresabhängig und gilt nur für das Jahr 2004. Die Bestände aus vorgekeimtem Pflanzgut wiesen geringere N-Entzüge (-13,7 kg N/ha) auf als die aus physiologisch jüngeren Pflanzknollen.

Tab. 16: Entzug durch Kartoffelkraut und -knollen nach der Blüte in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Pflanzgutvorbereitung

Vorfrucht	Jahr	N-Entzug Kraut (kg N/ha)				N-Entzug Knollen (kg N/ha)			
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004	
		Vorkeimen	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja
1) Erbse	1) Agria	73,0	72,3	63,0	74,1	56,9	47,8	89,9	96,1
	2) Marlen	61,4	61,2	51,9	65,4	74,5	57,4	93,2	84,5
2) Hafer	1) Agria	50,0	55,4	44,5	58,5	51,1	39,0	71,9	71,0
	2) Marlen	42,5	45,9	26,7	44,3	48,6	55,3	66,8	65,8
3) Luzerne- Kleegras	1) Agria	121,6	122,1	56,0	65,1	68,3	63,5	78,6	78,2
	2) Marlen	90,9	90,3	47,9	62,7	67,3	63,3	73,6	72,1
4) Winter- Weizen	1) Agria	46,1	50,5	55,3	64,8	53,0	47,1	76,1	77,1
	2) Marlen	36,2	45,7	31,8	51,6	56,3	46,1	70,2	67,4
		1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)
	Vorfrucht	65,3	46,0	82,1	47,8	75,1	58,7	70,6	61,7
	Sorte	60,2	47,8			79,9	74,3		
	Vorkeimen	56,2	64,4			68,5	64,5		
	Jahr	56,0	77,1			56,0	77,1		

Die geringeren N-Aufnahmen durch das Kraut lassen vermuten, dass die Bestände aus vorgekeimten Pflanzknollen bereits größere Mengen an Stickstoff in die Knollen verlagert hatten, ein physiologischer Prozess, der gewöhnlich mit dem Einsetzen der Reifung assoziiert wird (MILLARD, 1986).

Diese Annahme konnte anhand des Knollen-N-Entzuges nach Abblühen der Bestände 2004 jedoch nicht bestätigt werden. Im Jahre 2003 hingegen hatten die Knollen nach Vorkeimen

des Pflanzgutes bereits mehr N in die Knollen aufgenommen. Es kann demnach an dieser Stelle nicht sicher gesagt werden, ob diese erhöhte N-Aufnahme durch eine zeitlich vorgelegte Abreife, also den Transfer von N aus dem Kraut in die Knollen, oder durch einen aufgrund des Vorkeimens erhöhten Trockenmasseertrag der Knollen zustande gekommen war.

Inkonsistent war die Wirkung des Faktors Vorfrucht. Die statistische Analyse ergab signifikante Wechselwirkungen zwischen Vorfrucht*Sorte*Vorkeimen sowie Vorfrucht*Jahr. Während sich anhand der N-Aufnahme durch das Kraut zur Blüte 2003 bereits eine deutliche Vorfrucht bedingte Ausdifferenzierung, war dies anhand des N-Entzuges durch die Knollen (noch) nicht so deutlich zu erkennen. Der entzogene Stickstoff schwankte 2003 vorfruchtbedingt zwischen 48,5 (Hafer) und 65,6 kg N/ha (Luzerne-Klee gras), eine verglichen mit der N-Aufnahme durch das Kraut geringe Differenz zwischen Getreide und Leguminosen-Vorfrucht. Wie in der Literatur beschrieben, wirkt sich eine erhöhte N-Verfügbarkeit und N-Aufnahme zunächst auf Krautwachstum und den N-Gehalt in den Blättern aus, der Translokationsvorgang in die Knollen setzt jedoch verzögert ein. Bei frühem Einsetzen einer Krautfäuleepidemie kann der Transport vom Blattwerk in die Knollen, das davon abhängige Knollendickenwachstum und entsprechend die gesamte N-Aufnahme durch die Knollen frühzeitig ein Ende finden. Wird im ökologischen Kartoffelanbau auf den Einsatz von kupferhaltigen Präparaten zur Behandlung von *P. infestans* verzichtet, so impliziert dies, dass gerade unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus eine gesteigerte N-Verfügbarkeit und N-Aufnahme sich nicht notwendigerweise in erhöhten Erträgen wiederfinden muss.

Insgesamt war der Stickstoffentzug sowohl durch das Kraut als auch die Knollen im Jahre 2004 deutlich höher als 2003, was sich vermutlich durch die starke Trockenheit im Frühsommer 2003 erklären lässt. Betrachtet man die Gesamt-N-Aufnahme durch Kraut + Knollen bis Mitte Juli, so wird deutlich, dass die Bestände in beiden Jahren - außer nach Getreide 2003 – N-Entzüge von deutlich über 100 kg N/ha realisierten. Dieser Wert wurde von MÖLLER (2000) als durchschnittliche N-Aufnahme auf Praxis-Schlägen des ökologischen Kartoffelanbaus beobachtet. MÖLLER (2000) bildete Kategorien der N-Versorgung ökologischer Kartoffelbestände, anhand der N-Gesamtpflanzen-Aufnahme Mitte bis Ende Juli. So stellen 70-90 (niedrig), 90-110 (mittel) und 110-130 kg N/ha (hoch) drei praxisnahe Versorgungsniveaus dar. Auch nach Getreidevorfrucht konnte in der vorliegenden Untersuchung stets eine mindestens mittlere N-Versorgung festgestellt werden. In den Feldversuchen von NEUHOFF (2002) wurden auf einem ebenfalls sehr fruchtbaren Standort im Durchschnitt eines Düngungsversuches zum Stadium Ende Blüte Entzüge zwischen 146 und 165 kg N/ha gemessen.

Der durchschnittliche N-Entzug nach Luzerne-Klee gras schwankte zwischen den beiden Versuchsjahren sehr stark und betrug 2003 172 kg N/ha und 2004 134 kg N/ha. Die deutlich niedrigeren Werte 2004 sind wahrscheinlich auf das trockenheitsbedingt schwache Wachstum der Luzerne-Klee gras-Vorfrucht und dadurch vermutlich beeinträchtigte N-Fixierungsleistung im Sommer 2003 zurückzuführen. Im Vergleich dazu war der Entzug nach Erbse 2004 (155 kg N/ha) höher als 2003 (126 kg N/ha). Die hohen N-Aufnahmen nach Erbse überraschen vor dem Hintergrund der von RAUBER & SCHMIDTKE (1999) für Vorfrucht Erbse errechnete negative Netto-N-Bilanz, was eigentlich auf einen geringen Vorfruchtwert hindeutet. Über die beiden Jahre erwies sich in unseren Versuchen die Erbse jedoch als zuverlässige Vorfrucht, die ein hohes N-Versorgungsniveau sicherte.

N-Entzug und N_t -Gehalt der Knollen zur Endernte

Der N-Entzug durch die Knollen bis zur Endernte nach Abreife der Bestände war 2004 im Durchschnitt aller Behandlungen um 37 % geringer als 2003, was einerseits auf die insgesamt geringere N-Verfügbarkeit 2004, aber auch auf die durch Krautfäule verkürzte Vegetationszeit zurückzuführen ist. Wie die Tab. 16 belegt, war die N-Aufnahme bis kurz nach der Blüte im Jahre 2004 noch höher gewesen als 2003. Dies unterstützt die im vorhergehenden Abschnitt geäußerte Vermutung, dass ein durch äußere Einflüsse unterbrochenes Wachstum das Risiko einer schlechten Ausnutzung des vorhandenen N-Angebotes erhöht. So war im Mittel der Jahre der N-Entzug bis zur Endernte nach Leguminosen zwar höher als nach Getreide, die signifikante Interaktion Vorfrucht*Jahr weist jedoch darauf hin, dass der Jahreseinfluss die Wirkung der Vorfrucht erheblich beeinflusst hat. So schwankten die N-Entzüge 2004 lediglich zwischen 65,5 und 86,9 kg N/ha. Vergleicht man die Werte mit den in anderen Untersuchungen gemessenen Knollen-N-Entzügen, so führte 2003 das von Krautfäule nicht beeinträchtigte Wachstum zu überdurchschnittlich hohen N-Entzügen nach Leguminosen-Vorfrucht (MÖLLER, 2001; STEIN-BACHINGER, 1993; NEUHOFF, 2000). Im Durchschnitt der beiden Jahre war die Differenzierung zwischen den Vorfrüchten nicht so ausgeprägt. Außerdem hatten weder die Sorte noch das Vorkeimen Einfluss auf den N-Entzug.

Es ließ sich kein Unterschied im N_t -Gehalt der Knollen-Trockenmasse in Abhängigkeit von Sorte oder Pflanzgutvorbereitung nachweisen. Der N_t -Gehalt der Knollen lag in einem niedrigen bis mittleren Bereich, was entweder auf eine zu niedrige N-Versorgung (2004), oder aber auf eine gute Ausreifung der Bestände (2003) hinweisen kann. Der N_t -Gehalt der Knollen-TM war 2004 nach Luzerne-Klee gras sehr hoch, was sich jedoch nicht in den Knollen-N-Entzügen nach dieser Vorfrucht widerspiegelt, die vergleichsweise niedrig ausfielen und in derselben Größenordnung lagen, wie nach Erbse oder Winterweizen (Tab. 17). Dies deutet auf einen Verdünnungseffekt durch das Luzerne-Klee gras hin.

Tab. 17: N-Entzug (kg/ha) und N_t -Gehalt (i. d. TM) der Knollen in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Pflanzgutvorbereitung

	Jahr	N-Entzug der Knollen				N_t der Knollen (% i. d. TM)			
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004	
		Vorkeimen 1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	139,3	132,9	86,1	73,1	1,26	1,27	1,27	1,31
	2) Marlen	145,5	142,4	103,1	85,4	1,33	1,39	1,21	1,25
2) Hafer	1) Agria	105,4	106,9	63,9	60,9	1,13	1,11	1,07	1,15
	2) Marlen	109,6	106,3	74,3	63,0	1,18	1,21	1,13	1,16
3) Luzerne-Klee gras	1) Agria	164,1	148,6	89,4	86,0	1,62	1,52	1,33	1,47
	2) Marlen	169,9	169,2	90,2	85,0	1,57	1,67	1,20	1,29
4) Winterweizen	1) Agria	93,3	100,8	79,9	79,2	1,05	1,09	1,20	1,33
	2) Marlen	95,8	104,0	89,1	78,4	1,07	1,12	1,19	1,18
		1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)
Vorfrucht		113,5	86,3	125,3	90,1	1,29	1,14	1,46	1,15
Sorte		100,6	106,9			1,26	1,26		
Vorkeimen		106,2	101,4			1,24	1,28		
Jahr		127,1	80,4			1,29	1,23		

Eine gesteigerte N-Aufnahme führt – wie allgemein bekannt - oft zu einer Abnahme des Trockensubstanzgehaltes, und damit zu einer Reduktion des Trockenmasseertrages. Die leicht niedrigeren N_t -Gehalte der Knollen aus vorgekeimten Beständen 2004 weisen darauf hin, dass hier die im Laufe des Wachstums zunehmende Verdünnung des Stickstoffes durch Stärkeeinlagerung (MÖLLER 2001) bereits weiter voran geschritten war.

Knollen-Rohhertrag

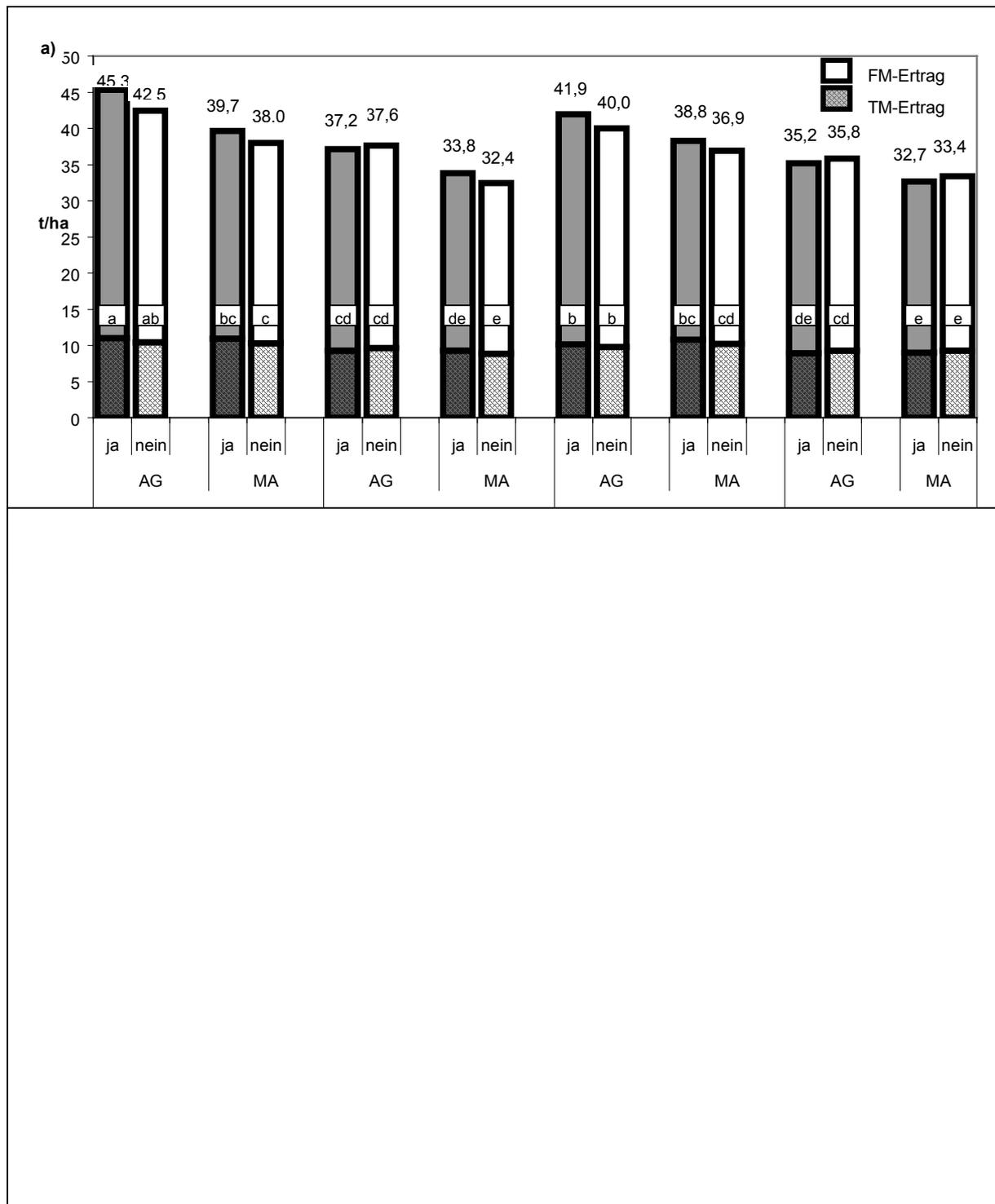
Nach bisherigen Erkenntnissen ist ein N_{\min} -Gehalt (in der Literatur meist als $\text{kg NO}_3\text{-N/ha}$ in 0-60 cm) von 110 bis 130 kg/ha zum Termin des Aulaufens ausreichend, um Knollenerträge von etwa 30 bis 40 t/ha erzielen zu können (MÖLLER & KOLBE, 2003). Ab diesem Zeitpunkt kann der ökologisch wirtschaftende Landwirt nicht mehr aktiv auf Versorgungsengpässe reagieren. In Verbindung mit dem in der Folge erzielten Knollenertrag kann der Wert jedoch ein wichtiger Anhaltspunkt für die Gestaltung von Fruchtfolge und Düngung sein. Laut WISTINGHAUSEN (1984) gibt es zudem auch im ökologischen Anbau einen engen Zusammenhang zwischen dem mineralisierten Stickstoff im Boden und dem zu erzielenden Knollenertrag. Der besagte Zusammenhang konnte vor allem im Jahre 2003 sehr deutlich belegt werden.

Der durchschnittliche Knollen-Rohhertrag war im Jahr 2003 deutlich höher als im Folgejahr. Der Frischmasse-Ertrag wurde 2003 signifikant durch die Vorfrucht ($p < 0,001$) und die Pflanzgutvorbereitung ($p < 0,001$) beeinflusst. In diesem Jahr konnten die Bestände sehr hohe Erträge bis zum Ende der Vegetation ausbilden. 2003 wurden nach Erbse (41,1 t/ha) und Luzerne-Klee gras (39,3 t/ha) signifikant höhere Erträge erreicht, als nach Hafer (35,2 t/ha) oder Winterweizen (34,2 t/ha). Abbildung 6 zeigt, dass 2003 die höchsten Erträge zur Endernte aus vorgekeimtem Pflanzgut der Sorte Agria nach Vorfrucht Erbse (45,3 t/ha) erzielt wurden. Zum ersten Zeiternte wurden in Abhängigkeit von der Sorte durch Vorkeimen die Erträge statistisch absicherbar (Agria: +15 %; Marlen: +3 %) gesteigert. Zur Ernte nach Abreife lag die Ertragssteigerung durch Vorkeimen nur noch bei 2,3 % bis 2,5 %. Das bedeutet, dass die nicht-vorgekeimten Bestände den Ertragsvorsprung der vorgekeimten Varianten bis zur Endernte kompensiert hatten. Die in beiden Jahren zu der frühen Probenahme absicherbare, stärkere Reaktion der Sorte Agria auf die Pflanzgutvorbereitung hängt wahrscheinlich mit der wenig ausgeprägten Keimfreudigkeit dieser Sorte zusammen (BSA, 2003). Keimträge Sorten reagieren im Allgemeinen stärker auf das Vorkeimen (deutlich beschleunigte Jugendentwicklung gegenüber nicht vorgekeimten Beständen) als keimfreudige Sorten (KARALUS, 1995).

Obwohl 2004 zum Auflaufen durchaus eine Differenzierung in den Nitratgehalten im Boden bei den Leguminosen-Vorfrüchten gegenüber den Getreide-Vorfrüchten abzusichern war, lag der Endertrag nach Erbse nur unwesentlich höher als nach Luzerne-Klee gras oder Winterweizen. Die schwache Ertragswirkung des Luzerne-Klee grasses lässt sich wahrscheinlich auch auf das trockenheitsbedingte, schwache Wachstum gerade dieser Vorfrucht zurückführen. Lediglich im Jahre 2003 war zur Ernte nach Abreife der Bestände ein Einfluss der Sorte abzusichern. Das laut Bundessortenamt (2003) höhere Ertragspotential der Sorte Agria (gegenüber Marlen) konnte 2004 nicht realisiert werden. Während im Jahr 2003 die Sorte Agria (39,4 t/ha) höhere Erträge aufwies als Marlen (35,6 t/ha), waren 2004 keine Ertragsunterschiede (beide 29 t/ha) nachzuweisen.

Der Verlauf der Ertragsentwicklung von der Blüte bis zur Reife 2004 zeigt, dass der Endertrag (29,1 t/ha) bereits zur Mitte Blüte erreicht war. Der nur sehr geringe

Ertragszuwachs in der Folge kann vermutlich auf das massive Auftreten der Krautfäule – beginnend ab zwei Wochen vor der ersten Zeiternte – zurückgeführt werden.



Die ertragsmindernde Wirkung der Krautfäule kann jedoch nicht exakt quantifiziert, bzw. zweifelsfrei belegt werden, da keine chemisch behandelte, krautfäulefreie Kontrolle geprüft wurde. Die Tatsache, dass die Wirksamkeit des Vorkeimens auf den Knollenertrag von der ersten (+2,4 t/ha) über die zweite Zeiternte (nicht dargestellt) bis zur Endernte im September (+2,6 t/ha) erhalten blieb, weist auf die Bedeutung dieser Maßnahme für die Sicherung des Ertrages im ökologischen Kartoffelanbau hin. KARALUS & RAUBER (1997) betonten ebenfalls

die ertragssteigernde Wirkung des Vorkeimens vor allen in Jahren mit starker Krautfäuleepidemie.

Nach Abreife der Bestände wurden die niedrigsten und höchsten TM-Erträge der vorgekeimten Agria nach Winterweizen (8,9 t/ha) bzw. Erbse (11,0 t/ha) gemessen. Zur Ernte waren die TM-Erträge nach beiden Leguminosen (10,4 t/ha) signifikant höher als nach Getreide (9,2 t/ha). In der langen krautfäulefreien Vegetationsperiode 2003 war die Veränderung der TM-Erträge nach Leguminosen wesentlich geringer als dies für die Frischmasseerträge der Fall war. Dies deutet auf einen nach Getreide höheren TM-Gehalt der Knollen als nach Leguminosen hin. Der geringere TM-Gehalt der Kartoffelknollen nach Leguminosen mag mit einer erhöhten N-Verfügbarkeit und N-Aufnahme erklärt werden. 2004 war die Wirkung der geprüften Faktoren weniger komplex, aber auch weniger ausgeprägt. Die TM-Erträge der Sorte Marlen waren niedriger als die der Sorte Agria und die Unterschiede zwischen den beiden Sorten deutlicher nach Leguminosen (0,39-0,70 t/ha) als nach Getreide (0,14-0,25 t/ha). Laut MÖLLER (ohne Jahr) reagiert Agria auf eine hohe Nährstoffversorgung mit deutlichen Ertragssteigerungen. Statistisch absicherbar niedrigere Werte wurden für Sorte Agria gemessen. Das Vorkeimen steigerte die TM-Erträge um bis zu 23% nach Erbse.

Komponenten der Ertragsstruktur (oder Ertragsbildung)

Die Stängelzahl (Stängeldichte) und die Knollenzahl pro Staude bzw. pro Fläche (Knollendichte) gehören neben der durchschnittlichen Einzelknollenmasse zu den wesentlichen Ertragskomponenten bei Kartoffeln (GEISLER, 1983). Von der Knollendichte lässt sich zwar nicht auf den Ertrag einer Staude schließen, wohl aber beeinflusst sie die Knollengrößensortierung der Tochterknollen und deren Einzelknollenmasse.

Im vorliegenden Versuch hatte die Vorfrucht keinen statistisch absicherbaren Einfluss auf die Bestandesdichte (Stängel/m²). Die Wirkung der Pflanzgutvorbereitung in den beiden Versuchsjahren war abhängig von der Sorte. So führte im Jahr 2003 das Vorkeimen bei Sorte Agria zu einer geringeren Bestandesdichte, während diese bei Sorte Marlen erhöht wurde. Im Jahr 2004 dagegen bildete das vorgekeimte Pflanzgut meist eine geringere Stängeldichte aus als das nicht vorgekeimte. In den Untersuchungen von KARALUS (1995) hatte die Pflanzgutvorbereitung in zahlreichen Fällen eine reduzierende Wirkung auf die Stängelzahl pro Staude. Während die Sorte Agria in allen Versuchsjahren unabhängig vom Standort mit einer Verminderung der Stängelzahl reagierte, war die Wirkung auf die anderen geprüften Sorten (Granola, Linda, Nicola) nicht konsistent. Auch die vorliegenden Versuche lassen eine Verallgemeinerung über ein sortenspezifisches Verhalten hinsichtlich der Vorkeimwirkung auf die Stängelzahl nicht angeraten erscheinen. Die für Sorte Marlen in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes genannte – gegenüber Agria – höhere Knollenzahl lässt auch eine höhere Bestandesdichte für Marlen erwarten. Eine signifikant höhere Anzahl der Stängel pro Fläche wurde jedoch nur im Jahre 2003 nachgewiesen. Dasselbe Verhalten der Bestandesdichte wurde auch im K-Versuch (gleiches Pflanzgut) beobachtet. Dies deutet auf einen nicht näher quantifizierbaren Einfluss der Pflanzgutqualität im Jahre 2004 hin, der zu der für Marlen vergleichsweise geringen Stängeldichte geführt haben mag. In Frage kommt ein - gegenüber Agria - höheres physiologisches Alter der Pflanzknollen bereits zum Zeitpunkt des Aufstellens des Pflanzgutes, welches die Anzahl der ausgebildeten Keime und folglich die Reduzierung der Stängelzahl verursacht haben könnte. Insgesamt kann in Übereinstimmung mit HAY & HAMPSON (1991) festgestellt werden, dass -

trotz der erwiesenen Bedeutung der apikalen Dominanz und ihrer Förderung durch Vorkeimen – die Sorte und die jeweilige Saison (Pflanzgutherkunft, aber auch Witterung im frühen Jugendstadium) entscheidende und für den Landwirt kaum kontrollierbare Einflussgrößen darstellen. Die Literatur nennt eine enge positive Korrelation zwischen der Stängeldichte und der Knollendichte (GEISLER, 1983). Bei einer erhöhten Stängeldichte in Beständen aus physiologisch jungem Pflanzgut (nicht vorgekeimt) legt die Kartoffelpflanze mehr Knollen pro Stängel an.

Tab. 18: Bestandesdichte (Stängel/m²), Knollendichte und Einzelknollenmasse in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Pflanzgutvorbereitung

Vorfrucht	Jahr	Bestandesdichte (Stängel/m ²)				Knollendichte (Knollen/m ²)				Einzelknollenmasse (g)			
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004	
	Vorkeimen	1)ja	2)nein	1)ja	2)nein	1)ja	2)nein	1)ja	2)nein	1)ja	2)nein	1)ja	2)nein
1) Erbse	1) Agria	18,8	18,7	16,9	17,4	35,7	49,0	37,1	35,7	35,7	49,0	37,1	35,7
	2) Marlen	30,3	27,4	14,3	17,0	42,0	46,5	39,9	40,5	42,0	46,5	39,9	40,5
2) Hafer	1) Agria	15,0	18,4	16,6	18,3	33,2	44,5	31,3	32,1	33,2	44,5	31,3	32,1
	2) Marlen	27,8	26,3	15,5	19,0	38,0	42,0	38,6	40,7	38,0	42,0	38,6	40,7
3) Luzerne-Klee gras	1) Agria	16,0	18,3	19,8	17,7	34,3	41,7	32,6	36,6	34,3	41,7	32,6	36,6
	2) Marlen	31,4	27,4	19,2	17,9	36,1	43,3	36,0	44,2	36,1	43,3	36,0	44,2
4) Winter-Weizen	1) Agria	15,0	18,6	14,6	16,7	33,6	42,2	35,3	35,4	33,6	42,2	35,3	35,4
	2) Marlen	27,0	27,0	15,6	17,1	38,4	39,3	33,0	39,5	38,4	39,3	33,0	39,5
		1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)
Vorfrucht		20,1	19,6	21,0	18,9	40,8	37,5	38,1	37,1	40,8	37,5	38,1	37,1
Sorte		17,3	22,5			36,9	39,9			36,9	39,9		
Vorkeimen		19,6	20,2			35,9	40,8			35,9	40,8		
Jahr		22,7	17,1			40,0	36,8			40,0	36,8		

Diese ist jedoch meist nicht so stark, dass eine höhere Bestandesdichte nicht auch eine erhöhte Knollendichte zur Folge hätte. Zur Zeiternte im Stadium der Blüte konnte insbesondere im Jahr 2003 ein sehr deutlicher Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf die Knollendichte festgestellt werden. Die Wirkung des Vorkeimens war dabei noch besser absicherbar als die der Sorte oder gar der Vorfrucht. Im Jahre 2003 war die Reaktion der Knollendichte (höhere Anzahl Knollen pro m²) auf das Vorkeimen bei der Sorte Agria ausgeprägter als bei der Sorte Marlen, während 2004 in manchen Fällen gar keine Reaktion nachzuweisen war, bzw. nur Marlen eine nennenswerte Reduktion der Knollendichte zeigte. KARALUS (1995) konnte für die Knollenzahl (pro Staude) in einzelnen Jahren eine Interaktion zwischen Vorkeimen*Sorte nachweisen. Im vorliegenden Falle erschweren die Interaktionen zwischen Sorte*Vorkeimen*Jahr die Interpretation. Das Vorkeimen reduzierte 2003 die Anzahl der Knollen erheblich, obwohl die Stängeldichte nicht in allen Fällen entsprechend reagierte. Gleichwohl fand sich die deutlich höhere Stängeldichte der Sorte Marlen nicht in vergleichbarem Maße bei der Knollendichte wieder, d.h. Marlen kompensierte die geringere Bestandesdichte nach Vorkeimen durch eine erhöhte Anzahl Knollen pro Stängel (nicht dargestellt) weniger als Sorte Agria. Im Durchschnitt der beiden Versuchsjahre wurde die höchste Knollendichte nach Vorfrucht Erbse gemessen, während sich nach den anderen Vorfrüchten keine Unterschiede nachweisen ließen.

Zwischen der Anzahl der angelegten Knollen pro Staude (Knollendichte) und der durchschnittlichen Knollenmasse herrscht aufgrund der zunehmenden Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe eine negative Korrelation. Gerade aufgrund der systembedingt limitierten Verfügbarkeit von Stickstoff im Ökologischen Landbau würde eine erhöhte Knollendichte eine deutliche Reaktion der Einzelknollenmasse erwarten lassen. Die Knollenanlage läuft parallel zur Blüte des oberirdischen Bestandes an. Die höhere Knollendichte 2003 kann durch die den Knollenansatz fördernde trocken-warme Witterung erklärt werden (SCHUHMANN, 1999). KÖLSCH & STÖPPLER (1990) fanden, dass die Einzelknollenmasse unter den Anbaubedingungen des Ökologischen Landbaus im Vergleich zur Anzahl Knollen je Staude eine größere Bedeutung für die Erzielung hoher Erträge marktfähiger Ware zukommt. Die Varianz der Einzelknollenmasse ließ sich auf Vorfrucht-, Sorten- und Vorkeimeffekte zurückführen. Den stärksten, d.h. am besten absicherbaren Einfluss auf die durchschnittliche Knollenmasse hatte dabei die Pflanzgutvorbereitung, gefolgt von der Sorte und, vergleichsweise schwach, der Vorfrucht. Die Einzelknollenmasse der Tochterknollen aus vorgekeimten Partien war desto höher, je stärker die Knollendichte durch die Pflanzgutvorbereitung reduziert war. Dies gilt insbesondere für das Jahr 2003, als die Steigerung der Einzelknollenmasse der Sorte Agria durch Vorkeimen zwischen 34% und 64% (entsprechend 15,7 g bis 27,2 g) ausmachte. Sorte Marlen zeigte eine schwächere Reaktion, die aber immer noch zwischen 12 % und 30 % (6,3 g bis 14,7 g) lag. Im Jahre 2004 war die Differenzierung zwischen den Sorten bezüglich der Wirkung der Pflanzgutvorbereitung weniger stark ausgeprägt, was aufgrund der geringen Reaktion von Bestandes- und Knollendichte ohnehin kaum zu erwarten war. Die höchste Einzelknollenmasse der Kartoffelknollen zur ersten Zeiternte wurde im Durchschnitt der beiden Versuchsjahre nach Vorfrucht Erbse (68,9 g) gemessen, gefolgt von Luzerne-Klee gras (66,4 g) und den beiden Getreide-Vorfrüchten. Der Effekt der Vorfrucht war zu diesem frühen Entwicklungsstadium verglichen mit dem der Pflanzgutvorbereitung gering.

Marktfähige Ware für die Verarbeitung

Für den wirtschaftlichen Erfolg der Kartoffelerzeugung ist nicht die Erzeugung hoher Roherträge, sondern der marktfähige Ertrag von Bedeutung. Für die Erzeugung von Chips wird gemeinhin die Sortierung > 40 mm als optimal angesehen. Als ertragssichere Sorte unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus mit hohen Erträgen der Sortierung > 40 mm hat sich die Sorte Marlen in früheren Versuchen erwiesen (BÖHM et al., 2002). Die Ergebnisse bestätigen diese frühere Einschätzung.

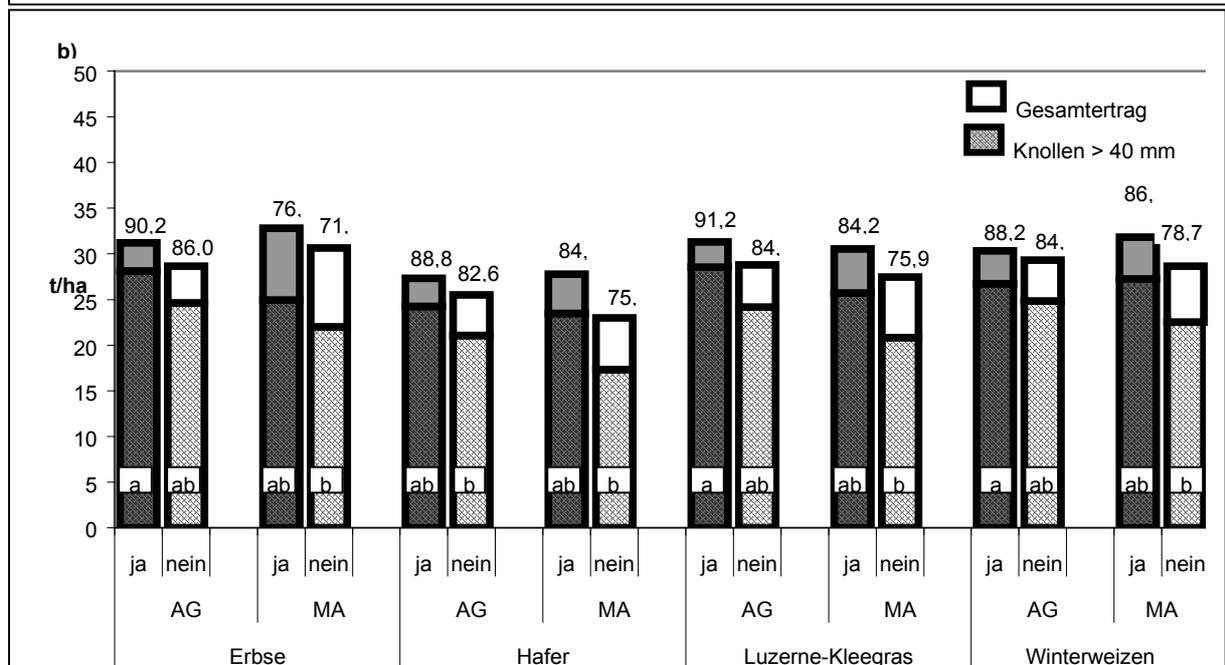
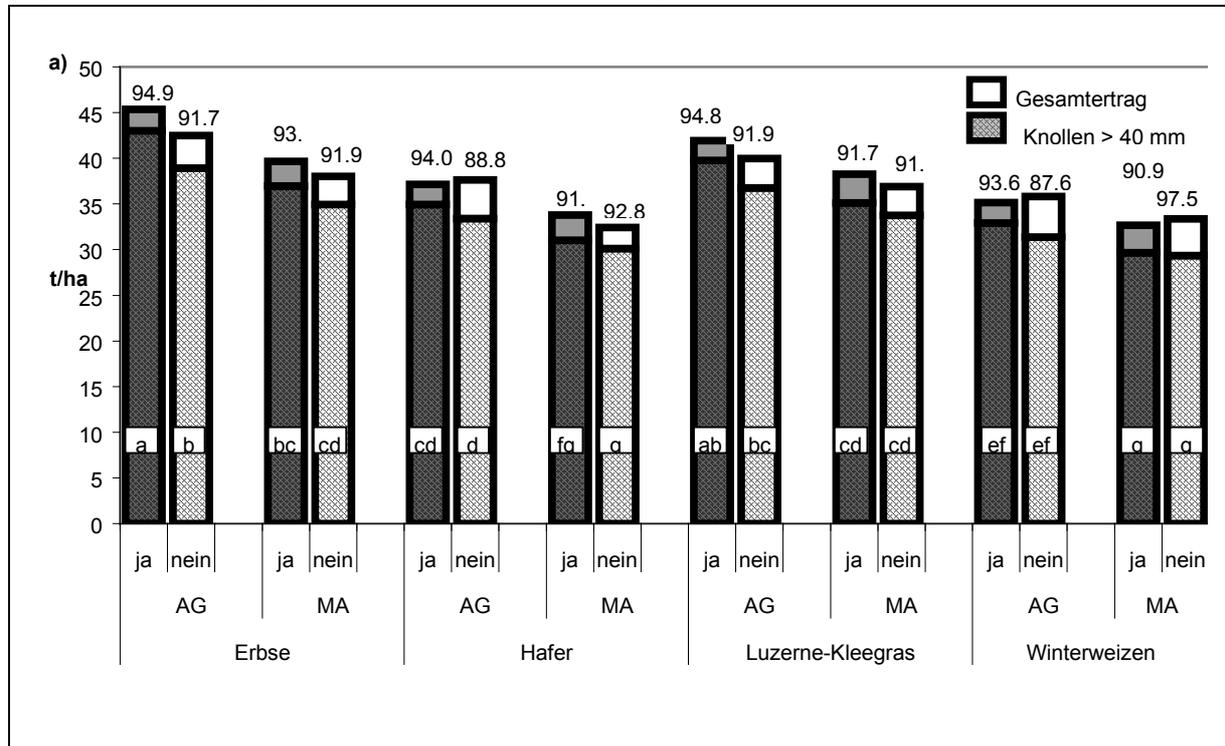
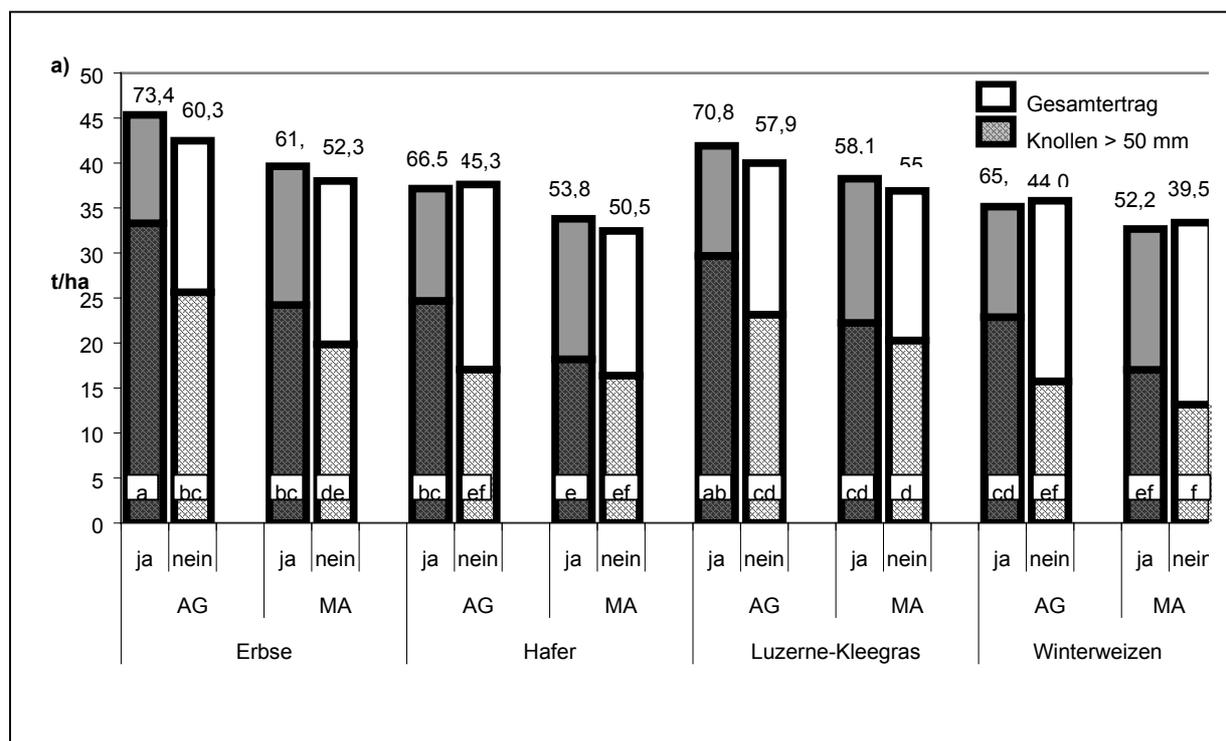


Abb. 7: Anteil der Knollen > 40 mm am Gesamtertrag zum Zeitpunkt der Ernte in den Jahren a) 2003 und b) 2004

Die Buchstaben beziehen sich auf die Mittelwertvergleiche des Ertrages der Sortierung > 40 mm. Die Zahlenwerte über den Balken stellen den prozentualen Anteil der Sortierung > 40 mm am Gesamtertrag dar.

In dem hier beschriebenen Versuch hat sich jedoch auch die Sorte Agria als ertragsicher erwiesen. Da diese Sorte laut Bundessortenamt ebenfalls eine Eignung für die Verarbeitung zu Chips aufweist, ist der Vergleich des Ertrages > 40 mm bei beiden Sorten von Interesse. Aufgrund der höheren Anzahl angelegter Knollen ist Marlen besonders in Jahren mit Krautfäuleepidemie anfällig für erhöhte Anteile nicht marktfähiger Ware (< 40 mm). Es konnte belegt werden, dass in solchen Jahren durch Vorkeimen das Risiko unwirtschaftlich hoher Anteile an Untergrößen reduziert werden kann. Sowohl der absolute als auch der relative Ertrag > 40 mm wurde insbesondere 2004 signifikant durch das Vorkeimen gesteigert. Lediglich nach Vorfrucht Hafer wurden in diesem Jahr deutlich geringere Erträge der Sortierung > 40 mm festgestellt.

Der Ertragszuwachs zwischen Ende der Blüte und Abreife war gering, während 2003 die Steigerung trotz der trockenen Witterung signifikant war. Dies lässt sich vermutlich auf das gute Wasserspeichervermögen der Böden in Frankenhausen zurückführen. Bei ungestörter Abreife hat die - die Untergrößen reduzierende - Wirkung des Vorkeimens geringere Bedeutung. Im Jahre 2003 wurde der marktfähige Ertrag dennoch durch die Pflanzgutvorbereitung signifikant beeinflusst. Anders als beim Gesamtertrag war die Wirksamkeit des Vorkeimens auch noch nach Abreife der Bestände zur Ernte absicherbar, weil der Anteil an Untergrößen reduziert wurde. Auch der Einfluss der Vorfrucht war signifikant, wobei 2003 neben der Erbse auch das Luzerne-Klee gras deutlich höhere Erträge > 40 mm ermöglichte als die Getreide-Vorfrüchte. Die Entwicklung des marktfähigen Ertrages von Ende Blüte (nicht dargestellt) bis Ernte (BBCH 99) zeigte die zunächst schnellere Ertragsbildung der weniger keimträgen Sorte Marlen gegenüber Agria, die diese jedoch – wenn vorgekeimt - in einigen Fällen kompensieren konnte. Durch die Möglichkeit der ungestörten Abreife, schöpfte die Sorte Agria in der Folge ihr hohes Ertragspotential – ähnlich wie beim Gesamtertrag – aus. Selbst bei gleichem, oder geringfügig niedrigerem Gesamtertrag, wies Agria höhere Erträge der Sortierung > 40 mm auf.



Bei der Sortierung >50 mm und ihren Anteilen am Gesamtertrag zeigte sich die Bedeutung des Anbaujahres besonders deutlich. Während im Jahr 2003 hohe, und in vielen Fällen für die Anforderungen des Marktes ausreichende Anteile großer Knollen geerntet wurden, war es im Jahr 2004 lediglich durch Anbaumaßnahmen wie Sortenwahl, Pflanzgutvorbereitung und Vorfrucht möglich, marktfähige Rohware zu erzeugen.

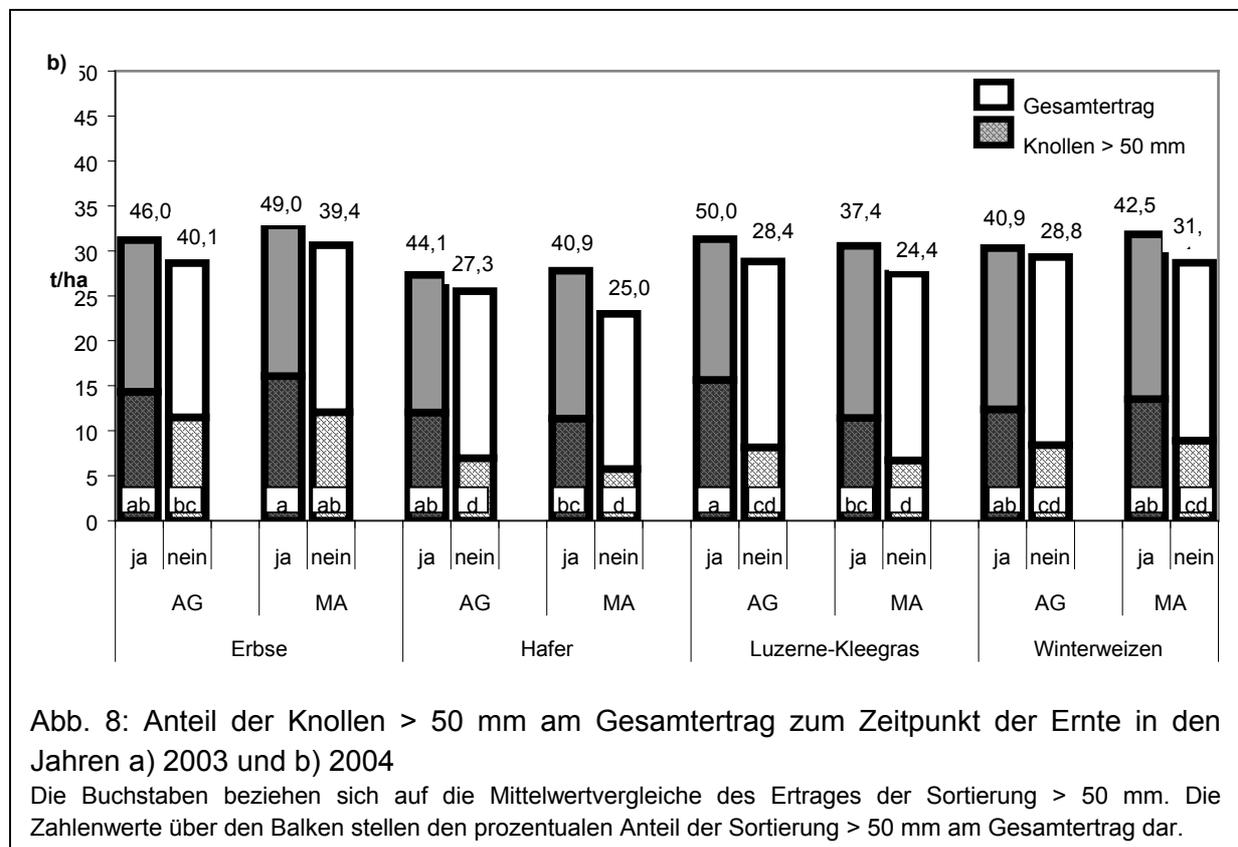


Abb. 8: Anteil der Knollen > 50 mm am Gesamtertrag zum Zeitpunkt der Ernte in den Jahren a) 2003 und b) 2004

Die Buchstaben beziehen sich auf die Mittelwertvergleiche des Ertrages der Sortierung > 50 mm. Die Zahlenwerte über den Balken stellen den prozentualen Anteil der Sortierung > 50 mm am Gesamtertrag dar.

Zum zweiten vorgezogenen Erntetermin wurden 2003 nur bei Vorkeimen des Pflanzgutes der Sorte Agria und nach Leguminosenvorfrucht Ertragesanteile der Sortierung > 50 mm von über 50 % festgestellt. Zur Endernte wurde die Schwelle von 50 % großer Knollen bis auf wenige Ausnahmen erreicht. Die höchsten Anteile wurden wiederum nach Vorkeimen von der Sorte Agria nach Erbse (73,4 %) bzw. Luzerne-Klee gras (70,8 %) gemessen. Durch Vorkeimen der Sorte Agria war es generell möglich auch nach Getreide die Untergrenze der Marktfähigkeit (50 %) zu erreichen.

Anders stellte sich die Situation im Jahre 2004 dar: Zur Endernte wurden lediglich nach Luzerne-Klee gras von vorgekeimter Agria 50 % des Knollenertrages größer als 50 mm gemessen. Der Einfluss der Vorfrucht war in diesem Jahr bei weitem nicht so auffällig wie 2003. Dagegen zeigte sich der Einfluss der Pflanzgutvorbereitung noch deutlicher als im ersten Versuchsjahr.

Seit dem Anbaujahr 2004 gelten verschärfte Anforderungen an die Rohware (Sorte Agria) für die Pommes frites Herstellung. 60 % (Masse-Anteil) der gelieferten Knollen müssen eine Sortierung > 50 mm aufweisen. Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass für die Erzielung hoher Erträge bei gleichzeitig hohen Anteilen großfallender Knollen neben der Sortenwahl auch die N-Versorgung von großer Bedeutung ist. Die Wirksamkeit einer erhöhten N-Verfügbarkeit durch Leguminosen ist aber stark von der Länge der Vegetationszeit anhängig. Durch die Förderung der apikalen Dominanz (Vorkeimen) können zudem höhere Anteile

großer Knollen erwartet werden, da sich die (geringere) Anzahl angelegter Knollen unter den Bedingungen limitierter N-Verfügbarkeit zu größeren Knollen entwickeln kann.

Trockensubstanzgehalte

Für die Verarbeitung ist nicht nur eine optimale Knollengrößensortierung von Bedeutung. Knolleninhaltsstoffe wie der Trockensubstanz- bzw. Stärkegehalt spielen eine ebenso gewichtige Rolle für die Qualität des erzeugten Rohstoffes. In der Industrie gibt es meist vertraglich fixierte Vorgaben für den TM- (bzw. Stärke-) Gehalt der Rohware. Diese werden indirekt über die Dichte (Spezifisches Gewicht) oder das Unterwassergewicht bestimmt. Manche Abnehmer schreiben die Mindestgehalte auch immer als Unterwassergewicht fest.

HAASE (2004) von der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittel und Ernährung in Detmold hat Regressionsformeln entwickelt, die eine bessere Annäherung an die tatsächliche Konzentration an Trockensubstanz bzw. Stärke in Kartoffelknollen liefern können, als dies die klassische EU-Tabelle vermag. Kartoffelknollen, die zu Frittierprodukten wie Pommes frites oder Chips verarbeitet werden sollen, müssen einen bestimmten Mindest-TM-Gehalt aufweisen. Je höher dieser ausfällt, desto höher sind auch Ausbeute und Wirtschaftlichkeit des Verarbeitungsprozesses, weil weniger Wasser entzogen werden muss. Mit zunehmendem TM-Gehalt sinkt der Fettgehalt im Endprodukt. Das Lebensmittel enthält dann weniger Fett, was ernährungsphysiologisch günstig ist. Hohe Trockensubstanzgehalte zur Ernte weisen auch auf eine gute Abreife der Knollen hin, was eine gute Lagerfähigkeit (geringe Substanzverluste) erwarten lässt. Zu hohe TM-Gehalte (> 23 %) bei der Verarbeitung können zu einer zähen Textur der Pommes frites führen. Für die Chips-Herstellung werden höhere TM-Gehalte (21-25 %) als für Pommes frites-Rohware (19-23 %) gefordert. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Sorte Agria als Referenzsorte für die Pommes frites-, Sorte Marlen für die Chips-Erzeugung verwendet.

Zur Proberodung ‚Mitte der Blüte‘ lagen die TM-Gehalte der Sorte Agria alle in dem Bereich, der derzeit von der Öko-Rohware verarbeitenden Industrie (>19 %) vorgegeben wird. Aufgrund der langen Vegetationszeit, der trocken-warmen Witterung und der vergleichsweise hohen Sonneneinstrahlung in den Monaten Juli und August stiegen die TM-Gehalte der Knollen in der Folge weiter an und erreichten Werte zwischen 23,7 (nach Erbse, nicht vorgekeimt) und 24,9 % (nach Winterweize, vorgekeimt). Während die Tochterknollen aus physiologisch älterem, weil vorgekeimtem Pflanzgut noch in fast allen Fällen höhere TM-Gehalte aufwiesen, war der Effekt zur Endernte 2003 nicht mehr nachweisbar. Vermutlich aufgrund der kalten Witterung im Mai hatte das Vorkeimen 2004 eine deutlichere Wirkung als 2003. So war die Wirkung der Pflanzgutvorbereitung zum Stadium der Blüte, als auch zur Endernte statistisch abzusichern. Wenn das Wachstum der Pflanzen durch Kälte eingeschränkt ist, kommt der durch Vorkeimen ermöglichte Wachstumsvorsprung besonders zur Geltung. Gleiches gilt für einen Befall der Bestände mit Krautfäule. Je früher diese einsetzt, desto größer ist die Bedeutung dieser früheren Entwicklung, die auch die Einlagerung von Trockensubstanz bzw. Stärke in die Knollen zeitlich vorverlegt. Laut KARALUS (1995) ist nur bei frühen Ernteterminen mit einer Beeinflussung des TM-Gehaltes durch die Pflanzgutvorbereitung zu rechnen. Bei einem für mittelfrühe Sorten üblichen Rodezeitpunkt käme dem Vorkeimen keine Bedeutung zu, nicht einmal in Fällen, bei denen vom Vorkeimen deutliche Effekte auf den Ertrag und die Sortierung ausgingen.

Der Einfluss der Vorfrucht und der daraus folgenden unterschiedlichen N-Versorgung der Bestände konnte abgesichert werden, wobei Vorfrucht Erbse zu den niedrigsten TM-

Gehalten führte. Im Jahre 2003, als die Differenzierung der Vorfrüchte bezüglich des Nitrat-N-Gehaltes des Bodens zum Auflaufen sehr deutlich war, betrug die Differenz der TM-Gehalte zwischen höchster (Erbse) und niedrigster (Winterweizen) N-Versorgung 0,6 %.

Tab. 19: TM-Gehalt (% in der FM) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte, Pflanzgutvorbereitung und Jahr zur ersten Zeiternte (BBCH 65) und zur Ernte

	Jahr	TM-Gehalt (% in der FM)							
		1) 2003				2) 2004			
		Zeitpunkt	1) Zeiternte		2) Ernte		1) Zeiternte		2) Ernte
Vorfrucht	Vorkeimen	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	20,4	20,4	21,1	21,3	24,3	23,7	21,1	19,4
	2) Marlen	24,7	23,7	25,0	24,5	27,2	26,9	23,5	22,7
2) Hafer	1) Agria	21,7	21,1	22,7	22,1	24,8	25,4	21,3	19,9
	2) Marlen	25,7	24,2	25,7	25,4	27,2	27,5	22,1	22,8
3) Luzerne-Kleegrass	1) Agria	20,2	22,7	21,2	20,1	23,7	24,0	21,4	20,0
	2) Marlen	25,3	22,2	25,1	24,4	27,6	27,4	24,7	23,0
4) Winterweizen	1) Agria	22,3	19,1	22,6	22,3	24,9	24,8	21,6	19,4
	2) Marlen	25,9	25,0	25,7	25,6	27,6	27,2	23,4	22,6
		Zeiternte				Ernte			
		1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)
Vorfrucht		22,0	22,3	22,4	22,4	23,6	24,4	23,6	24,0
Sorte		20,7	23,9			22,7	25,1		
Vorkeimen		22,8	21,8			22,2	21,5		
Jahr		22,8	21,9			25,9	21,9		

An den TM-Gehalten der Knollen zur Endernte 2004 lässt sich sehr gut die negative Beziehung zwischen Knollen-Rohrertrag und TM-Gehalt ablesen. Die Abstufung im Knollenrohertrag von Erbse \geq Winterweizen \geq Luzerne-Kleegrass $>$ Hafer entspricht der aufsteigenden Folge des Trockensubstanzgehaltes. Die oft formulierte Beziehung zwischen steigenden Roherträgen und abnehmenden TM-Gehalten der Knollen scheint demnach unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus gerade aufgrund der oft verkürzten Vegetationsdauer ebenso gültig zu sein wie im konventionellen Anbau. Die Sorte Marlen erreichte die gewünschten 21-25 % in beiden Jahren schon zur Blüte, lediglich 2003 wurden zur Endernte die optimalen Gehalte unabhängig von Vorfrucht oder Pflanzgutvorbereitung überschritten.

Stärkegehalt der Knollen zur Endernte und nach Lagerung

In beiden Jahren wurde dieser Wert von allen Proben der Sorte Agria erreicht (Tab. 20). Die trocken-warme Witterung des Sommers 2003 führte zu einer starken Anreicherung von Stärke in den Knollen. Die gemessenen Stärkegehalte einzelner Proben lagen zur Ernte zwischen 19,1 % (2004) und 22,1 % i. d. FM (2003) über bzw. im oberen Bereich dessen, was in der Literatur als optimal bezeichnet wird. Vergleichbar zum Knollenertrag wurde auch der Stärkegehalt durch das Vorkeimen lediglich im Jahr 2004 statistisch absicherbar

beeinflusst. Die durch Vorkeimen verlängerte Wachstumsdauer der Knollen bewirkte bei beiden Sorten eine Zunahme der Stärkekonzentration.

Tab. 20: Stärkegehalt (% in der FM) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Pflanzgutvorbereitung zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA)

		Stärkegehalt (% in der FM)							
Jahr		1) 2003				2) 2004			
Zeitpunkt		1) ER		2) LA		1) ER		2) LA	
Vorfrucht		1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	19,3	18,7	19,2	19,2	17,8	17,1	17,7	16,1
	2) Marlen	21,8	21,6	22,2	21,8	20,3	19,1	20,7	19,9
2) Hafer	1) Agria	19,7	20,2	19,8	20,0	17,4	16,6	18,2	16,8
	2) Marlen	21,8	22,0	22,3	22,5	20,1	19,3	20,3	20,3
3) Luzerne- Kleegrass	1) Agria	18,8	19,0	18,9	19,3	16,9	16,2	17,8	16,6
	2) Marlen	22,1	21,9	21,7	22,1	20,5	19,1	21,1	20,1
4) Winterweizen	1) Agria	19,8	19,7	20,1	19,9	17,8	16,1	18,2	16,7
	2) Marlen	22,1	21,8	22,1	22,4	20,1	18,8	20,7	19,3
		1)		2)		3)		4)	
Vorfrucht		19,5		19,8		19,5		19,7	
Sorte		18,3		21,0					
Vorkeimen		19,9		19,4					
Jahr		20,7		18,6					
Zeitpunkt		19,5		19,8					

Während der Lagerung kann es laut KOLBE (1995) durch Atmung, Verdunstung und Keimung, zu erheblichen Verlusten an Frisch- und Trockenmasse (vor allem Stärke) kommen. Nach Lagerung wurde bei den meisten Proben eine Zunahme des relativen Stärkegehaltes festgestellt. Dies weist darauf hin, dass der absolute Verlust an Wasser durch Verdunstung größer ausfiel als der durch Atmung. Die Zunahme des Stärkeanteils durch die Lagerung lag im Durchschnitt der beiden Jahre bei 0,3 % und dürfte die Verarbeitungseignung kaum gefährdet haben.

Die Ergebnisse belegen, dass der Einfluss des Jahres und der Sortenwahl erheblich stärkeren Einfluss auf den Stärkegehalt der Knollen hat, als die N-Versorgung, wie sie im vorliegenden Falle durch die Vorfrucht beeinflusst werden konnte. Der Lagerung kommt nach den vorliegenden Ergebnissen ebenfalls nur eine untergeordnete Bedeutung für die Ausprägung dieses Qualitätsparameters zu.

Reduzierende Zucker

Der Gehalt an reduzierenden Zuckern stellt wohl den wichtigsten Qualitätsparameter von Kartoffeln für die Verarbeitung zu Frittierprodukten dar. Unter dem Begriff reduzierende Zucker firmieren nach allgemeinem Sprachgebrauch die Einfachzucker Glukose und Fruktose. Sie reagieren in der sog. Maillard-Reaktion mit freien Aminosäuren und führen – in erhöhten Konzentrationen zur Verbräunung und einem bitteren Geschmack von Chips und Pommes frites. Die Konzentration zur Ernte spielt nicht nur eine große Rolle bei der Verarbeitung der Knollen direkt nach der Ernte. Die Gefahr einer starken Anreicherung von Glukose und Fruktose im Lager steigt mit steigenden Ausgangswerten zur Einlagerung überproportional. Niedrige Lagertemperaturen von 4 °C sind optimal für Speisekartoffeln, weil eine Keimung verhindert bzw. verzögert wird. Sie sind jedoch nachteilig für Verarbeitungskartoffeln, weil sich durch die im Verhältnis zur Atmung höhere Stärkeumsetzungsrate die reduzierenden Zucker anreichern. In der Literatur werden 300 mg/100g FM als maximal zu tolerierende Konzentration angegeben. Für Chips werden 100, bei Pommes frites 150 mg/100g FM angestrebt.

Die statistische Analyse ergab einen signifikanten Einfluss der Vorfrucht, der Sorte, des Jahres und der Lagerung auf den Zuckergehalt. Die Pflanzgutvorbereitung hatte dagegen keinen Einfluss. Die Jahre unterschieden sich immens, der sehr niedrige Gehalt an reduzierenden Zuckern 2003 ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Knollen – unbeeinträchtigt durch Krautfäule – abreifen konnten und, dass vor und zur Ernte warme Temperaturen vorherrschten.

Tab. 21: Reduzierende Zucker (mg/100 g FM) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Pflanzgutvorbereitung zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA)

		Reduzierende Zucker (mg/100g FM)							
		1) 2003				2)2004			
Jahr		1) ER		2) LA		1) ER		2) LA	
Zeitpunkt		1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
Vorfrucht	Vorkeimen								
1) Erbse	1) Agria	17	13	32	23	24	33	113	156
	2) Marlen	14	16	14	16	37	27	130	104
2) Hafer	1) Agria	14	13	25	21	20	32	90	144
	2) Marlen	10	20	17	15	29	18	95	83
3) Luzerne-Klee gras	1) Agria	8	14	50	32	30	27	130	156
	2) Marlen	10	12	19	22	29	23	126	90
4) Winterweizen	1) Agria	16	9	20	24	26	37	138	156
	2) Marlen	11	15	17	14	29	23	100	103
		1)		2)		3)		4)	
Vorfrucht		48		40		49		46	
Sorte		52		40					
Vorkeimen		45		47					
Jahr		18		74					
Zeitpunkt		21		71					

2004 wurden zur Ernte ebenfalls noch recht niedrige Konzentrationen gemessen, die unter dem Schwellenwert von 100 mg/100 g FM lagen. Dieser Wert wird auch als Grenzwert verstanden, unterhalb dessen nach Frittieren keine gesundheitsschädigenden Konzentrationen von Acrylamid zu erwarten sind. Während der Lagerung 2004-05 lagerten die meisten Proben Zucker in Konzentrationen > 100 mg/100 g FM an. Dabei erwies sich Hafer als die Vorfrucht, nach der noch die niedrigsten Werte (103 mg/100g FM) gemessen wurden. Die Tatsache, dass die N-Versorgung in der vorliegenden Untersuchung einen nicht nachweisbaren Einfluss hatte, deckt sich mit der Aussage von PUTZ (2004), dass die Düngung unter Feldbedingungen kaum Auswirkungen auf den Zuckergehalt hat. Die Ergebnisse belegen zudem deutlich, dass die Umwelt (Faktor Jahr) und die Lagerung den größten Einfluss auf den Zuckergehalt der Knollen haben.

Qualität der Chips – Sorte Marlen

Im Jahr 2003 waren alle Proben – auch die nach Lagerung verarbeitete Ware – von exzellenter Qualität (Boniturnote 9,5; L-Wert >68,5). Dies bestätigt die schon in früheren Versuchen bescheinigte, sehr gute Chips-Eignung der Sorte Marlen bei ökologischem Anbau (BÖHM et al. 2002). Die Qualität der Chips wurde 2003 tendenziell ($p < 0,1$) und 2004 signifikant ($p < 0,01$) durch die Vorfrucht beeinflusst. Eine eindeutige Differenzierung zwischen den Vorfrüchten war jedoch nur zur Ernte 2004 möglich, als nach Winterweizen die Chips den höchsten Helligkeitswert (Abb. 9) aufwiesen. Die negativen Auswirkungen des Zuckeranstieges durch Lagerung auf die Qualität der verarbeiteten Knollen waren im Jahr 2004 sehr deutlich. So war 2004-05 die Qualität der Chips (Sorte Marlen) erheblich geringer als noch zur Ernte. Dennoch wurden selbst an den Chips der gelagerten Muster noch Helligkeitswerte gemessen, die einer Boniturnote von > 7 (L-Wert > 62,2) entsprechen. Laut Bundessortenamt sind solche Knollen für die Verarbeitung geeignet. Das Vorkeimen hatte keinen statistisch absicherbaren Einfluss auf die Qualität der verarbeiteten Knollen. Daher wird in der Darstellung auf eine Differenzierung nach „vorgekeimt“ und – „nicht vorgekeimt“ verzichtet.

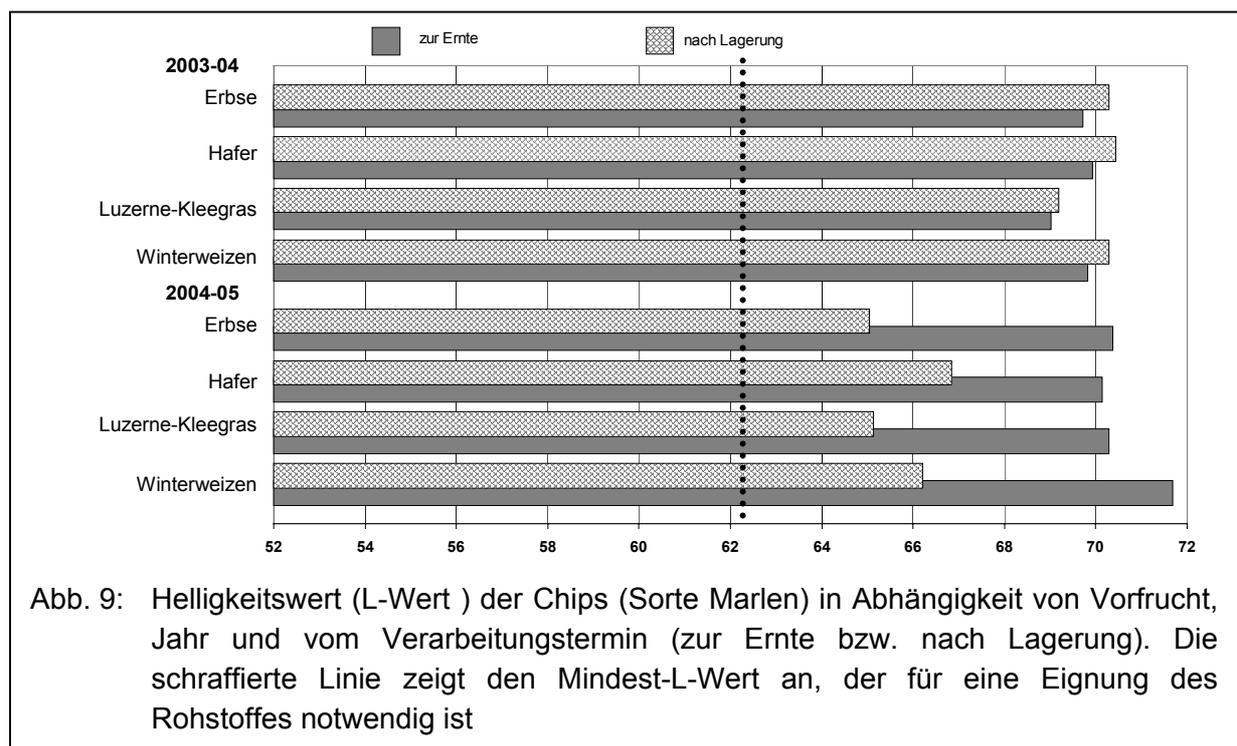


Abb. 9: Helligkeitswert (L-Wert) der Chips (Sorte Marlen) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Jahr und vom Verarbeitungstermin (zur Ernte bzw. nach Lagerung). Die schraffierte Linie zeigt den Mindest-L-Wert an, der für eine Eignung des Rohstoffes notwendig ist

Zur Ernte 2004 war die Qualität der Chips am höchsten nach Winterweizen. Nach Lagerung 2004-05 war die Qualität nach Leguminosen (Note 8) geringer als nach Getreide (8,5), Diese geringfügige Verschlechterung lässt sich nicht auf die Gehalte an reduzierenden Zuckern zurückführen (siehe vorheriger Abschnitt). Eine Erklärung kann anhand der vorhandenen Daten nicht gegeben werden.

Es lässt sich jedoch feststellen, dass die Qualität insgesamt auf einem sehr hohen Niveau lag und alle Proben (auch die nach Lagerung) die Ansprüche, wie vom Bundessortenamt festgelegt (L-Wert > 62,2) erfüllten. Ganz offensichtlich ist aber in Jahren mit verkürzter Vegetation der Einfluss der Lagerung erheblich und überdeckt Effekte wie die der N-Versorgung. Die durch eine Pflanzgutvorbereitung (Vorkeimen) etwas verlängerte Wachstumsdauer scheint weder in solchen, noch in krautfäulefreien Jahren nennenswerten Einfluss auf die Qualität der frittierten Knollen zu haben.

Qualität der Pommes frites– Sorte Agria

Die Qualitätszahl (Skala 1-5) ist ein gewichtetes Maß für die Ausprägung der Merkmale Aussehen/Farbe, Konsistenz und Geruch/Geschmack von Pommes frites. Sie beruht auf einem von N. U. HAASE (BFEL, Detmold) abgewandelten Prüfschema der DLG. Eine Wirkung der Vorfrucht auf die Qualitätszahl konnte lediglich 2003 zur Ernte statistisch abgesichert werden. Nach Getreide (Hafer bzw. Winterweizen) wurden höhere Qualitätszahlen erreicht als nach Leguminosen (Abb. 10). Ob hierfür eventuell die erhöhte N-Konzentration in den Knollen oder der niedrigere Stärkegehalt nach Erbse bzw. Klee gras verantwortlich ist, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Die Untersuchungen von HEUSER et al. (2005) deuten jedoch darauf hin, dass die Verbräunung von Pommes frites bei höherer Stickstoffversorgung und gleichzeitig niedriger Kaliumzufuhr stärker sein kann. Der Verarbeitungstermin und das Jahr hatten einen signifikanten Einfluss (2003 und 2004: $p < 0,01$) auf die Qualitätszahl der Pommes frites. Ähnlich wie bei Chips wurde die höchste Qualität im Jahr 2003 nach Ernte erreicht. Die Knollen aus Anbau nach Hafer, bzw. Getreide hätten nach Standard der DLG das Prädikat *Silber* erhalten. Ein Durchschnittswert von 4,4 entspricht dem oberen Ende der Bewertung *Geringfügige Abweichungen von der Qualitätserwartung (Bronze)*, die von 3,49 bis 4,50 reicht.

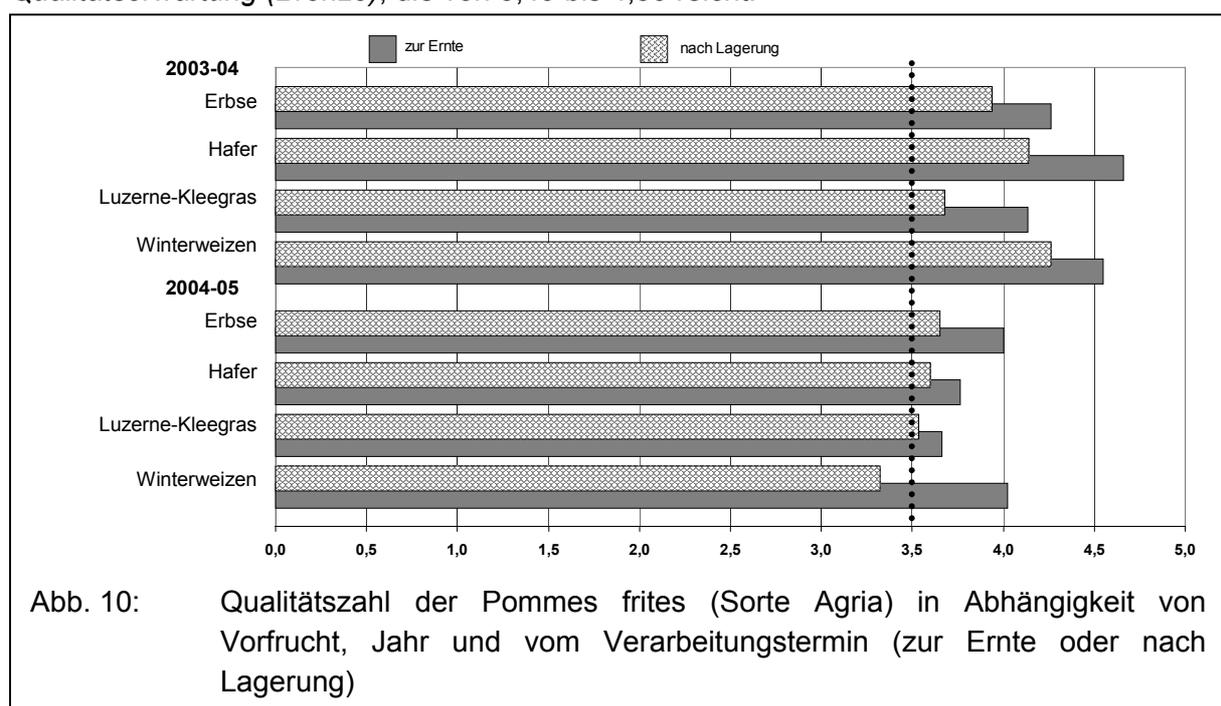


Abb. 10: Qualitätszahl der Pommes frites (Sorte Agria) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Jahr und vom Verarbeitungstermin (zur Ernte oder nach Lagerung)

Gleiches gilt für die Proben nach Lagerung 2003-04 und die Ernteproben 2004. Die Knollen nach Lagerung 2004-05 (Mittelwert 3,5) waren bezüglich der erhobenen Qualitätszahl an der oberen Grenze zu Boniturnote 3 (3,49 – 2,50), was der Bewertung *Merkliche Abweichungen von der Qualitätserwartung* entspricht. Vergleicht man die Reaktion des Helligkeitswertes der Chips mit derjenigen der Pommes frites (Abb. 9 bzw. 10), so zeigt sich der deutlich ausgeprägtere Einfluss der Lagerung auf die Pommes frites Qualität in der Lagerperiode 2003-04, der für die Chips nicht zu erkennen war. Im Folgejahr hingegen, war die Wirkung der Lagerung auf die Chips ausgeprägter als für die Pommes frites. Dies könnte wiederum auf einen Einfluss der reduzierenden Zucker nach Lagerung hindeuten, denn Chips reagieren deutlich stärker auf erhöhte Zuckergehalte als Pommes frites. Der Zusammenhang ist aber nicht nach verschiedenen Vorfrüchten differenzierbar, weil die Unterschiede in der Zuckerkonzentration recht gering waren. Sie hängen wohl vielmehr mit der unterschiedlichen Größenordnung der Zuckergehalte zur Ernte und nach Lagerung (2004-05: Vervierfachung) zusammen.

Insgesamt belegt der Versuch, dass im Ökologischen Landbau mit der Sorte Agria Rohware für die Verarbeitung zu Pommes frites erzeugt werden kann, die den Ansprüchen nicht nur der DLG, sondern auch der abnehmenden Industrie entspricht. Der limitierende Faktor scheint indes die Lagerung zu sein, bzw. die durch den Landwirt kaum zu kontrollierende negative Wirkung der Krautfäule auf die Abreifung der Bestände. Auch hier gilt: Je reifer die Knollen bei der Einlagerung, desto geringer die Qualitätseinbußen während der Lagerung. Das Vorkeimen scheint wiederum keinen quantifizierbaren Einfluss zu haben, der nicht durch andere Effekte überdeckt werden würde.

Rohbreiverfärbung

Die Rohbreiverfärbung ist eine enzymatische Reaktion. Bei der Verarbeitung der Kartoffeln werden lebende Zellverbände zerstört. Zur Abwehr von Schadinfectionen bilden sich Phenole, die unter Sauerstoffzutritt zu o-Chinonen oxidieren. Im Rahmen einer Polymerisation mit Aminogruppen entstehen dunkel gefärbte Melanine (KOLBE UND HAASE, 1997). Der Gehalt an organischen Säuren, die diese Reaktion hemmen, nimmt während der Lagerung ab. Da die Aminosäure Tyrosin die Hauptkomponente der enzymatischen Farbbildung darstellt, verstärkt Lagerung die Verfärbungsneigung. Der Grad der Rohbreiverfärbung ist jedoch kein Maß für die Farbe der hergestellten Pommes frites, da die Knollen an keiner Stelle des Verarbeitungsprozesses genügend Luftsauerstoff ausgesetzt sind, um zu einer Verfärbung des Endproduktes durch die beschriebene Reaktion zu führen. Weder die Vorfrucht noch die Pflanzgutvorbereitung hatten statistisch abgesicherten Einfluss auf die Rohbreiverfärbung, die Sorte und das Jahr hingegen schon (Tab. 22). Die geringere Rohbreiverfärbung wurde bei der Sorte Agria festgestellt und entspricht auch der Einschätzung der Sorte durch das Bundessortenamt im Vergleich zur Sorte Marlen. Die Lagerung beeinflusste den L-Wert nicht signifikant, doch ergab die statistische Auswertung eine signifikante Wechselwirkung Jahr*Termin (Lagerung).

Ähnlich wie bei den anderen Qualitätsparametern war die Rohbreiverfärbung 2003 weniger ausgeprägt und damit die Qualität höher als 2004. Das deutet darauf hin, dass die Pflanzen 2003 trotz der trockenen Witterung nicht unter Wassermangel gelitten haben, denn auf Wassermangel reagieren die Knollen auf Grund geringeren Turgordruckes mit einer stärkeren Neigung zur Verfärbung. Sonneneinstrahlung fördert die Bildung von Ascorbinsäure und verringert so trotz höherer TM-Gehalte die Ausbildung der Farbreaktion.

Tab. 22: Rohbreiverfärbung (L-Wert) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Pflanzgutvorbereitung zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA)

		Rohbreiverfärbung (L-Wert)							
		1) 2003				2) 2004			
		1) ER		2) LA		1) ER		2) LA	
Vorfrucht	Sorte	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	61,6	61,8	63,0	63,4	58,2	57,4	56,5	55,5
	2) Marlen	60,1	61,6	62,4	62,4	55,1	56,3	52,1	51,9
2) Hafer	1) Agria	60,4	60,0	61,8	62,5	58,6	58,7	56,8	56,0
	2) Marlen	58,5	59,9	60,8	61,8	57,2	55,8	53,5	53,4
3) Luzerne-Kleegrass	1) Agria	59,9	59,9	62,7	62,3	57,5	58,4	56,1	55,7
	2) Marlen	56,3	58,7	58,8	60,8	54,3	55,5	53,2	52,2
4) Winterweizen	1) Agria	59,4	60,2	61,3	61,8	58,2	57,9	55,9	55,8
	2) Marlen	58,9	60,1	61,0	61,3	55,5	55,7	54,2	53,7
		1)		2)		3)		4)	
Vorfrucht		55,4		56,3		55,3		55,9	
Sorte		57,1		54,4					
Vorkeimen		55,8		55,6					
Jahr		60,8		55,7					
Zeitpunkt		56,9		54,5					

Die beiden Jahre decken beinahe das gesamte Spektrum der Boniturnoten (1-5) ab, wobei 5 die höchste Qualität (sehr geringe Verfärbung) repräsentiert. Im Durchschnitt der geprüften Faktoren lagen die L-Werte bei 60,8 (2003) bzw. 50,7 (2004). Dies entspricht einer geringen (Note 4; 2003), bzw. sehr starken Verfärbung (Note 1; 2004). Die gute Qualität (geringe Verfärbung) im Jahre 2003 ist wahrscheinlich auf die hohe Sonneneinstrahlung und trocken-warme Witterung während der Monate Juni bis August zurückzuführen. 2004 hingegen mag die kühle Witterung im September zu erhöhten Gehalten an Tyrosin geführt haben und damit die Verfärbungsneigung gefördert haben. Aufgrund der verkürzten Wachstumszeit kommt aber auch eine niedrige Konzentration an Ascorbinsäure in Frage.

Der Einfluss der Lagerung war sehr stark abhängig vom einzelnen Versuchsjahr. 2003 nahm die Qualität der Rohware während der Lagerung sogar zu, wohingegen 2004 der höhere L-Wert nach Lagerung (stärkere Verfärbung) den Erwartungen entsprach. Aufgrund der ebenfalls durch Lagerung steigenden Qualität der Chips in der Lagerperiode 2003-04 stellt sich die Frage nach einem eventuellen Zusammenhang zwischen Chips-Farbe (hier: Marlen) und Rohbreiverfärbung, der aber von PUTZ und WEBER (1992) nicht bestätigt wird. Sie fanden lediglich einen Zusammenhang zwischen Kochdunkelung und Pommes frites-Farbe.

Kochdunkelung

Die Kochdunkelung ist eine nicht-enzymatische Verfärbung infolge von Hitzeeinwirkung. Die Reaktion von freien Metallen (z.B. Eisen) mit Phenolen wie der Chlorogensäure spielt beispielsweise in Großküchen eine Rolle, wo nicht selten längere Zeit zwischen Kochen und Verzehr der Knollen vergeht. Bei der Pommes frites-Herstellung führt die geringste Neigung des Rohstoffes infolge des Verarbeitungsprozesses zur Graufärbung des Endproduktes

(PUTZ und WEBER, 1992). Ähnlich wie bei der Rohbreiverfärbung reduzieren organische Säuren (Citronensäure, Ascorbinsäure) die Kochdunkelung, weil sie mit Metallen zu farblosen Chelaten reagieren und somit der farbgebenden Reaktion das Substrat entziehen. Während der Lagerung sinkt gewöhnlich der Gehalt an den genannten organischen Säuren, wodurch das Verfärbungspotential bei der anschließenden Verarbeitung zu Pommes frites erhöht sein kann. Die Jahreswitterung beeinflusst die Verfärbungsreaktion deutlich. In kühlen Jahren ist der Chlorogengehalt der Knollen erhöht, der Citronensäuregehalt hingegen geringer.

Tab. 23: Kochdunkelung (L-Wert) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Pflanzgutvorbereitung zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA)

		Kochdunkelung (L-Wert)							
		1) 2003				2) 2004			
		1) ER		2) LA		1) ER		2) LA	
Vorfrucht	Sorte	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	78,6	79,1	77,7	77,9	77,9	78,8	78,2	79,3
	2) Marlen	77,6	77,5	80,4	79,8	78,9	79,6	80,8	81,5
2) Hafer	1) Agria	78,7	80,0	78,0	78,5	77,2	78,6	78,9	79,6
	2) Marlen	75,8	77,2	80,1	81,4	79,1	78,3	81,0	80,7
3) Luzerne-Klee gras	1) Agria	78,5	78,9	77,8	77,5	78,2	78,6	79,1	79,0
	2) Marlen	77,3	78,0	79,4	80,6	78,3	79,8	80,6	81,5
4) Winterweizen	1) Agria	79,0	79,2	78,0	78,7	77,6	77,8	79,0	78,2
	2) Marlen	77,3	76,9	79,7	80,7	79,8	79,9	81,5	81,9
		1)		2)		3)		4)	
Vorfrucht		79,0		78,9		78,9		79,1	
Sorte		78,5		79,5					
Vorkeimen		78,8		79,2					
Jahr		78,7		79,3					
Zeitpunkt		78,4		79,6					

Die Ausprägung der Kochdunkelung wurde statistisch signifikant durch die Sorte, das Vorkeimen, das Jahr und die Lagerung beeinflusst (Tab. 23). Vergleicht man die zwei Versuchsjahre (Durchschnitt aller Behandlungen), so unterscheiden sich die L-Werte für die Kochdunkelung zwar statistisch absicherbar, jedoch lagen die Werte in beiden Jahren auf einer Boniturnote (3, d.h. mäßige Verfärbung), welche die L-Werte zwischen 78,4 und 80,2 repräsentiert. Im Gegensatz zur Rohbreiverfärbung bedeuten höhere L-Werte eine Abnahme der Verfärbungsreaktion. Agria wies eine stärkere Kochdunkelung als Marlen auf.

Die Pflanzgutvorbereitung durch Vorkeimen bewirkte eine weniger ausgeprägte Verfärbungsreaktion in Höhe eines um 1,1 höheren L-Wertes.

Lagerverhalten der Knollen

Während der Lagerung kann es zu erheblichen Verlusten an Frisch- und Trockenmasse durch Atmung, Verdunstung, Keimung, Fäulnis und Schrumpfung kommen (KOLBE 1995). Die viermonatige Lagerung fand unter kontrollierten Bedingungen bei 8 °C in der KTBL Versuchsstation in Dethlingen statt.

Die Keimlängenklasse kann zwischen 1 und 9 variieren, wobei die Klassen von der visuell bonitierten Keimlänge abhängen. Je höher der Wert, desto länger die Keime. Da die Keimlänge allein noch keine Aussage über die Verluste durch Keimung erlaubt, ist es notwendig, zusätzlich entweder die Anzahl der Keime oder das Keimgewicht zu erfassen.

Die Keimlängenklasse wurde signifikant durch die Vorfrucht ($p < 0,05$) beeinflusst, wobei nach Erbse die signifikant niedrigere Keimlängenklasse gemessen wurde. Die Wirkung der Pflanzgutvorbereitung war abhängig von der Sorte (Vorkeimen*Sorte: $p < 0,01$). Während das Vorkeimen bei Sorte Marlen keinen Einfluss hatte, wies die vorgekeimte Agria eine um 1,39 höhere Keimlängenklasse auf (Tab. 24). Das Vorkeimen erhöht durch die längere Wachstumsdauer das physiologische Alter der eingelagerten Knollen und lässt demnach ein früheres Ende der Keimruhe erwarten. Keimträge Sorten wie Agria reagieren bekanntermaßen stärker auf die Pflanzgutvorbereitung durch Vorkeimen. So ist auch im Lager die Reaktion der physiologisch älteren Sorte Agria zu erklären. Die Sorte Marlen ist laut Bundessortenamt eine Sorte mit mittlerer Knollenzahl, was eine höhere Anzahl von Keimen als bei Sorte Agria erwarten ließe. Das signifikant höhere Keimgewicht (Verlust durch Keimung) von Sorte Marlen und auch der vorgekeimten Varianten entspricht dennoch den Erwartungen.

Tab. 24: Keimklassenindex und Keimgewicht in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte und Jahr

Vorfrucht	Jahr	Keimlängenklasse (1-9)				Keimgewicht (g/kg)			
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004	
		1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	3,8	4,0	5,0	3,5	0,8	0,0	6,3	8,1
	2) Marlen	4,0	5,0	6,3	5,8	7,8	7,0	15,5	12,0
2) Hafer	1) Agria	6,3	3,5	5,3	4,0	1,1	0,7	6,2	5,7
	2) Marlen	6,0	5,0	6,0	5,3	9,4	7,0	14,0	13,0
3) Luzerne- Kleegras	1) Agria	6,0	4,8	5,5	3,9	28,7	0,6	6,5	4,9
	2) Marlen	5,3	5,8	5,8	5,3	10,8	9,4	16,2	12,6
4) Winter- Weizen	1) Agria	6,5	5,5	5,5	3,5	1,4	0,9	7,0	5,0
	2) Marlen	5,0	5,0	6,0	5,8	8,6	6,9	14,9	11,5
		1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)
	Vorfrucht	4,7	5,3	5,3	5,3	6,2	6,4	11,2	7,0
	Sorte	4,8	5,4			5,2	11,0		
	Vorkeimen	5,5	4,7			9,7	6,6		
	Jahr	5,1	5,1			6,3	10,0		

Während sich die Keimlängenklasse zwischen den beiden Jahren kaum unterschied, so jedoch das Keimgewicht, was bedeutet, dass die Knollen eine geringere Anzahl Keime gebildet hatten. Aufgrund der verkürzten Wachstumsdauer wurden die Knollen vermutlich

physiologisch jünger geerntet, was zur Unterdrückung der apikalen Dominanz führt und vielleicht die höhere Anzahl Keime erklären kann.

In Tab. 25 ist der Substanzverlust der Knollen während der Lagerung in g/kg Knollenmasse dargestellt. Der Substanzverlust wurde durch die Pflanzgutvorbereitung, die Sorte und das Jahr beeinflusst. Ausgereifte Knollen weisen eine ausgeprägte Lagerruhe auf, was die Jahresunterschiede erklären dürfte. Die Tochterknollen aus vorgekeimten Pflanzgut wiesen größere Substanzverluste auf. Die Reaktion der Sorte war jedoch über die Jahre nicht konsistent (Sorte*Jahr: $P < 0,001$). Während sich die Sorten 2003 nicht unterschieden, waren die Substanzverluste von der Sorte Marlen 2004 höher als die der Sorte Agria.

Tab. 25: Substanzverlust in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte Pflanzgutvorbereitung und Jahr

Vorfrucht	Jahr	Substanzverlust (g/kg)			
		1) 2003		2) 2004	
Sorte	Vorkeimen	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	12,6	12,8	51,3	48,3
	2) Marlen	14,6	11,6	62,2	56,4
2) Hafer	1) Agria	12,1	11,0	49,8	46,8
	2) Marlen	13,7	12,2	60,6	55,0
3) Luzerne- Kleegrass	1) Agria	21,5	13,2	49,6	46,8
	2) Marlen	14,6	15,7	61,1	56,6
4) Winter- Weizen	1) Agria	11,8	17,5	50,1	48,4
	2) Marlen	16,1	12,0	60,9	55,3
		1)	2)	3)	4)
Vorfrucht		27,5	26,6	34,9	34,0
Sorte		31,5	36,2		
Vorkeimen		35,2	32,5		
Jahr		13,9	53,7		

Befall der Knollen mit *R. solani* und *S. scabies*

Lediglich das Jahr hatte signifikanten Einfluss auf den Befallsindex für sowohl *R. solani* als auch *S. scabies* (Tab. 26). Für beide Krankheiten gab es jedoch signifikante Wechselwirkungen zwischen Sorte*Vorkeimen. Sorte Agria wies einen höheren *R. solani*-Index auf, wenn das Pflanzgut nicht vorgekeimt war, während Marlen keine Reaktion zeigte. Der Pilz *R. solani* infiziert in erster Linie junge wachsende Triebe. Laut KARALUS (2003) kann durch Vorkeimen und die daraus resultierende schnellere Vorlaufentwicklung das Infektionsrisiko gesenkt werden. Diese Wirkung konnte für Sorte Agria nachgewiesen werden, die als keimträge Sorte besonders stark auf das Vorkeimen reagiert.

Das Bakterium *S. scabies* befällt die Kartoffelknollen verstärkt bei trockenen Bodenverhältnissen. Da die Vegetationsphase vorgekeimter Kartoffelknollen zeitlich etwas vorgezogen ist, findet laut KARALUS (1995) das Wachstum der in diesem Stadium besonders anfälligen Pflanzen meist unter feuchteren Bedingungen statt, was das Befallsrisiko senkt.

Die Wirkung des Vorkeimens ist demnach stark witterungsabhängig und kann in Jahren mit zunächst trockener, und anschließend feuchter Witterung gegenteilig ausfallen. Sorte Agria ist bekannt als besonders schorfanfällig und unterschied sich entsprechend signifikant von Marlen im *S. scabies*-Index, jedoch nur im Falle der Verwendung vorgekeimten Pflanzgutes.

Tab. 26: *R. solani*-Index und *S. scabies*-Index in Abhängigkeit von Vorfrucht, Sorte, Pflanzgutvorbereitung und Jahr

Vorfrucht	Jahr	<i>R. solani</i> -Index				<i>S. scabies</i> -Index			
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004	
Sorte	Vorkeimen	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein	1) ja	2) nein
1) Erbse	1) Agria	2,29	2,36	2,01	1,96	1,91	1,90	1,56	1,64
	2) Marlen	2,37	2,39	1,98	1,96	1,70	1,71	1,52	1,45
2) Hafer	1) Agria	2,38	2,41	1,93	2,14	2,40	1,93	2,17	1,62
	2) Marlen	2,48	2,46	2,16	2,02	1,79	1,92	1,53	1,72
3) Luzerne- Kleegras	1) Agria	2,17	2,38	1,83	1,95	1,90	1,75	1,67	1,47
	2) Marlen	2,40	2,23	1,96	1,93	1,68	2,02	1,51	1,75
4) Winter- Weizen	1) Agria	2,29	2,91	2,01	2,38	2,14	1,79	1,80	1,58
	2) Marlen	2,47	2,47	2,16	2,08	1,68	1,70	1,89	1,53
		1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)
Vorfrucht		2,17	2,25	2,11	2,35	1,67	1,88	1,72	1,76
Sorte		2,21	2,22			1,83	1,69		
Vorkeimen		2,18	2,25			1,80	1,72		
Jahr		2,40	2,03			1,87	1,65		

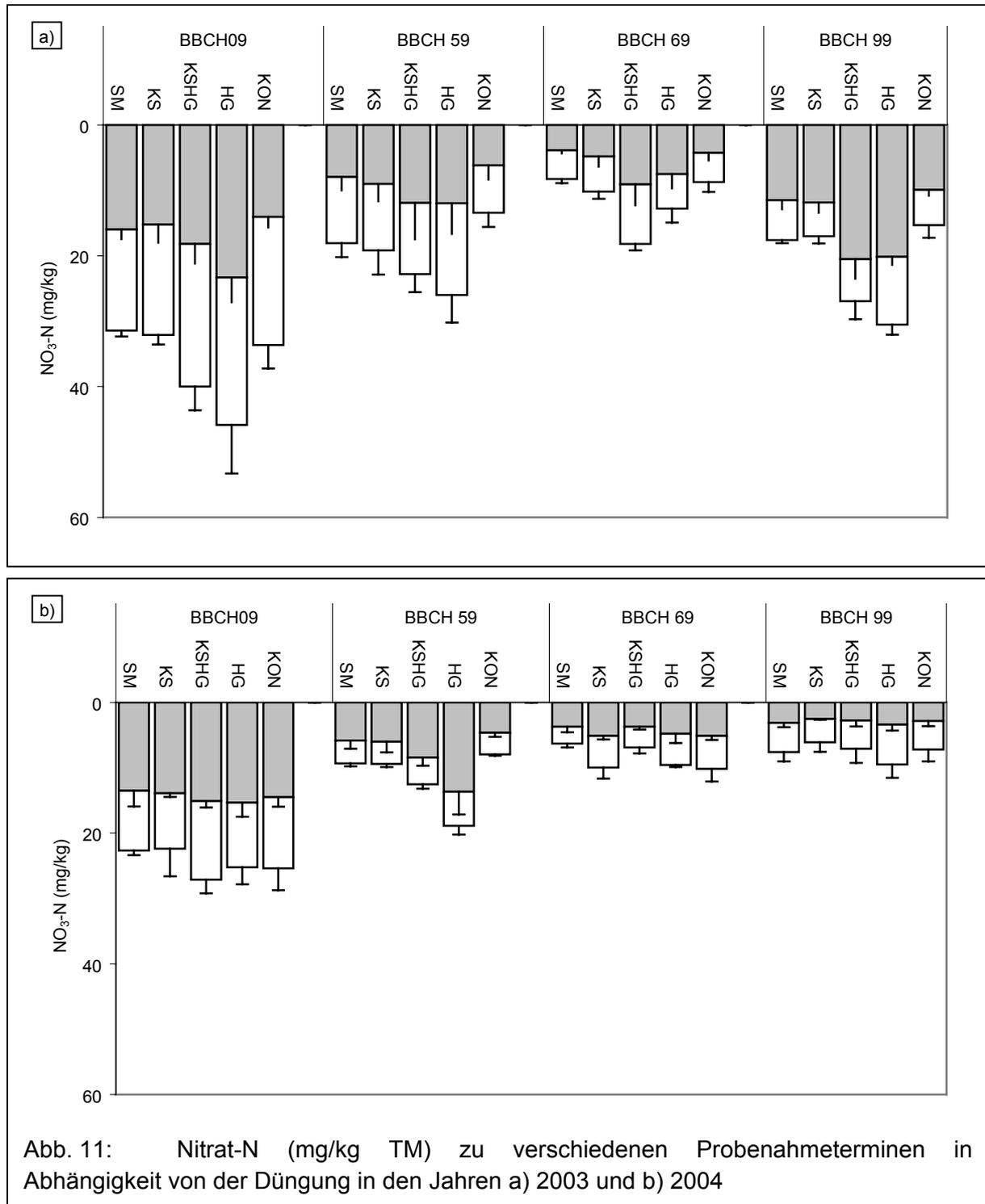
3.1.1.2 Kalium-Düngungs-Versuch (K-Versuch)

Die Verfügbarkeit von Kalium lässt sich kurzfristig durch eine K-Gabe in Form von K-haltigen Düngemitteln bewerkstelligen (ORLOVIUS, 2003). Die auch in der ökologischen Kartoffelerzeugung auf leichten Standorten gängige Praxis der Anwendung mineralischer K-Quellen ist zwar gemäß Richtlinie 2092/91 gestattet, widerspricht aber grundsätzlich der Philosophie des Ökologischen Landbaus. Frühere Untersuchungen ergaben, dass organische Dünger langfristig die Verfügbarkeit von beispielsweise Kalium steigern. Die Ergebnisse von BÖHM UND DEWES (1997) sowie NEUHOFF UND KÖPKE (2002) zeigten die kurzfristige Wirkung von Stallmist auf die K-Aufnahme und den Ertrag von Kartoffelknollen. Der vorliegende Versuch befasste sich u.a. mit der Frage, inwieweit Stallmist als systemkonformes Düngemittel im ökologischen Kartoffelanbau die mineralische K-Düngung ersetzen kann. Weiter sollte geprüft werden, ob durch Stallmist auch die N-Versorgung verbessert werden kann, oder ob andere organische N-Quellen notwendig sind.

Verlauf der Nitrat-N-Verfügbarkeit

Das Niveau der Nitrat-N-Verfügbarkeit unterschied sich in Abhängigkeit vom Jahr sehr stark. Zum Auflaufen der Kartoffeln wurden die höchsten Werte nach Kleegras (36,6 mg/kg oder

161 kg NO₃-N/ha) gemessen, 2004 zum gleichen Zeitpunkt lediglich 24,6 mg/kg (108 kg NO₃-N/ha). Noch zur Endernte waren Unterschiede zwischen den Jahren deutlich erkennbar mit 21,5 mg/kg im Jahre 2003 (94 kg NO₃-N/ha), bzw. 7,5 mg/kg 2004 (33 kg NO₃-N/ha).



Die Anwendung der Dünger beeinflusste in beiden Jahren die Nitrat-N-Gehalte der Bodenschicht 0-60 cm signifikant. Horngrieß erwies sich als der Dünger der die N-Verfügbarkeit zum Auflaufen statistisch absicherbar erhöhte, während Stallmist unabhängig vom Termin der Probenahme keine nachweisbare Wirkung zeigte. In der Folge (BBCH 59 und 69) konnten nach der Düngung mit Horngrieß (alleine oder in Kombination mit Kaliumsulfat) im Vergleich zur Kontrolle erhöhte Nitrat-N-Werte gemessen werden.

Vor dem Auflaufen der Kartoffelpflanzen versorgt die Mutterknolle die keimende Pflanze mit Nährstoffen. Daher stellt der Gehalt des Oberbodens zum Auflaufen eine exakte Beschreibung des Stickstoffangebotes aus dem Boden (und aus bereits mineralisiertem N der ausgebrachten organischen Düngemittel) dar. Laut MÖLLER (2001) werden die durch unterschiedliche Witterungsbedingungen bewirkten Unterschiede der N-Mineralisation zwischen den verschiedenen Jahren zu diesem Termin am besten erfasst. Auch wird eine eventuelle stattfindende N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten im Laufe des Frühjahrs und ihre Auswirkungen auf das N-Angebot bei einer späten (Mitte/Ende Mai) Probenahme am besten berücksichtigt (WALTHER, 1990).

Die Ergebnisse belegen, dass die Höhe des N-Angebotes nicht nur von der Düngung, sondern insbesondere von der Vorfrucht und dem Untersuchungsjahr abhängen. Die Jahresunterschiede zum Auflaufen sind sicher auf die unterschiedlichen Vorfrüchte (2003: Klee gras; 2004: Getreide) zurückzuführen. Obgleich das Klee gras erst zu einem späten Zeitpunkt, nämlich der Düngung im April 2003, umgebrochen wurde, wurden schon sehr hohe $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte zum Auflaufen gemessen. Der lehmige Sand, auf dem der Versuch durchgeführt wurde, ist ein Standort, der sich relativ schnell im Frühjahr erwärmt. Bereits im März wurden überdurchschnittlich hohe Lufttemperaturen gemessen, auch im Monat April war die Tagesdurchschnittstemperatur höher als das langjährige Mittel. Dies mag zu einer früh einsetzenden Erwärmung des Bodens und damit zeitigen Mineralisation organischer Substanz im Boden geführt haben. Auch in den Parzellen der Kontrolle wurde ein Nitrat-N-Gehalt von immerhin 148 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$ erhoben, ein im Vergleich mit anderen Erhebungen auf ökologisch bewirtschafteten Flächen recht hoher Wert. MÖLLER et al. (1997) fand bei seinen Untersuchungen auf Praxisschlägen in Süddeutschland durchschnittlich 100 kg $\text{N}_{\text{min}}/\text{ha}$ zum Auflaufen der Pflanzen.

Der Versuch bestätigte, dass Tiefstall-Frischmist keine verlässliche Quelle für rasch verfügbaren Stickstoff darstellt. Auch NEUHOFF (2000) und – auf dem gleichen Standort STEIN-BACHINGER (1993) – fanden nur eine geringe Wirkung einer Gabe kompostierten Stallmistes auf die Nitrat-N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung, beobachteten jedoch ebenfalls, dass eine Klee gras-Vorfrucht ein enorm hohes N-Potential besitzt, verglichen mit einer Getreide-Vorfrucht.

K-Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit von Kalium auf den Versuchsflächen zu Versuchsbeginn entsprach der Versorgungsstufe C (2004) bzw. B (2003). Ein Kaliumgehalt des Bodens zwischen 4 und 10 mg/100g Boden wird in der jüngeren Literatur als ausreichend für ökologische Kartoffelbestände gesehen (MÖLLER und KOLBE, 2003). Grund hierfür ist die begrenzte N-Verfügbarkeit, durch die eine höhere K-Verfügbarkeit wirkungslos bleibt. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass nur eine ausgewogene N- und K-Versorgung zu Ertragsteigerungen führen kann. Gleichzeitig gilt aber, dass ein im Verhältnis zur N-Versorgung erhöhtes K-Angebot eine höhere Qualität der Kartoffelknollen ermöglicht, so z.B. aufgrund besserer Lagerfähigkeit, niedrigerer Gehalte an reduzierenden Zuckern und geringerer Neigung zur Schwarzfleckigkeit (MÖLLER, 2002). Laut der oben zitierten Einschätzung kann das Niveau der K-Verfügbarkeit in den beiden Versuchsjahren als absolut ausreichend angesehen werden.

Gemäß ORLOVIUS (2003) ist die Wirkung einer Kaliumdüngung unter anderem abhängig vom Standort. Auf leichten Standorten ist eher mit einer Reaktion auf eine K-Gabe zu rechnen als dies auf sorptionsstarken Böden der Fall ist. In der vorliegenden Untersuchung hatte die

Düngung zum Auflaufen jedoch noch keine nachweisbare Wirkung auf den K_{CAL} -Gehalt des lehmigen Sandbodens. Vor allem 2004 war der K-Gehalt zwar augenscheinlich höher nach mineralischer K- (KSHG) bzw. Stallmist-Gabe, die Streuung jedoch so hoch, dass der Effekt zunächst nicht statistisch abzusichern war. Die folgenden beiden Probenahmen zeigten ein deutliches (2003) bzw. tendenzielles (2004) Abfallen im Gehalt an pflanzenverfügbarem Kalium (Tab. 27). Gegenüber reiner Horngrieß-Düngung oder der Kontrolle signifikant erhöhte K-Gehalte wurden 2004 nach Stallmist- bzw. Kaliumsulfat-Düngung erzielt. In beiden Versuchsjahren waren auch zur Ernte im September noch die Auswirkungen der kaliumhaltigen Dünger nachweisbar. Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine organische Düngung in Form von Tiefstall-Frischmist die Kalium-Verfügbarkeit in gleichem Maße verbessert werden kann, wie durch Kaliumsulfat.

Tab. 27: Gehalt an pflanzenverfügbarem Kalium (mg K_{CAL} /100g Boden) im Oberboden (0-30 cm) in Abhängigkeit von Düngung und Jahr; Mittelwerte und Standardabweichung.

2003								
	BBCH 09		BBCH 59		BBCH 69		BBCH 99	
SM	12,2± 0,3	ns	10,8± 1,0	ns	8,1± 1,4	ns	10,7± 1,1	ab
KS	12,0± 1,2		11,1± 1,2		8,7± 1,7		11,9± 2,0	a*
KSHG	13,0± 1,8		8,5± 2,0		8,0± 1,0		11,1± 2,0	a*
HG	12,1± 1,4		8,5± 1,4		7,4± 0,7		8,7± 0,9	bc
KON	10,8± 2,9		8,5± 1,8		7,2± 2,1		8,1± 1,9	c
Mittel	12,0		9,5		7,9		10,1	
LSD							2,3	
2004								
	BBCH 09		BBCH 59		BBCH 69		BBCH 99	
SM	11,1± 4,1	ns	10,8± 3,5	a*	8,8± 4,2	a	8,0± 2,5	a
KS	9,9± 4,0		10,9± 2,6	a*	8,4± 2,6	ab	8,4± 1,9	a*
KSHG	13,1± 1,7		12,6± 3,1	a***	9,1± 2,1	a*	8,5± 4,0	a*
HG	8,8± 2,7		7,4± 2,8	b	6,6± 3,2	bc	4,5± 1,2	b
KON	9,0± 2,4		7,6± 2,4	b	6,4± 2,1	c	5,6± 1,8	b
Mittel	10,4		9,9		7,8		7,0	
LSD			2,0		1,9		2,1	

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen. Sterne weisen auf signifikante Abweichungen von der Kontrolle laut Dunnett-Test hin; ns = nicht signifikante Hauptwirkung; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$; ns= nicht signifikant; LSD= least significant difference; ± Standardabweichung.

N-Aufnahme durch die Knollen

Der N-Entzug durch die Knollen wurde signifikant durch die Düngung beeinflusst und war abhängig vom Untersuchungsjahr. Die Sorte hatte keinen Einfluss auf die Höhe des N-Entzuges. Gleiches gilt für den N_T -Gehalt in der Trockensubstanz der Knollen. Aufgrund der höheren N-Konzentration der Knollen-TM wurde 2003 mehr N durch die Knollen entzogen als 2004. Die höheren Entzüge 2003 stehen vermutlich in Zusammenhang mit der im Vergleich zum Jahr 2004 höheren Verfügbarkeit zum Auflaufen der Kartoffeln.

Die beiden Varianten der Horngrießdüngung (KSHG; HG) ermöglichten signifikant höhere N-Entzüge bzw. N_T -Gehalte in den Knollen als die reine K-Düngung (KS), oder eine Stallmistgabe (SM), die sich diesbezüglich beide nicht von der ungedüngten Kontrolle (KON)

unterschieden (Tab. 28). Die N-Aufnahme nach KSHG war zudem signifikant höher als die nach reiner HG-Düngung, was darauf hindeutet, dass die bessere Kaliumversorgung auch die N-Aufnahme gefördert hat.

Die durchschnittlichen N-Entzüge betragen 2003 121 kg N/ha und 2004 104 kg N/ha, was N-Entzügen von 39,7 (2003) bzw. 30,6 kg /100dt Knollenertrag entspricht. Sie liegen damit deutlich über den von MÖLLER (2001) genannten Werten von etwa 22 kg N/100 dt, aber in Übereinstimmung mit den Faustzahlen für die Landwirtschaft (1993), die 30 bis 40 kg N/ha je 100 dt/ Knollen angeben. Wie in den Untersuchungen von LAUGHLIN (1971) wurde mit steigender N-Versorgung (Einsatz von Horngrieß-Dünger) ein Anstieg der N_t-Gehalte der Knollen beobachtet. Die N-Konzentrationen bewegten sich in dem aus der Literatur bekannten Bereich (BERGMANN, 1993).

Tab. 28: N-Aufnahme (kg/ha) und N_t-Gehalt (% i. d. TM) der Knollen in Abhängigkeit von Düngung und Sorte

Düngung	Jahr	N-Entzug Knollen (kg/ha)					N _t -Gehalt Knollen (% i. d. TM)				
		1) 2003		2) 2004			1) 2003		2) 2004		
1) SM	1) Agria	122,1		96,0			1,72		1,36		
	2) Marlen	112,3		97,6			1,65		1,49		
2) KS	1) Agria	117,0		90,8			1,69		1,38		
	2) Marlen	115,8		87,2			1,73		1,39		
3) KSHG	1) Agria	129,7		134,1			1,93		1,74		
	2) Marlen	151,1		124,2			1,93		1,68		
4) HG	1) Agria	126,7		108,6			1,91		1,69		
	2) Marlen	137,6		122,0			1,85		1,74		
5) KON	1) Agria	118,3		87,2			1,73		1,47		
	2) Marlen	110,5		87,6			1,67		1,40		
Faktor		1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)
Düngung		107c	103c	135a	124b	101c	1,56b	1,55b	1,82a	1,80a	1,56b
Sorte		113,0	114,6				1,66	1,65			
Jahr		124a	104b				1,78a	1,54b			

K-Aufnahme durch die Knollen

Die K-Aufnahme der Knollen wurde signifikant durch die Düngung ($p < 0,001$) und das Jahr ($p < 0,01$) beeinflusst. Die Wirkung der Sortenwahl war abhängig vom Untersuchungsjahr (Sorte*Jahr: $p < 0,05$). Im Jahre 2003 konnten keine Veränderungen im K-Entzug der Knollen durch die geprüften Dünger festgestellt werden. Im Durchschnitt der beiden Jahre entzogen die Knollen nach kombinierter Kaliumsulfat-Horngrieß-Düngung am meisten K (197 kg K/ha) und signifikant mehr als nach den anderen Behandlungen. Die K-Entzüge nach der Anwendung von Stallmist, reiner K-Düngung, Horngrieß oder der Null-Düngung unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Die Knollen-K-Entzüge der beiden Sorten unterschieden sich 2003 signifikant voneinander (13,4 kg/ha), während 2004 kein nennenswerter Unterschied nachweisbar war.

Tab. 29: K-Aufnahme (kg/ha) und K-Gehalt (% i. d. TM) der Knollen in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr

Düngung	Jahr	K-Entzug Knollen (kg/ha)					K-Gehalt Knollen (% i. d. TS)				
		1) 2003	2) 2004	3)	4)	5)	1) 2003	2) 2004	3)	4)	5)
1) SM	1) Agria	177,2	187,7				2,52	2,67			
	2) Marlen	184,3	168,8				2,71	2,57			
2) KS	1) Agria	180,0	168,5				2,60	2,55			
	2) Marlen	188,1	162,1				2,82	2,58			
3) KSHG	1) Agria	180,2	200,9				2,67	2,61			
	2) Marlen	215,2	192,6				2,76	2,59			
4) HG	1) Agria	169,9	149,4				2,57	2,30			
	2) Marlen	185,3	147,4				2,50	2,10			
5) KON	1) Agria	179,3	130,9				2,62	2,20			
	2) Marlen	180,8	146,7				2,72	2,32			
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)	
Düngung	179,5	174,7	197,2	163,0	159,4	2,62	2,64	2,66	2,37	2,46	
Sorte	172,4	177,1				2,53	2,57				
Jahr	184,0	165,5				2,65	2,45				

Nach BERGMANN (1993) sind 2,2 bis 2,5 % K in der TM für Speisekartoffeln anzustreben. Für Verarbeitungskartoffeln liegen keine derartigen Richtwerte vor. Da Schwarzfleckigkeit und Lagerungseigenschaften sehr positiv durch hohe Kaliumgehalte beeinflusst werden und dies gerade auch für Verarbeitungskartoffeln von großer Bedeutung ist, sollten die Gehalte sicher nicht wesentlich niedriger sein. Der durchschnittliche Knollen-K-Gehalt lag in beiden Jahren auf einem insgesamt sehr hohen Niveau (2003: 2,45 bei 20,0 % TM; 2004: 2,65 bei 21,9 % TM). MÖLLER UND KOLBE (2003) nennen 2,4 % (bei 21 % TM) als Durchschnitt, MATTHIES (1991) nennt bei 19 % TM ein Versuchsmittel von 2,5 % K.

Die K-Gehalte der Knollen-Trockensubstanz wurden sowohl durch die Düngung ($p < 0,001$), die Sorte ($p < 0,05$) und das Jahr ($p < 0,001$) signifikant beeinflusst. Die Wirkung der Düngung war jedoch abhängig von der Sorte (Düngung*Sorte: $p < 0,001$) und dem Jahr (Düngung*Jahr: $p < 0,05$). Der Sorteneffekt war nicht konsistent über die Jahre (Sorte*Jahr: $p < 0,001$).

Frisch- und Trockenmasse-Ertrag der Knollen

Der Frischmasseertrag der Knollen wurde signifikant durch die Düngung ($p < 0,001$), die Sorte ($p < 0,001$) und das Jahr ($p < 0,01$) beeinflusst. Dabei war der Ertrag der Sorte abhängig vom Jahr (Sorte*Jahr: $p < 0,05$). 2003 unterschieden sich die Sorten kaum im Ertrag, während Agria 2004 3 t/ha mehr erzielte. Betrachtet man den FM-Ertrag über die Jahre, so zeigt sich die beste Ertragswirkung der Kaliumsulfat-Horngrieß-Düngung (36,5 t/ha), gefolgt von Stallmist (-3,7 t/ha) und reiner Horngrieß-Anwendung (-4,2 t/ha). Aufgrund des nicht nachweisbaren Einflusses der Stallmist-Düngung auf den Gehalt des Bodens an Nitrat-N und der ausbleibenden Wirkung auf den N-Entzug bzw. N_f -Gehalt der Knollen, liegt die Vermutung nahe, dass die ertragssteigernde Wirkung durch das Kalium aus dem Stallmist zustande kam.

Insgesamt lagen die Erträge auf einem recht hohen Niveau (2003: 31,3 t/ha; 2004: 33,8 t/ha) für die Verhältnisse des Ökologischen Landbaus (BÖHM, 2001). Nach Aussage von MÖLLER UND KOLBE (2003) ermöglichen N_{min} -Gehalte in Höhe von 110 bis 130 kg N/ha zum Zeitpunkt des Auflaufens Knollenerträge von 30-40 t/ha. Auffällig ist, dass Enderträge in den beiden Jahren nicht mit dem jeweiligen zum Auflaufen vorhandenen NO_3 -N-Niveau des jeweiligen Jahres korrelierten. Die in unseren Versuchen im unteren bis mittleren Bereich des von MÖLLER & KOLBE (2003) genannten Ertragspotenzials angesiedelten Erträge sind wohl der starken Trockenheit im Jahre 2003, bzw. der Krautfäule 2004 geschuldet. Um die tatsächliche Wirkung dieser beiden Umweltfaktoren quantifizieren zu können, wäre eine berechnete Variante, bzw. eine Behandlung mit chemischem Pflanzenschutz als Kontrollen erforderlich gewesen.

Tab. 30: Knollen-Rohrertrag in t/ha (TM- und FM-Ertrag) in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr

Düngung	Jahr	FM-Gesamtertrag (t/ha)					TM-Gesamtertrag (t/ha)				
		1) 2003	2) 2004	3)	4)	5)	1) 2003	2) 2004	3)	4)	5)
1) SM	1) Agria	31,34	37,19				7,04				
	2) Marlen	29,71	33,04				6,80				6,59
2) KS	1) Agria	32,03	34,00				6,91				6,60
	2) Marlen	30,76	29,75				6,68				6,27
3) KSHG	1) Agria	32,14	41,93				6,76				7,69
	2) Marlen	35,04	37,08				7,81				7,41
4) HG	1) Agria	30,67	34,03				6,62				6,45
	2) Marlen	32,08	32,60				7,44				7,00
5) KON	1) Agria	30,69	29,48				6,84				5,94
	2) Marlen	28,39	29,14				6,64				6,30
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)	
Düngung	32,8	31,6	36,5	32,3	29,4	6,9	6,6	7,4	6,9	6,4	
Sorte	33,3	31,8				6,8	6,9				
Jahr	31,3	33,8				7,0	6,7				

Auf den TM-Ertrag der Knollen hatte lediglich die Düngung signifikanten Einfluss ($p < 0,01$). Die TM-Erträge der beiden Sorten und in den beiden Jahren unterschieden sich dagegen kaum. Obwohl 2003 die höheren TM-Gehalte der Knollen (lange Vegetation) die

Voraussetzung für höhere TM-Erträge boten, wurden solche durch die niedrigeren Frischmasserträge verhindert. Über die Jahre verrechnet führte lediglich die KSHG-Düngung zu statistisch absicherbaren TM-Ertragssteigerungen.

Komponenten der Ertragsstruktur

Die Bestandesdichte (ausgedrückt als Stängel/m²) war sehr stark abhängig von der Sorte (P<0,001), aber auch von dem Anbaujahr (P<0,001). Während die Stängeldichte der Sorte Marlen (27,9) 2003 beinahe doppelt so hoch war wie die der Sorte Agria (14,1), unterschieden sich die Sorten im Jahre 2004 in geringem Maße (Agria: 12,8; Marlen: 17,1). Die Düngung hatte keinen nachweisbaren Einfluss auf die Bestandesdichte. Über die negative Beziehung zwischen Bestandesdichte und der Knollenzahl pro Stängel wird die Anzahl der ausgebildeten Knollen beeinflusst. Die im Vergleich zur Bestandesdichte nicht so ausgeprägte Abstufung der Sorten bezüglich der Knollendichte im Jahr 2003 zeigt, dass die Sorte Agria die niedrige Stängeldichte durch eine höhere Anzahl Knollen pro Stängel kompensierte. Trotz der deutlich geringeren Bestandesdichte im Jahre 2004 wies Marlen in beiden Jahren die gleiche Knollendichte auf. 2004 hatte der Knollenansatz offenbar bedingt durch die kühl-feuchte Witterung zur Blüte nur eingeschränkt stattgefunden.

Tab. 31: Komponenten der Ertragsstruktur: Bestandesdichte (Stängel/m²), Knollendichte (Knollen/m²) und Einzelknollenmasse in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr

Düngung	Stängeldichte (Stängel/m ²)		Knollen/m ²		Einzelknollenmasse (g)										
	Jahr	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004								
1) SM	1) Agria	12,9	14,5	33,9	45,7	95,3	81,6								
	2) Marlen	26,9	17,3	42,2	44,6	70,7	73,9								
2) KS	1) Agria	13,7	11,9	31,2	41,4	104,0	82,3								
	2) Marlen	28,8	18,0	39,9	41,5	79,6	71,7								
3) KSHG	1) Agria	15,2	13,8	30,9	48,2	105,8	86,7								
	2) Marlen	28,5	17,1	47,5	44,8	74,9	83,0								
4) HG	1) Agria	14,1	11,3	29,3	41,4	106,4	82,1								
	2) Marlen	26,9	16,4	43,8	43,0	74,3	75,9								
5) KON	1) Agria	14,5	12,4	31,1	38,5	99,4	76,9								
	2) Marlen	28,4	16,8	40,0	36,6	71,8	79,5								
	Stängeldichte					Knollen / m ²					Einzelknollenmasse (g)				
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)
Düngung	17,9	18,1	18,6	17,2	18,0	42 ab	39 c	43 a	39b	37c	80,4	84,4	87,6	84,7	81,9
Sorte	13,4	22,5				37	42				92,0	75,5			
Jahr	21,0	15,0				37	43				88,2	79,4			

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten

Im Gegensatz zur Bestandesdichte wurde die Knollendichte von der Düngung sehr deutlich beeinflusst. So wurde durch eine kombinierte N- und K-Gabe mittels KSHG die Knollendichte gegenüber der Kontrolle erhöht, ebenso durch Stallmist und Horngrieß. Dies bestätigt die

Tatsache, dass Stickstoffzufuhr den Knollenansatz fördert. Kalium alleine (KS) hingegen kann bei einer wie in dem Versuch gegebenen N-Versorgung keine Steigerung des Knollenansatzes bewirken.

Wie auch bei der Bestandesdichte wurde eine statistisch signifikante Wechselwirkung zwischen Sorte und Jahr ($p < 0,001$) gefunden. 2003 war die Knollendichte der Sorte Marlen ($42,7 \text{ Knollen/m}^2$) deutlich höher als die von der Sorte Agria ($31,3 \text{ Knollen/m}^2$), während der Unterschied 2004 marginal war ($42,1$ bzw. $43,0$).

Die Interaktion Sorte*Jahr ($p < 0,01$) fand sich auch bei der Einzelknollenmasse wieder. Die Düngung zeigte keine signifikante Wirkung, jedoch die beiden anderen Haupteffekte Jahr und Sorte. Steigende Bestandesdichten führen gewöhnlich zu einer niedrigeren Einzelknollenmasse. Diese negative Korrelation zwischen den beiden Ertragskomponenten (GEISLER, 1983) konnte auch im vorliegenden Versuch beobachtet werden und überlagerte wohl die Wirkung der Düngung, die für die Knollendichte nachgewiesen werden konnte. Die Abstufung der einzelnen Dünger und ihres Einflusses auf die durchschnittliche Knollenmasse war zwar tendenziell vorhanden, jedoch nicht abzusichern. So wurden die höchsten Einzelknollenmassen nach KS-, HG-, bzw. KSHG-Anwendung gemessen, auch wenn die Unterschiede aufgrund des beschriebenen Zusammenhanges nicht signifikant waren. Die deutliche Differenzierung der Sorten in 2003 hinsichtlich der Knollendichte war bei der Einzelknollenmasse umgekehrt wieder zu erkennen. Ebenso waren keine Unterschiede zwischen den Sorten 2004 für diesen Parameter nachweisbar. Bei gleicher Knollendichte wurde von den Sorten auch eine gleich hohe Einzelknollenmasse erreicht.

Die Ergebnisse belegen zweierlei: Den großen Einfluss des einzelnen Jahres, hier vermutlich der Pflanzgutqualität auf die Bestandesdichte und das ausgeprägte, aber sortenabhängige Potenzial der Kartoffel, unterschiedliche, genetisch oder jahres-bedingte Bestandesdichten durch eine entsprechende Anzahl der (pro Stängel) angelegten Knollen zu kompensieren. Die ertragsphysiologische Reaktion auf steigende Knollendichten bedeutet eine niedrigere durchschnittliche Knollenmasse.

Sortierter Knollenertrag für die Verarbeitung zu Chips

Für die Verarbeitung zu Chips gilt die Knollensortierung von 40-65 mm als optimal (SCHUHMAN, 1999). In der Industrie hängt die im Einzelfall geforderte Größensortierung jedoch auch von der verwendeten Sorte und dem angestrebten speziellen Endprodukt ab.

Unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus werden aufgrund der limitierten N-Verfügbarkeit selten höhere Anteile an Übergrößen (hier: $> 65 \text{ mm}$) erzeugt. Daher wurde in den hier vorgestellten Untersuchungen die chipsfähige Marktware mit dem Ertrag $> 40 \text{ mm}$ gleichgesetzt (Tab. 32).

Der absolute sowie relative Ertrag der Knollen $> 40 \text{ mm}$ wurde sowohl von der Sorte als auch von dem Jahr signifikant ($p < 0,001$) beeinflusst. Die Düngung hatte lediglich Einfluss auf den absoluten Ertrag, nicht jedoch auf den prozentualen Anteil, was darauf hinweist, dass durch die höhere N- bzw. K-Versorgung die Variabilität des Gesamt-Ertrages durch einen gleichmäßigen Zuwachs der Marktware und der „Untergrößen“ zustande kam. Der relative Anteil des Knollenertrages $> 40 \text{ mm}$ war sortenabhängig, wobei sich die Unterschiede zwischen den Sorten nicht in beiden Jahren gleich ausnahmen (Sorte*Jahr: $p < 0,01$). Beide Sorten schnitten bezüglich der Anteile am Gesamtertrag im Jahre 2004 besser ab als 2003, jedoch war die Differenz zwischen den beiden Sorten nur im Jahre 2003 signifikant (Agria: $91,5\%$; Marlen: $82,7\%$). Die Anteile beliefen sich 2004 auf $94,5\%$, bzw. $90,7\%$.

Wie beim Gesamtertrag wurde über die Jahre der höchste Marktertrag nach Kaliumsulfat-Horngrieß-Düngung erzielt, nämlich 33,2 t/ha, während niedrigere, aber untereinander vergleichbare Erträge nach Stallmist (29,3 t/ha), Kaliumsulfat (28,6 t/ha) und Horngrieß (29,1 t/ha) gemessen werden konnten und die Kontrolle (26,3 t/ha) deutlich schlechter abschnitt. Im Gegensatz zum Gesamtertrag war beim chipsfähigen Ertrag die Sorte Agria auch 2003 der Sorte Marlen statistisch absicherbar überlegen, weil Marlen deutlich höhere Anteile des Ertrages in der Sortierung <40 mm bildete, nämlich 5,4 t/ha gegenüber Agria (2,7 t/ha).

Tab. 32: Knollenertrag > 40 mm und Anteil am Gesamtertrag zum Zeitpunkt der Ernte in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr

Düngung	Jahr	Ertrag > 40mm (t/ha)					Anteil am Gesamtertrag (%)				
		1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	3) 2003	4) 2004	5) 2003	
1) SM	1) Agria	27,53	35,40	87,86	95,20						
	2) Marlen	24,48	29,59	82,40	89,56						
2) KS	1) Agria	29,67	32,18	92,63	94,64						
	2) Marlen	26,04	26,82	84,63	90,18						
3) KSHG	1) Agria	29,83	39,67	92,83	94,60						
	2) Marlen	29,08	34,20	83,01	92,23						
4) HG	1) Agria	28,39	31,98	92,55	93,96						
	2) Marlen	26,70	29,46	83,23	90,39						
5) KON	1) Agria	28,17	27,79	91,80	94,26						
	2) Marlen	22,76	26,55	80,17	91,09						
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)	
Düngung	29,3	28,7	33,2	29,1	26,3	88,8ns	90,5ns	90,7ns	90,0ns	89,3ns	
Sorte	31,1	27,6				93,0	86,7				
Jahr	27,3	31,4				87,1	92,6				

Sortierter Knollenertrag für die Verarbeitung zu Pommes frites

Der Knollenertrag > 50 mm und der Anteil dieser Sortierung am Gesamtertrag stellen zwei wichtige Parameter für die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Rohware zur Verarbeitung zu Pommes frites dar. Gemäß Anbauvereinbarungen mit dem derzeit einzigen Abnehmer von Rohware sollte ein Anteil der Knollen > 50 mm 50 % der gelieferten Ware betragen. Zur vergangenen Anbausaison 2005 waren vorübergehend gar 60 % festgelegt worden.

Der absolute Ertrag der Knollen > 50 mm wurde signifikant ($p < 0,001$) durch die Düngung, die Sorte und das Jahr beeinflusst.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Kombination der organischen N-Quelle (Horngrieß) und einer mineralischen K-Quelle der Steigerung von Erträgen einer großen Sortierung förderlich waren. Der höchste Ertrag an Knollen > 50 mm wurde wiederum durch KSHG-Düngung erzielt. Ähnlich wie beim Ertrag > 40 mm folgten Stallmist, Kaliumsulfat und Horngrieß gleichauf, die sich signifikant von der Kontrolle unterschieden. Reine K- bzw. N-Dünger wie KS oder HG erzielen eine schwächere Wirkung. Gleiches gilt für Stallmist, aus dem wohl nur

das Kalium eine gewisse Wirksamkeit hatte. Die Düngung beeinflusste auch den Relativertrag dieser Sortierung, wenn auch weniger deutlich. Keine Unterscheidbarkeit war zwischen Stallmist und Kontrolle möglich. Vermutlich aufgrund der schwachen N-Wirkung verursachte die Stallmistgabe lediglich eine allgemeine Ertragssteigerung, ohne besonders die Übergrößen zu fördern, wie von STEIN-BACHINGER (1993) beobachtet.

Tab. 33: Knollenertrag > 50 mm und Anteil am Gesamtertrag zum Zeitpunkt der Ernte in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr

Düngung	Jahr	Ertrag > 50mm (t/ha)					Anteil am Gesamtertrag (%)				
		1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004
1) SM	1) Agria	14,82	26,72					47,29	71,86		
	2) Marlen	11,30	19,47					38,03	58,94		
2) KS	1) Agria	19,29	23,35					60,22	68,68		
	2) Marlen	12,05	18,54					39,15	62,32		
3) KSHG	1) Agria	19,93	31,08					62,03	74,12		
	2) Marlen	13,51	25,67					38,57	69,24		
4) HG	1) Agria	18,89	23,87					61,57	70,14		
	2) Marlen	12,18	21,03					37,96	64,50		
5) KON	1) Agria	18,27	18,71					59,53	63,45		
	2) Marlen	7,83	17,32					27,56	59,44		
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)	
Düngung	18,1bc	18,3bc	22,5a	19,0b	15,5c	54,0	57,6	61,0	58,5	52,5	
Sorte	21,5a	15,9b				63,9	49,6				
Jahr	14,8b	22,6a				47,2	66,3				

Das Anbaujahr hatte einen sehr großen Einfluss auf die Anteile der Sorten an der Sortierung >50 mm (Sorte*Jahr: $p < 0,001$). So unterschieden sich die Sorten wiederum 2004 nicht sehr deutlich (Agria: 69,7 %; Marlen: 62,9 %), während der Sorteneinfluss 2003 erheblich war (Agria: 58,1 %; Marlen: 36,3 %). In der langen Vegetationsperiode 2003 kam die Tendenz der Sorte Agria zu größeren Knollen voll zur Geltung. Trotz des Auftretens der Krautfäule war es 2004 möglich, über 60 % > 50 mm am Gesamtertrag zu erreichen. 2003 konnten 60 % nur beim Anbau der Sorte Agria und Düngung mit entweder KSHG oder dessen Einzelkomponenten geerntet werden.

TM-Gehalt zur Blüte und zur Endernte

Die TM-Gehalte der Knollen zu den beiden Probenahmeterminen (Mitte Juli und Endernte) wurden sowohl gemeinsam, als auch getrennt voneinander ausgewertet. Für die Darstellung der signifikanten Unterschiede der Mittelwerte in der Tabelle (differenziert nach Terminen) wurde auf die *least significant differences* aus der getrennten Analyse zurückgegriffen (Tab. 34). Während N- ernährungs- oder krautfäulebedingte Ertragsunterschiede gewöhnlich erst in der zweiten Vegetationshälfte auftreten, treten Unterschiede in den TM-Gehalten in Abhängigkeit von der N-Versorgung von Beginn an, solche in Abhängigkeit vom Krautfäulebefall erst gegen Wachstumsende auf. Das krautfäulefreie Jahr 2003 erlaubt recht unverfälschte Rückschlüsse auf den Einfluss der Düngung auf den TM-Gehalt der Knollen:

Die Unterschiede zwischen den Sorten waren dagegen 2003 nicht so ausgeprägt, wie es die Einschätzung des Bundessortenamtes hätte erwarten lassen.

Tab. 34: TM-Gehalt (% in der FM) in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr im Stadium BBCH 65 und zur Ernte.

TM-Gehalt in %											
Düngung	Jahr	1) 2003					2) 2004				
	Termin	1) Mitte Juli		2) Ernte			1) Mitte Juli		2) Ernte		
1) SM	1) Agria	16,6		22,4			19,9		19,6		
	2) Marlen	20,2		23,0			21,1		21,9		
2) KS	1) Agria	17,5		21,8			20,4		20,5		
	2) Marlen	19,2		21,9			21,5		22,6		
3) KSHG	1) Agria	16,8		21,1			18,3		18,8		
	2) Marlen	18,2		22,3			20,5		21,2		
4) HG	1) Agria	17,0		21,3			20,1		19,5		
	2) Marlen	21,0		23,3			22,4		22,2		
5) KON	1) Agria	18,0		22,2			21,3		21,4		
	2) Marlen	22,3		23,5			23,1		22,9		
Termin		1)					2)				
Faktor		1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)
Düngung		20,6	20,1	19,6	20,6	21,5	20,6	21,2	19,7	21,0	22,2
Sorte		19,5	21,5				20,0	21,9			
Jahr		18,7	22,3				20,9	21,0			

Die TM-Gehalte der Knollen wurden zur Blüte signifikant durch Düngung, Sorte und Jahr beeinflusst ($P < 0,001$), ohne dass Wechselwirkungen zwischen den genannten Faktoren auftraten. Die Hauptwirkungen waren auch zur Endernte alle signifikant ($P < 0,001$), jedoch war der Effekt der Düngung (Düngung*Jahr: $p < 0,05$) und der Sorte (Sorte*Jahr: $p < 0,001$) vom Jahr abhängig. Zur Blüte 2003 wurden die höchsten TM-Gehalte in den Knollen der ungedüngten Kontrollvariante (20,1 %) bestimmt, die niedrigsten nach KSHG (17,5 %), was auf einen additiven, negativen Effekt von N und K hinweist. Gleiches gilt für die Probenahme zur Blüte 2004. Die Stallmistgabe bewirkte zu diesem Zeitpunkt eine Absenkung des TM-Gehaltes um 1,7 bzw. 1,8 %. 2004 (18,7 %) lagen die TM-Gehalte Mitte Blüte im Durchschnitt um 2,2 % höher als 2003 (20,9 %). Ausgehend von diesen unterschiedlichen Niveaus stiegen die TM-Gehalte zwischen Blüte und Reife (Endernte) 2003 um 3,6 %, bzw. um 0,2 % (2004). Der durchschnittliche TM-Gehalt zur Endernte lag 2003 bei 22,3 %, 2004 bei 21,0 %. Die relativen Unterschiede zwischen - düngungsabhängig - höchstem und niedrigstem TM-Gehalt beliefen sich 2003 auf 5,4 %, im zweiten Versuchsjahr dagegen auf 10,4 %. Die Ergebnisse stützen die These von MÖLLER (2003), dass eine Angleichung zwischen den TM-Gehalten unterschiedlich versorgter Bestände erst gegen Ende der Wachstumsperiode, und wenn diese ungestört verläuft, auftritt. Zur Endernte wurden in beiden Jahren und für beide Sorten TM-Gehalte gemessen, die im optimalen Bereich für die jeweilige Verwertungsrichtung lagen.

Stärkegehalt der Knollen zur Ernte und nach Lagerung

Der Stärkegehalt von Kartoffelknollen für die Verarbeitung zu Pommes frites soll bei mindestens 14 % und möglichst nicht höher als 18 % sein (FUCHS et al. 2003). Die Tabelle 35 zeigt, dass die Stärkegehalte der Sorte Agria zur Ernte im Optimalbereich lagen und die Rohware somit gute Voraussetzungen für eine gute Qualität des Endproduktes bot. Im Verlauf der Lagerung stiegen die Gehalte nach beinahe allen Düngungen auf über 18 %, was darauf hindeutet, dass die Verdunstung von Wasser die Veratmung von Stärke (Trockensubstanz) überstieg. Auch Sorte Marlen erreichte in beiden Jahren Stärkewerte, wie sie in der Literatur als günstig für die Chips-Herstellung angesehen werden. Sie schwankten zwischen 17,4 % (zur Ernte 2004) und 18,6 % (nach Lager 2003).

Der Stärkegehalt wurde von den Haupteffekten Düngung ($P < 0,01$), Sorte ($p < 0,001$) und den Zeitpunkt der Probenahme ($p < 0,001$) signifikant beeinflusst. Die Wirkung der Düngung war dabei abhängig von der Sorte ($D*S: p < 0,01$), dem Zeitpunkt der Probenahme ($D*Z: p < 0,05$) und zudem wurde eine signifikante Wechselwirkung $S*Z*J$ ($p < 0,05$) festgestellt. Die Knollen wiesen in beiden Jahren nach Lagerung Stärkegehalte auf, die um ca. ein halbes Prozent höher lagen, als die zur Ernte. Lediglich bei Agria wurden nach Lagerung 2003-04 niedrigere Werte (-0,7 %) gemessen. Die Knollen der Nulldüngung hatten zur Ernte und nach Lagerung die höchsten Stärkegehalte, die weitere Differenzierung in Abhängigkeit der Düngung lässt sich nicht verallgemeinern, weil sie für die beiden Probenahmeterminen sortenabhängig stark variierte.

Tab. 35: Stärkegehalt (% in der FM) und Gehalt an reduzierenden Zuckern (mg/100g FM) in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA)

Düngung	Stärkegehalt in %				Red. Zucker in mg/100g FM					
	Jahr	1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004		
	Zeitpunkt	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	
1) SM	1) Agria	17,7	17,7	15,2	15,9	6	20	18	112	
	2) Marlen	18,1	18,6	17,2	17,1	8	22	20	103	
2) KS	1) Agria	17,1	17,3	16,0	16,2	4	14	13	91	
	2) Marlen	17,3	18,3	17,8	18,3	7	21	18	98	
3)KSHG	1) Agria	16,6	16,5	14,6	15,1	6	10	21	111	
	2) Marlen	17,6	18,3	16,6	17,0	9	23	21	119	
4) HG	1) Agria	16,7	12,8	15,1	15,7	7	12	21	120	
	2) Marlen	18,4	18,7	17,5	18,2	8	30	23	121	
5) KON	1) Agria	17,5	17,7	16,8	17,1	5	13	19	130	
	2) Marlen	18,6	19,1	18,1	18,6	9	22	22	99	
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)
Düngung	17,2	17,3	16,5	16,6	18,0	39ab	33b	40a	43a	40a
Sorte	16,3	18,0				38ns	40ns			
Jahr	17,5	16,7				13	65			
Zeitpunkt	17,0	17,2				13	65			

Da alle festgestellten Wechselwirkungen nicht sehr ausgeprägt waren erscheint es legitim, die Faktormittelwerte zu vergleichen, um gewisse Verallgemeinerungen treffen zu können. Jegliche Düngungsmaßnahme senkte den Stärkegehalt um bis zu 1,4 % (KSHG) gegenüber der ungedüngten Kontrolle. Der Stärkegehalt der Sorte Agria war erwartungsgemäß geringer als bei der Sorte Marlen, was auch ein Grund für deren bessere Eignung zur Chips-Herstellung sein dürfte. Das Jahr hat sehr großen Einfluss und vergleichbar dem TM-Gehalt der Knollen lagen die Werte 2003 deutlich höher als im folgenden Versuchsjahr.

Die Lagerung führte wie auch beim Vorfrucht-Versuch zu keinen gravierenden Veränderungen im Stärkegehalt. Die Daten weisen darauf hin, dass unter den gegebenen Lagerbedingungen (4 Monate bei 8°C) eher mit leicht erhöhten Stärkekonzentrationen in der Knollenfrischmasse zu rechnen ist.

Reduzierende Zucker (Glukose und Fruktose)

Die Düngung hatte eine nachweisbare, aber keine sehr ausgeprägte Wirkung ($p < 0,05$) auf den Gehalt der Knollen an reduzierenden Zuckern. Das Jahr ($p < 0,001$) und der Zeitpunkt der Messung ($p < 0,001$) hatten viel stärkeres Gewicht, wobei Wechselwirkungen zwischen den beiden Faktoren erhoben wurden. Die Sorten unterschieden sich nicht.

Die Knollen zur Ernte wiesen in beiden Jahren zur Ernte Zuckerkonzentrationen nahe der Nachweisgrenze auf. Auch nach Lagerung 2003-04 waren die Werte noch auf einem sehr niedrigen Niveau (19,7 mg/100 FM). Lediglich nach Lagerung 2004-05 wurden Konzentrationen gemessen, die in Einzelfällen über 100 mg/100g FM lagen, was zwar noch nicht die Verarbeitungsqualität gefährdet, jedoch Auswirkungen auf die Menge des im Frittierprozess entstehenden Acrylamids haben könnte (BIEDERMAN-BREM et al., 2003). Die Daten belegen, dass in Jahren mit verkürzter Wachstumsdauer die Knollen zur Ernte zwar noch relativ geringe Zuckergehalte aufweisen können, die Wahrscheinlichkeit eines Anstiegs im Lager jedoch zunimmt. Die Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten waren dagegen marginal. Über die Jahre und alle Probenahmetermine konnte nachgewiesen werden, dass eine Kaliumsulfat-Düngung ohne weitere N-Zufuhr über Düngung niedrigere Zuckergehalte fördert. Dieser Effekt wird besonders deutlich nach Lagerung 2004-05, als die KS-Gabe die geringsten Konzentrationen (<100mg/100g FM) bewirkte. Dieses Ergebnis ist in Übereinstimmung mit HEUSER et al. (2005), die belegen konnten, dass bei geringer N-Versorgung durch steigende K-Versorgung die Gehalte an Glukose und Fruktose sinken.

L-Wert der Chips – Sorte Marlen

In Abbildung 12 ist die Grenze der Ausprägung der Chips-Farbe - ausgedrückt als Helligkeits- oder auch L-Wert - dargestellt, die Rohware mindestens aufweisen muss, um laut BSA als geeignet zu gelten. Die L-Werte wurden nur für die Chips-Referenzsorte Marlen bestimmt. Die Düngung blieb ohne Auswirkung auf die L-Werte der Chips, wohingegen Jahr ($p < 0,001$) und Zeitpunkt der Verarbeitung ($p < 0,001$) einen absicherbaren Einfluss hatten. Für die beiden Faktoren wurde auch eine signifikante Wechselwirkung ($p < 0,001$) festgestellt. Besonders deutlich war demnach die Wirkung der Lagerung auf den Helligkeitswert in der Lagerperiode 2004-05, das Jahr, in dem auch ein Anstieg der Zuckerkonzentration während der Lagerung verzeichnet wurde. 2004 wurden zur Ernte ebenfalls sehr hohe Helligkeitswerte gemessen (71,68), nach Lagerung entsprachen die

durchschnittlichen L-Werte (64,65) nur noch Boniturnote 7,5, was aber immer noch eine ausreichende Eignung für die Verarbeitung bedeutet (BSA, 2003).

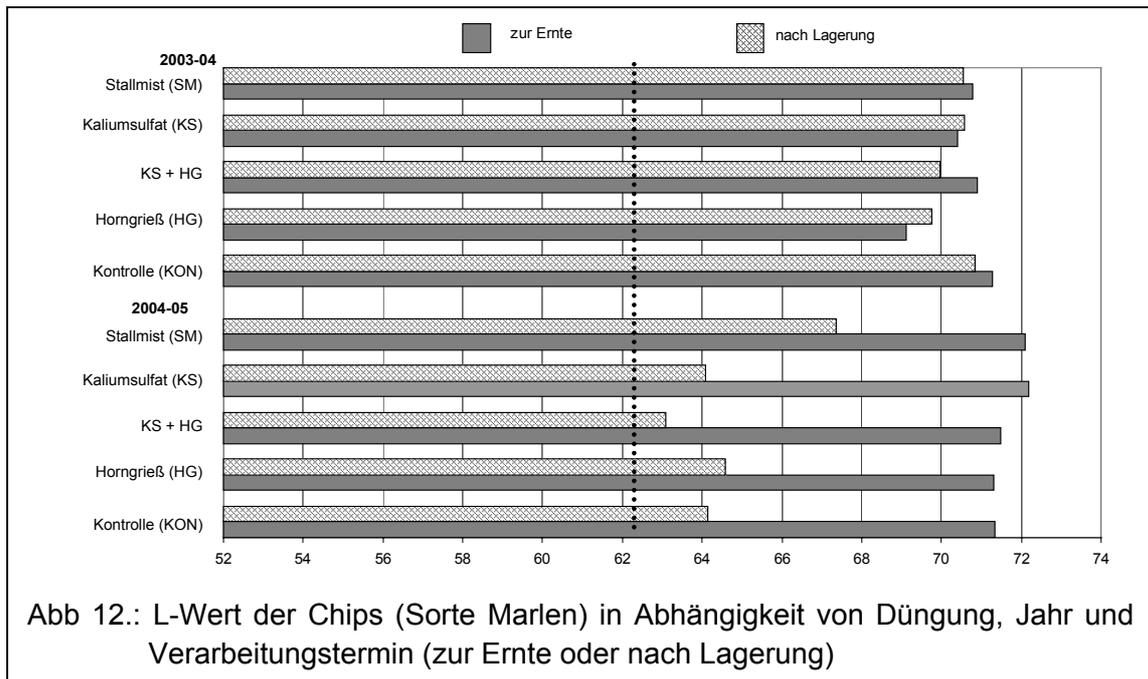


Abb 12.: L-Wert der Chips (Sorte Marlen) in Abhängigkeit von Düngung, Jahr und Verarbeitungstermin (zur Ernte oder nach Lagerung)

Es ist erwiesen, dass die Gehalte an reduzierenden Zuckern mehr als jeder andere Rohstoff-Parameter in enger Beziehung zur Ausprägung der Chips-Farbe stehen (PUTZ & HAASE, 1998). Trotz der deutlichen Verschlechterung der Qualität wurde ein L-Wert von 62,2 – und damit die Verarbeitungseignung - stets erreicht. Im Jahre 2003 lagen die L-Werte bei 70,49 (zur Ernte) bzw. 70,34 (nach Lagerung). Dies entspricht einer exzellenten Qualität, da ab einem L-Wert von 69,74 die höchste Boniturnote 10 vergeben wird. Der Anstieg der Zucker 2003-04 bewegte sich offensichtlich auf einem zu niedrigen Niveau, als dass er zu Einbußen bei der Chips-Farbe hätte führen können.

Qualitätszahl der Pommes frites – Sorte Agria

Im Gegensatz zur Qualität der Chips wurde die Qualitätszahl für Pommes frites der Sorte Agria durch die Düngung signifikant ($P < 0,01$) beeinflusst. Die geringste Qualität wurde nach Stallmistdüngung gemessen, während die anderen Behandlungen sich nicht unterschieden. Dieses Ergebnis überrascht, da Stallmist – wie die beschriebenen Daten belegen - eine gute Kaliumversorgung sichert und Kalium die Qualität von Pommes frites verbessert (STANLEY & JEWELL, 1989).

Der Einfluss der Lagerung war nicht in beiden Jahren konsistent (Jahr*Zeitpunkt: $p < 0,01$). War 2003-04 die Wirkung vernachlässigbar, so wurden durch die Lagerung 2004-05 deutliche Qualitätseinbußen verursacht. Im Jahre 2003 wurde im Durchschnitt aller Düngungen eine Qualitätszahl von 3,9 zur Ernte und 3,8 nach Lagerung ermittelt, was dem unteren Ende der Bewertung *Geringfügige Abweichungen von der Qualitätserwartung* (3,51 bis 4,50) entspricht. Die Lagerung hatte demnach in diesem Jahr keinen signifikanten Einfluss auf die Qualität. 2004 war die Qualität insgesamt schlechter – vermutlich durch die geringere Ausreifung der Bestände. So wurden Qualitätszahlen von 3,5 zur Ernte und 3,9 nach Lagerung errechnet. Die Anreicherung von Zuckern im Lager hat also bei den Pommes frites offensichtlich zu keiner Verschlechterung der Qualität der Pommes frites geführt. Es

kann sogar von einer höheren Qualität durch die Lagerung gesprochen werden, die womöglich auf die höheren TM-Gehalte zurückgeführt werden kann. Laut PUTZ & WEBER (1992) korreliert die Kochdunkelung und die Qualität der Pommes frites eng miteinander. Es stellte sich also die Frage, inwieweit sich die höhere Qualität nach Lagerung auch in einer veränderten Kochdunkelung wiederfinden würde.

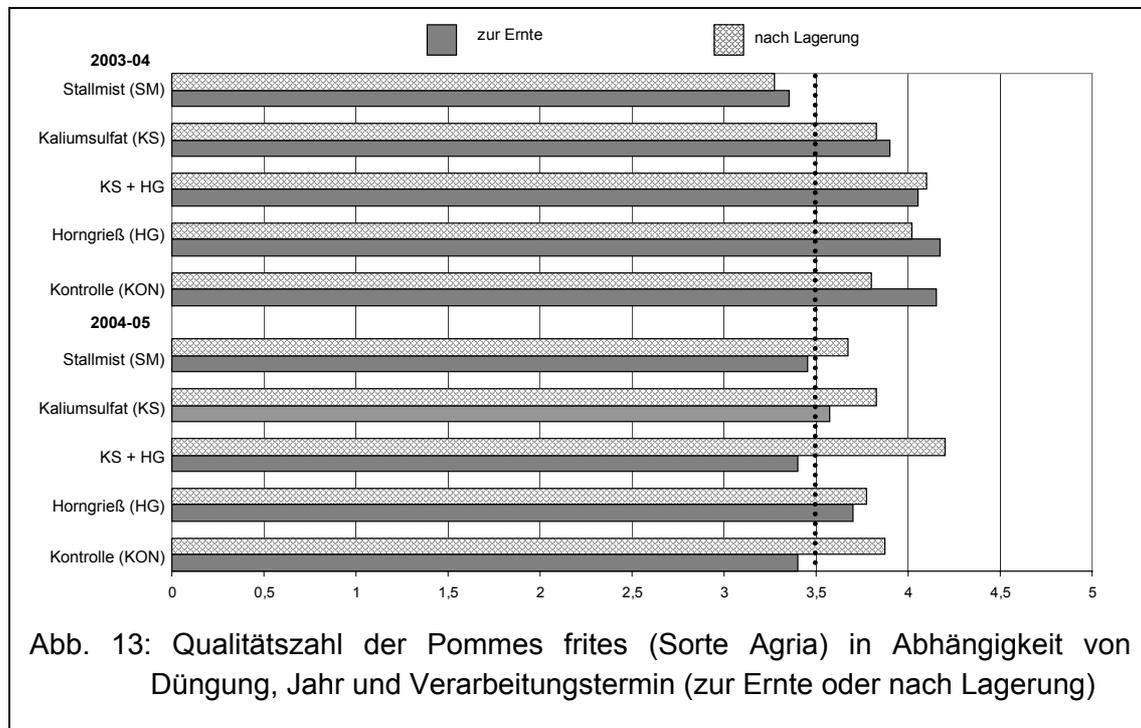


Abb. 13: Qualitätszahl der Pommes frites (Sorte Agria) in Abhängigkeit von Düngung, Jahr und Verarbeitungstermin (zur Ernte oder nach Lagerung)

Verfärbungsreaktionen der Kartoffelknollen

Bei der Rohbreiverfärbung konnte der Einfluss der Düngung, der Sorte, des Jahres und des Verarbeitungstermines (zur Ernte bzw. nach Lagerung) statistisch abgesichert werden.

Die Sorten reagierten unterschiedlich auf die Düngung und der Grad ihrer Verfärbung variierte zwischen den Jahren (Düngung*Sorte: $p < 0,05$; Sorte*Jahr: $p < 0,001$). Je höher der gemessene L-Wert, desto geringer die Verfärbung des Rohbreies. Die Rohbreiverfärbung nahm durch die Lagerung signifikant ab, jedoch in einem Maße, dass es für die praktische Verarbeitung und die Qualität des hergestellten Produktes keine große Rolle spielen dürfte. So stieg der L-Wert beider Sorten im Laufe der Lagerung, d.h. die Verfärbung nahm ab, von 55,4 auf 56,3. Diese Größenordnung entspricht in beiden Fällen der Boniturnote 3, diese wiederum einer *mäßigen Verfärbung*. Der genetisch bedingte Unterschied drückt sich in der *geringen Verfärbung* der Sorte Agria (Boniturnote 2: L-Wert: 59,0) im Jahre 2003 aus (Mittel beider Verarbeitungstermine), und der gleichzeitig *mäßigen Verfärbung* von Sorte Marlen (Boniturnote 3; L-Wert: 56,4). Im Folgejahr war die Rohstoffqualität insgesamt schlechter: Der Rohbrei der beiden Sorten verfärbte ebenfalls unterschiedlich stark (Agria: 56,5 bzw. Marlen: 51,5), so dass für Marlen eine *starke Verfärbung* (Boniturnote 2) bestimmt wurde.

Das Bundessortenamt schätzt die Sorte Agria im Hinblick auf die Neigung zur Rohbreiverfärbung mit 3 ein, während die Sorte Marlen mit einer 4 eingestuft ist. Eigene Erhebungen im Labor belegten eine sehr geringe Neigung von Agria zu dieser

enzymatischen Reaktion. Diesbezüglich sind die Ergebnisse in Übereinstimmung mit unserer eigenen Erwartung und der Einschätzung des Bundessortenamtes.

Tab. 36: Rohbreiverfärbung und Kochdunkelung in Abhängigkeit von Düngung, Sorte, Jahr und Verarbeitungstermin (zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA))

Düngung	Jahr	Rohbreiverfärbung (L-Wert)				Kochdunkelung (L-Wert)				
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004		
		1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	
1) SM	1) Agria	58,0	60,3	58,3	57,2	79,3	78,4	77,7	76,8	
	2) Marlen	54,8	58,4	51,9	52,6	81,3	78,6	78,9	77,5	
2) KS	1) Agria	58,0	59,9	57,0	55,6	78,6	77,7	77,1	78,0	
	2) Marlen	55,5	58,2	53,5	51,2	79,9	78,9	79,0	79,0	
3) KSHG	1) Agria	57,9	60,0	56,2	56,0	78,6	77,6	76,9	76,3	
	2) Marlen	55,1	58,6	53,0	50,9	80,6	80,0	78,4	77,9	
4) HG	1) Agria	57,4	60,1	56,5	56,5	78,5	77,5	76,9	76,3	
	2) Marlen	54,8	57,2	50,6	49,8	80,9	79,1	78,0	78,8	
5) KON	1) Agria	58,0	60,6	56,6	55,4	78,7	77,6	76,5	77,0	
	2) Marlen	53,8	57,5	50,8	51,0	81,2	79,3	78,9	78,1	
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)
Düngung	56,4	56,1	56,0	55,4	55,5	78,6	78,5	78,3	78,3	78,4
Sorte	57,8	54,0				77,6	79,2			
Jahr	57,7	54,0				79,1	77,7			
Zeitpunkt	55,4	56,3				78,8	78,0			

Auf die Kochdunkelung hatte die Düngung keinen absicherbaren Einfluss, jedoch die Sorte, das Anbaujahr und der Termin der Verarbeitung (zur Ernte bzw. nach Lagerung). Gleichzeitig war der Einfluss des Verarbeitungstermins abhängig von der Düngung (Düngung*Termin: $p < 0,05$) und dem Anbaujahr Jahr*Termin: $p < 0,001$). Die Wirkung der Düngung wiederum war abhängig vom Jahr (Düngung*Jahr: $p < 0,01$). Obwohl die Effekte als statistisch signifikant gesichert werden konnten, sind die Unterschiede zwischen den Behandlungen geringfügig, daher wird an dieser Stelle auf eine ausführliche Darstellung verzichtet. In beiden Jahren wurde nach Lagerung der gleiche Grad (Boniturnote) der Kochdunkelung festgestellt wie auch zur Ernte. Die Unterschiede waren offensichtlich durch den Jahreseinfluss geprägt, so erhielten die Proben im Jahre 2003 die Boniturnote 3 (mäßige Verfärbung) und 2004 die Note 2 (starke Verfärbung).

Bezüglich der Kochdunkelung gibt das Bundessortenamt eine gleich geringe Neigung der beiden Sorten Agria und Marlen an (beide 3 auf einer Skala von 1-9). Die signifikanten Sortenunterschiede in der Kochdunkelung waren dementsprechend nicht zu erwarten: Agria zeigte eine starke, Marlen lediglich eine mäßig ausgeprägte Kochdunkelung.

Lagerverhalten der Knollen

Die ermittelten Keimlängenklassen wurden lediglich durch die Sorte beeinflusst, und zwar entsprechend der vom Bundessortenamt (2003) genannten Ausprägung der Keimfreudigkeit der beiden Sorten (Agria: 1; Marlen: 3).

Tab. 37. Keimklassenindex, Keimgewicht (g/kg) und Substanzverlust (g/kg) in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr

Düngung	Jahr	Keimlängenklasse (1-9)		Keimgewicht (g/kg)		Substanzverlust (g/kg)										
		1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004									
1) SM	1) Agria	3,5	3,3	11,1	11,4	13,1	15,5									
	2) Marlen	5,5	5,5	15,0	15,9	16,6	18,3									
2) KS	1) Agria	3,3	2,8	1,8	2,3	10,5	13,2									
	2) Marlen	5,8	5,3	13,1	13,5	15,9	18,3									
3) KSHG	1) Agria	3,8	3,0	5,2	6,0	11,2	14,0									
	2) Marlen	5,3	6,0	17,7	18,1	18,8	21,1									
4) HG	1) Agria	4,0	4,3	6,8	7,2	12,1	14,5									
	2) Marlen	5,8	6,0	17,7	18,2	15,5	18,0									
5) KON	1) Agria	3,0	3,8	2,0	2,3	10,4	12,7									
	2) Marlen	5,8	6,3	16,8	17,6	17,2	20,0									
		Keimlängenklasse					Keimgewicht (g/kg)					Substanzverlust (g/kg)				
Faktor		1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)
Düngung		4,4	4,3	4,5	5,0	4,7	13,3	7,7	11,8	12,5	9,7	15,9	14,5	16,3	15,0	15,1
Sorte		3,5	5,7				5,6	16,4				12,7	18,0			
Jahr		4,6	4,6				10,7	11,2				14,1	16,6			

Die in den beiden Versuchsjahren starke Keimung des Probenmaterials kann durch die warm-trockene Witterung des Jahres 2003 und die verkürzte Wachstumszeit der Knollen 2004 erklärt werden. Entsprechend – nur noch ausgeprägter - ist der Sorteneffekt beim Keimgewicht, d.h. der gebildeten Keimmasse (g) je kg Knollenmasse, wie es auch schon am Beispiel des Vorfrucht-Versuches diskutiert wurde.

Auf die Lagerverluste durch Keimung hatte die Düngung nur tendenzielle ($p < 0,1$) Wirkung, mit den geringsten Verlusten nach Kaliumsulfat-Düngung. Kalium erhöht den Turgor der Knollen und damit die Lagerfähigkeit. Umso mehr überrascht, dass der Effekt nicht für KSHG oder die Stallmistdüngung erkennbar war. Auch der gesamte Substanzverlust wurde nicht durch die Düngung absicherbar ($p < 0,1$) beeinflusst. Die Gesamt-Lagerverluste waren dabei 2004 höher als 2003, und vermutlich Folge der Unreife der Knollen. Die keimfreudigere Sorte Marlen hatte auch höhere Substanzverluste als die Sorte Agria.

Befall der Knollen mit *R. solani* und *S. scabies*

Der Befallsgrad mit *R. solani* und *S. scabies* wird in Anlehnung an das Bundessortenamt als Index ausgedrückt, der den Befall der Knollenoberfläche wiedergibt. Je höher der Wert, desto mehr ist die Oberfläche mit dem jeweiligen Erreger befallen. Für beide Erreger konnte kein Einfluss der Düngung nachgewiesen werden. Auch die Sorte spielte – wider Erwarten -

keine Rolle bei der Ausprägung des Knollenbesatzes mit *S. scabies*, für den Agria besonders anfällig ist. Gravierenden Einfluss hatte hingegen das Anbaujahr. Der stärkere Befall der Sorte Agria mit *R. solani* ist jedoch in Übereinstimmung mit der Einschätzung des Bundessortenamtes. Diese gilt aber nur für die *Rhizoctonia* Wipfelroller-Krankheit, die sich nicht zwangsläufig auf den Befall der Knollen mit *R. solani* Sklerotien auswirken muss.

Tab. 38: *R. solani*-Index und *S. scabies*-Index in Abhängigkeit von Düngung, Sorte und Jahr

Düngung	Jahr	<i>Rhizoctonia</i> -Index					<i>Streptomyces</i> -Index				
		1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	3) 2003	4) 2004	5) 2004	
1) SM	1) Agria	1,82	1,55				2,04	2,31			
	2) Marlen	2,49	2,05				1,76	2,20			
2) KS	1) Agria	2,57	2,00				1,93	2,51			
	2) Marlen	2,71	2,12				1,75	2,34			
3) KSHG	1) Agria	2,26	1,59				2,14	2,81			
	2) Marlen	2,52	2,12				1,96	2,36			
4) HG	1) Agria	2,49	1,86				1,79	2,42			
	2) Marlen	2,83	2,12				1,84	2,55			
5) KON	1) Agria	2,46	1,82				1,69	2,33			
	2) Marlen	2,47	1,99				2,07	2,55			
Faktor		1)	2)	3)	4)	5)	1)	2)	3)	4)	5)
Düngung		1,98	2,35	2,12	2,33	2,18	2,08	2,13	2,32	2,15	2,16
Sorte		2,04	2,34				2,20	2,14			
Jahr		2,46	1,92				1,90	2,44			

Es konnte für *R. solani* zudem ein erheblicher Einfluss des Jahres als auch der Sorte festgestellt werden. Der Erreger wird im frühen Entwicklungsstadium der Kartoffelpflanze durch kühle Temperaturen gefördert. Dies hätte aber eine genau umgekehrte Reaktion des Befalles in den beiden Jahren erwarten lassen. Ein anderer Grund mag ein unterschiedlicher Besatz der Pflanzknollen mit *R. solani*, gewesen sein. Es gibt einen engen Zusammenhang dieses Besatzes mit dem Befallsindex, also der Befallshäufigkeit und dem Befallsgrad der Ernteknollen mit Sklerotien (KARALUS, 2005). Auf dem Pflanzgut war jedoch in keinem Jahr ein nennenswerter Besatz mit Sklerotien zu erkennen, der beim Aufstellen und Sortieren der Pflanzknollen aufgefallen wäre. Der Grund für den Jahresunterschied kann also an dieser Stelle nicht präzise hergeleitet werden.

3.1.2 FAL-OEL

3.1.2.1 Feldversuche zum Klee-grasmanagement

In den Ergebnissen zum Klee-grasmanagementversuch soll zunächst auf die potenziell erntbare Sprossmasse, sowie der Ernterückstände der unterschiedlichen Nutzungssysteme eingegangen werden. Die potenziell erntbare Jahressprossmasse setzt sich aus den vier Einzelaufwüchsen zusammen. Bei den gemulchten Schnitten wird die Sprossmasse nicht von der Fläche abgeerntet, so dass man nicht von Ertrag sprechen kann. In Abbildung 14 sind die Einzelaufwüchse mit ihrem jeweiligen Anteil an Klee und Gras aufsummiert dargestellt. Es wird deutlich, dass in beiden Jahren, vor allem aber in 2003, die bei den beiden Varianten mit Schnittnutzung (3-Schnittnutzung und Schnitt/Mulchen) eine vergleichbar hohe potenziell erntbare Gesamtjahressprossmasse und Jahres-N-Menge erzielt wurde, im Gegensatz zu den reinen Mulchvarianten mit signifikant geringerer Sprossmasseproduktivität und Jahres-N-Menge.

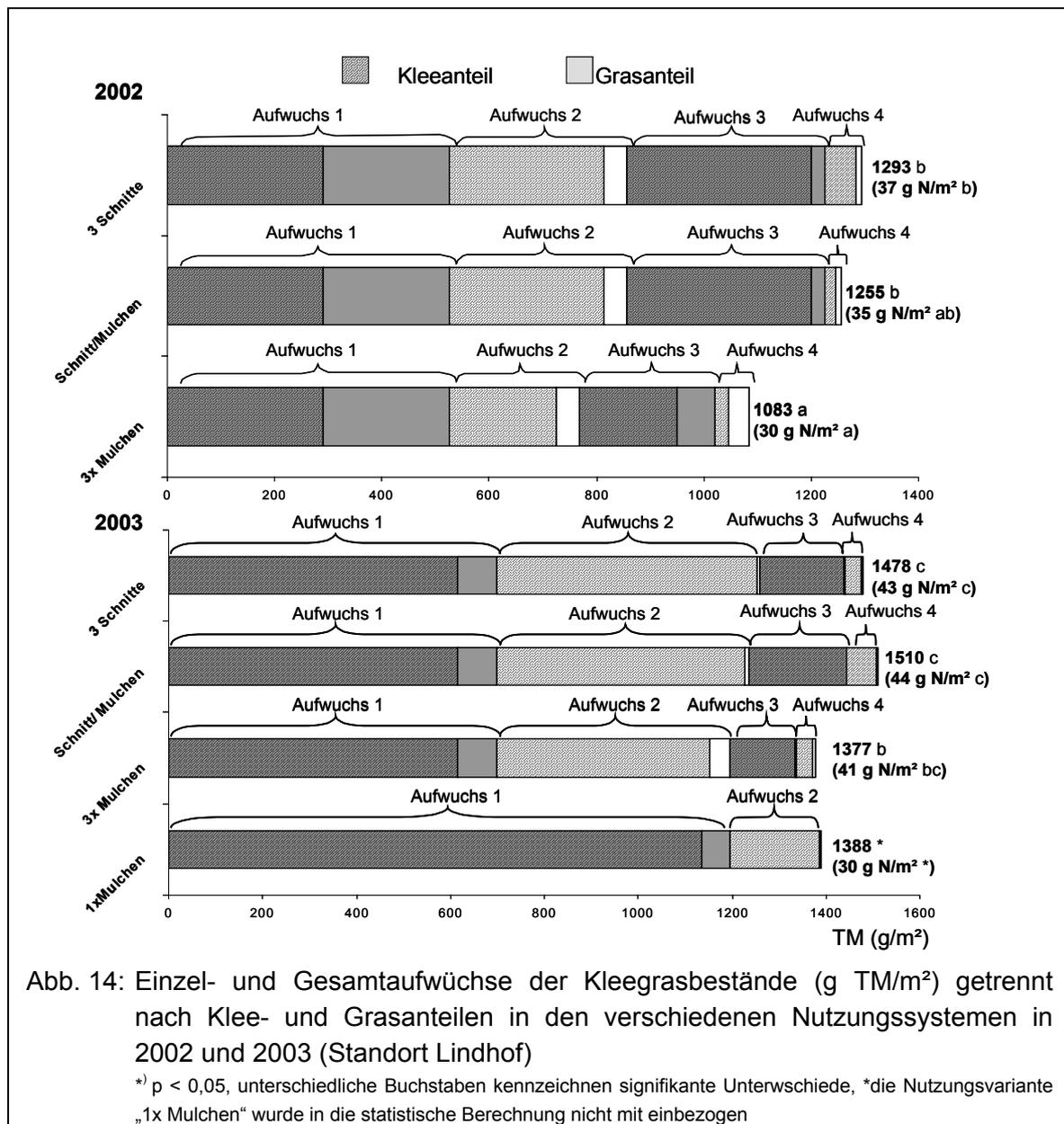


Abb. 14: Einzel- und Gesamtaufwüchse der Klee-grasbestände (g TM/m²) getrennt nach Klee- und Grasanteilen in den verschiedenen Nutzungssystemen in 2002 und 2003 (Standort Lindhof)

*) $p < 0,05$, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, *die Nutzungsvariante „1x Mulchen“ wurde in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Diese Beobachtung wird auch in Untersuchungen von DREYMAN (2005) und LOGES (1998) bestätigt. Zu erklären ist dies durch eine Hemmung des Wiederaustriebs und des Wachstums durch die Beschattung und Phytotoxizität des aufliegenden Mulchmaterials (FRAME et al., 1998). Ein weiterer Effekt der Mulchwirtschaft ist die schon nach der 2. Nutzung aufgetretenen Erhöhung des Grasanteils bzw. Verringerung des Kleeanteils. Das auf der Fläche verbliebene Mulchmaterial führte über die Mineralisation der durch das Mulchen zugeführten organischen Substanz zu einer N-Freisetzung durch Bodenlebewesen mit einer entsprechenden N-Düngewirkung (SCHMITDTKE et al., 1998), die eine stärkere Förderung des Grases aufgrund seines höheren N-Aneignungsvermögens und damit einhergehend einen Rückgang des Klees bedingt (LOGES et al., 2004). Im Vergleich der Jahre ist auffällig, dass in 2002 deutlich höhere Grasanteile im Vergleich zu 2003 zu verzeichnen waren. Der Kleeertrag war 2002 schlecht durch den Winter gekommen und musste mit einer Grünlandschlitzdrillmaschine nachgesät werden. 30 % der ertragswirksam gewordenen Pflanzen stammen aus der lückenfüllenden Nachsaat, welches auch ein Grund für die höheren Grasanteile sein kann. Aufgrund der sehr guten Etablierung des Kleeertrages im Jahre 2003 waren die beiden ersten Aufwüchse überdurchschnittlich ertragreich. Bedingt durch die Trockenheit zeigte sich der Ertrag der beiden letzten Aufwüchse jedoch unterdurchschnittlich. Die deutlich höheren Kleeanteile (Abb. 14 und Tab. 39) sind dadurch begründet, dass der tiefwurzelnde Rotklee weniger unter der Trockenheit zu leiden hatte als das flachwurzelnde Gras. Durch den höheren Kleeanteil bzw. fast reinen Kleebestand im Jahre 2003 lässt sich auch das signifikant engere C/N-Verhältnis im Vergleich zu 2002 erklären (Tab. 39).

Tab. 39: Kleeanteile (%), Ernterückstände (g OM/m² bzw. g N/m²) und C/N-Verhältnisse der Ernterückstände im Herbst der Vorfruchtjahre 2002 und 2003 in Abhängigkeit des Kleeertragsmanagements (Standort Lindhof)

Kleeertragsmanagement	Kleeanteil		Ernterückstände						C/N-Verhältnis			
	in % TM		OM g/m ²			g N/m ² in TM						
	1) 2002	2) 2003	1) 2002	2) 2003	1) 2002	2) 2003	1) 2002	2) 2003				
1) 3 Schnitte	75,7b	93,5b	481,1a	565,6a	13,6a	16,4a	20,8	17,9				
2) Schnitt/Mulch.	74,8b	93,6b	537,4a	590,9a	14,9a	18,3a	20,5	17,0				
3) 3x Mulchen	64,9a	90,1a	874,4b	560,3a	22,3b	16,2a	21,5	17,7				
1x Mulchen*	-	95,4	-	833,5	-	25,2	-	17,7				
Faktor	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Nutzung	84,6	84,2	77,5	523,6	564,2	717,3	15,0	16,6	19,2	19,4	18,8	19,6
Jahr	71,8	92,4		631,0	572,3		16,9	17,0		20,9a	17,5b	

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, die Nutzungsvariante „1x Mulchen“ wurde in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Wichtig für die Folgefrucht Kartoffel sind die Ernterückstände mit der organischen Masse und der in der folgenden Vegetationsperiode zur Verfügung stehenden N-Menge. Bei der statistischen Verrechnung von Kleeanteil, organischer Masse und N-Menge der unterschiedlichen Nutzungssysteme und Jahre zeigten sich signifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung und Jahr. Im Jahr 2002 kam es bei der Mulchvariante im Vergleich zu den anderen beiden Varianten (Tab. 39) zu einer deutlich höheren Anreicherung von organischer

Masse und damit zu einer höheren N-Nachlieferung, welche sich positiv auf den Ertrag der Folgefrucht Kartoffel auswirken konnte. Im Jahr 2003 war der letzte Aufwuchs des Kleeegrases aufgrund des trockenen Sommers sehr schlecht entwickelt. Zusätzlich könnte das unter dem Mulchsystem durch die Ernterückstände erhöhte Stickstoffangebot die N-Fixierungsaktivität des Klees gebremst haben (PIETSCH et al., 2004, HEUWINKEL, 2001). Als Resultat verblieb bei der Variante „3x Mulchen“ keine höhere organische Masse und N-Menge auf der Fläche, so dass im Jahr 2004 keine Beeinflussung dieser Kleeegrasnutzung auf den Gesamtertrag der Kartoffeln zu erwarten war.

Ein- bis zweimal gemulchte Kleeegrasbestände, die keiner Hemmung der N-Fixierungsaktivität unterliegen, können Ernterückstands-N-Mengen von bis zu 200 bis 300 kg N/ha erreichen (LOGES et al., 2004), wie es auch in dem Feldversuch von 2004 mit ca. 250 kg N/ha der Fall war.

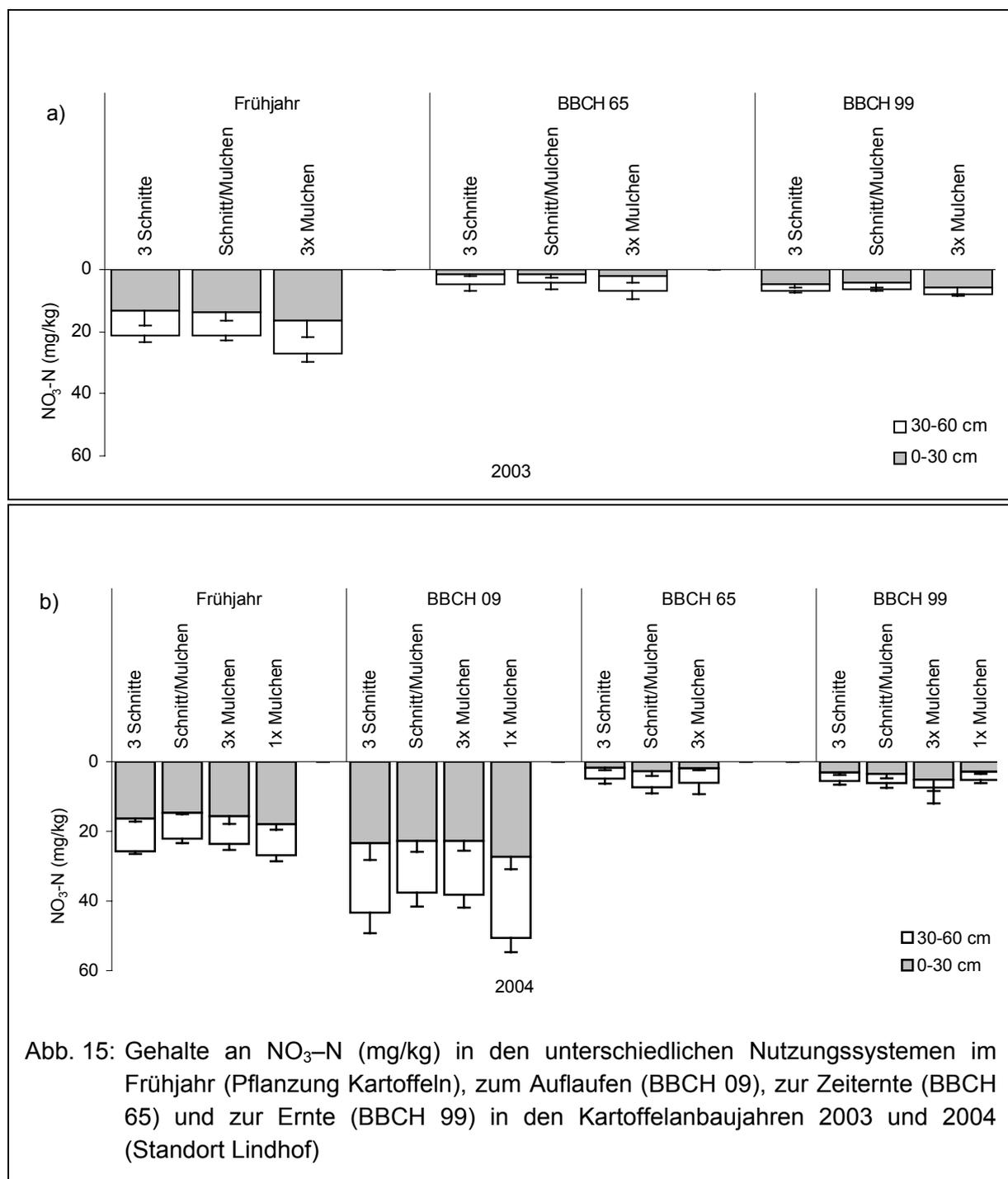
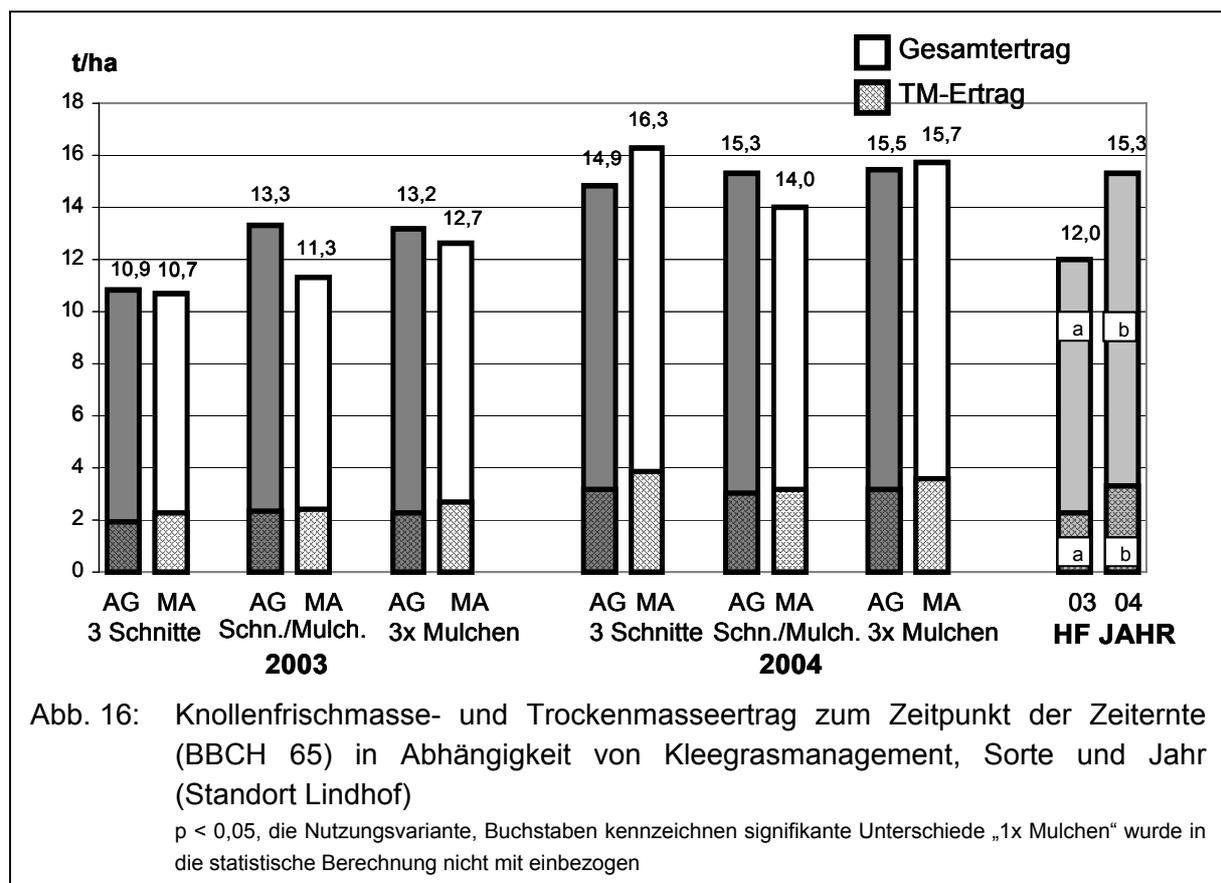


Abb. 15: Gehalte an NO₃-N (mg/kg) in den unterschiedlichen Nutzungssystemen im Frühjahr (Pflanzung Kartoffeln), zum Auflaufen (BBCH 09), zur Zeiternte (BBCH 65) und zur Ernte (BBCH 99) in den Kartoffelanbaujahren 2003 und 2004 (Standort Lindhof)

Die Abbildung 15 zeigt die Nitratgehalte zur Pflanzung der Kartoffeln im Frühjahr 2003 und 2004. Bedingt durch den kalten Winter 2002/03 kam es kaum zur Auswaschung von Stickstoff und bei der Variante 3x Mulchen lag mit 27 mg NO₃-N/kg ein höherer Bodennitratgehalt in 0-60 cm vor als in den anderen beiden schnittgenutzten Varianten mit 21 mg NO₃-N/kg. Entsprechend der Ernterückstände lagen im Jahre 2004 die höchsten Nitratgehalte bei der Nutzungsvariante des einmaligen Mulchens vor, wobei der Unterschied zu den anderen Nutzungssystemen durch höhere Auswaschung aufgrund des milderen Winters 2003/04 weniger deutlich ausfiel. Auch die reine Schnittnutzungsvariante wies im Frühjahr, wie auch zum Zeitpunkt des Auflaufens der Kartoffeln (BBCH 09), höhere Nitratgehalte im Vergleich zu dem Mischnutzungssystem und dem dreimaligen Mulchen auf. Insgesamt lagen die Nitratgehalte bis zur Zeiternte im Jahre 2004 auf einem höheren Niveau als in 2003.

Dieses zeigte sich auch in den Knollenfrischmasse- und Trockenmasseerträgen zur Zeiternte (BBCH-Stadium 65 „Vollblüte“) mit signifikanten Unterschieden beim Hauptfaktor Jahr. Im Jahr 2003 fiel das Ertragsniveau zur Zeiternte mit 12,0 t/ha signifikant geringer aus als in 2004 mit 15,3 t/ha (Abb. 16). Signifikante Unterschiede bei den Hauptfaktoren Nutzung und Sorte lagen nicht vor. Entsprechend der Nitratgehalte im Boden war in der Tendenz ein leicht höherer Ertrag bei der reinen Mulchvariante in 2003 und bei der reinen Schnittvariante in 2004 zu beobachten.



Die Anzahl angelegter Knollen je Stängel ist einerseits von der Sorte zum anderen aber auch von den Umweltbedingungen abhängig (KOLBE et al., 2004). Nach BUNDESSORTENAMT (2003) weist die Sorte Marlen im Allgemeinen eine höhere Anzahl von Knollen und Stängel auf als die Sorte Agria, welches sich in den vorliegenden Versuchen zwar nicht signifikant, aber tendenziell bestätigen ließ. Außerdem wird die Sorte Agria mit einer geringeren

Neigung zu Untergrößen und höherem Marktwareertrag im Vergleich zur Sorte Marlen charakterisiert, welches sich schon zum Zeitpunkt der Zeiternte mit signifikant höheren Einzelknollenmassen zeigte (Tab. 40). Neben dem Sorteneffekt traten signifikante Unterschiede beim Hauptfaktor Jahr, bei der Knollendichte und der Einzelknollenmasse auf. Bei der Stängeldichte war auch ein Jahreseffekt zu erkennen, der aber aufgrund der Wechselwirkungen Nutzung*Sorte*Jahr statistisch nicht abzusichern ist. Nach SCHUHMAN (1999) verläuft die Phase des Knollenansatzes zeitgleich mit dem Blühbeginn, wobei sich eine warme trockene Witterung zu diesem Zeitpunkt besonders ansatzfördernd auswirkt. Im Juni 2003 lagen demzufolge optimale Bedingungen zur Anlage vieler Knollen vor (vgl. Material u. Methoden, Kap. Witterungsverläufe), wohingegen im Juni des Jahres 2004 eher kühle Temperaturen und überdurchschnittlich hohe Niederschläge vorherrschten. Das erklärt die signifikant höhere Knollenanzahl/m² bei gleichzeitig signifikant geringerer Einzelknollenmasse im Jahre 2003 im Vergleich zum Jahr 2004. Signifikante Unterschiede zwischen den Kleeertragssystemen lagen hingegen nicht vor.

Tab. 40: Stängel- und Knollendichte (Stängel- bzw. Knollen/m²) sowie Einzelknollenmasse (g) zum Zeitpunkt der Zeiternte (BBCH 65) in Abhängigkeit von Kleeertragssystem, Sorte und Jahr (Standort Lindhof)

Kleeertragssystem	Jahr	Stängeldichte (Stängel/m ²)		Knollendichte (Knollen/m ²)		Einzelknollenmasse (g)				
		1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004			
1) 3 Schnitte	1) Agria	15,7	14,1	45,5	24,1	24,0	61,6			
	2) Marlen	21,7	18,6	48,7	30,3	22,1	53,8			
2) Schnitt/ Mulchen	1) Agria	16,5	13,2	50,2	24,8	26,5	62,9			
	2) Marlen	21,7	16,1	52,0	26,7	21,8	53,1			
3) 3x Mulchen	1) Agria	18,4	11,8	54,9	26,4	24,5	53,5			
	2) Marlen	20,1	17,9	45,8	30,4	27,8	51,7			
Faktor		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Nutzung (Nu)		17,5	16,9	17,1	37,1ns	38,4ns	39,4ns	40,4ns	41,1ns	38,4ns
Sorte (So)		15,0	19,3		37,6ns	39,0ns		42,2a	38,4b	
Jahr (Ja)		19,0	15,3		49,5a	27,1b		24,5a	56,1b	

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, die Nutzungsvariante „1x Mulchen“ wurde in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Die unterschiedlichen Witterungsverläufe beeinflussten auch den Befallsverlauf und die Befallsstärke mit *Phytophthora infestans* in den einzelnen Jahren. STEPHAN (1959) beobachtete ein starkes Auftreten der Krautfäule, wenn die monatliche Niederschlagshöhe in den Monaten Juni bis August wenigstens zwei Monate das langjährige Mittel erreicht oder überschreitet und die mittlere Temperatur in keinem der feuchten Monate sehr niedrig ist. Im Jahre 2003 lagen denkbar ungünstige Verhältnisse für den Schadpilz vor. Aufgrund der geringen, unterdurchschnittlichen Niederschläge und der hohen Einstrahlung kam es zwar Anfang Juli zu einem Befallsbeginn mit *P. infestans*, doch konnte sich der Pilz nicht weiter ausbreiten und vermehren, so dass eine Befallsstärke von 20% nicht überschritten wurde. Die ermittelten FUDB-Werte erreichten in ihrem Maximum höchstens 130 Prozent-Tage. Neben *P. infestans* trat in diesem Jahr *Alternaria* spp., die Dürffleckenkrankheit auf, welche

nach SCHIESSENDOPPLER et al. (1988) Schäden vor allem in trockenwarmen Anbaugeländen bzw. bei trockenwarmer Sommerwitterung verursacht und als Schwächeparasit bezeichnet werden kann, der durch Stresssituationen wie z.B. Wassermangel gefördert wird.

Im Jahre 2004 bestanden aufgrund überdurchschnittlich hoher Niederschläge in den Monaten Juni bis August optimale Bedingungen für einen Krautfäulebefall. Da der Sporenflug aber erst bei Temperaturen zwischen 18 und 23°C einsetzt (MEINCK & KOLBE, 1999) und sowohl im Juni, wie auch Anfang Juli noch ausgesprochen kühle Temperaturen vorherrschten, waren die ersten Befallssymptome erst Mitte Juli sichtbar. Ab dann wurde allerdings der ganze Bestand relativ schnell infiziert und Anfang August war das Kraut zu 95% abgestorben. Es wurden FUDB-Werte von bis zu 1000 Prozent-Tage erreicht.

Ab dem Schließen der Bestände setzt nach ALTENBURG & SCHUHMAN (1994) eine Phase mit gleichbleibenden Knollenzuwächsen ein. Die Dauer dieser Phase hängt dabei von Sorte, Nährstoffversorgung und Witterung ab, wobei jede Verkürzung dieser Zeit z.B. durch eine Krautvernichtung aufgrund von Krankheitsbefall den maximalen Ertrag und die Stärkegehalte reduzieren kann (KOLBE & MÖLLER, 2003). Nach LARGE (1952) beenden die Kartoffeln das Knollenwachstum, wenn etwa 75 % des Krautes mit *P. infestans* infiziert sind. Im Jahre 2003 waren trotz Wasserknappheit, welche sich in Schleswig-Holstein nicht so stark auswirkte wie in anderen Teilen Deutschlands, sehr gute Bedingungen für die Ertragsbildung gegeben. Im Jahr 2004 dagegen war die Ertragsbildung Ende Juli durch das frühzeitige Krautsterben schon fast abgeschlossen. Das zeigte sich auch an den N_t-gehalten der Knollen bzw. an den N-Entzügen durch die Knollen zum Zeitpunkt der Ernte (Tabelle 41). Im Jahre 2004 konnte aufgrund der kürzeren Vegetationszeit eine signifikant geringere N-Menge von den Knollen aufgenommen werden als im Jahre 2003, was sich auch negativ auf den Ertrag auswirkte.

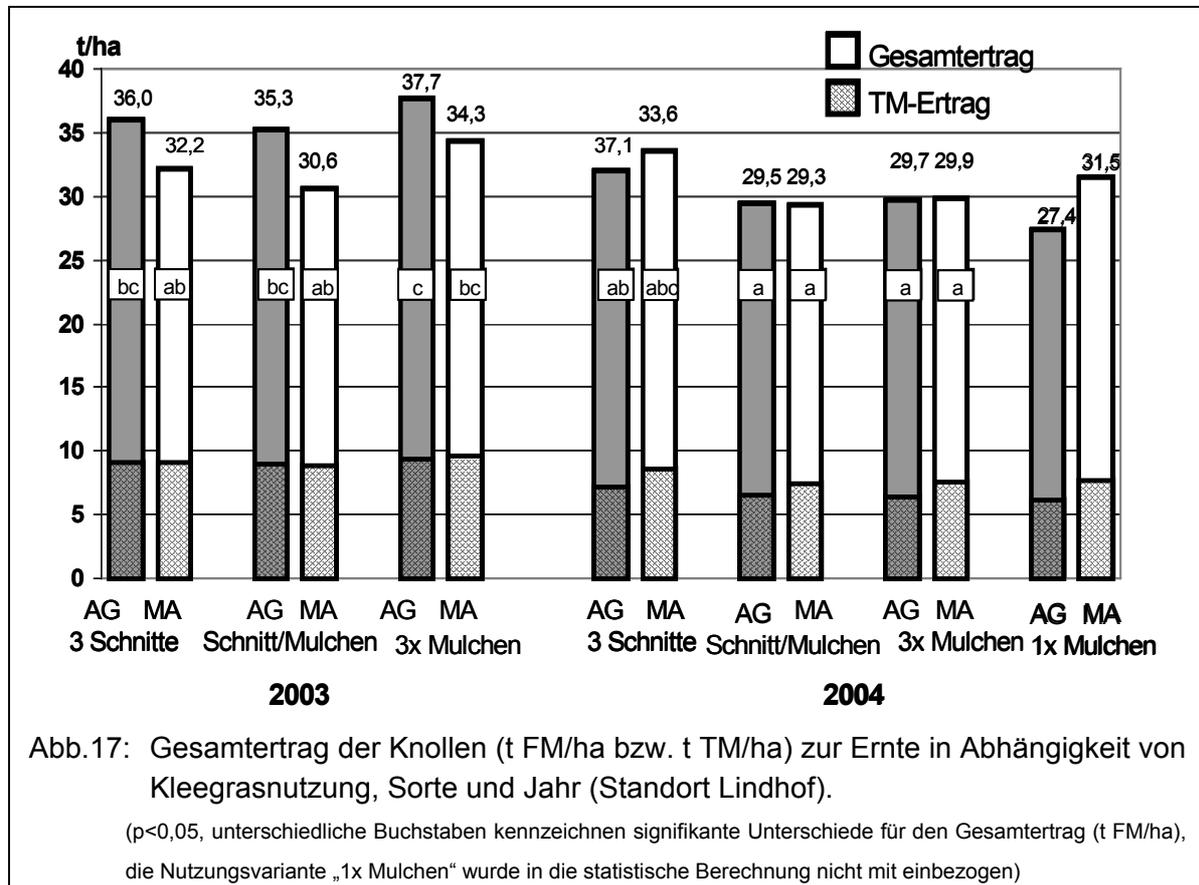
Tab. 41: N-Entzug (kg/ha) und N_t-Gehalte (% in TM) der Knollen zur Ernte in Abhängigkeit von Klee-grasmanagement, Sorte und Jahr (Standort Lindhof)

Klee-grasmanagement	Jahr	N-Entzug Knollen (kg/ha)		N _t -Gehalt (% in TM)			
		1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004		
1) 3 Schnitte	1) Agria	105,73	80,04	1,16	1,10		
	2) Marlen	109,77	82,84	1,20	0,96		
2) Schnitt/ Mulchen	1) Agria	101,45	71,56	1,13	1,09		
	2) Marlen	111,41	75,35	1,26	1,02		
3) 3x Mulchen	1) Agria	109,06	67,84	1,16	1,04		
	2) Marlen	115,06	75,45	1,19	1,01		
Faktor		1	2	3	1	2	3
Nutzung		94,59 ns	89,95 ns	91,85 ns	1,11	1,13	1,10
Sorte		89,28 ns	94,98 ns		1,11	1,11	
Jahr		108,8 a	75,52 b		1,18	1,04	

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

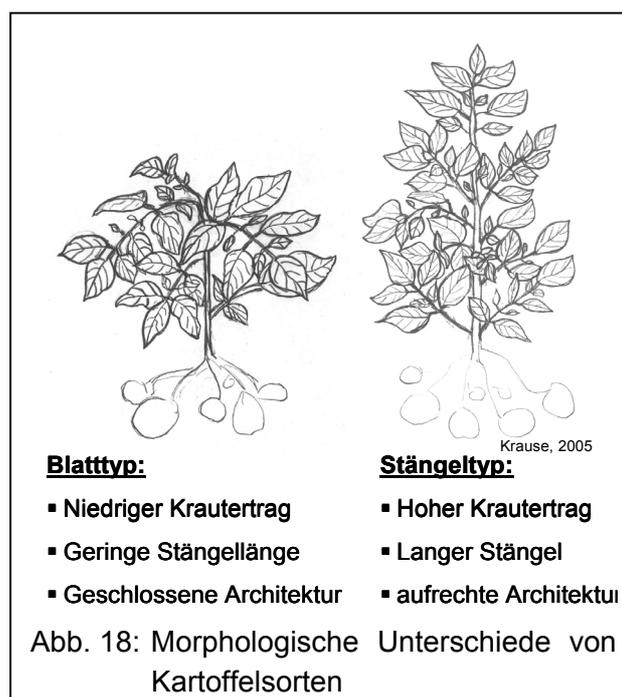
Im Jahre 2003 lag das Ertragsniveau im Durchschnitt der Sorten und Nutzungsformen bei 34 t/ha, in 2004 somit etwas niedriger bei 30 t/ha, obwohl zum Zeitpunkt der Zeiternte noch ein gegensätzliches Bild zu beobachten war. Bei der statistischen Verrechnung des Gesamtertrages traten signifikante Wechselwirkungen bei dem Faktor Sorte*Jahr auf. Das Nutzungssystem hatte im Durchschnitt der beiden Jahre keinen signifikanten Effekt auf den

Gesamtertrag, was in Untersuchungen von LOGES (1998) in Versuchen mit Winterweizen bestätigt wird. Entsprechend der organischen Masse und N-Menge aus der Vorfrucht bzw. den NO₃-N-Gehalten im Frühjahr wurde durch das Mulchsystem im Jahr 2003 und durch die reine Schnittnutzung in 2004, tendenziell das höchste Knollengesamtgewicht realisiert. Bei Agria ergab sich 2003 durch das reine Mulchen gegenüber dem Mischsystem eine Ertragssteigerung um 7,6 % (4,7% gegenüber reiner Schnittnutzung). Bei Marlen betrug

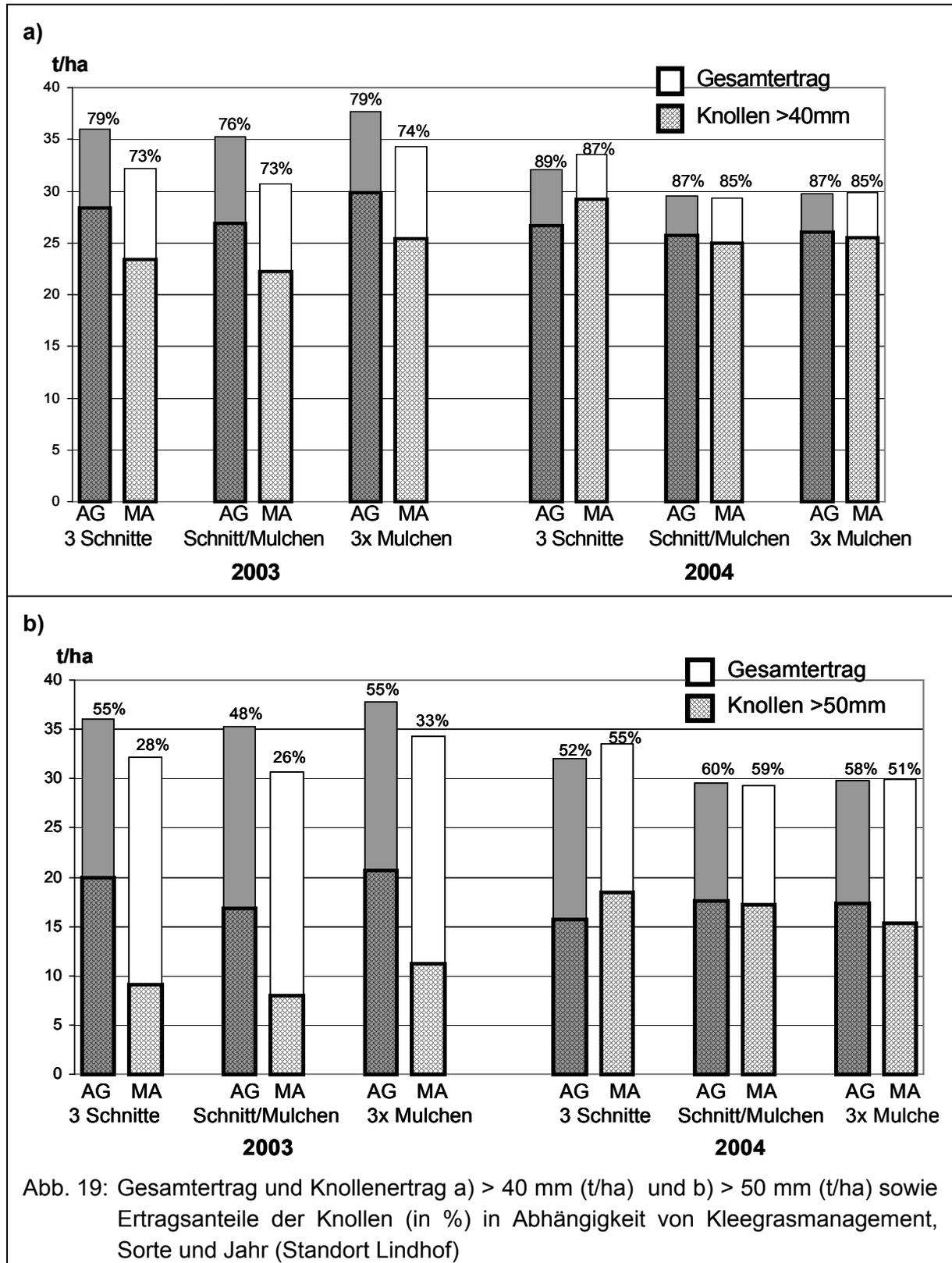


dieser Ertragsvorteil 12% gegenüber dem Mischsystem und 6,9% gegenüber der Schnittnutzung (Abb. 17). Untersuchungen von DREYMAN (2001) bei denen der höchste Ertragsvorteil bei Weizen durch das Mischsystem erzielt wurde, lassen sich hier nicht bestätigen.

Im Jahr 2003 ist neben dem Effekt des Nutzungssystems ein Ertragsvorteil der Sorte Agria im Vergleich zur Sorte Marlen zu erkennen, welcher 2004 nicht auftrat. Dieser lässt sich ebenfalls durch den trockenen Sommer im Jahr 2003 in Kombination mit den morphologischen Besonderheiten verschiedener Kartoffelsorten begründen. In der Beschreibenden Sortenliste vom BUNDESSORTENAMT



(2003) wird zwischen verschiedenen Wuchsformen (Stängeltyp, Zwischentyp und Blatttyp) bei den Kartoffelsorten unterschieden (Abb. 18). Demzufolge wird die Sorte Agria dem Stängeltyp, Marlen hingegen dem Zwischentyp, mit Tendenz zum Blatttyp, zugeordnet. Mit zunehmendem Trockenstress kann dabei der Stängeltyp mit seiner hohen Krautmasse einen Ertragsvorteil gegenüber dem Blatttyp aufweisen, wie es in den vorliegenden Untersuchungen der Fall war. In Jahren mit ausreichendem Wasserangebot, wie in 2004, kann hingegen der Blatttyp mit seiner engen positiven Beziehung zwischen Kraut- und Knollenertrag überlegen sein (SCHITTENHELM et al., 2004).



Neben den eigentlichen Ertragsparametern sind die Sortierfraktionen für die verschiedenen Verwertungsrichtungen bedeutend (siehe Kap. 1). In der Abbildung 19a ist der Anteil der marktfähigen Ware (>40 mm) dargestellt, der im Jahr 2003 im Durchschnitt der Nutzungssysteme und Sorten 75,7 % und in 2004 86,7 % am Gesamtertrag betrug. Bei der statistischen Verrechnung des Ertrags (t/ha) und der Anteile (%) an marktfähiger Ware (>40 mm) und Knollen > 50 mm traten signifikante Wechselwirkungen bei dem Faktor Sorte*Jahr auf, welche sich wiederum durch die morphologischen Besonderheiten der beiden im Versuch eingesetzten Sorten und die unterschiedlichen Witterungsverläufe der beiden Jahre begründen lassen. Der Unterschied zwischen den Sorten zeigte sich auch bei den Sortierfraktionen: in 2003 betrug der Anteil der Knollen > 50 mm bei Marlen durchschnittlich nur 29% am Gesamtertrag, im Vergleich dazu lag er im Jahr 2004 bei 55 %. Von größerer Bedeutung ist diese Knollengrößenfraktion allerdings für die Sorte Agria, deren Hauptverwertungsrichtung mit der Verarbeitung zu Pommes frites einen hohen Anteil großer Knollen voraussetzt. Bei der Sorte Agria lag der Knollenanteil > 50 mm im Durchschnitt der Nutzungssysteme bei 52,7 % in 2003 und 56,7 % in 2004 (Abb. 19b). Die Klee-grasnutzungssysteme hatten keinen Einfluss auf die Knollengrößenverteilung.

Wie in Kapitel 2.4 beschrieben müssen Kartoffeln, die zur Verarbeitung zu Chips oder Pommes frites genutzt werden sollen, bestimmte innere Qualitätskriterien erfüllen. Auch die Trockenmasse ist sorten- aber auch witterungsabhängig und steht somit bei den vorliegenden Untersuchungen stark unter dem Jahreseinfluss. Bei der statistischen Analyse der Trockenmassegehalte zum Zeitpunkt der Zeiternte und der Ernte traten signifikante Wechselwirkung bei dem Faktor Zeitpunkt*Jahr auf. Nach KOLBE (1990) führen niedrige Temperaturen, wie es 2004 bis zur Zeiternte im Juni/Juli der Fall war, zu höheren TM-Gehalten in den Knollen, so dass zu BBCH 65 der TM-Gehalt im Jahr 2004 höher war als in 2003. Im weiteren Jahresverlauf führte die hohe Einstrahlung in 2003 jedoch noch zu einem deutlichen Anstieg der Trockenmasse, so dass zum Zeitpunkt der Ernte höhere Gehalte zu verzeichnen waren als in 2004 (Tab. 42).

Tab. 42: Trockenmassegehalte (%) zum Zeitpunkt der Zeiternte (BBCH 65) und Ernte in Abhängigkeit von Klee-grasmanagement, Sorte und Jahr (Standort Lindhof)

Klee-gras-management	Jahr	TM-Gehalt in %			
		1) 2003		2) 2004	
		1) BBCH 65	2) Ernte	1) BBCH 65	2) Ernte
1) 3 Schnitte	1) Agria	17,7	25,3	21,1	22,7
	2) Marlen	21,4	28,6	23,7	25,8
2) Schnitt/ Mulchen	1) Agria	17,6	25,5	19,7	22,2
	2) Marlen	21,0	28,8	22,8	25,2
3) 3x Mulchen	1) Agria	17,4	25,0	20,1	21,9
	2) Marlen	21,1	28,2	22,8	24,4
Faktor		1	2	3	
Nutzung		23,3	22,8	22,6	
Sorte		21,4	24,5		
Jahr		23,1	22,7		
Zeitpunkt		20,5	25,3		

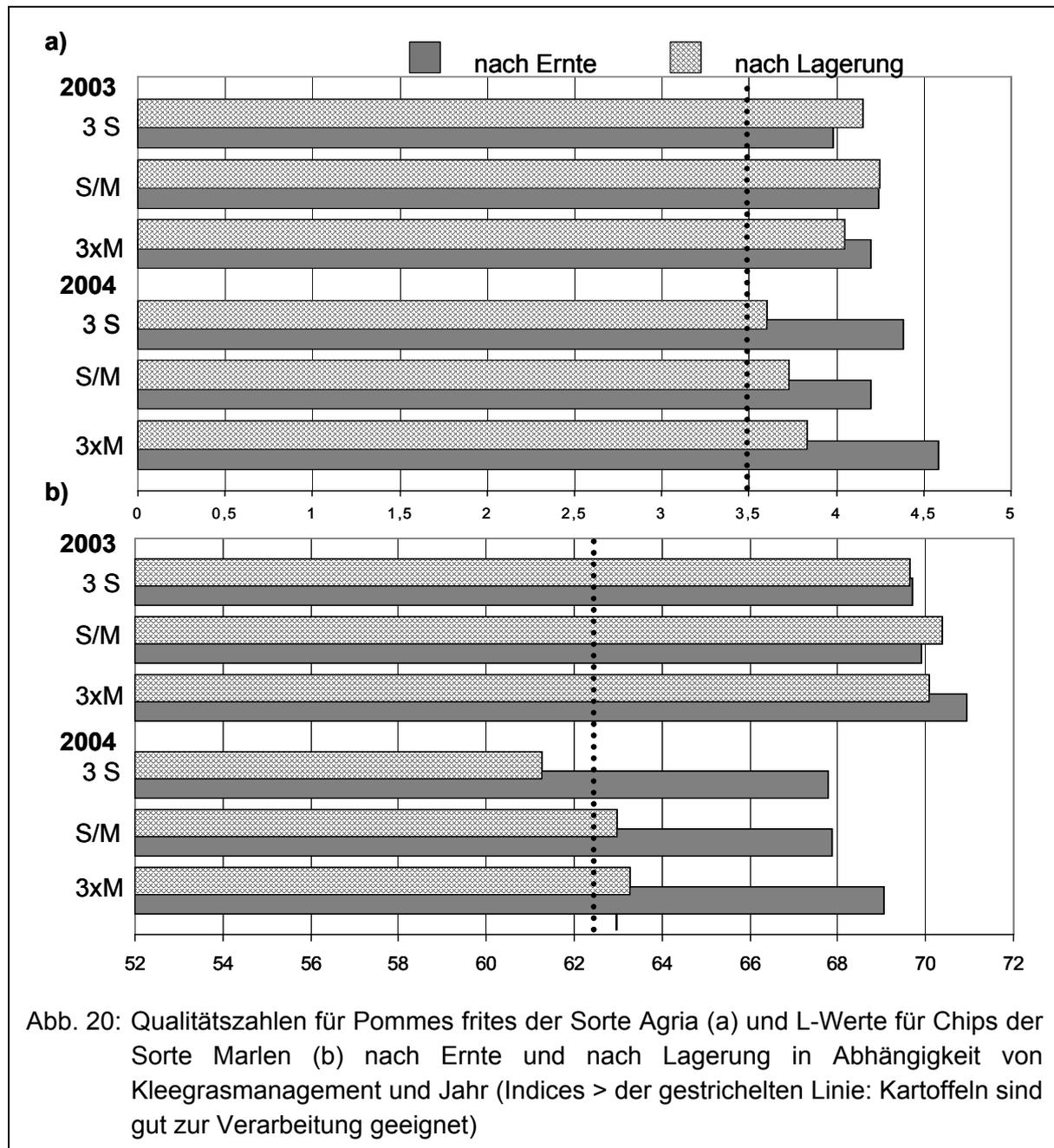
Bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse zu den Gehalten an Stärke und reduzierenden Zucker ergaben sich starke Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Faktoren (Tab. 43). Bei den Stärkegehalten zeigte sich ein starker Jahres- und Sorteneinfluss, bei den reduzierenden Zuckern war das Jahr und der Zeitpunkt der Untersuchung (nach Ernte oder Lagerung) entscheidend. In 2003 lagen die Stärkegehalte sowohl nach Ernte wie nach Lagerung bei Marlen bis zu 3%, bei Agria bis zu 2% über den geforderten Richtwerten, was evtl. zu Abzügen bei der Qualitätszahl für Pommes frites (zähe Textur) geführt hätte. Sehr auffällig sind die unterschiedlichen Gehalte an reduzierenden Zuckern in den beiden Jahren. In 2003 werden die Höchstwerte von 150 mg/100g FM für die Verarbeitung zu Chips bzw. 300 mg/100g FM für die Verarbeitung zu Pommes frites nach der Ernte und auch nach einer 4-monatigen Lagerung bei beiden Sorten deutlich unterschritten. Im Jahre 2004 dagegen stieg der Gehalt an reduzierenden Zuckern nach der Lagerung stark an, so dass die Sorte Marlen in der Variante Schnittnutzung sogar den Grenzwert für die Verarbeitung zu Chips überschritten hatte.

Tab. 43: Gehalte an Stärke (% FM) und reduzierenden Zucker (mg/100g FM) zum Zeitpunkt der Ernte (ER) und nach Lagerung (LA) in Abhängigkeit von Klee grasmanagement, Sorte und Jahr (Standort Lindhof)

Klee grasmanagement	Jahr Zeitpunkt	Stärkegehalt in % FM				Red. Zucker in mg/100gFM			
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004	
		1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA
1) 3 Schnitte	1) Agria	19,9	19,2	18,8	18,8	13	27	23	124
	2) Marlen	23,2	23,7	21,7	21,88	11	25	34	209
2) Schnitt/ Mulchen	1) Agria	20,0	20,2	17,9	18,4	14	30	28	135
	2) Marlen	23,1	23,9	21,3	21,4	10	24	27	107
3) 3x Mulchen	1) Agria	19,6	19,1	18,1	18,1	13	29	12	112
	2) Marlen	22,8	23,1	20,8	21,2	8	21	19	117
Faktor		1	2	3		1	2	3	
Nutzung		20,9	20,7	20,4		58	47	41	
Sorte		19,0	22,3			47	51		
Jahr		21,5	19,9			19	79		
Zeitpunkt		20,6	20,8			18	80		

Die Verfärbung der Chips nach Verarbeitung steht in enger Korrelation mit dem Gehalt an reduzierenden Zuckern in der Knolle (PUTZ & HAASE, 1998). Bei der instrumentellen Farbmessung der Chips wurde in beiden Versuchsjahren zum Zeitpunkt ‚nach Ernte‘ mit Noten zwischen 9 und 10 der höchste Qualitätsstandard erreicht. Die erhöhten Zuckergehalte nach Lagerung in 2004 wirkten sich jedoch negativ auf die Helligkeitswerte aus. Allerdings wurde nur bei der Schnittnutzung die Note 7 bzw. der L-Wert von 62,2, ab dem eine Eignung für die Verarbeitung zu Chips gegeben ist, unterschritten. Auch die ausgezeichneten Qualitätsindices von 4, die zur Ernte in beiden Jahren und nach Lagerung in 2003 bei der Qualitätsbeurteilung der Pommes frites erreicht wurden, konnten nach der Lagerung in 2004 nicht gehalten werden (Abb. 20). Die Unterschiede beim Anstieg des Gehaltes an reduzierenden Zuckern nach Lagerung in den beiden Jahren können durch Untersuchungen von VIOLA & PELLOUX (1999) erklärt werden. Sie wiesen in ihren

Untersuchungen zur Keimung von Kartoffeln nach, dass der Gehalt an Gesamtzucker bei einem Anstieg des Keimgewichtes auf 0,7 g TM/Knolle schrittweise abfiel. Die darauffolgende Keimungsphase mit Keimgewichten von 2 g TM/Knolle war dagegen durch eine sehr starke Zunahme der Gesamtzucker gekennzeichnet. Die Brechung der Keimruhe und das anfängliche Keimwachstum wurde dabei durch die zur Verfügung stehenden Zuckerreserven unterstützt, die Stärkehydrolyse zur Bildung von Zuckern setzte erst später ein.



Vergleicht man diese Erkenntnisse mit den Ergebnissen zu den Keimlängenklassen, Keimgewichten und den Substanzverlusten der vorliegenden Untersuchungen, so wird deutlich, dass nach einer gleich langen Lagerperiode in beiden Untersuchungsjahren die Keimung und der Substanzverlust im Jahr 2004 weiter fortgeschritten war als im Jahr 2003 (Tabelle 42). Bei der statistischen Verrechnung der Ergebnisse traten bei Keimgewicht und Substanzverlust der Knollen zwar signifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung*Jahr

bzw. Sorte*Jahr auf, bei der Keimlängenklasse wurde jedoch ein signifikanter Einfluss der Hauptfaktoren Jahr und Sorte festgestellt. Aus diesen Ergebnissen könnte man folgern, dass im Jahr 2003 die Kartoffeln in der Phase mit sinkenden Zuckergehalten ausgelagert und untersucht wurden, im Jahre 2004 dagegen die Stärkehydrolyse mit steigenden Zuckergehalten schon eingesetzt hatte. In beiden Jahren war außerdem die Keimung von Marlen bereits stärker fortgeschritten als bei Agria.

Tab. 44: Keimlängenklasse (Boniturnoten 1-9), Keimgewicht (g/kg) sowie Knollensubstanzverlust (g/kg) bei der Auslagerung in Abhängigkeit von Klee grasmanagement, Sorte und Jahr (Standort Lindhof)

Klee grasmanagement	Jahr	Keimlängenklasse (Boniturnoten 1-9)		Keimgewicht (g/kg)		Knollensubstanzverlust (g/kg)				
		1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004	1) 2003	2) 2004			
1) 3 Schnitte	1) Agria	3,3	4,5	1,1	2,0	24,7	26,5			
	2) Marlen	6,0	6,8	7,4	8,9	21,1	32,1			
2) Schnitt/ Mulchen	1) Agria	3,5	4,3	1,6	1,8	24,9	22,2			
	2) Marlen	6,0	6,5	7,9	7,9	19,0	31,5			
3) 3x Mulchen	1) Agria	3,0	4,5	1,0	1,9	21,4	24,7			
	2) Marlen	6,0	6,8	7,5	8,6	18,2	28,8			
Faktor		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Nutzung		5,1ns	5,1ns	5,1ns	4,9	4,8	4,7	26,1	24,4	23,8
Sorte		3,8 a	6,33 b		1,6	8,0		24,1	25,2	
Jahr		4,6 a	5,54 b		4,4	5,2		21,6	27,6	

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Weitere wichtige Qualitätsparameter, die an der BFEL in Detmold untersucht wurden, sind die Neigung zur Kochdunkelung und die Rohbreiverfärbung (vgl. Kapitel 2.4). Auch hier traten bei der statistischen Verrechnung starke signifikante Wechselwirkungen bei der Rohbreiverfärbung für die Faktoren Jahr*Zeitpunkt, Jahr*Sorte, Zeitpunkt*Sorte und bei der Kochdunkelung für Jahr*Zeitpunkt auf (Tabelle 43). Bei der Rohbreiverfärbung wurden im Jahre 2003 mit L-Werten von 60,4 im Durchschnitt der Sorten geringere Verfärbungen gemessen im Vergleich zum Jahr 2004, in dem lediglich mäßige Verfärbungen auftraten. Die Sorte Marlen hatte dabei offenbar eine stärkere Neigung zur Rohbreiverfärbung als die Sorte Agria, was mit den Angaben der Beschreibenden Sortenliste vom BUNDESSORTENAMT (2003) übereinstimmt.

Die geringeren L-Werte bei beiden Sorten nach der Lagerung lassen sich evtl. mit einer Absenkung des Vitamin C- bzw. Ascorbinsäuregehaltes während der Lagerung erklären (WEBER & PUTZ, 1998). Ascorbinsäure kann durch ihre reduzierende Wirkung auf Tyrosinabbau-produkte und durch ihre pH-Wert senkende Wirkung die Rohbreiverfärbung begrenzen (PAWELZIK, 2000). Bei der Kochdunkelung blieben die Werte nach Lagerung auf dem Erntenniveau bzw. stiegen sogar etwas an. Im Allgemeinen gaben die Werte eine mäßige bis geringe Neigung zur Kochdunkelung an, nur bei der Schnittnutzung im Jahr 2004 wurde eine starke Kochdunkelung bei der Sorte Agria verzeichnet. Graue Verfärbungen wurden nach Verarbeitung zu Pommes frites als Qualitätsmangel jedoch nicht beobachtet.

Tab. 45: Rohbreiverfärbung sowie Kochdunkelung zum Zeitpunkt der Ernte (ER) und nach Lagerung (LA) in Abhängigkeit von Kleegrasmanagement, Sorte und Jahr (Standort Lindhof)

Kleegrasmanagement	Jahr	Rohbreiverfärbung (L-Wert)				Kochdunkelung (L-Wert)			
		1) 2003		2) 2004		1) 2003		2) 2004	
		1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA	1) ER	2) LA
1) 3 Schnitte	1) Agria	62,6	60,4	57,5	56,4	78,0	79,4	77,6	77,5
	2) Marlen	61,2	58,3	53,4	51,2	80,9	80,3	78,9	79,1
2) Schnitt/ Mulchen	1) Agria	62,5	60,4	58,4	57,2	78,2	78,7	78,9	78,0
	2) Marlen	60,6	56,3	54,4	53,4	80,2	80,5	79,2	77,7
3) 3x Mulchen	1) Agria	61,9	60,9	58,1	57,5	78,7	79,0	78,7	78,6
	2) Marlen	61,6	58,0	55,0	52,8	78,7	80,7	79,7	79,3
Faktor		1	2	3		1	2	3	
Nutzung		57,6	57,9	58,2		79,0	78,9	79,2	
Sorte		59,5	56,3			78,4	79,6		
Jahr		60,4	55,4			79,4	78,6		
Zeitpunkt		58,9	56,9			79,0	79,1		

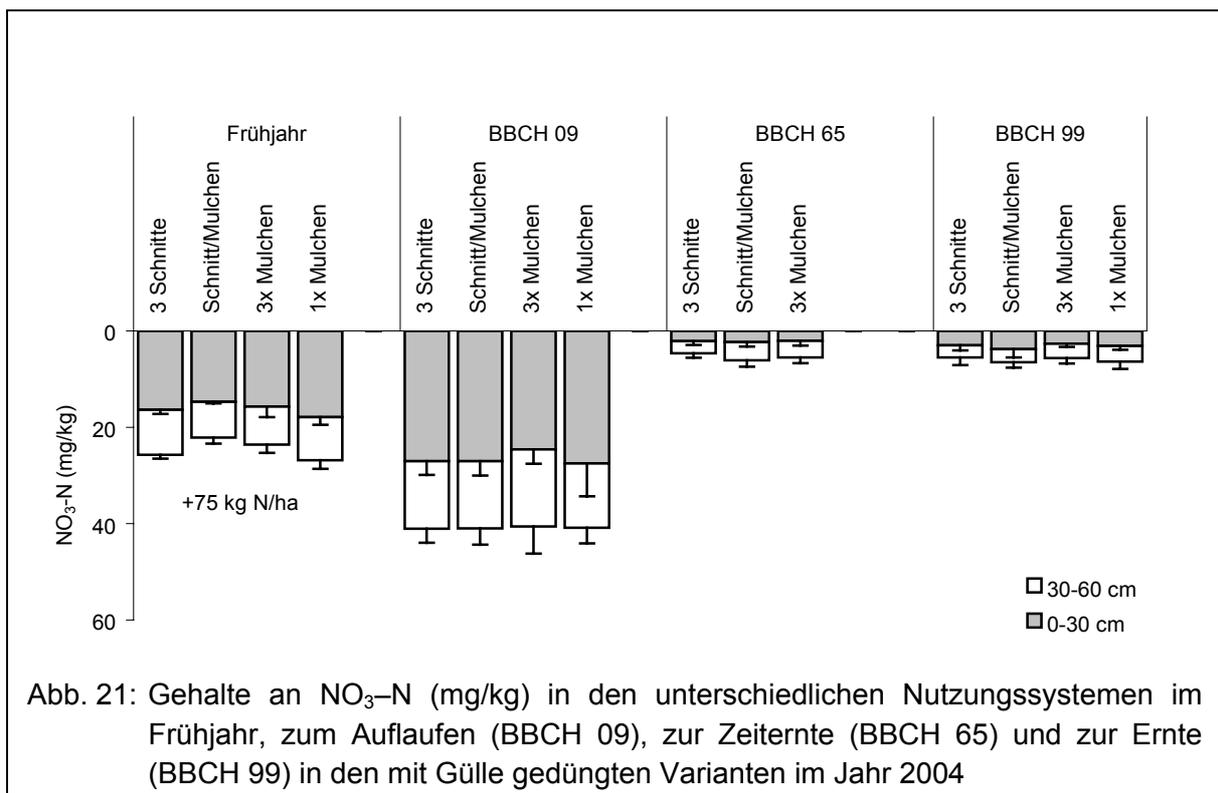
Nach der Ernte wurden die Kartoffeln auf Befall mit den Krankheiten *Rhizoctonia solani* (Wurzeltötterkrankheit) und *Streptomyces scabies* (Kartoffelschorf) bonitiert. Der Befall mit Kartoffelschorf zeigte bei keinem der Hauptfaktoren signifikante Effekte (Tabelle 44). Bei dem Befall mit *Rhizoctonia solani* hingegen konnte ein signifikanter Einfluss für den Hauptfaktor Jahr festgestellt werden, der sich durch die besseren Wachstums- und Verbreitungsbedingungen für den Pilz im Jahr 2004 im Gegensatz zu den trockenen Bedingungen im Jahr 2003 erklärt.

Tab. 46: *Rhizoctonia*- und *Streptomyces*-Index in Abhängigkeit von Kleegrasmanagement, Sorte und Jahr (Standort Lindhof)

Kleegrasmanagement	Jahr	Rhizoctonia-Index			Streptomyces-Index		
		1) 2003	2) 2004		1) 2003	2) 2004	
1) 3 Schnitte	1) Agria	1,07	1,55		1,44	1,35	
	2) Marlen	1,00	1,66		1,56	1,15	
2) Schnitt/ Mulchen	1) Agria	1,23	1,92		1,24	1,32	
	2) Marlen	1,00	2,02		1,25	1,28	
3) 3x Mulchen	1) Agria	1,24	2,05		1,29	1,29	
	2) Marlen	1,03	1,77		1,46	1,11	
Faktor		1	2	3	1	2	3
Nutzung		1,32 ns	1,54 ns	1,52 ns	1,37 ns	1,27 ns	1,29 ns
Sorte		1,51 ns	1,41 ns		1,32 ns	1,30 ns	
Jahr		1,10 a	1,83 b		1,37 ns	1,25 ns	

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

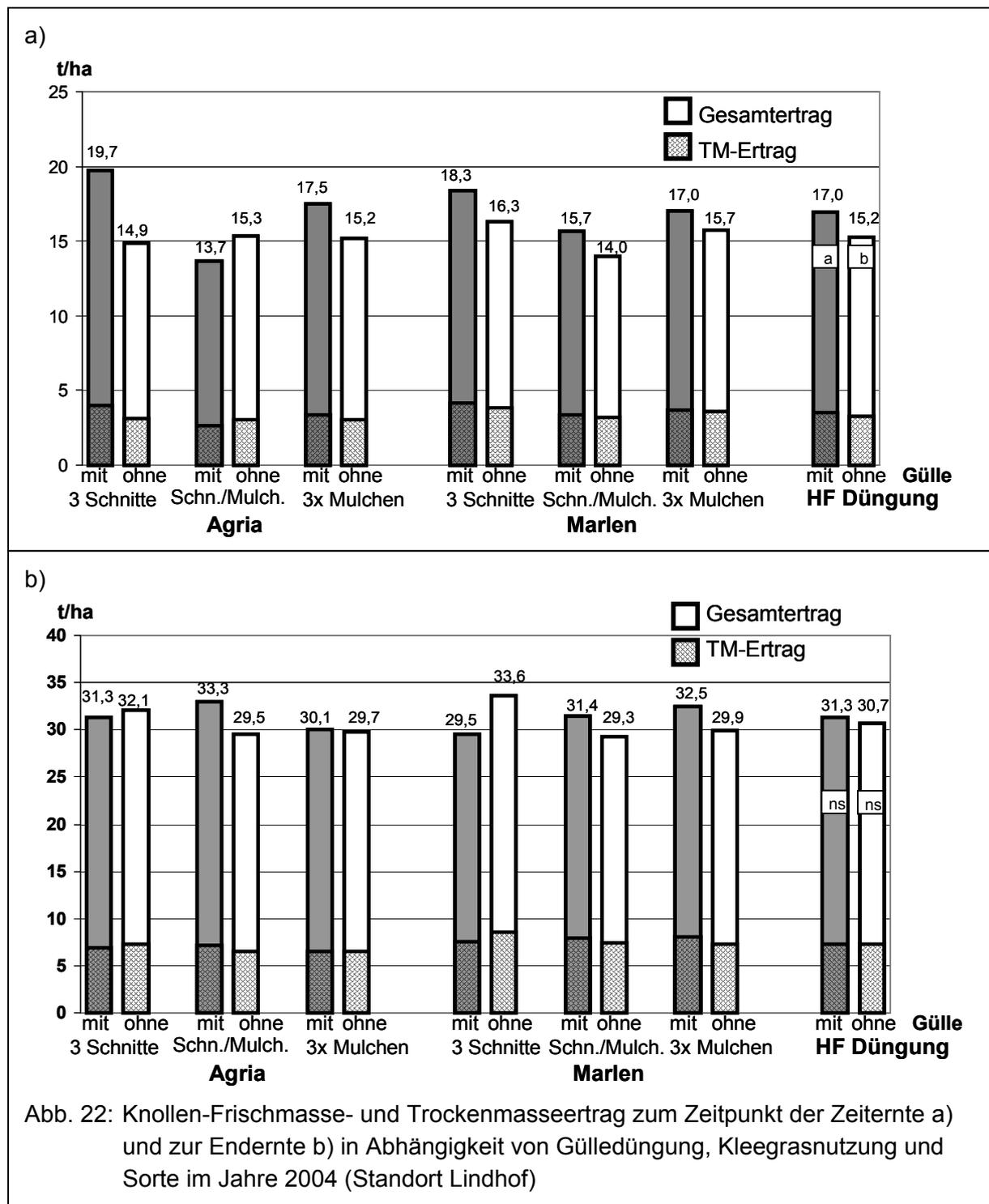
Bei unverrottetem Erntegut bzw. Gründüngung, wie dies bei den Mulchvarianten der Fall ist, welches nicht im Herbst eingearbeitet wurde, werden im Allgemeinen günstigere Bedingungen für die Verbreitung des Pilzes *R. solani* geschaffen (RADTKE, 1994, KARALUS, 1995). In der Tendenz, jedoch nicht signifikant, konnte auch ein leicht höherer Befall mit *R. solani* bei den Mulchvarianten beobachtet werden. KEISER et al. (2005) fanden heraus, dass der Pilz immer dann vermehrt auftrat, wenn auch ein stärkerer Drahtwurmbefall an den Knollen und Klee gras als Vorfrucht vorlag. Da auf anderen Flächen des Versuchsgutes Lindhof beim Monitoring kaum Schnellkäfer gefangen wurden und im Allgemeinen auch an den Betriebskartoffeln keine Drahtwurmschäden zu finden waren, könnte das auch eine Erklärung für das für den ökologischen Landbau allgemein sehr geringe Befallsniveau von *Rhizoctonia solani* sein.



Im Jahr 2004 wurde der Versuch zum Klee grasmanagement um den Faktor Gölledüngung [a) ohne Gölledüngung, b) mit Gölle (75 kg N_i/ha zum Pflanzen)] erweitert. Damit können viehhaltende Betriebe, die Gölle als Wirtschaftsdünger einsetzen, abgebildet werden. Diese Betriebe würden das Klee gras, mindestens teilweise einer Schnittnutzung unterziehen und als Futter verwenden. Auf diese Weise würden die Nährstoffe, vor allem Stickstoff, den Kartoffeln über Gölle wieder zugeführt werden können. Bei moderaten Aufwandmengen, wie in dem vorliegenden Versuch, sind keine negativen Auswirkungen auf die Qualität der Kartoffeln zu erwarten (MÖLLER et al., 2003) und auch nicht aufgetreten.

Da die Gölledüngung im Allgemeinen keinen starken Effekt auf innere und äußere Qualitätsparameter der Kartoffeln zeigte, werden nur einige ausgewählte Ergebnisse vorgestellt.

Gülle ist im Gegensatz zu Stallmist ein organischer Dünger, dessen Nährstoffe aufgrund seiner hohen umsetzbaren organischen Substanz bei gleichzeitig engem C/N-Verhältnis (STEIN-BACHINGER, 1993) schon frühzeitig in der Vegetationsperiode Nährstoffe mineralisiert werden und damit den Pflanzen zur Verfügung stehen. In Abbildung 21 wird deutlich, dass das aus der Gülle freigesetzte Nitrat offenbar rasch von den Kartoffeln aufgenommen werden konnte. Zum zweiten Bodenprobeentnahmeterrmin (BBCH 09) war das gleiche Nitrat-Niveau vorhanden wie ohne Güllendüngung (vgl. auch Abb. 15), doch war bereits zum Zeitpunkt der Zeiternte eine signifikante Ertragssteigerung der Knollenfrischmasse bei den



mit Gülle gedüngten Varianten (17,0 t/ha) im Vergleich zu den Ungedüngten (15,2 t/ha) zu verzeichnen (vgl. Abb. 22). Auch bei BÖHM (2001) wurde mit Gülledüngung auf ähnlichem N-Niveau ein höherer Ertrag erreicht als bei der Kontrolle. Bis zu der Endernte setzte sich dieser leichte Ertragsvorteil, allerdings nicht mehr signifikant, mit 31,3 t/ha bei Gülledüngung im Vergleich zu 30,7 t/ha bei der Kontrolle im Mittel der Sorten und Nutzungssysteme fort. Auffällig ist, dass sich die Ertragsunterschiede zwischen den gedüngten und ungedüngten Variante zur Endernte weitgehend angeglichen haben, in Einzelfällen wiesen sogar Varianten mit Gülledüngung einen geringeren Ertrag auf als die ohne Gülledüngung.

Bei den inneren Qualitätsparametern wurde nur der Stärkegehalt durch die Gülledüngung signifikant beeinflusst, wobei mit Gülle der Stärkegehalt durchschnittlich um 0,3 % geringer war als ohne Gülle. Die Verringerung des TM- bzw. des Stärkegehaltes bei steigendem N-Angebot wurde in zahlreichen Untersuchungen beobachtet und wird in Kapitel 3.1.2.2 näher erläutert.

3.1.2.2 Feldversuche zur Beregnung in Kombination mit Stallmistdüngung

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich vor allem auf das Jahr 2003, da im Jahr 2004 aufgrund der Witterungsverhältnisse eine Beregnung aufgrund ausreichend hoher Niederschläge nicht durchgeführt werden konnte. Interessante Ergebnisse aus dem Jahr 2004 werden nur beschreibend dargestellt.

Organischer Dünger wie Stallmist bewirkt eine Verbesserung der chemischen, biologischen und physikalischen Bodenparameter (SCHERER et al., 1985), wobei die Nährstoffversorgung der Pflanze indirekt über stoffwechselabhängige Mineralisationsvorgänge der Bodenorganismen, organischer Düngung, Pflanzensubstanzen und Humuspool erfolgt (STEINBACHINGER, 1993).

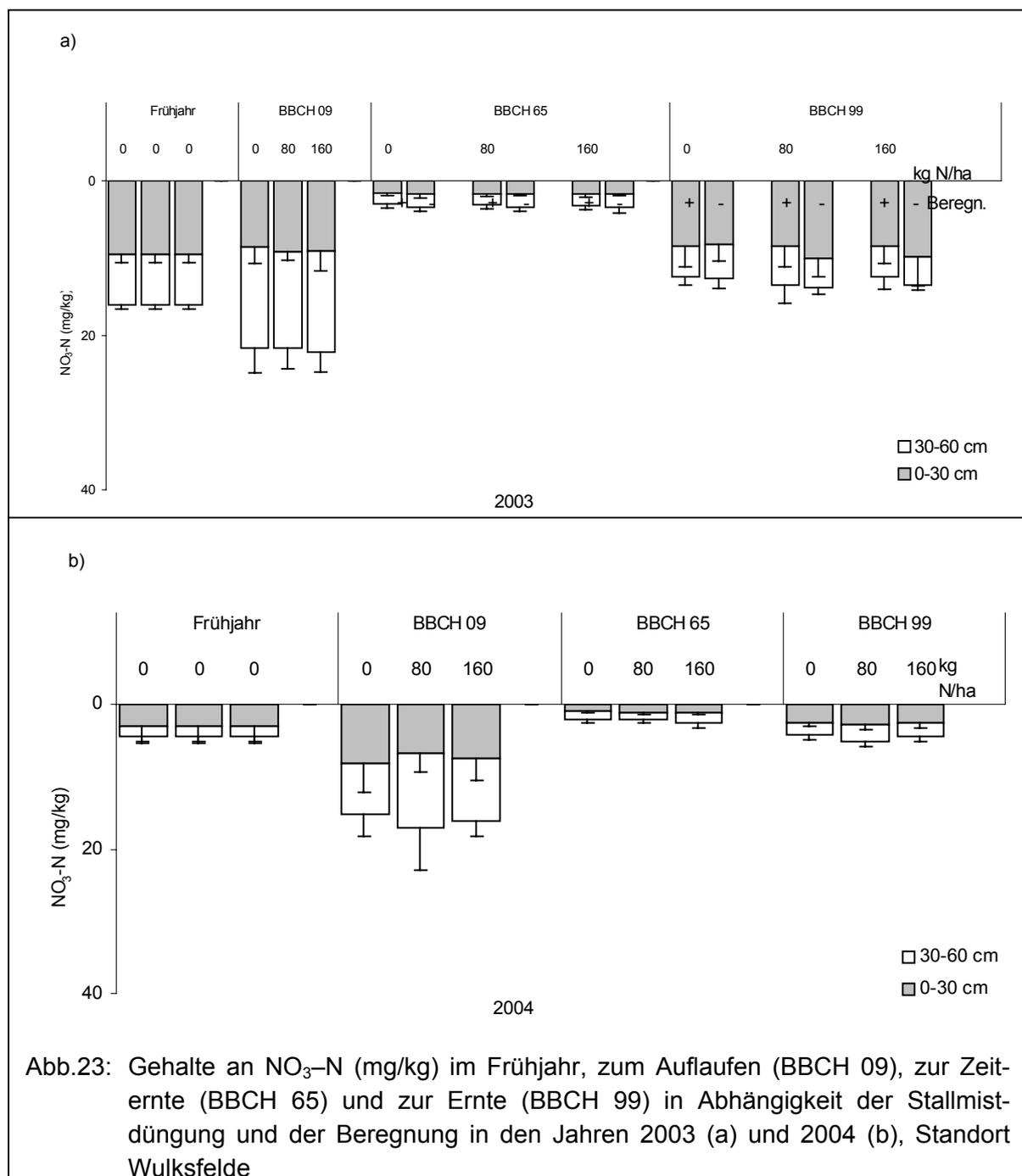


Abb.23: Gehalte an NO₃-N (mg/kg) im Frühjahr, zum Auflaufen (BBCH 09), zur Zeit-
ernte (BBCH 65) und zur Ernte (BBCH 99) in Abhängigkeit der Stallmist-
düngung und der Beregnung in den Jahren 2003 (a) und 2004 (b), Standort
Wulksfelde

RAUHE et al. (1982) fanden heraus, dass der größte Teil des organisch gebundenen Stickstoffs in den Boden-N-Pool eingebaut wird, so dass Mehrerträge der Feldfrüchte über den im Boden akkumulierten Stickstoff als langsam fließende Quelle realisiert wurden. In beiden Versuchsjahren führte die Düngung mit Stallmist (mit einem C/N-Verhältnis von 14,5) zu keiner Differenzierung in der Höhe der im Boden gemessenen Nitrat-N-Gehalte (Abb. 23). Dies deckt sich mit Ergebnissen von STEIN-BACHINGER (1993), bei denen der Nitratgehalt bis zu BBCH 09 nach Rottemistgaben in gleichen Düngungsstufen stark anstieg, jedoch noch keine Unterschiede im Nitratgehalt zwischen den Düngungsstufen zu beobachten waren. Die NO₃-N-Gehalte im Frühjahr 2003 waren höher als in 2004, was durch den kälteren, durch Bodenfrost geprägten Winter in 2002/2003 und den damit verbundenen niedrigeren Auswaschungsverlusten zu erklären ist. Zum Auflaufen der Kartoffeln wurde in 2003 ein durchschnittlicher Nitratgehalt von 21,85 mg NO₃-N/kg (ca. 98 kg NO₃-N/ha) und in 2004 von 16,13 mg NO₃-N/kg (ca. 73 kg NO₃-N/ha) gemessen. Dies entspricht nach MÖLLER & KOLBE (2003) einer mittleren Stickstoffversorgung.

Die Untersuchungen der Ertragsstrukturparameter zur Vollblüte zeigten im Jahr 2003 eine tendenziell höhere Stängeldichte und eine signifikant höhere Knollendichte bei den mit Stallmist gedüngten Varianten (Tab. 47). Dieses weist auf ein höheres Stickstoffangebot hin, da ein Zusammenhang zwischen N-Angebot und Stängeldichte bzw. Knollendichte besteht (SCHULZ, 1999; NEUHOFF, 2000). Die Ergebnisse zu der Einzelknollenmasse zeigten dagegen keine signifikanten Unterschiede. Dafür resultierte die höhere Knollendichte bei den mit Stallmist gedüngten Varianten in einem signifikant höheren Knollenfrischmasse- und Trockenmasseertrag (Abb. 24). Die Beregnung spielte zu diesem Zeitpunkt noch eine untergeordnete Rolle, da sie erst am 05. Juli 2003 zum ersten Mal durchgeführt wurde. Trotzdem führte sie in fast allen Fällen schon zur Zeiternte, die am 17. Juli stattfand, zu einem höheren Frischmasseertrag.

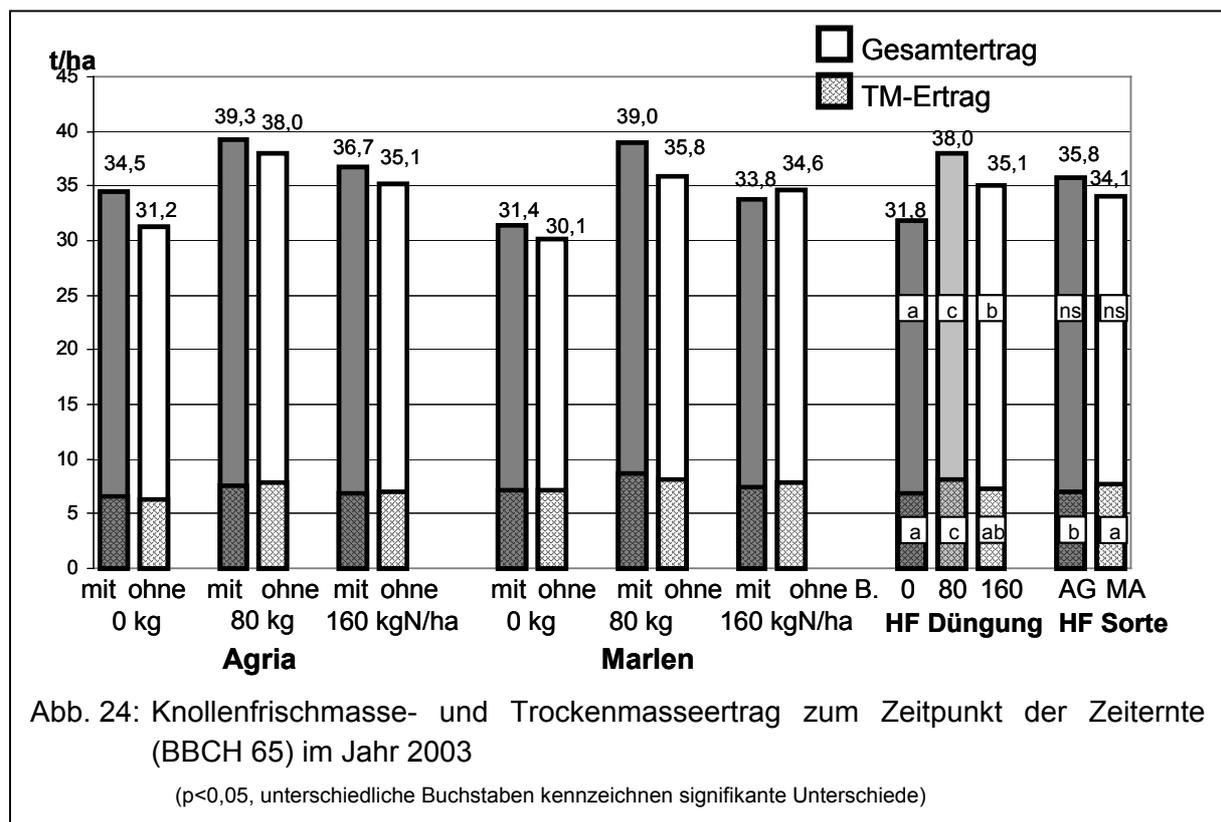
Tab. 47: Stängel- und Knollendichte (Stängel- bzw. Knollen/m²) sowie Einzelknollenmasse (g) zum Zeitpunkt der Zeiternte (BBCH 65) in Abhängigkeit von Beregnung, Düngung und Sorte (Standort Wulksfelde, 2003)

Düngung	Beregn.	Stängeldichte (Stängel/m ²)			Knollendichte (Knollen/m ²)			Einzelknollenmasse (g)		
		1) mit	2) ohne		1) mit	2) ohne		1) mit	2) ohne	
1) 0 kg N/ha	1) Agria	14,6	15,4		35,5	39,9		97,6	79,0	
	2) Marlen	20,1	19,7		36,5	37,0		85,9	81,8	
2) 80 kg N/ha	1) Agria	19,6	16,1		45,4	39,6		89,3	98,6	
	2) Marlen	20,0	20,7		42,8	40,6		91,4	89,1	
3) 160 kg N/ha	1) Agria	16,3	17,3		45,4	42,9		82,4	83,2	
	2) Marlen	20,1	21,8		39,9	41,5		85,2	84,9	
Faktor		1)	2)	3)	1)	2)	3)	1)	2)	3)
Düngung		17,4ns	19,1ns	18,9ns	37,2a	42,1b	42,4b	86,1ns	92,1ns	83,9ns
Beregnung		18,4ns	18,5ns		40,9ns	40,2ns		88,6ns	86,1ns	
Sorte		16,5a	20,4b		41,4ns	39,7ns		88,3ns	86,4ns	

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Bei der Stängeldichte lag ein signifikanter Einfluss des Hauptfaktors Sorte vor. Die Sorte Agria zeichnete sich mit einer signifikant höheren Anzahl Stängel/m² und einer tendenziell höheren Knollendichte aus als die Sorte Marlen, die dadurch begründet zum Zeitpunkt der Zeiternte im Allgemeinen auch ertragsmäßig unterlegen war.

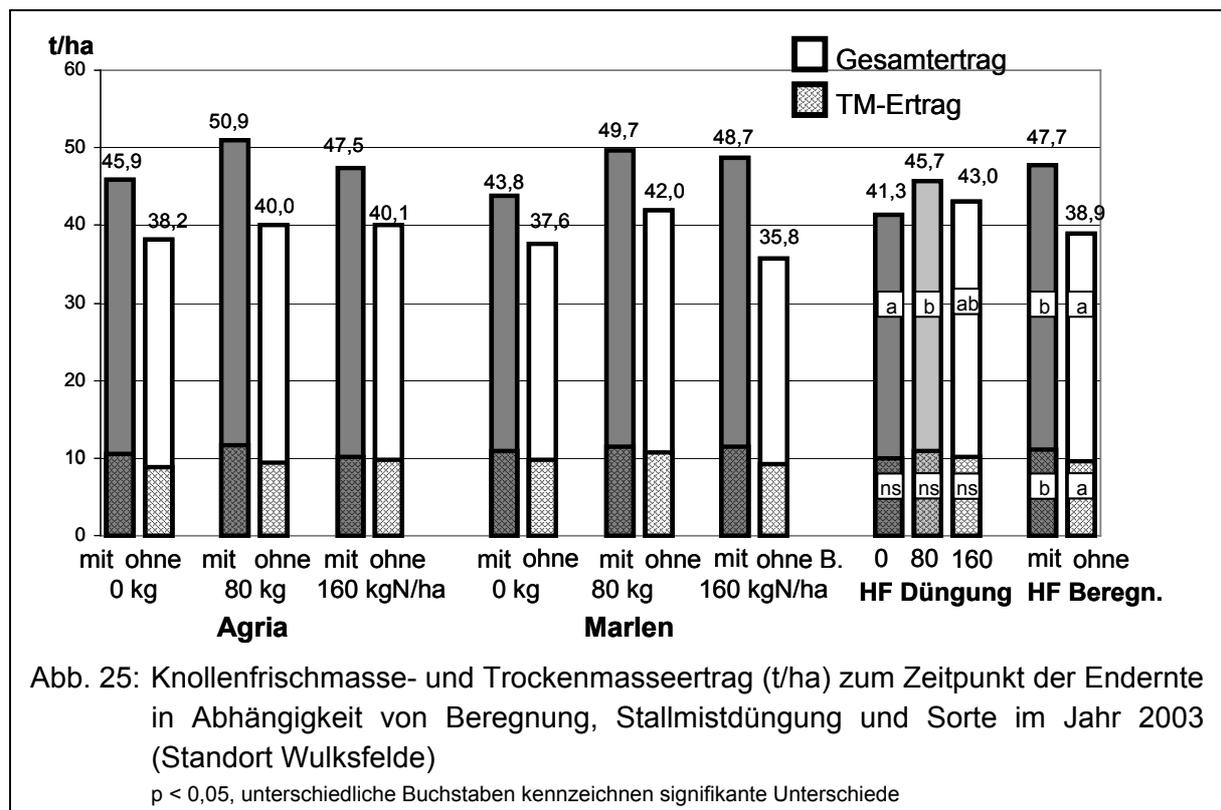
Im Jahre 2004 zeigte sich dagegen ein anderes Bild: Durch die Düngung wurde bei der Sorte Marlen im Vergleich zur Sorte Agria eine höhere Knollendichte resultierend in höheren Frischmasseknollenerträgen zur Zeiternte erreicht. Bei der Sorte Agria war das Ertragsniveau zu diesem Zeitpunkt in den Varianten mit Stallmistdüngung dagegen niedriger bei gleichzeitig geringeren Knollendichten, aber höheren Einzelknollenmassen. Je nach Sorte und Umweltbedingungen setzt die Anlage der Knollen 3-6 Wochen nach den Auflaufen ein. Oft fällt dieser Zeitpunkt mit der Ausbildung der ersten Blütenknospen zusammen. Es wäre möglich, dass im Jahre 2004 der Knollenansatzzeitraum der Sorte Agria genau mit der trockenen Witterungsphase zusammengefallen ist, welches dann in den geringeren Knollendichten resultierte. Denn nach STRUIK & VOORST (1986) führt Trockenheit im Wurzelbereich zu verringertem Knollenansatz. Die Sorte Marlen, die in der Entwicklung immer ein bis zwei Wochen früher war als Agria, könnte ihren Knollenansatz dann schon abgeschlossen haben.



Der Befall mit *Phytophthora infestans* fiel, wie in Kap. 3.1.2.1 bei dem Klee grasmanagementversuch beschrieben, im Jahre 2003 auch im Beregnungsversuch eher gering aus. Der Befallsbeginn war Anfang Juli und die Befallsstärke belief sich auf maximal 30 % oder einen FUDB-Wert von 184 Prozent-Tagen. Trotzdem war auch auf diesem sehr niedrigen Befallsniveau ein signifikanter Unterschied zwischen den beregneten mit einem durchschnittlichen FUDB-Wert von 138 und den unberegneten Varianten mit einem mittleren FUDB-Wert von 81 zu beobachten. Außerdem waren mit zunehmender Stallmistdüngung geringere FUDB-

Werte zu verzeichnen, bei der höchsten Düngungsstufe sogar signifikant zur Kontrolle, was wiederum die Ertragsbildung positiv beeinflusste. Das Kraut wirkt wie ein Stickstoffspeicher, d.h. um so später es aufgrund eines geringeren Befalls mit Krautfäule abstirbt, desto länger dauert die Phase der Stickstoffumlagerung und Knollenausbildung (MÖLLER, 2002).

Bei NEUHOFF (2000) resultierte eine gesteigerte organische N-Düngung in einer deutlichen Zunahme der Staudenhöhe und des Blattflächenindex zum Zeitpunkt BBCH 69 (Ende Blüte), der in enger positiven Korrelation mit der Ertragsbildung der Kartoffeln steht. Auch BÖHM & DEWES (1997) konnten bei gesteigerter Stallmistdüngung höhere Erträge auf dem gleichen Versuchsstandort wie in unseren Feldversuchen verzeichnen, wobei jedoch im Jahre 1995 ein insgesamt niedriges Ertragsniveau wegen Trockenheit im Juli und August vorlag.



Aus Abb. 25 wird deutlich, dass im Jahre 2003 unabhängig von der Düngung und Sorte alleine durch die Beregnung ein signifikant durchschnittlicher Mehrertrag von 8,8 t/ha und in Einzelvarianten bis zu 13 t/ha erreicht werden konnte. Auch die Düngung, insbesondere die Stufe 80 kg N/ha, hatte einen signifikanten, positiven Einfluss auf den Ertrag. Außerdem lag bei den gedüngten Varianten ein höherer Mehrertrag von durchschnittlich 20,2 % durch die Beregnung im Vergleich zu den ungedüngten Varianten mit durchschnittlich 15,6 % vor. Das erhöhte Wasserangebot schien also eine Voraussetzung dafür zu sein, dass das vermehrte Nährstoffangebot aus der Düngung einen Beitrag für das Pflanzenwachstum und die Ertragsbildung leisten konnte. Auch in 2004 lag bei den gedüngten Varianten ein höherer Ertrag vor wie bei den Ungedüngten.

Entsprechend der höheren Erträge war auch ein signifikant höherer N-Entzug bei den Düngungs- und Beregnungsvarianten festzustellen (Tab. 48), wobei jedoch nur ein vergleichsweise geringer zusätzlicher Anteil an Stickstoff in den gedüngten Varianten festgestellt werden konnte. Der durchschnittliche N-Mehrentzug betrug bei der mittleren Düngungsstufe (80 kg N/ha) 13,3 kg N/ha und bei der hohen Düngungsstufe (160 kg N/ha) nur 6,0 kg

N/ha. Dieses entspricht einer scheinbaren N-Ausnutzungsrates von unter 10 %, welches sich mit Ergebnissen von STEIN-BACHINGER (1993), NEUHOFF (2000) und BÖHM & DEWES (1997) deckt, in deren Untersuchungen ebenfalls nur geringe scheinbare N-Ausnutzungsrates bei Stallmistdüngung von unter 10 % bis 20 % erreicht wurden. Auch durch die Beregnung ist nicht zunehmend mehr Stickstoff bei steigender Stallmistdüngung aufgenommen worden. Der N-Entzug der Knollen ist alleine jedoch kein verlässlicher Parameter, um abschätzen zu können, welche N-Menge wirklich durch den Stallmist zur Verfügung stand. Wichtig ist ebenfalls die Nährstofftranslokation von den Blättern zu den Knollen und der Trockenmasseertrag. Bei den N_t-Gehalten liegt ein signifikanter Unterschied bei dem Faktor Beregnung*Sorte vor. Mit Beregnung sind die N_t-Gehalte in den Knollen geringer als ohne Beregnung, wahrscheinlich aufgrund des Verdünnungseffektes, was sich bei den N-Entzügen aufgrund des höheren Trockenmasseertrages der beregneten Varianten wieder ausgleicht bzw. umdreht.

Tab. 48: N-Entzug der Knollen (kg/ha) und N_t-Gehalte (% TM) zum Zeitpunkt der Ernte in Abhängigkeit von Beregnung, Stallmistdüngung und Sorte (Standort Wulksfelde, 2003)

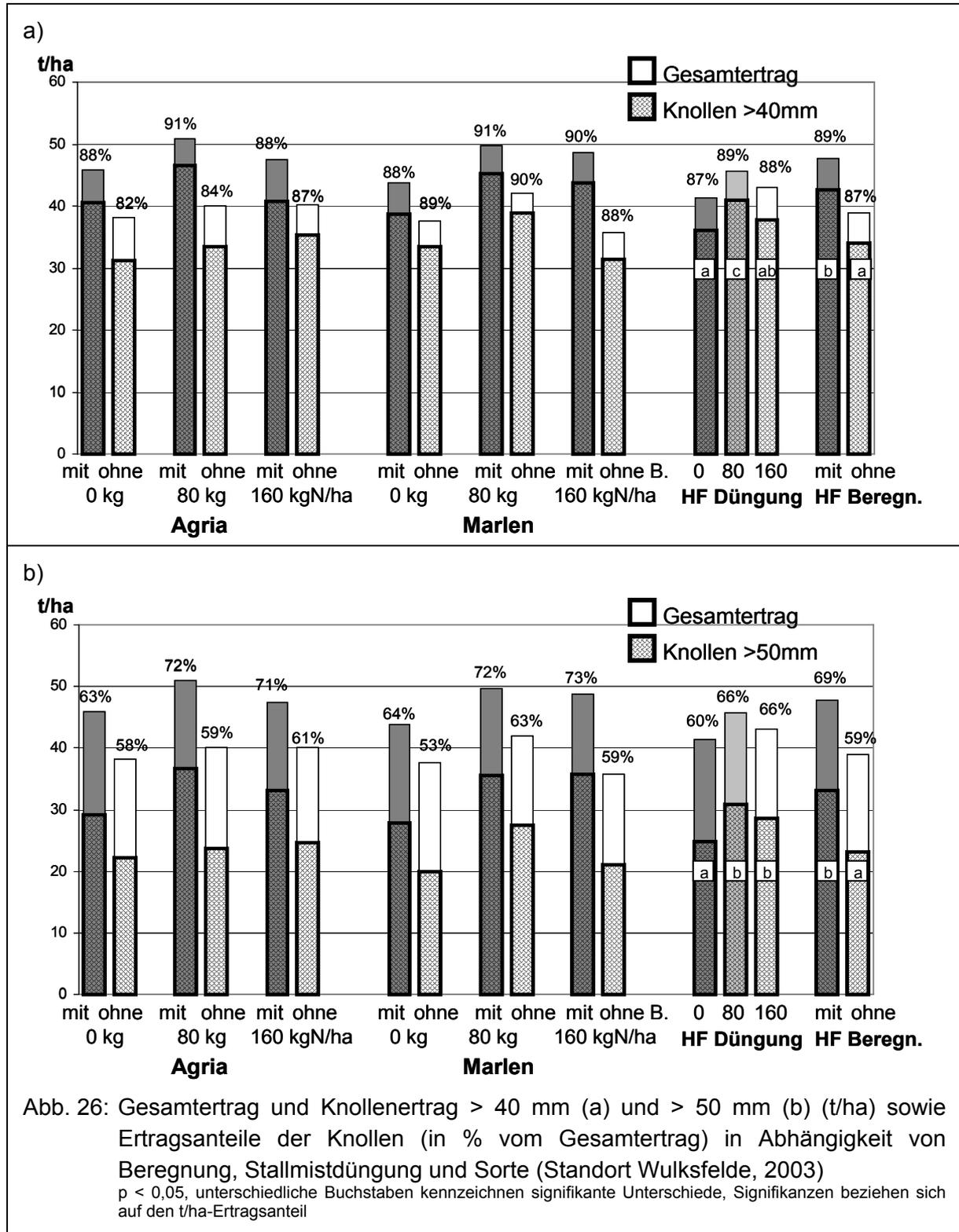
Düngung	Beregn.	N-Entzug Knollen (kg/ha)		N _t -Gehalt (in % TM)			
		1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne		
1) 0 kg N/ha	1) Agria	125,55	95,00	1,19	1,19		
	2) Marlen	126,74	118,79	1,15	1,21		
2) 80 kg N/ha	1) Agria	138,05	116,98	1,19	1,23		
	2) Marlen	132,12	132,06	1,14	1,24		
3) 160 kg N/ha	1) Agria	122,14	117,22	1,19	1,22		
	2) Marlen	131,49	119,39	1,14	1,30		
Faktor		1	2	3	1	2	3
Düngung		116,52a	129,80b	122,56ab	1,19	1,20	1,21
Beregnung		129,35b	116,57a		1,17	1,23	
Sorte		119,16	126,76		1,20	1,20	
So*Be		ns			p < 0,0114		

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Einen weiteren signifikant positiven Einfluss hatten sowohl Beregnung wie auch die Stallmistdüngung auf die Knollengrößen (Abb. 26). Auch BÖHM & DEWES (1997) stellten mit zunehmenden Düngergaben eine Abnahme der Untergrößen bei gleichzeitiger Zunahme von Übergrößen fest. Auch in den Untersuchungen von PAGEL & HANFF (1997) konnte der Marktwareanteil durch Stallmist gesteigert werden.

Der Anteil der Knollen > 40 mm erreichte mit Beregnung 89 % und ohne Beregnung durchschnittlich 2 %, je nach Variante sogar bis zu 7%, weniger bezogen auf den Gesamtanteil (Abb. 26a). Noch deutlicher wird der Unterschied bei dem Anteil der Knollen > 50 mm: Mit Beregnung konnte im Durchschnitt der Sorten und Düngungsstufen ein Anteil der Knollen > 50 mm von 69 %, ohne Beregnung von nur 59 % realisiert werden (Abb. 26b). Damit könnte die seitens der Verarbeiter erhöhte Anforderung, dass nicht nur 50 % sondern nunmehr 60 % der Knollen eine Größen von über 50 mm haben müssen (vgl. Kapitel 1), erfüllt werden.

Durch die Stallmistgaben konnte ebenfalls eine Erhöhung dieses Sortierungsanteils mit durchschnittlich 66 % im Vergleich zur Kontrolle mit 60 % erzielt werden. Außerdem nimmt auch hier der Anteil der Knollen > 50 mm bei den gedüngten Varianten durch die Beregnung stärker zu (mit Zunahmen von 10% bei 80 kg N/ha und 13 % bei 160 kg N/ha im Vergleich zu 8 % in der Kontrolle), was ein weiterer Hinweis dafür ist, dass die Nährstoffe aus der Stallmistdüngung über die Beregnung besser von der Pflanze genutzt werden konnten.



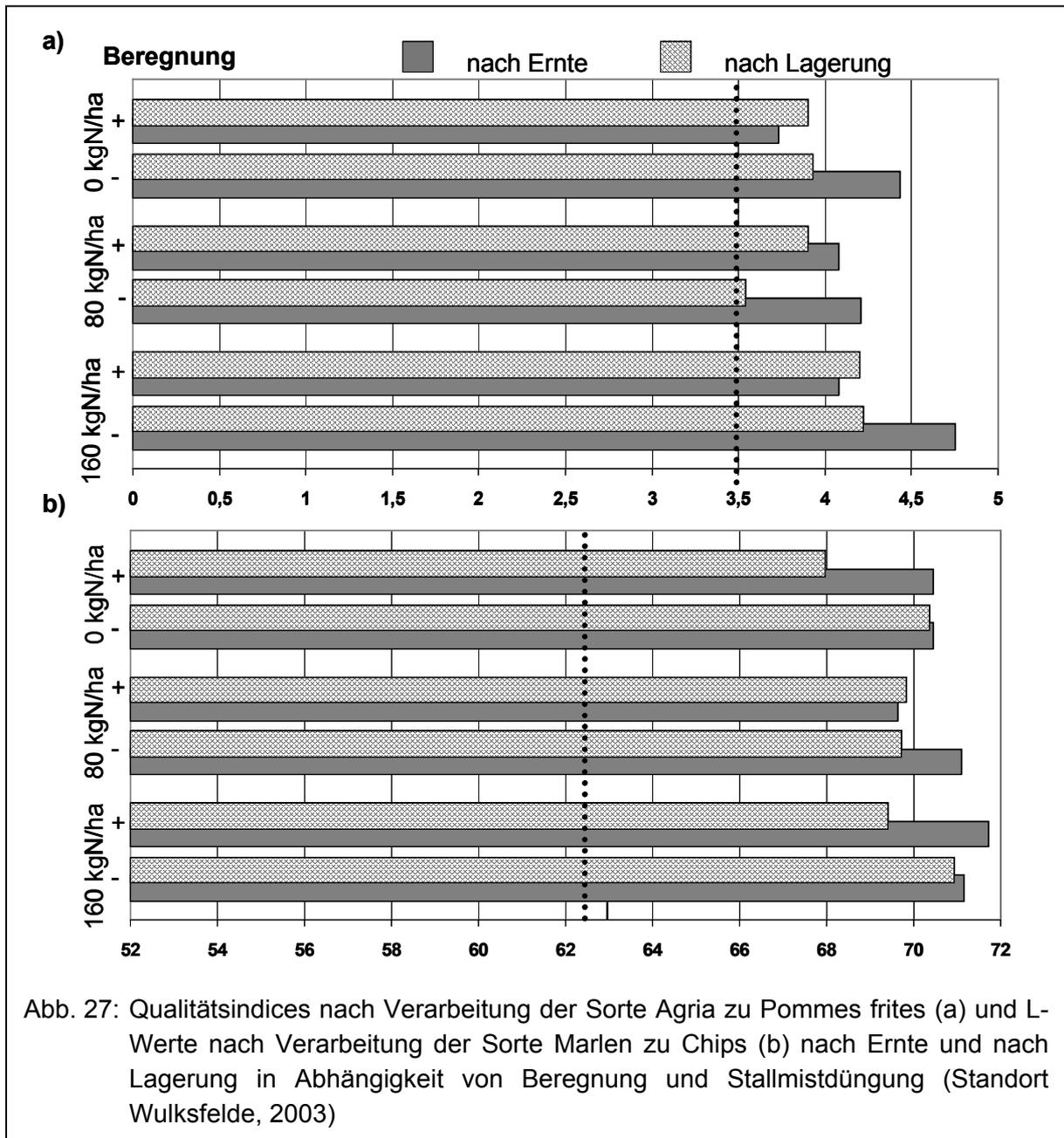
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Beregnung der Kartoffeln im Jahr 2003 im Hinblick auf die Ertragshöhe, aber auch zur Erfüllung der Qualitätsvorgaben der verarbeitenden Industrie hinsichtlich der Knollengrößenfraktionen einen deutlich positiven Effekt hatte. Auch ROTH & ALBRECHT (1999) sowie FRICKE (2004) geben eine hohe Wirtschaftlichkeit der Beregnung durch eine deutliche Steigerung der Erträge auf leichten Böden an.

Wichtig bei Verarbeitungskartoffeln sind allerdings nicht nur die Erträge oder Größensortierungen, sondern auch die inneren Qualitätsparameter.

Bei der statistischen Bearbeitung der Ergebnisse zu den Gehalten an Stärke und reduzierenden Zuckern zeigten sich signifikante Wechselwirkungen bei den Faktoren Beregnung*Zeitpunkt und Sorte*Zeitpunkt. Aus Tabelle 49 wird deutlich, dass sowohl durch Stallmistdüngung als auch durch Beregnung der Stärkegehalt abnimmt. Die düngungsbedingte Abnahme von Stärke erfolgte auch 2004 und wird von zahlreichen Autoren beschrieben (ROGOZINSKA & PINSKA, 1991; SHAN LIN et al., 2004; Neuhoff, 2000; ZHANG, 1989). SHAN LIN et al. (2004) erklären dieses mit einer engen negativen Korrelation zwischen Stickstoffdüngung und Kohlenhydraten, begründet durch den hohen Kohlenhydratabbau bei der N-Assimilation. Stallmist enthält neben Stickstoff einen hohen Anteil an Kalium. Mit zunehmender Kaliumversorgung verringert sich ebenfalls der Stärkegehalt (PIENZ, 1999), wobei BEHRINGER et al. (1983) vermuten, dass die K-Düngung durch eine Erhöhung des Zellurgors zu einer erhöhten Zellstreckung bei gleichzeitiger Unterdrückung der Amyloplasten führt. Nach SCHUHMANN (1999) bedingt ein geringeres Wasserangebot höhere Trockenmasse- und Stärkegehalte. Da das Knollenwachstum durch den Trockenstress stärker beeinträchtigt wird als die Stärkeeinlagerung in den Knollen führt ein höheres Wasserangebot dabei zu einer Art Verdünnungseffekt. Erwartungsgemäß lag der Stärkegehalt bei Marlen als Chipssorte auf einem höheren Niveau als bei der Sorte Agria mit der Verarbeitungseignung zu Pommes frites.

Tab. 49: Gehalte an Stärke (% FM) und reduzierenden Zuckern (mg/100 g FM) zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA) in Abhängigkeit von Beregnung, Stallmistdüngung und Sorte (Standort Wulksfelde, 2003)

Düngung	Zeitpunkt	Stärkegehalt (% FM)				Red. Zucker (mg/100 g FM)				
		1) Ernte		2) Lager		1) Ernte		2) Lager		
		Beregn.	1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne
1) 0 kg N/ha	1) Agria		18,2	19,5	18,3	20,0	17	15	55	18
	2) Marlen		20,30	21,2	20,7	22,0	11	7	69	37
2) 80 kg N/ha	1) Agria		17,9	18,9	18,0	19,5	10	8	38	20
	2) Marlen		18,79	20,3	19,7	21,0	11	9	59	23
3) 160 kg N/ha	1) Agria		17,7	19,4	17,6	19,4	18	9	37	24
	2) Marlen		19,0	20,6	19,3	21,6	10	9	52	19
Faktor		1	2	3	1	2	3			
Düngung		20,0	19,3	19,3	29	22	22			
Beregnung		18,8	20,3		32	17				
Sorte		18,7	20,4		22	26				
Zeitpunkt		19,3	19,8		11	38				



Die Zuckergehalte befanden sich im Jahr 2003 insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau, so dass keine eindeutigen Aussagen gemacht werden können. Im Jahr 2004 war ebenfalls kein Einfluss der Düngung auf die reduzierenden Zucker erkennbar. Auch ein Einfluss von Trockenheit bei den unberegneten Varianten auf die reduzierenden Zucker kann in diesen Feldversuchen nicht eindeutig nachgewiesen werden. Der etwas geringere Gehalt an reduzierenden Zuckern ohne Beregnung könnte auf eine Stimulierung der Saccharose-synthese aufgrund des Trockenstresses, bei der Glukose und Fruktose verbraucht werden, zurückzuführen sein (ANONYM, 2003). Nach der Lagerung stiegen sowohl Stärke- wie auch Zuckergehalte leicht an.

Bei der qualitativen Bewertung der Pommes frites lagen keine signifikanten Effekte vor. Mit einem durchschnittlichen Qualitätsindex von 4,1 waren nur geringe Mängel am Produkt zu verzeichnen, die zumeist eher im Bereich Aussehen durch ungleichmäßige Färbung oder Konsistenz vorlagen, aber nicht auf eine geschmackliche Beeinträchtigung zurückzuführen

waren. Auch die L-Werte nach Farbmessung der Chips lagen auf einem sehr hohen Niveau, so dass die Kartoffeln der Sorte Marlen sowohl nach Ernte wie auch nach Lagerung für die Chipsproduktion geeignet waren (Abb. 27).

Im Jahr 2004 waren nach Lagerung - vergleichbar zum Klee grasmanagementversuch - sehr hohe Gehalte an reduzierenden Zuckern zu verzeichnen. Dieses führte zu niedrigen L-Werten bei der Sorte Marlen, so dass die Kartoffeln nicht mehr für die Chipsverarbeitung geeignet waren. Die Sorte Agria betraf dies nicht, da der Grenzwert für die reduzierenden Zuckern bei der Verarbeitung zu Pommes frites mit 300 mg/100 g höher liegt und die Qualität der Produkte im Vergleich zur Ernte nur leicht verringert war.

Bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse zur Verfärbungsneigung der Kartoffeln traten bei der Rohbreiverfärbung signifikante Effekte bei allen Hauptfaktoren auf (Tab. 50). Mit Stallmistdüngung war eine geringere Rohbreiverfärbung zu verzeichnen, welches mit Ergebnissen von ZHANG (1989) übereinstimmt, der in seinen Versuchen eine positive Korrelation zwischen Stickstoffdüngung und Ascorbinsäuregehalt in den Knollen fand. Im Laufe der Lagerung sinken Vitamin C-Gehalte kontinuierlich ab, was die niedrigen L-Werte nach Lagerung bei der Rohbreiverfärbung erklärt. Bei den Berechnungsvarianten kam es zu einer signifikant geringeren Rohbreiverfärbung im Vergleich zu den unberechneten Varianten. Dieses steht im Widerspruch zu Ergebnissen von PAWELZIK & DELGADO (1999), die bei Trockenstress eine geringere Rohbreiverfärbung beobachteten, die wiederum auf höhere Gehalte an Ascorbinsäure zurückzuführen waren. Andererseits wirkte die Berechnung positiv auf die Aufnahme von Nährstoffen, wie Stickstoff aber auch Kalium aus dem Stallmist, wobei das Kalium eine positive Wirkung auf die Verfärbungsneigung ausübte. Durch Kalium wird der Gehalt an phenolischen Inhaltsstoffen in den Knollen gesenkt, während der Gehalt an organischen Säuren ansteigt. Durch einen geringeren pH-Wert, werden vor allem enzyma-

Tab. 50: Rohbreiverfärbung und Kochdunklung (L-Wert) zum Zeitpunkt der Ernte und Lagerung in Abhängigkeit von Berechnung, Stallmistdüngung und Sorte (Standort Wulksfelde, 2003)

Düngung	Zeitpunkt	Rohbreiverfärbung (L-Wert)				Kochdunklung (L-Wert)				
		1) Ernte		2) Lager		1) Ernte		2) Lager		
		Beregn.	1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne
1) 0 kg N/ha	1) Agria		57,49	59,09	57,24	55,17	77,75	78,28	78,73	78,16
	2) Marlen		55,39	54,62	53,93	53,07	79,65	78,90	80,81	79,18
2) 80 kg N/ha	1) Agria		59,44	58,07	55,69	55,95	78,74	78,25	78,45	77,98
	2) Marlen		57,30	57,01	55,84	56,82	78,82	79,02	79,99	79,90
3) 160 kg N/ha	1) Agria		59,65	59,33	57,72	57,17	78,42	78,45	78,03	78,56
	2) Marlen		59,29	55,49	58,07	52,15	80,28	80,16	80,49	79,95
Faktor		1	2	3	1	2	3			
Düngung			55,75a	57,01b	57,36b		78,93ns	78,89ns	79,29ns	
Berechnung			57,25b	56,16a			79,18ns	78,90ns		
Sorte			57,67b	55,75a			78,32a	79,76b		
Zeitpunkt			57,68b	55,74a			78,89ns	79,18ns		

p<0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

tische Reaktionen, die zu Schwarzfleckigkeit oder Rohbreiverfärbung führen, gehemmt (ORLOVIUS, 2004). Insgesamt lagen die L-Werte sowohl bei Rohbreiverfärbung wie auch bei Kochdunklung im Vergleich zum Klee grasmanagementversuch in 2003 auf einem niedrigen Niveau, was an der insgesamt niedrigeren Kaliumverfügbarkeit auf dem sehr leichten Standort (Bodenart sL) zurückzuführen sein könnte. Bei der Kochdunklung lagen signifikante Effekte, wahrscheinlich begründet durch die dunklere Fleischfarbe der Sorte Agria im Vergleich zu Marlen (BUNDESSORTENAMT, 2003), nur beim Hauptfaktor Sorte vor.

Bei den erhobenen Parametern zur Auslagerung der Kartoffeln zeigten sich signifikante Effekte bei den Keimlängenklassen für den Hauptfaktor Sorte und bei dem Keimgewicht hinsichtlich der Hauptfaktoren Sorte und Beregnung. Bei dem Knollensubstanzverlust ergaben sich signifikante Wechselwirkungen bei dem Faktor Düngung*Sorte*Beregnung (Tab. 51).

Tab. 51: Keimlängenklassen (Boniturnoten 1-9), Keimgewicht (g/kg) und Knollensubstanzverlust (g/kg) bei der Auslagerung in Abhängigkeit von Beregnung, Stallmistdüngung und Sorte (Standort Wulksfelde, 2003)

Düngung	Beregn.	Keimlängenklasse (Boniturnoten 1-9)		Keimgewicht (g/kg)		Knollensubstanzverlust (g)				
		1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne			
1) 0 kg N/ha	1) Agria	3,5	3,6	1,2	2,5	24,7	20,5			
	2) Marlen	5,8	6,0	8,3	11,5	26,6	22,0			
2) 80 kg N/ha	1) Agria	3,5	3,7	1,3	2,3	23,7	18,3			
	2) Marlen	6,0	6,0	8,2	9,5	27,8	23,8			
3) 160 kg N/ha	1) Agria	2,8	4,0	0,9	2,7	23,6	22,3			
	2) Marlen	6,0	6,0	8,1	10,6	29,1	21,0			
Faktor		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Düngung		4,7ns	4,8ns	4,7ns	5,9ns	5,3ns	5,6ns	23,5	23,4	24,0
Beregnung		4,6ns	4,9ns		4,7a	6,5b		25,9	23,3	
Sorte		3,5a	6,0b		1,8a	9,4b		22,2	25,1	

p<0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Wie auch schon im Klee grasmanagementversuch erwies sich die Sorte Marlen als keimfreudiger mit höherer Keimlängenklasse, höherem Keimgewicht und Substanzverlust. Auch in der Beschreibenden Sortenliste des BUNDESSORTENAMTES (2003) wird Marlen mit einer Note von 3 als keimfreudiger eingestuft als Agria mit einer Note von 1. Das signifikant höhere Keimgewicht der Beregnungsvarianten kann durch die physiologische Reife der Kartoffeln erklärt werden. Relevante Faktoren für das Keimverhalten der Kartoffeln sind die Sorte, die physiologische Reife der Kartoffeln zum Zeitpunkt der Ernte und die Lagertemperatur und -dauer (SCHULZ, 2000). Umso mehr die Kartoffeln ausreifen können, umso länger sind sie lagerfähig. Da bei den unberegneten Kartoffeln das Kraut aufgrund der Trockenheit bereits früher abgestorben ist, hatten sie nicht so lange Zeit auszureifen wie die beregneten Kartoffeln. Die physiologische Reife ist sicherlich auch ein Grund für die stärkere Keimung im Jahr 2004, da auch hier die Kartoffeln aufgrund von fortgeschrittener Knollenfäule nicht die Möglichkeit hatten auszureifen.

Bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse zum Befall der Knollen mit *Rhizoctonia solani* und *Streptomyces scabies* lagen keine signifikanten Effekte für die Hauptfaktoren Düngung oder Beregnung vor. Die Sorte Agria war allerdings signifikant stärker mit *R. solani* befallen als die Sorte Marlen (Tab. 52). Die deutlich höheren *Rhizoctonia*-Indices in Wulksfelde im Vergleich zum Kleegrasmangementversuch auf dem Lindhof könnten durch das vermehrte Auftreten von Drahtwürmern (BÖHM & KRAUSE, 2005), die dem Pilz den Eintritt in die Knollen erleichtern, begründet sein (vgl. Kapitel 3.1.2.1).

Tab. 52: *Rhizoctonia*- und *Streptomyces*-Index in Abhängigkeit von Beregnung, Stallmistdüngung und Sorte (Standort Wulksfelde, 2003)

Düngung	Beregn.	<i>Rhizoctonia</i> -Index		<i>Streptomyces</i> -Index			
		1) mit	2) ohne	1) mit	2) ohne		
1) 0 kg N/ha	1) Agria	2,93	2,79	1,22	1,07		
	2) Marlen	1,65	1,77	1,20	1,09		
2) 80 kg N/ha	1) Agria	2,30	2,77	1,19	1,23		
	2) Marlen	1,28	1,31	1,10	1,11		
3) 160 kg N/ha	1) Agria	2,82	2,68	1,13	1,20		
	2) Marlen	1,18	1,22	1,30	1,20		
Faktor		1	2	3	1	2	3
Dünauna		2.29ns	1.91ns	1.97ns	1.14ns	1.16ns	1.21ns
Bereanuna		2.03ns	2.09ns		1.19ns	1.14ns	
Sorte		2.72b	1.40a		1.18ns	1.16ns	

p < 0,05, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

3.1.3 Beide Projektpartner

3.1.3.1 Sortenversuche

Basierend auf Vorversuchen aus den Jahren 2000 und 2001 wurden auf drei verschiedenen Standorten Sortenversuche angelegt. Die Feldversuche auf den beiden norddeutschen Standorten Wulksfelde und Lindhof wurden von der FAL in Trenthorst, die Feldversuche auf der Staatsdomäne Frankenhausen von der Universität Kassel, FÖL betreut. Im Folgenden werden die von den Projektpartnern zusammengeführten Ergebnisse aus den beiden Jahren vorgestellt. Ergebnisse aus den Zeiternten werden nur von zwei Standorten dargestellt, da diese nur auf den beiden norddeutschen Standorten durchgeführt wurden. Tabelle 53 stellt die Einstufung zur Verarbeitungseignung nach Bundessortenliste (BUNDESSORTENAMT, 2003) der in den vorliegenden Versuchen untersuchten Kartoffelsorten dar. Je nachdem für welche Verarbeitungsrichtung die Sorten ausschließlich oder besser eingestuft sind, wurden sie zur Verarbeitung zu Chips oder Pommes frites genutzt. Die Sorte Carmona wurde zu Pommes frites und Chips verarbeitet, weil für beide Verarbeitungsrichtungen die selbe Note vergeben wurde. Im konventionellen Anbau wird zur Chipsverarbeitung hauptsächlich die Sorte Saturna und zur Pommes frites-Verarbeitung die Sorte Agria verwendet.

Tab. 53: Einstufung der Verarbeitungseignung nach BUNDESSORTENAMT (BSA, 2003) und Verarbeitung im Versuch

Sorte	BSA 2003		Versuch Verarbeitung zu	BSA 2003		Versuch Verarbeitung zu
	Chips Ernte	Chips Lager		Pommes Ernte	Pommes Lager	
Premiere				6		Pommes frites
Velox				6		Pommes frites
Camilla				6		Pommes frites
Carmona	7		Chips	7		Pommes frites
Delikat	5			7		Pommes frites
<i>Diana</i>	9		Chips	7		
Agria	6	6		7	7	Pommes frites
Freya				7	7	Pommes frites
<i>Marlen</i>	7	6	Chips			
<i>Sempra</i>	7	7	Chips			
<i>Verdi</i>	7	8/7	Chips			
Marena				6	6	Pommes frites
<i>Saturna</i>	7	6	Chips			
Sonate	6	4		7	6	Pommes frites

Bei der statistischen Auswertung zeigten sich bei allen untersuchten Parametern sehr starke signifikante Wechselwirkungen zwischen den Hauptfaktoren Sorte, Standort und Jahr, welches als Hinweis auf die komplexen Einflussfaktoren hinsichtlich der Ertrags- und Qualitätsausbildung der einzelnen Kartoffelsorten gewertet werden kann.

Wichtig für eine gute Ertragsbildung und -struktur im ökologischen Kartoffelanbau sind Sorten, die eine geringe bis mittlere Knollenanzahl zu einem möglichst frühen Zeitpunkt ausbilden (HAASE et al., 2002), da im Falle eines Krautfäulebefalls bei Sorten mit hohen Knollenansatz verstärkt mindergroße Knollen auftreten (NEUHOFF, 2000). Auch nach MÖLLER

(2001) zeigen Sorten mit frühem Knollenansatz eine deutlich höhere Ertragssicherheit als Sorten mit spätem Knollenansatz, obwohl die früheren Sorten oft anfälliger gegen *Phytophthora infestans* sind.

Tab. 54: Knollendichte (Knollen/m²) und Einzelknollenmasse (g) zum Zeitpunkt der Zeiternte (BBCH 65) in den Sortenversuchen auf den Standorten Wulksfelde (WU) und Lindhof (LI) in den Jahren 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

	Jahr	Knollendichte (Knollen / m ²)					Einzelknollenmasse (in g)				
		1) 2003		2) 2004		MW	1) 2003		2) 2004		MW
		Standort	1) WU	2) LI	1) WU	2) LI	Sorte	1) WU	2) LI	1) WU	2) LI
Reifeg.	Sorte										
sehr früh	Premiere	85.15	62.91	49.81	46.46	61.08	32.29	41.12	61.39	67.62	50.61
	Velox	44.24	41.49	43.43	35.44	41.15	58.52	59.44	70.35	77.65	66.49
früh	Camilla	44.95	31.96	52.05	49.66	44.66	41.23	62.88	46.07	57.44	51.91
	<i>Carmona</i>	41.72	35.79	37.14	28.11	35.69	50.13	56.22	68.89	89.88	66.28
	Delikat	40.00	28.79	32.38	32.74	33.48	40.69	55.25	70.34	89.96	64.06
	Diana*	42.12	48.70	-	-	-	40.71	35.51	-	-	-
mittel-früh	Aria	39.09	36.15	36.76	31.23	35.81	44.47	48.23	76.34	91.44	65.12
	Freva	40.10	39.54	36.48	25.67	35.45	44.18	50.22	70.44	83.10	61.98
	Marlen	43.03	31.67	50.95	26.60	38.06	47.57	56.24	54.63	85.20	60.91
	Sempre	49.60	66.09	47.81	46.97	52.62	30.14	25.33	36.25	51.09	35.70
	Verdi*	-	-	38.67	39.81	-	-	-	36.89	53.04	-
mittel-spät-snät	Marena	43.94	34.92	34.76	25.42	34.76	42.66	50.33	57.87	71.47	55.58
	<i>Saturna</i>	50.30	50.79	71.52	53.62	56.56	26.96	28.39	33.71	47.43	34.12
	Sonate	42.63	35.71	39.33	29.12	36.70	37.00	41.83	56.59	72.61	52.01
Faktor		1		2			1		2		
Standort		45,72		38,62			49,95		60,85		
Jahr		44,19		40,16			44,64		66,16		

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

In Tabelle 54 sind die Knollendichte und die Einzelknollenmassen der einzelnen Sorten dargestellt. Betrachtet man die Mittelwerte der einzelnen Sorten über beide Jahre und Standorte findet man bei den Sorten Sempra und Saturna ein für die Bedürfnisse des Ökologischen Landbaus eher ungünstiges Verhältnis zwischen Knollenanzahl und Einzelknollenmasse, d.h. eine hohe Knollendichte verbunden mit einer relativ niedrigen Einzelknollenmasse. Die Sorte Premiere fällt durch ihre sehr unterschiedliche Ausprägung in den beiden Jahren auf. Die extrem großen Pflanzkartoffeln im Jahr 2003 führten hier zu einem sehr hohen Knollenansatz mit sehr geringen Einzelknollenmassen. Nach HUNNIUS (1977) ist der Knollenansatz bei kleinen Pflanzknollen geringer als bei großen, was teilweise durch eine höhere Einzelknollenmasse ausgeglichen wird.

Die im Durchschnitt höhere Knollendichte mit geringeren Einzelknollenmassen im Jahr 2003 kann durch die ansatzfördernde Wirkung der eher warmen und trockenen Witterung zum Zeitpunkt des Knollenansatzes im Gegensatz zur kühleren und feuchteren Witterung im Jahre 2004 erklärt werden (vgl. auch Kapitel 2.1.2). Auf dem Standort Wulksfelde wird eine deutlich höhere Anzahl von Knollen, bei geringeren Einzelknollenmassen angelegt, da sich der leichte, sandige Boden im Frühjahr schneller aufwärmt und eher zur Trockenheit neigt, als der lehmigere Boden auf dem Standort Lindhof.

Tab. 55: Knollenfrischmasseertrag (t/ha) und Trockenmassegehalte (%) zum Zeitpunkt der Zeiternte (BBCH 65) in Abhängigkeit der Sorten den Standorten Wulksfelde (WU) und Lindhof (LI) in den Jahren 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

	Jahr	Knollenertrag (t/ha)					TM-Gehalt (in %)				
		1) 2003		2) 2004		MW	1) 2003		2) 2004		MW
		Standort	1) WU	2) LI	1) WU	2) LI	Sorte	1) WU	2) LI	1) WU	2) LI
Reifeg.	Sorte										
sehr früh	Premiere	26.82	25.79	30.63	31.13	28.59	20.99	20.74	19.70	20.92	20.59
	Velox	26.00	24.50	30.27	27.45	27.05	19.30	18.83	17.80	18.90	18.71
früh	Camilla	18.42	20.01	23.77	28.35	22.64	20.61	20.20	18.36	19.85	19.76
	<i>Carmona</i>	20.53	20.06	25.26	25.34	22.79	19.62	19.36	19.41	19.54	19.48
	Delikat	16.08	15.69	22.23	29.23	20.81	20.09	18.49	18.60	19.59	19.20
	<i>Diana*</i>	17.05	17.24	-	-	-	21.23	20.37	-	-	-
mittel-früh	Acria	17.27	17.43	27.71	28.60	22.76	17.48	16.24	18.18	17.95	17.46
	Freva	17.54	19.81	25.64	21.26	21.06	19.99	19.21	19.99	20.13	18.83
	<i>Marlen</i>	19.92	17.75	27.45	22.32	21.86	21.18	19.00	18.98	19.45	19.62
	<i>Sempre</i>	14.69	16.41	17.20	23.64	17.98	21.21	19.62	20.32	21.49	20.66
	<i>Verdi*</i>	-	-	14.25	21.11	-	-	-	23.57	25.12	-
mittel-spät-snät	Marena	18.69	17.49	19.96	18.10	18.56	17.52	16.46	16.36	16.81	16.79
	<i>Saturna</i>	13.25	14.50	23.83	25.00	19.15	21.86	20.41	21.71	21.49	21.36
	Sonate	15.86	14.85	22.21	20.88	18.45	21.17	19.21	19.35	20.62	20.09
Faktor		1		2			1		2		
Standort		21,71		21,90			19,57		19,35		
Jahr		18,72		24,89			19,53		19,39		

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Bei dem Knollenertrag zum Zeitpunkt der Vollblüte (BBCH 65) zeigte sich erwartungsgemäß eine tendenzielle Aufteilung nach Reifegruppen: Je später die Reifegruppe der Sorten ist, desto geringer war der Knollenertrag zu diesem Zeitpunkt. Bei beiden Standorten ergab sich ein durchschnittlicher Knollenertrag von ca. 22 t/ha zur Zeiternte, so dass sich Knollenanzahl- und Einzelknollenmasseunterschiede auszugleichen schienen. Die Sorten, die eher oder ausschließlich zur Chipsproduktion geeignet sind, wiesen schon zur Zeiternte einen höheren Trockenmassegehalt auf als die Sorten für Pommes frites-Verarbeitung. Das höhere Ertragsniveau zur Zeiternte im Jahre 2004 im Vergleich zum Jahr 2003 setzte sich nicht fort. Bei der Endernte wurde im Jahr 2003 ein deutlich höheres Ertragsniveau sowohl auf den beiden norddeutschen Standorten wie auch auf dem Standort Frankenhausen realisiert. Begründet ist dieses wahrscheinlich durch den Befall mit Krautfäule, der im Jahre 2004 durch die feuchte Witterung verstärkt auftrat und bis Ende Juli/Anfang August das Kraut vollständig zerstört hatte. Im Jahr 2003 trat die Krautfäule zwar auch Anfang Juli auf allen drei Standorten auf, konnte sich aufgrund der trockenen Witterung jedoch nicht weiter ausbreiten und beeinflusste die Ertragsbildung nicht negativ.

Im Durchschnitt der beiden Jahre 2003 und 2004 wurden auf den Standorten Frankenhausen und Wulksfelde mit ca. 36 t/ha vergleichbar hohe Erträge erreicht (Tab. 56). Auf dem Standort Lindhof lag das Ertragsniveau mit 30 t/ha etwas niedriger.

Tab. 56: Knollenfrischmasseertrag (t/ha) zum Zeitpunkt der Endernte in Abhängigkeit der Sorten und der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) in den Jahren 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

	Jahr	Gesamtertrag (t/ha)						MW
		1) 2003			2) 2004			
		Standort	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	
Reifeg.	Sorte							
sehr früh	Premiere	38.24	35.10	48.29	35.55	30.84	27.84	35.98
	Velox	41.71	32.56	45.46	34.99	28.44	35.85	36.50
früh	Camilla	34.41	28.98	40.88	29.59	25.75	27.50	31.19
	<i>Carmona</i>	<i>38.88</i>	<i>31.82</i>	<i>40.71</i>	<i>27.66</i>	<i>27.19</i>	<i>29.18</i>	32.57
	Delikat	32.56	26.95	36.73	26.61	29.29	31.59	30.62
	<i>Diana*</i>	<i>32.09</i>	<i>31.60</i>	<i>39.29</i>	-	-	-	-
mittel-früh	Agria	43.64	41.06	42.89	36.64	26.84	32.37	37.24
	Freva	37.67	33.74	37.21	31.42	21.88	29.24	31.86
	Marlen	43.91	38.06	41.50	37.77	26.16	30.61	36.33
	<i>Sempra*</i>	<i>32.44</i>	<i>30.01</i>	-	29.49	26.33	-	-
	<i>Verdi*</i>	-	-	-	27.88	25.36	-	-
mittel-spät-snät	Marena	43.64	38.30	43.21	31.70	24.44	33.05	35.72
	Saturna	31.20	27.25	37.86	33.24	25.38	28.00	30.49
	Sonate*	35.27	33.45	-	31.18	26.99	28.58	-
Faktor		1		2		3		
Standort		35,55		30,00		36,00		
Jahr		37,81		29,89				

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

In Ergebnissen aus Vorversuchen der Jahre 2000 und 2001 wies der Standort Frankenhausen ein deutlich höheres Ertragsniveau auf als die beiden norddeutschen Standorte (BÖHM et al., 2002), wie es auch in diesen Versuchen im Jahr 2003 der Fall war. Erklärt werden kann dieses durch die besseren Bodenverhältnisse in Frankenhausen. Auch SCHUHMAN (1998) und BOSSE et al. (1998) bestätigen eine höhere Ertragsleistung beim Anbau von Kartoffeln auf besseren Böden als Resultat der meist günstigeren Wasser- und Nährstoffverhältnisse. Das eher untypisch, geringere Ertragsniveau in 2004 kann durch die Witterungsverhältnisse auf dem Standort Frankenhausen begründet werden. Der Mai war durch ausgesprochen niedrige Temperaturen, mit Nachfrösten, gekennzeichnet, was das Auflaufen und somit auch den Knollenansatz der Kartoffeln verzögerte. Zusammen mit der Krautfäule führte dieses zu einer deutlich verkürzten Phase der Knollenertragsbildung.

In beiden Jahren und auf allen drei Standorten erwiesen sich zur Pommes frites-Verarbeitung die beiden frühen Sorten Premiere und Velox, die mittelfrühe Sorte Agria und die mittelspät-späte Sorte Marena als sehr ertragreich, bei vergleichsweise hohen Anteilen großer Knollen (> 40 mm und > 50 mm) Die geringeren Anteile an Knollen > 50 mm bei der Sorte Premiere im Jahr 2003 auf den norddeutschen Standorten ist, wie auch schon bei den Ergebnissen zur Zeiternte erwähnt, durch die schlechte Pflanzgutqualität begründet und sollte bei der Bewertung der Sorte nicht berücksichtigt werden. Die extrem großen Pflanzkartoffeln führten zu einem hohen Knollenansatz, wobei die große Anzahl der Knollen klein blieben. Bei den Chipssorten lag nur die Sorte Marlen auf einem hohen Ertragsniveau. Die Sorte Saturna, welche im konventionellen Anbau vorzugsweise für die Chipsverarbeitung

verwendet wird, ist für den ökologischen Anbau aufgrund sehr niedriger Erträge und einem hohen Untergrößenanteil nicht geeignet, da sie ein hohes Stickstoff- bzw. Nährstoffangebot benötigt. Die Sorte Delikat und die beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi erwiesen sich ebenfalls als nicht sehr ertragsreich, hatten allerdings im Vergleich zu Saturna einen wesentlich höheren Anteil an Knollen > 40 mm (wichtig für die Chipssorten Sempra und Verdi) bzw. > 50 mm (wichtig für die Sorte Delikat mit Verarbeitungseignung Pommes frites).

Tab. 57: Anteil der Knollen >40 mm zum Zeitpunkt der Ernte in Abhängigkeit der Sorten und den Standorten Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) in den Jahren 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

	Jahr	Anteil der Knollen >40 mm in %						MW
		1) 2003			2) 2004			
		Standort	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	
Reifeg.	Sorte							
sehr früh	Premiere	58.40	63.03	71.19	83.51	84.02	69.74	71.69
	Velox	80.71	75.04	81.34	81.31	86.93	71.76	79.52
früh	Camilla	71.68	77.41	78.93	66.30	70.42	53.49	69.71
	<i>Carmona</i>	73.26	71.56	79.09	76.70	85.72	75.97	77.05
	Delikat	77.54	74.92	85.95	79.16	87.28	76.27	80.19
	<i>Diana*</i>	69.61	63.08	74.93	-	-	-	-
mittel-früh	Agria	88.41	84.13	77.69	90.40	86.71	65.06	82.06
	Freya	84.93	77.96	78.64	87.95	89.09	70.17	81.46
	Marlen	90.23	77.87	73.69	80.89	88.01	78.41	81.52
	<i>Sempra*</i>	71.90	54.66	-	77.79	78.81	-	-
	<i>Verdi*</i>	-	-	-	76.60	81.20	-	-
mittel-spät	Marena	88.56	80.50	84.04	84.97	88.65	81.36	84.68
	Saturna	65.08	55.63	59.71	70.03	64.31	48.72	60.58
	<i>Sonate*</i>	82.54	78.81	-	88.01	89.38	47.94	-
Faktor		1		2		3		
Standort		79,00		78,47		73,06		
Jahr		76,25		77,44				

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Auffällige Unterschiede zwischen den Standorten wurden bei den Sortierfraktionen deutlich: Im Durchschnitt der Jahre und Sorten betrug zwar der Anteil der Knollen > 40 mm auf allen drei Standorten zwischen 73 % und 79 % am Gesamtgewicht. Der Anteil an Knollen > 50 mm am Gesamtertrag war jedoch mit 20 % auf dem Standort Frankenhausen deutlich geringer als auf den beiden norddeutschen Standorten mit 42 % bzw. 47 %. Die Anforderung an Kartoffeln für die Verarbeitung zu Pommes frites, dass 50 % oder sogar 60 % der Knollen größer als 50 mm sein sollen, konnte in Einzelfällen nur auf den norddeutschen Standorten mit den Sorten Agria, Marena, Delikat oder Freya erfüllt werden. Insbesondere die geringen Anteile der Sorte Agria überraschten, zeigen doch alle anderen Ergebnisse (Lindhof, Wulksfelde, Vorfrucht- bzw. K-Versuch) die Vorzüglichkeit dieser Sorte hinsichtlich hoher Anteile großer Knollen. Die Gründe hierfür wurden bereits im Zusammenhang mit den Gesamterträgen diskutiert. Zum Anbau von Kartoffeln zur Verarbeitung zu Chips erwiesen sich hinsichtlich der Sortierungsgröße „ > 40 mm“ nur die Sorten Marlen und Carmona als lohnenswert.

In den Tabellen 59 und 60 sind die Knollen-N-Entzüge und die N_T -Gehalte der Knollen dargestellt. Im Jahr 2003 lagen sowohl die N-Entzüge wie auch die N_T -Gehalte auf einem durchschnittlich höheren Niveau als im Jahr 2004, was wiederum durch die verstärkt aufgetretene Krautfäule in 2004 erklärt werden kann.

Tab. 58: Anteil der Knollen > 50 mm zum Zeitpunkt der Ernte in Abhängigkeit der Sorten und den Standorten Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) in den Jahren 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

	Jahr	Anteil der Knollen >50 mm (in %)						MW
		1) 2003			2) 2004			
		Standort	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	
Reifeg.	Sorte							
sehr früh	Premiere	20.07	28.33	19.96	46.43	50.49	17.73	30.50
	Velox	41.02	39.20	26.72	38.92	49.20	12.77	34.64
früh	Camilla	26.13	43.79	25.35	28.56	28.50	8.44	26.79
	<i>Carmona</i>	29.94	39.99	26.85	42.94	46.81	30.96	36.25
	Delikat	57.90	53.48	34.03	50.29	70.08	17.86	47.14
	<i>Diana*</i>	28.96	25.39	19.73	-	-	-	-
mittel-früh	Aria	63.32	61.18	22.23	46.54	59.08	6.94	43.21
	Freva	42.80	44.80	18.68	44.69	63.90	10.73	37.60
	Marlen	67.34	52.96	18.84	50.74	66.54	21.85	46.38
	<i>Sempra*</i>	31.50	12.43	-	39.63	26.19	-	-
	<i>Verdi*</i>	-	-	-	32.58	36.44	-	-
mittel-spät-snät	Marena	63.07	60.20	44.25	47.63	57.69	27.30	50.02
	Saturna	22.66	15.61	11.89	14.94	27.05	3.70	15.98
	Sonate*	42.54	47.11	-	44.48	56.06	1.95	-
Faktor		1		2		3		
Standort		42,26		47,94		20,35		
Jahr		37,39		36,31				

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Der starke Befall mit Krautfäule führte zu einer kürzeren Phase der Nährstoffaufnahme aus dem Boden und eventuell zu einer verminderten Nährstofftranslokation vom Blatt in die Knolle. Bei den Standorten war im Durchschnitt der Sorten und Jahre der höchste N-Entzug auf dem Standort Frankenhausen gefolgt von Wulksfelde zu verzeichnen, was sich aber nicht auf einen höheren N_T -Gehalt in den Knollen, sondern auf einen höheren TM-Gehalt bzw. TM-Ertrag zurückführen lässt. Auffällig ist, dass insbesondere der N_T -Gehalt im Jahr 2003 auf dem Standort Frankenhausen auf einem deutlich niedrigeren Niveau lag, bei höheren Frischmasseerträgen, wie auf den beiden norddeutschen Standorten. Erklärt werden kann dieses durch eine Art Verdünnungseffekt, bei dem Wasser und Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen und in eine höhere Knollenmasse umgesetzt wurde. In 2004 war die Wachstumsperiode aufgrund des kalten Frühjahrs und das frühzeitige Auftreten der Krautfäule zwar verkürzt, wodurch es zu geringeren Erträgen kam, die Nährstoffe wurden jedoch schon aufgenommen und in die Knolle verlagert, so dass vergleichsweise hohe N_T -Gehalte und N-Entzüge die Folge sind. Sowohl die N_T -Gehalte, wie auch die N-Entzüge lagen bei den besser mit Nährstoffen versorgten Böden in Frankenhausen auf einem höheren Niveau wie auf den beiden norddeutschen Standorten mit leichteren Böden.

Die Sorten Premiere und Marlen hatten auffällig hohe N-Entzüge, welche jedoch auf die hohen TM-Gehalte und TM-Erträge zurückzuführen waren, da die N_T-Gehalte in den Knollen eher auf einem geringen Niveau lagen. Anders sah es bei den beiden frühen Sorten Velox und Camilla aus, die hohe N_T-Gehalte aufwiesen, wodurch die hohen N-Entzüge begründet werden können. Auffällig war der besonders geringe N_T-Gehalt der Sorte Agria mit mittleren N-Entzügen.

Tab. 59: N-Entzug der Knollen (kg N/ha) zur Ernte in Abhängigkeit der Sorten und der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) in den Jahren 2003 und 2004

		N-Entzug Knollen (kg/ha)						
	Jahr	1) 2003			2) 2004			MW
	Standort	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	Sorte
Reifeg.	Sorte							
sehr früh	Premiere	107.92	102.26	113.89	82.80	70.94	80.09	92.98
	Velox	127.01	102.18	94.23	72.68	73.92	98.37	94.73
früh	Camilla	111.32	99.39	111.21	70.99	68.46	86.93	91.38
	<i>Carmona</i>	120.15	101.06	98.78	66.03	66.80	79.19	88.67
	Delikat	91.33	84.95	90.96	57.16	70.01	91.49	80.98
	<i>Diana</i> *	103.93	100.89	102.24	-	-	-	-
mittel-früh	Agria	106.44	99.89	92.87	69.65	60.24	87.86	86.16
	Freva	106.35	109.73	93.22	70.08	60.05	83.13	87.09
	<i>Marlen</i>	121.25	118.46	101.43	76.00	62.83	96.45	96.07
	<i>Sempre</i> *	107.31	110.85	-	71.76	66.16	-	-
	<i>Verdi</i> *	-	-	-	59.86	59.11	-	-
mittel-spät-snät	Marena	109.58	101.72	104.70	62.97	54.48	101.89	89.22
	<i>Saturna</i>	92.60	77.08	102.88	67.63	61.40	92.75	82.39
	<i>Sonate</i> *	96.00	98.48	-	62.04	59.15	89.68	-
Faktor		1		2		3		
Standort		89.50		82.29		95.12		
Jahr		103.16		74.78				

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Tab. 60: N_t-Gehalte der Knollen zum Zeitpunkt der Ernte in Abhängigkeit der Sorten und der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) in den Jahren 2003 und 2004

		N _t -Gehalt (in % TM)						
Jahr		1) 2003			2) 2004			MW
Standort		1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	Sorte
Reifeg.	Sorte							
sehr früh	Premiere	1.18	1.13	0.96	1.03	0.93	1.14	1.06
	Velox	1.40	1.32	0.97	1.00	1.24	1.26	1.20
früh	Camilla	1.38	1.34	1.07	1.13	1.20	1.43	1.26
	Carmona	1.28	1.28	0.98	1.09	1.06	1.19	1.15
	Delikat	1.19	1.28	0.93	0.94	1.04	1.07	1.07
	Diana*	1.26	1.17	0.97	-	-	-	-
mittel-früh	Agria	1.06	1.00	0.84	0.90	1.05	1.11	0,99
	Freva	1.16	1.25	0.94	1.02	1.19	1.12	1.11
	Marlen	1.15	1.17	0.93	0.88	1.06	1.23	1,07
	Sempra*	1.21	1.24	-	0.92	0.92	-	-
	Verdi*	-	-	-	0.86	0.82	-	-
mittel-spät-snät	Marena	1.13	1.15	0.97	0.97	1.11	1.30	1.10
	Saturna	1.15	1.04	0.99	0.84	0.99	1.22	1.04
	Sonate*	1.05	1.10	-	0.85	0.90	1.13	-
Faktor		1			2		3	
Standort		1,09			1,14		1,08	
Jahr		1,12			1,09			

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Stärkegehalt der Knollen

Der Stärkegehalt gilt als Indikator des Ausreifungsgrades der Knollen eines Kartoffelbestandes. Grundsätzlich haben sehr frühe und auch frühe Sorten niedrigere Stärkegehalte als spätere Reifegruppen. Der Standort aber auch der Zeitpunkt und die Intensität des Auftretens der Krautfäule spielen aber ebenso eine Rolle und bestimmen, ob eine Sorte ihren genotypisch bedingten Stärkegehalt erreicht oder nicht. Weitere Einflussgrößen sind die Temperatur und die Niederschlagsverteilung im Vegetationsverlauf.

Tab. 61: Stärkegehalt (% i. d. FM) in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH), der Jahre 2003 und 2004 sowie der Termine zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA), Chipssorten sind kursiv gekennzeichnet

	Jahr	1) 2003						2) 2004						
	Termin	1) ER			2) LA			1) ER			2) LA			
	Standort	1)WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	
Reifegr.	Sorte													
sehr früh	1)Premiere	18,7	20,8	20,1	20,3	23,3	20,1	19,1	21,1	21,3	19,5	21,9	23,2	
	2) Velox	17,7	19,6	17,7	19,5	21,4	18,1	17,1	17,6	18,0	17,8	18,3	19,7	
früh	3) Camilla	18,4	19,9	19,9	19,5	21,2	20,4	17,6	18,5	18,3	17,8	19,0	19,1	
	4)Carmona	19,3	19,8	20,3	20,6	21,8	21,8	18,3	19,7	19,1	18,9	20,7	20,5	
	5) Delikat	19,0	20,1	20,8	20,0	23,3	22,0	19,6	19,5	22,6	19,4	19,4	24,3	
	6) Diana*	19,7	21,8	21,8	21,8	23,6	22,5							
mittel-früh	7) Agria	18,4	19,6	20,5	19,0	20,2	20,4	18,2	17,8	19,8	17,9	18,1	20,5	
	8) Freya	19,7	21,2	21,6	20,8	21,7	22,2	19,0	19,4	21,3	19,3	19,7	22,5	
	9) Marlen	19,4	21,6	21,1	20,3	21,7	21,3	19,6	18,3	21,5	19,5	19,4	23,1	
	10)Sempra*	21,3	23,8		23,2	25,1		22,2	23,1		22,2	23,1		
	11) Verdi							21,6	24,0		21,8	24,7		
mittel-spät-spät	12) Marena	18,2	18,8	20,0	18,2	19,4	20,0	17,3	16,7	19,9	16,8	16,7	19,9	
	13) Saturna	20,7	22,3	22,2	21,6	22,9	22,4	21,1	20,9	23,1	21,3	21,4	23,9	
	14) Sonate	21,3	21,6		22,3	23,6		20,0	20,9	23,6	20,3	21,1	25,1	
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)
Sorte	20,8	18,6	19,2	20,2	20,9	22,0	19,2	20,7	20,6	-	-	18,5	22,0	22,0
Standort	19,7	20,8	21,2											
Jahr	20,8	20,2												
Termin	20,1	20,9												

*wurden in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Tabelle 61 zeigt die Stärkegehalte der Knollen zum Zeitpunkt der Ernte und nach Lagerung. Jeder der vier Haupteffekte hatte eine signifikante Wirkung auf den Stärkegehalt. Die Auswertung der Daten ergab gleichzeitig eine signifikante Interaktion der vier geprüften Faktoren, so dass kaum einfache Verallgemeinerungen anhand von Mittelwerten (gemittelt über die jeweils anderen Faktoren) gezogen werden können. Dennoch wird an dieser Stelle der Versuch unternommen, gewisse Tendenzen in der Ausprägung/Größenordnung der Stärkegehalte einzelner Sorten/Reifegruppen/Standorte herauszuarbeiten.

Wie bereits in einem vorherigen Kapitel beschrieben, sind für die Verarbeitung zu entweder Pommes frites (> 14 %) oder Chips (> 16 %) bestimmte Mindest-Stärkegehalte erforderlich. Die mindestens notwendigen Stärkegehalte wurden von allen Sorten in beiden Jahren und auf allen drei Standorten erreicht (Tab. 61). Dabei entsprachen die Stärkegehalte der Sorten (Durchschnitt der Standorte und Probenahmetermine) recht genau der Einschätzung des Bundessortenamtes, wobei Sorten der Boniturnote 5 durch starke Schwankungen der tatsächlich gemessenen Stärkegehalte auffielen. Dies deutet darauf hin, dass bei Sorten mittleren Stärkegehaltes die größten Abweichungen des Stärkegehaltes nach oben oder unten zu erwarten sind.

Sehr hohe Stärkegehalte lagen bei den beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi vor, was neben ihrer Kaltlagereignung sicher auch ein Grund für ihre sehr gute Verarbeitungsqualität sein dürfte. Sorten mit einem genetisch bedingten, hohen bis sehr hohen Stärkegehalt eignen sich besonders für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus, da sie in Jahren mit verkürzter Vegetationszeit (z.B. durch Krautfäule) eher die Erzielung ausreichender Stärkegehalte erlauben.

Auch die Wirkung der Lagerung war nicht für alle Sorten bzw. beide Jahre konsistent. So stiegen oder fielen die Stärkegehalte der geprüften Sorten während der Lagerung konsistent, was sich in den Wechselwirkungen von Sorte*Termin bestätigte. Insgesamt wurden sehr hohe Stärkegehalte gemessen, die in 72 % aller Fälle nach Lagerung höher als oder genauso hoch waren wie noch zur Ernte. Die meist aufgetretene Steigerung des Anteils der Stärke an der Frischsubstanz der Knollen wurde auch in den mehrfaktoriellen Versuchen anhand der beiden Sorten Agria und Marlen beobachtet. Eine Zunahme der TM- bzw. Stärkegehalte deutet auf erhöhte Wasserverluste durch Verdunstung hin, die offenbar durch die Lagertemperatur von 8 °C begünstigt wurden.

Die Bedeutung des Standortes für den Stärkegehalt zeigte sich sehr deutlich. Die Unterschiede in der Bonität der Böden der einzelnen Standorte werden durch die Bodenpunkte verdeutlicht. Aufgrund des leichten Bodens ist gerade in trockenen Jahren wie 2003 mit Wassermangel zu rechnen. Auf dem Standort Wulksfelde konnte dieses Manko durch gezielte Beregnungsmaßnahmen ausgeglichen werden. Durch zusätzliche Wasserversorgung wird bei sonst akutem Wassermangel der Stärkegehalt der Sorten gesenkt, was im Falle der Erzeugung von (festkochenden) Speisekartoffelsorten von Vorteil sein kann (KAINZ, 2003). In 60 % aller Fälle war der Stärkegehalt einer Probe aus Frankenhausen höher als vom Lindhof (40 %). Dies ist tendenziell in Übereinstimmung mit der Aussage von HOFFERBERT (1986), dass auf Lehm- und Tonböden höhere Trockensubstanzgehalte (und damit auch Stärkegehalte) erwartet werden dürfen als auf Sandböden.

Ein weiterer Grund für die geringeren Stärkegehalte der Knollen aus Wulksfelde kann die Vorfrucht gewesen sein. Wie in Kapitel 3.1.1.1 beschrieben, steigert eine gute Stickstoffversorgung durch Leguminosenvorfrucht nicht nur den Ertrag, sondern führt auch zu niedrigeren Stärkegehalten. Das würde die niedrigeren Stärkegehalte im Jahre 2003 auf dem Standort Wulksfelde mit der Vorfrucht Klee gras im Vergleich zu dem Standort Lindhof mit der Vorfrucht Hafer erklären. Im Durchschnitt aller Sorten war der Unterschied zwischen den beiden Jahren nicht sehr groß (0,63 %). In 91 % aller Fälle lagen 2003 jedoch höhere oder mindestens genauso hohe Stärkewerte wie im Jahre 2004 vor. Dennoch war in Einzelfällen die Spannweite der Differenz (höherer oder niedrigerer Gehalt in 2003 gegenüber 2004) etwa gleich groß, d.h. es gab auch einzelne Fälle, in denen 2004 der Stärkegehalt deutlich über dem von 2003 lag. Dies erschwert die Interpretation des

Jahreeffektes erheblich. Dennoch war die Abstufung zwischen den geprüften Sorten zur Ernte meist recht genau wieder zu finden, d.h. die Zunahme der Stärkegehalte verlief mehr oder weniger proportional. Neben dem Stärkegehalt spielen die reduzierenden Zucker eine besondere Rolle für die Qualität der verarbeiteten Knollen, insbesondere für die Verarbeitung zu Chips.

Gehalt der Knollen an reduzierenden Zuckern

Die Gehalte an reduzierenden Zuckern in den Knollen sind – ähnlich wie der Stärkegehalt - Gradmesser der Ausreifung der Knollen eines Kartoffelbestandes. Die Konzentration an reduzierenden Zuckern fällt im Laufe der Kohlehydratspeicherung der Knollen zunehmend ab. In Tabelle 62 sind die Knollengehalte an den reduzierenden Zuckern Glukose und Fruktose dargestellt.

Tab. 62: Gehalt reduzierender Zucker (mg/100 g FM) in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH), der Jahre 2003 und 2004 sowie der Termine zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA), kursiv gekennzeichnet: Chipssorten

	Jahr	1) 2003						2) 2004						
		Termin	1) ER			2) LA			1) ER			2) LA		
			Standort	1)WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI
Reifegr.	Sorte													
sehr früh	1)Premiere	81	35	107	435	217	560	135	140	225	638	682	900	
	2) Velox	88	47	59	298	110	395	164	120	209	585	583	1022	
früh	3) Camilla	26	20	21	104	58	95	103	109	111	506	452	724	
	4) <i>Carmona</i>	28	14	24	150	64	237	72	80	63	351	310	640	
	5) Delikat	86	33	36	519	181	437	104	144	177	534	725	1127	
	6) <i>Diana*</i>	15	9	13	83	26	48							
mittel-früh	7) Agria	17	17	6	59	19	25	20	13	25	129	87	206	
	8) Freya	28	12	15	80	67	29	28	26	32	177	119	243	
	9) <i>Marlen</i>	31	9	11	67	18	21	25	17	22	144	115	153	
	10) <i>Sempra*</i>	10	10		52	19		14	19		72	72		
	11) <i>Verdi*</i>							56	17		214	54		
mittel-spät-spät	12) Marena	21	20	18	97	30	27	36	29	20	208	96	114	
	13) <i>Saturna</i>	25	12	12	90	41	35	33	27	45	154	127	187	
	14) Sonate	26	14		143	31		37	18	27	223	188	348	
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)
Sorte	346	307	194	169	342		52	71	53			60	66	
Standort	143	106	201											
Jahr	81	213												

Die deutlich über dem von 2004 liegenden Tagesmitteltemperaturen zwischen Mai und August 2003 waren vermutlich ein Grund für die niedrigeren Zuckergehalte zur Ernte 2003. Das ungestörte Wachstum im Jahr 2003 und der dadurch bedingte hohe Ausreifungsgrad hatte sicher auch positive Wirkung. Die Niederschlagsverteilung ist indirekt wirksam, da die Wasserversorgung Einfluss auf die Nährstoffaufnahme hat.

Die Gehalte an reduzierenden Zuckern lagen zur Ernte 2003 im Durchschnitt der Sorten bei 29 mg/100 g FM, nach Lagerung bei 134 mg/100 g FM, was dem 4,7-fachen Gehalt entspricht (Tab. 62). Die Werte zur Ernte lagen 2004 höher (69 mg/100 g FM) als 2003, ebenso wie diejenigen nach Lagerung (357 mg/100 g FM), was einem 5,2-fach so hohen Gehalt entspricht. Über beide Jahre war zu beobachten, dass die beiden sehr frühen Sorten Premiere und Velox schon zur Ernte sehr hohe Zuckergehalte aufwiesen. Während der Lagerung reicherten Sorten der sehr frühen Reifegruppe aufgrund ihres fortgeschrittenen physiologischen Alters hohe Konzentrationen an. Vergleicht man die Zuckergehalte der Sorten nach Reifegruppen, so nahmen die Gehalte zum Zeitpunkt der Ernte von der sehr frühen zur mittelfrühen Reifegruppe ab.

Im Jahre 2003 wurden erst nach der Lagerperiode Zuckergehalte gemessen, die eine Verarbeitungseignung des Rohstoffes in Frage stellen. Dabei fiel besonders der sehr starke Anstieg bei der Sorte Delikat auf, und im Gegensatz dazu, die nur sehr geringen Konzentrationen bei der Sorte Diana, und derjenigen der mittelfrühen Reifegruppe Agria, Freya, Marlen und Sempra sowie der späten Reifegruppe, Marena. Auch 2004-05 nach Lagerung lag der durchschnittliche Zuckergehalt der mittelfrühen Sorten bei 102,7 mg/100 g FM, was auf eine gute Verarbeitungseignung hinweist. Insbesondere die 4°C-Sorte Sempra wies eine geringe Anreicherung von Zuckern auf. Was den Einfluss des Standortes betrifft, so wurde dieser erst nach Lagerung wirksam und war abhängig vom Jahr. So wurde 2003 ein überproportionaler Anstieg der Zuckergehalte in den Knollen vom Standort Wulksfelde verzeichnet, während 2004/05 das Gleiche für den Standort Frankenhausen galt. 2004 hatte die Krautfäule erheblichen Einfluss auf das Absterben des Blattapparates und somit auf die Abreife der Knollen. Dieser war sicher in Frankenhausen am größten, wo kein Kupfer zur Anwendung kam. Lediglich die Sorten der dritten Reifegruppe (mittelfrüh) auf dem Standort Lindhof hatten auch nach Lagerung Zuckerkonzentrationen, die unter 100 mg/100 g FM lagen. Hingegen lagen die Zuckergehalte der Knollen der sehr frühen und frühen Reifegruppen 2004/05 unabhängig vom Standort auf einem Niveau, das auf starke Qualitätseinbußen bei der Verarbeitung hindeutet.

L-Wert der Chips

In die tabellarische Darstellung der Chips-Helligkeitswerte (Tab. 63) in Abhängigkeit von Standort, Jahr und Termin gingen nur die Sorten ein, die jeweils auf allen Stufen des betreffenden Faktors (drei Standorte; zwei Jahre; zwei Termine) geprüft worden waren.

Sowohl 2003 als auch 2004 zur Ernte hatten alle untersuchten Muster einen Helligkeitswert > 62,2 und waren demnach für die Verarbeitung zu Chips geeignet. Die Sorten Carmona, Marlen und Saturna hatten 2003 zur Ernte L-Werte von 69,8, 69,4 bzw. 69,2. Das bedeutete die Vergabe von Boniturnote von 9,5 für Marlen und Saturna und 10 für Carmona. Insbesondere bei der frühen Sorte Carmona war in der Folge ein erheblicher Qualitätsverlust zu verzeichnen, der vermutlich auf den starken Anstieg der Gehalte an reduzierenden Zuckern zurückzuführen war. Marlen dagegen fiel durch konstante L-Werte auf und war auch nach Lagerung noch im Bereich von 9,5, während die Qualität von Saturna sich leicht verschlechtert hatte.

Tab. 63: L-Wert der Chips in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH), der Jahre 2003 und 2004 sowie der Termine zur Ernte und nach Lagerung

		1) 2003						2) 2004						
		1) zur Ernte			2) nach Lagerung			1) zur Ernte			2) nach Lagerung			
eg		1)WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	MW
	1) Carmona	68,44	71,14	69,69	61,18	65,55	62,78	65,11	66,26	69,10	51,56	53,72	50,81	62,95
	2) Diana*	71,14	70,89	69,88	66,41	69,78	70,68							-
	3) Agria*			68,59			68,86			70,44				-
mittel-	4) Marlen	69,39	68,31	70,55	67,98	70,11	70,55	67,52	68,67	71,01	61,02	62,28	62,78	67,51
früh	5) Sempra*	69,13	68,98		69,04	69,39		67,40	68,46		60,97	63,96		-
	6) Verdi*							66,45	68,76		58,56	63,01		-
mittel-	7) Saturna	69,01	69,33	69,33	66,96	69,49	69,22	67,44	67,19	71,23	60,77	61,47	62,17	66,97
spät														
Faktor		1)			2)			3)						
Standort		64,70			66,13			66,60						
Jahr		68,28			63,34									
rmin		68,82			62,80									

*wurden in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Auffällig war auch die sehr gute Lagereignung bei geringer Zuckeranreicherung. Stabil hohe L-Werte fanden wir für Sorte Diana, die Note 10 (nach Ernte) bzw. 9,5 (nach Lagerung) erhielt, was auch der Einschätzung des Bundessortenamtes entspricht, deren Bonitur-Skala jedoch nur bis 9 reicht. Allerdings wurde diese Sorte nur in 2003 geprüft, da sie 2004 nicht mehr zu beziehen war. Der Tabelle 63 sind die Helligkeitswerte der Chips zu entnehmen.

Drastische Veränderungen der Chipsfarbe waren 2004-05 zu verzeichnen. Von Note 8,5 fiel der L-Wert von Carmona auf 3, bei den Sorten Marlen und Saturna von 9,5 auf 6,5. Die geringsten Qualitätsverluste fanden wir bei den 4°C-Sorten: Die Sorte Sempra fiel in der Bewertung von 9 auf 7 und die Chipsfarbe bei der Sorte Verdi von 9 auf 6. Diese beiden Sorten können bei 4 °C anstatt wie die anderen Sorten bei 8 °C gelagert werden. Entgegen der Bewertung durch das Bundessortenamt schnitt Sempra besser ab als Verdi.

Aus den beschriebenen Ergebnissen lässt sich der starke Einfluss des Anbaujahres und der Lagerung auf den Helligkeitswert der erzeugten Chips erkennen. Gute Eignung für die Lagerung bei 8 °C konnte nur bedingt für einzelne Sorten abgesichert werden. Ausgehend von einem zumeist sehr hohen Niveau sanken die Helligkeitswerte zwar auch bei den Sorten Marlen, Saturna, Sempra und Verdi, jedoch ohne eine gute Qualität zu gefährden.

Die Qualitätszahl umfasst Aussehen/Farbe, Konsistenz und Geruch/Geschmack der Pommes frites. Tabelle 64 zeigt die aus diesen gewichteten Eigenschaften errechneten Qualitätszahlen der geprüften Sorten. Werte zwischen 4,5 und 3,5 bedeuten *Geringfügige Abweichungen von der Qualitätserwartung*. Zur Ernte 2003 befanden sich noch alle Muster in diesem Bereich. Die beste Qualität zu diesem Zeitpunkt wurde von den Sorten Agria, Velox, Carmona, Agria und Marena erzielt. Nach Lagerung 2003-04 fielen lediglich noch die

Sorten Camilla, Agria, Freya und Marena in den Bereich *Geringfügige Abweichungen*. Im Mittel aller geprüften Muster lag die Qualität der Pommes frites im Jahr 2004 im Bereich *Merkliche Abweichungen von der Qualitätserwartung*. Zur Ernte 2004 schwankte die Qualitätszahl der Pommes frites jedoch deutlich zwischen 3,28 (Delikat) und 4,14 (Agria). Carmona und Sonate und wiesen zu diesem Zeitpunkt ebenfalls eine gute Qualität auf. Auch 2004/05 hatte die Lagerung wieder einen negativen Einfluss auf die Qualität der Pommes frites. Als einzige Sorten mit einer Qualitätszahl > 3,5 im Mittel der geprüften Standorte schnitten nach Lagerung noch Carmona, Agria, Freya, Marena und Sonate ab. Der Einfluss des Standortes auf die Qualität lässt sich nicht eindeutig bestimmen. Erhebliche Qualitätseinbußen waren durch die Lagerung bei den sehr frühen und frühen Sorten mit Ausnahme von Sorte Carmona zu verzeichnen. Überraschend schlecht war das Abschneiden der Sorte Delikat, legt man die Einschätzung des Bundessortenamtes zugrunde.

Tab. 64: Qualitätszahl der Pommes frites in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH), der Jahre 2003 und 2004 sowie der Termine zur Ernte und nach Lagerung

		1) 2003						2) 2004						MW
		1) zur Ernte			2) nach Lagerung			1) zur Ernte			2) nach Lagerung			
		1)WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	
Reifegr. sehr früh -früh	1)Premiere	3,6	4,2	4,1	2,6	3,2	2,7	3,8	3,5	3,0	2,4	2,6	2,0	3,1
	2) Velox	4,1	4,0	3,9	2,7	3,1	2,6	3,6	3,3	3,2	2,7	2,7	2,6	3,2
früh	3) Camilla	3,7	3,8	3,6	3,3	3,7	3,8	3,8	3,4	2,9	2,6	3,0	2,3	3,3
	4)Carmona	4,0	4,0	4,5	3,4	3,2	3,0	4,1	4,0	3,6	3,2	3,8		3,7
	5) Delikat	3,5	4,1	4,2	2,6	3,1	2,8	3,9	3,0	3,1	2,9	2,8		3,3
mittel- früh	7) Agria	3,9	4,6	4,3	3,6	3,6	3,8	4,5	3,9	4,1	4,2	4,2	3,4	4,0
	8) Freya	3,5	4,0	4,3	3,5	3,9	3,5	4,1	3,8	3,7	3,7	3,7	3,2	3,7
m.-spät spät	9) Marena	4,4	3,6	4,1	3,5	3,9	3,9	4,3	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5	3,8
	10)Sonate*	3,9	3,5		3,6	3,4		3,9	3,7		3,8	3,4		-
Faktor		1)			2)			3)						
Standort		3,5			3,6			3,4						
Jahr		3,6			3,4									
Termin		3,8			3,2									

*wurde in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Verfärbungsreaktionen der Knollen

Die in den vorliegenden Versuchen geprüften Sorten decken ein Spektrum der in der Beschreibenden Sortenliste festgelegten *Neigung zur Rohbreiverfärbung* zwischen 2 (Carmona, Verdi, Sonate) und 5 (Saturna) ab. Die vom Bundessortenamt verwendete Skala reicht jedoch von 1-9 und ist nicht direkt auf die Boniturnoten (1-5), die bestimmte L-Werte repräsentieren, übertragbar. Anhand der beiden Extrema lässt sich recht gut nachvollziehen, inwieweit die anhand der Proben gemessene Rohbreiverfärbung mit dieser Einschätzung übereinstimmt. In Tab. 65 sind die L-Werte der Sorten stellvertretend für die Ausprägung der Rohbreiverfärbung dargestellt.

Tab. 65: Rohbreiverfärbung (L-Wert) in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH), der Jahre 2003 und 2004 sowie der Termine zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA)

	Jahr	1) 2003						2) 2004							
		1) ER			2) LA			1) ER			2) LA				
	Sorte														
	1)Premiere	54,3	57,5	57,6	51,7	48,3	59,1	54,6	53,4	52,7	51,9	50,2	48,5		
	2) Velox	57,9	59,1	60,0	56,6	54,2	60,8	57,1	58,3	59,8	54,5	56,0	56,5		
	3) Camilla	51,9	56,8	53,5	54,1	52,6	57,2	51,2	53,6	52,5	49,5	53,1	51,2		
	4)Carmona	58,6	61,3	61,8	56,7	56,6	63,2	57,3	55,8	57,0	55,9	54,3	56,0		
	5) Delikat	56,8	58,4	58,7	55,5	55,5	60,5	56,8	55,5	56,0	55,9	54,9	54,7		
	6) Diana*	55,9	60,0	60,8	54,4	56,1	60,6								
	7) Agria	59,3	61,5	60,5	60,1	60,6	61,7	60,6	56,6	57,4	59,6	56,4	57,1		
	8) Freya	54,9	58,4	57,6	56,8	56,6	59,7	56,0	54,8	55,6	55,0	55,2	55,3		
	9) Marlen	54,6	61,1	60,3	55,4	58,4	62,4	54,3	54,4	54,0	54,0	54,0	53,1		
	10)Sempra*	52,0	59,6		50,5	55,0		54,8	55,7		54,9	55,8			
	11)Verdi*							59,0	59,5		59,3	58,1	59,0		
mittel-	12) Marena	60,6	64,5	63,0	58,6	61,6	64,6	60,0	59,2	59,8	57,7	59,4	59,2		
	13) Saturna	48,8	55,9	55,3	51,8	51,8	57,7	51,5	53,0	47,7	49,7	52,2	47,1		
	14) Sonate	60,8	59,9		59,9	58,4		59,3	57,2	58,5	57,9	56,2	57,9		
		1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)
		55,9	58,1	55,2	57,7	57,5	58,0	58,0	55,6	57,3	56,6	-	56,2	55,7	59,7
		55,8	56,8	57,7											
Jahr		57,6	55,7												

*wurden in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

In der Tat wies die Sorte Saturna zur Ernte 2003 im Durchschnitt der Standorte die niedrigsten L-Werte (53,35; Boniturnote 2; starke Verfärbung) und die Sorte Carmona die höchsten L-Werte (60,58; Boniturnote 4; geringe Verfärbung) auf, nur übertroffen von Sorte Marena, die auf zwei von drei Standorten Boniturnote 1 (sehr geringe Verfärbung) erhielt

(Tab. 65). In einzelnen Fällen konnte die Rohbreiverfärbung einer Sorte zwischen den drei Standorten über zwei Boniturklassen schwanken, so z.B. Sorte Marlen zwischen Note 2 (Wulksfelde) und Note 4 (Lindhof). Noch extremere Schwankungen zwischen den Standorten fanden wir nach Lagerung 2003/04 für die Sorte Premiere. Grundsätzlich lässt sich aber für das Jahr 2003/04 sagen, dass die durchschnittlich geringste Verfärbungsneigung auf dem Standort Frankenhausen nachgewiesen wurde.

Anders verhielt es sich im Jahre 2004, als sich überhaupt keine klare Tendenz der Sortenreaktion für die drei Standorte erkennen ließ. Insgesamt war die Schwankung der Verfärbungsneigung einzelner Sorten zwischen den Standorten auch deutlich geringer. Vor allem bei den Sorten der mittelfrühen und späten Reifegruppe war in den wenigsten Fällen eine nennenswerte Verschlechterung der Qualität (erhöhte Verfärbungsneigung) durch die Lagerung nachzuweisen. Sorte Marena hatte zur Ernte, ebenso wie Verdi eine geringe Verfärbungsneigung (L-Wert: 59,21). Im Durchschnitt fiel die Qualität der untersuchten Muster während der Lagerung 2004/05 von einer mäßigen zu einer starken Verfärbungsneigung hin ab. Camilla und Saturna verfärbten nach Lagerung sogar sehr stark (Boniturnote1; L-Wert < 51,4).

Tab. 66: Kochdunkelung (L-Wert) in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH), der Jahre 2003 und 2004 sowie der Termine zur Ernte (ER) und nach Lagerung (LA)

	Jahr	1) 2003						2) 2004						
		Termin	1) ER			2) LA			1) ER			2) LA		
			Standort	1)WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI
Reifegr.	Sorte													
sehr früh	1)Premiere	80,2	79,9	81,0	77,2	77,0	76,9	79,0	79,5	79,9	76,6	79,2	76,9	
	2) Velox	80,5	80,5	81,7	77,8	78,8	77,8	78,6	80,2	80,6	77,3	78,1	77,8	
früh	3) Camilla	78,8	79,7	81,7	79,6	79,8	79,3	78,4	79,2	79,0	77,6	79,1	78,4	
	4)Carmona	79,4	80,1	80,5	78,5	78,0	76,9	78,6	79,8	80,4	77,5	79,2	79,0	
	5) Delikat	77,8	77,4	76,4	79,1	79,1	78,1	79,8	79,7	76,5	78,4	80,2	79,2	
	6) Diana*	82,8	82,3	81,8	80,5	81,0	80,0							
mittel-früh	7) Agria	77,6	78,7	72,3	79,5	79,0	78,1	77,6	78,0	76,7	78,0	78,4	79,4	
	8) Freya	75,4	77,1	76,6	78,4	78,6	77,8	76,6	77,0	75,0	78,2	77,4	79,5	
	9) Marlen	79,5	79,6	78,0	79,9	81,2	80,2	78,5	79,8	77,0	79,4	79,3	81,1	
	10)Sempra*	77,4	79,0		79,9	81,0		80,0	78,1		80,1	81,1		
	11) Verdi*							81,6	81,5		81,5	82,4		
mittel-spät-spät	12) Marena	77,8	77,5	79,8	78,4	77,7	78,4	77,3	78,0	79,1	76,0	78,1	79,6	
	13) Saturna	77,8	79,3	79,8	79,7	79,7	78,3	79,5	79,7	75,9	80,5	80,4	78,3	
	14) Sonate*	79,0	79,5		79,1	79,2		80,1	79,5	76,0	79,2	80,9	81,1	
Faktor	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)
Sorte	78,6	79,1	79,2	79,0	78,5	81,4	77,8	77,3	79,4	79,6		78,1	79,1	79,3
Standort	78,8	79,3	78,6											
Jahr	79,0	78,9												
Termin	78,9	79,0												

*wurden in die statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Im Durchschnitt aller Muster hatte das Versuchsjahr keinen erkennbaren Einfluss auf die Kochdunkelung. Wie für die anderen geprüften Qualitätsparameter, waren auch im Falle der Kochdunkelung die Wechselwirkungen zwischen Sorte, Standort, Jahr und Termin der Probenahme signifikant. So zeigten die beiden Sorten der sehr frühen Reifegruppe deutliche Qualitätseinbußen durch die Lagerung: zur Ernte lagen die gemessenen L-Werte noch in der Größenordnung *geringer Verfärbung*, nach Lagerung jedoch bereits im Bereich *starke Verfärbung*. Eine *sehr geringe Verfärbung* wurde bei Sorte Diana gemessen. Von einer bereits mäßigen Ausgangsverfärbung zur Ernte 2004 sanken die Werte bis in den Bereich starker Verfärbung. Bei den Proben der Reifegruppe II bis IV war die Wirkung der Lagerung nicht eindeutig. Als sehr lagerstabil erwiesen sich die Sorten Agria, Marlen, Marena, Saturna und Sonate. Für die geprüften Sorten werden in der Beschreibenden Sortenliste die Kochdunkelungs-Noten 3 (schwach) bis Note 4 (mittel–schwach) aufgeführt.

Offensichtlich lassen sich die Angaben nicht direkt auf hier beobachtete, sortenspezifische Ausprägungen übertragen. Vergleicht man die Einstufung mit den tatsächlich gemessenen Werten, so fällt die stärkere Differenzierung der Proben im hier vorgestellten Versuch auf. Rund die Hälfte aller Muster lag im mittleren Bereich (48 %) mäßiger Verfärbung, 33 % wiesen starke Verfärbung und 14,2 % geringe Verfärbung auf. Die beiden extremen Boniturnoten 5 bzw. 1 (sehr geringe bzw. sehr starke Verfärbung) wurden lediglich für 2 % bzw. 3 % der Proben vergeben.

Befall der Knollen mit *R. solani* und *S. scabies*

Der Erreger *R. solani* verursacht eine Vielzahl von gut beschriebenen Krankheitssymptomen im Feld und an den Ernteknollen. In der Beschreibenden Sortenliste finden sich keine Angaben zur Anfälligkeit der Sorten für Sklerotienbildung auf den Ernteknollen. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Angaben zur Anfälligkeit für den *R. solani*-induzierten Wipfelroller einen Hinweis auf die zu erwartende Häufigkeit/Ausprägung der Dauerstadien des Pilzes (Sklerotien) auf den Tochterknollen geben (BUHR, 1989).

Die statistische Auswertung des *R. solani*-Indexes ergab dreifache Wechselwirkungen von Sorte*Standort*Jahr ($p < 0,001$), so dass keine Verallgemeinerungen bezüglich der Anfälligkeit der Sorten unter ökologischen Bedingungen getroffen werden können. Die Schwankungen im Befall mit Sklerotien des Pilzes waren zwischen den drei geprüften Standorten vergleichbar hoch wie zwischen den Sorten. Gleichwohl tat sich keiner der Standorte durch konsistent höhere oder geringere Befallswerte hervor. Der höchste durchschnittliche Befall wurde an der Sorte Carmona festgestellt, gefolgt von Marlen und Camilla. Über die Jahre gab es ebenfalls keine konsistente Reaktion der Sorten. Grundsätzlich würde auf schwereren Standorten ein höherer Befallsgrad erwartet werden, weil die Erwärmung des Bodens und damit die frühe Pflanzenentwicklung langsamer verläuft. Auch hier war aber keine entsprechende Tendenz anhand der Daten auszumachen. Es kann ausgeschlossen werden, dass die Standortunterschiede auf Unterschiede in der Pflanzgutqualität zurückzuführen sind, denn das Pflanzgut einer Sorte stammte für alle drei Standorte aus derselben Partie. Dies gilt nicht für den Befallsgrad der einzelnen Sorten. Da der Ausgangsbefall der Pflanzknollen nicht bekannt ist, kann auch nicht gesagt werden, ob die Unterschiede zwischen den Sorten auf genetische Ursachen oder unterschiedlich stark befallene Pflanzgutpartien zurückzuführen ist. Anders als für die *R. solani* bedingte Pockenkrankheit bietet die Beschreibende Sortenliste (BUNDESSORTENAMT, 2003) eine Einschätzung der Anfälligkeit für den Kartoffelschorf an. Die angebauten Sorten weisen eine Anfälligkeit auf einer Skala von 1-9 zwischen 3 (gering; Velox) und 7 (stark; Premiere bzw.

Agria) auf. Der erhobene Index ist jedoch wiederum nicht direkt mit der BSA-Skala vergleichbar, weil er lediglich von 1-7 reicht.

Tab. 67: *R. solani*-Index der Knollen in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) sowie der Jahre 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

		<i>R. solani</i> -Index						
		1) 2003			2) 2004			MW
	Jahr	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	Sorte
Reifegruppe	Sorte							
sehr früh	Premiere	2,62	2,05	1,36	1,13	1,48	1,15	1,63
	Velox	1,00	1,12	1,59	1,36	1,13	1,30	1,25
früh	Camilla	2,49	1,37	2,35	2,51	2,73	2,02	2,25
	<i>Carmona</i>	1,01	1,39	3,79	2,68	2,29	3,43	2,43
	Delikat	2,54	1,78	1,68	2,68	3,12	1,23	2,17
	<i>Diana</i>	1,14	1,55	1,96				1,55
mittelfrüh	Agria	2,13	1,97	1,40	1,28	1,65	1,19	1,60
	Freya	1,26	1,34	1,35	1,17	1,21	1,09	1,24
	Marlen	1,77	1,45	3,26	2,49	2,08	2,76	2,30
	Sempra	1,08	1,57		1,18	1,21		1,26
	Verdi				1,74	1,02		1,38
mittelspät - spät	Marena	1,95	1,64	2,19	1,34	1,15	1,39	1,61
	Saturna	1,61	1,36	1,83	1,30	1,30	1,46	1,48
	Sonate	1,14	1,92		2,07	1,86	1,45	1,69
Faktor		1)		2)		3)		
Standort		1,82		1,68		1,89		
Jahr		1,85		1,73				

Tab. 68: *S. scabies*-Index der Knollen in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) sowie der Jahre 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

		S scabies-Index						
		1) 2003			2) 2004			MW
		1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	3) FH	Sorte
Reifegruppe	Sorte							
sehr früh	Premiere	1,25	1,44	2,68	1,02	1,14	2,46	1,66
	Velox	1,39	1,65	2,26	1,03	1,06	1,97	1,56
früh	Camilla	1,33	1,75	3,89	1,13	1,9	3,57	2,26
	<i>Carmona</i>	<i>1,54</i>	<i>1,61</i>	<i>2,97</i>	<i>1,13</i>	<i>1,17</i>	<i>2,6</i>	1,84
	Delikat	1,70	1,70	3,29	1,06	1,55	2,83	2,02
	Diana*	1,16	1,24	2,88				-
mittelfrüh	Agria	1,39	1,65	3,79	1,05	1,17	3,58	2,11
	Freya	1,22	1,31	2,6	1,00	1,07	2,33	1,59
	<i>Marlen</i>	<i>1,28</i>	<i>1,85</i>	<i>3,78</i>	<i>1,00</i>	<i>1,21</i>	<i>3,28</i>	2,07
	<i>Sempre</i>	<i>1,38</i>	<i>1,23</i>		<i>1,03</i>	<i>1,22</i>		-
	<i>Verdi*</i>				<i>1,03</i>	<i>1,11</i>		-
mittelspät - spät	Marena	1,18	1,58	2,35	1	1,15	1,55	1,47
	<i>Saturna</i>	<i>1,08</i>	<i>1,33</i>	<i>1,72</i>	<i>1,04</i>	<i>1,12</i>	<i>1,34</i>	1,27
	Sonate	1,24	1,63		1,04	1,34	3,05	-
Faktor		1)	2)	3)				
Standort		1,82	1,68	1,89				
Jahr		1,85	1,73					

Auch für den Befall der Knollen mit *S. scabies* wurden signifikante Haupt und Wechselwirkungen zwischen Sorte*Standort*Jahr ($p < 0,05$) festgestellt. Da die Wechselwirkungen nicht so sehr stark ausgeprägt waren, kann zumindest der Versuch unternommen werden, den Einfluss von Sorte, Standort bzw. Jahr zu interpretieren. Den geringsten Befall (*S. scabies*-Index $< 1,5$) - gemittelt über alle Standorte und beide Jahre - wiesen die Knollen der Sorten Verdi, Sempra, Saturna und Marena auf, den stärksten Befall ($> 2,0$) Delikat, Marlen, Agria und Camilla. Diese Abstufung deckt sich tendenziell mit den Einschätzungen des Bundessortenamtes.

2003 war der Befall der Knollen durch *S. scabies* höher als 2004, wofür wahrscheinlich die geringen Niederschläge während der Knollenbildungsphase verantwortlich waren. Die Krankheit wird durch Trockenheit, hohe Temperaturen und eine alkalische Bodenreaktion gefördert. Der pH-Wert des Bodens könnte der Grund für den höheren Befallsgrad der Knollen auf dem Standort Frankenhausen gewesen sein. Die Beregnung der Bestände auf Gut Wulksfelde kann wiederum die Ursache für den geringeren Befall der meisten Sorten verglichen mit jenen vom Lindhof gewesen sein.

In Übereinstimmung mit den Angaben der Beschreibenden Sortenliste (BUNDESSORTENAMT, 2003) erwiesen sich die frühen Sorten als sehr keimfreudig und zeichneten sich durch ein höheres Keimgewicht, sowie einen höheren Substanzverlust aus (Tab. 69 und 70).

Tab. 69: Gewichte der Keime (g/kg) nach Lagerung in den Sortenversuchen auf den Standorten Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) in den Jahren 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

	Jahr	Keimgewicht (in g/kg)						MW
		1) 2003			1) 2004			
		Standort	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	
Reifeg.	Sorte							
sehr früh	Premiere	39,13	40,68	41,36	29,69	40,60	60,74	42,03
	Velox	22,76	22,44	28,42	23,47	35,39	56,32	31,47
früh	Camilla	5,37	5,21	8,67	8,12	11,31	22,44	10,18
	<i>Carmona</i>	34,34	30,45	57,26	37,48	38,94	54,21	42,12
	Delikat	21,27	21,60	41,61	20,02	19,00	62,81	31,05
	<i>Diana*</i>	16,83	20,51	31,75	-	-	-	-
mittel-früh	Acria	0,28	0,95	3,42	3,47	4,08	12,19	4,06
	Freva	6,63	9,42	11,32	8,99	9,32	26,93	12,15
	<i>Marlen</i>	6,99	8,55	11,76	10,14	8,56	28,73	12,45
	<i>Sempre*</i>	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	-
	<i>Verdi*</i>	-	-	-	0,00	0,00	-	-
mittel-spät-snät	Marena	0,44	1,41	2,89	1,16	1,50	6,81	2,37
	<i>Saturna</i>	2,38	7,43	13,73	5,18	2,61	9,92	6,87
	<i>Sonate*</i>	14,34	14,42	-	16,69	16,32	47,33	-
Faktor		1		2		3		
Standort		14,38		15,97		28,08		
Jahr		16,95		22,00				

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

Die 4°C-Sorten Sempra und Verdi, die bei 4 °C gelagert wurden, bildeten bei niedrigen Gehalten von reduzierenden Zuckern keine Keime, wobei der Substanzverlust durch Atmungsaktivität und Verdunstung auf dem gleichen Niveau lag wie bei den anderen Sorten der mittelfrühen Reifegruppe. Als sehr lagerstabil erwiesen sich die Sorten Acria und Marena, die sehr wenig Keime ausbildeten und ebenfalls einen geringen Substanzverlust zeigten.

Außerdem lagen Unterschiede zwischen den Standorten und den Jahren vor: Die auf dem Standort Frankenhausen angebauten Sorten durchbrachen früher ihre Keimruhe und bildeten mehr Keime aus bei gleichzeitig höherem Substanzverlust als die auf den norddeutschen Standorten angebauten Sorten. Als Grund könnte die bessere Nährstoffversorgung des Bodens mit höherer Bodengüte in Frankenhausen sein. KÖLSCH et al. (1990) und SCHULZ (2000) bestätigen einen Anstieg der Keimmasse bei höherer Düngung bzw. Nährstoffversorgung. Die höheren Keimgewichte und Substanzverluste im Jahr 2004 können möglicherweise dadurch erklärt werden, dass die Kartoffeln durch das frühere Krautsterben aufgrund der Krautfäule nicht so lange ausreifen konnten wie im Jahr 2003. Dadurch waren die Kartoffeln „aktiver“, die Dormanz wurde früher gebrochen und die Kartoffeln keimten früher aus.

Tab. 70: Substanzverlust der Knollen (g/kg) nach Lagerung in Abhängigkeit der Sorten, der Standorte Wulksfelde (WU), Lindhof (LI) und Frankenhausen (FH) sowie den Jahren 2003 und 2004 (kursiv gekennzeichnet: Chipssorten)

	Jahr	Substanzverlust (in g/kg)						MW
		1) 2003			1) 2004			
		Standort	1) WU	2) LI	3) FH	1) WU	2) LI	
Reifeg.	Sorte							
sehr früh	Premiere	48.90	52.72	30.65	46.82	46.52	119.58	57.53
	Velox	38.74	28.89	22.21	37.14	43.42	116.38	47.80
früh	Camilla	29.28	29.29	15.12	31.07	34.06	62.58	33.57
	<i>Carmona</i>	<i>31.43</i>	<i>35.73</i>	<i>24.16</i>	<i>41.56</i>	<i>38.53</i>	<i>88.82</i>	43.37
	Delikat	29.50	28.80	21.11	26.48	32.53	97.51	39.32
	<i>Diana*</i>	<i>29.57</i>	<i>24.63</i>	<i>22.11</i>	-	-	-	-
mittel-früh	Acria	18.13	21.22	10.40	22.81	27.27	58.08	26.32
	Freva	27.88	25.89	13.87	29.90	40.96	72.66	35.20
	Marlen	57.05	25.86	12.55	30.25	38.08	67.41	38.53
	<i>Sempre*</i>	<i>20.70</i>	<i>23.12</i>	-	29.23	37.72	-	-
	<i>Verdi*</i>	-	-	-	35.74	48.79	-	-
mittel-spät-snät	Marena	16.01	16.58	4.73	15.23	15.20	47.19	19.16
	Saturna	22.79	25.16	13.62	28.00	36.41	62.50	31.55
	<i>Sonate*</i>	26.94	41.85	-	30.31	37.49	68.53	-
Faktor		1		2		3		
Standort		31,49		32,16		48,06		
Jahr		25,94		48,53				

*wurden in statistische Berechnung nicht mit einbezogen

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse, Möglichkeiten der Umsetzung oder Anwendung insbesondere Ableitung von Vorschlägen für Maßnahmen

Zielsetzung des Forschungsvorhabens war es, Strategien zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Verarbeitungskartoffeln unter den Rahmenbedingungen des Ökologischen Landbaus zu erarbeiten. Im Zuge der Ausweitung des Ökologischen Landbaus sollen dem Landwirt neue Absatzmärkte und Vermarktungswege eröffnet werden, um einen Beitrag zur Einkommenssicherung leisten zu können.

Die Kartoffel stellt die Kulturpflanze dar, die nach Winterweizen in der Vergangenheit der pflanzenbaulichen Forschung zum Ökologischen Landbau den höchsten Stellenwert genoss. Die Fragestellungen bisheriger Forschung zielten jedoch stets auf die Erzeugung von Kartoffeln für den Speisekartoffelmarkt ab. Wie die verfügbare Literatur und Aussagen der konventionelle bzw. ökologische Rohware verarbeitenden Industrie belegt, unterscheiden sich die relevanten Qualitätskriterien für Kartoffelverarbeitungsprodukte erheblich von denen für Speisekartoffeln. Die besonderen Bedingungen des Ökologischen Landbaus erfordern angepasste Strategien, um die hohen Ansprüche des verarbeitenden Sektors an die äußere Qualität wie Sortierung, Krankheitsbefall, Beschädigungsempfindlichkeit, Lagerfähigkeit, Schälabfall etc., aber auch die innere Qualität, wie z. B. Gehalte an reduzierenden Zuckern, Stärkegehalt und Trockensubstanz erfüllen zu können (siehe Tabelle 71).

Tab. 71: Bewertungskriterien für Verarbeitungskartoffeln

Eigenschaften	Pommes frites	Chips
Kochtyp	mehlig kochend	mehlig kochend
Knollenform	langoval	rundoval – rund
Fleischfarbe	hellgelb - gelb	hellgelb
Geruch, Geschmack	arteigen, ohne Fremdgeruch oder -geschmack	arteigen, ohne Fremdgeruch oder -geschmack
Sortierung	groß: 60 % > 50 mm	mittel: 40–65 mm
Stärke	14-18 %	16-20 %
TM-Gehalt	19-23 %	21-25 %
Reduzierende Zucker	max. 300 mg/100g FM	max. 150 mg/100g FM
Kochdunkelung	gering	gering
Rohbreiverfärbung	gering	gering
Fettaufnahme	gering-mittel	gering
Hohlherzigkeit	ohne	ohne
Schalenbeschaffenheit	flache Augenlage, glatte Schale, ohne Krankheiten (<i>Rhizoctonia</i> , Schorf)	flache Augenlage, geringe Schalendicke, ohne Krankheiten (<i>Rhizoctonia</i> , Schorf)
Beschädigungsempfindlichkeit	gering	gering
Verfärbungsneigung	gering	gering
Lagerfähigkeit im Hinblick auf red. Zucker	gut	sehr gut
Prüfung des Produktes auf	Aussehen, Farbe, Konsistenz, Geschmack	Produktfarbe, Helligkeit, Textur

Im Mittelpunkt des Verbundprojektes standen daher pflanzenbauliche Maßnahmen wie Sortenwahl, Pflanzgutvorbereitung, Beregnung, Vorfruchtwirkung und organische Düngung.

Die Versuche führten zu teils neuen Erkenntnissen, bestätigten bekannte Sachverhalte und erlauben die Ableitung von Praxisempfehlungen für ökologisch wirtschaftende Betriebe, die am Anbau von Verarbeitungskartoffeln interessiert sind.

3.2.1 Vorfrucht und Vorkeimen

Da beim Anbau von Kartoffeln nicht so sehr der Rohertrag, als vielmehr der sortierte Ertrag von Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg ist, muss die Wahl der Vorfrucht vor dem Hintergrund der im Anbauvertrag festgelegten Zielsortierung betrachtet werden. Der höchste marktfähige Ertrag wurde in beiden Versuchsjahren durch die Vorfrucht Erbse erzielt. Bezüglich der Stellung der Kartoffel in der Fruchtfolge ist es beim Anbau von Pommes frites-Rohware noch wichtiger als bei der Erzeugung von Kartoffeln für die Chips-Industrie, als Vorfrucht die Erbse zu stellen. Die Ergebnisse belegen, dass es auch bei hoher natürlicher Fruchtbarkeit des Standortes unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaues schwierig ist, diese Anforderungen zu erfüllen. Die Verwendung einer Sorte wie Agria, die eine genetisch bedingte Tendenz zu Übergrößen besitzt, scheint nach den vorliegenden Ergebnissen unabdingliche Voraussetzung für das Erreichen der Marktfähigkeit der Ernteknollen. Mehr noch wurde deutlich, dass gerade in Jahren wie 2004, das hinsichtlich des Verlaufes der Witterung und der Krautfäule als durchschnittlich betrachtet werden kann, die Pflanzgutvorbereitung durch Vorkeimen unerlässlich ist.

Der für den Landwirt am leichtesten zu steuernde Parameter zur Erzielung hoher Anteile von großen Knollen ist im ökologischen Kartoffelanbau die Sortenwahl. Die abnehmende Industrie schreibt jedoch in der Regel die anzubauende Sorte vor und diese richtet sich meist nicht nach den agronomischen Vorzügen einer Sorte. Gleichwohl scheint mit der derzeit im Vertragsanbau für Öko-Pommes frites angebauten Sorte Agria eine für beide Seiten (Landwirte/Verarbeiter) gute Wahl getroffen worden zu sein. Nicht zuletzt auch aufgrund des guten Abschneidens der Sorte in den Sortenversuchen kann die Sorte Agria für den Anbau von Pommes frites-Rohware für den Ökologischen Landbau empfohlen werden. Die weiteren Vorzüge dieser Sorte basieren auf der geringen Anfälligkeit für die Kraut- und Knollenfäule, einer geringen Knollenzahl, der ausgeprägten Keimruhe und einer entsprechend guten Lagerfähigkeit. Während ihre geringe Keimfreudigkeit für die gute Lagereignung mitverantwortlich ist, führt diese Eigenschaft dazu, dass die Notwendigkeit der Pflanzgutvorbereitung durch Vorkeimen unabdingbar wird. Durch Vorkeimen der Pflanzknollen wird nicht nur das Auflaufen und die frühe Jugendentwicklung zeitlich vorverlegt; die Förderung der apikalen Dominanz verringert auch die Anzahl angelegter Knollen. Die Einzelknollenmasse nimmt zu und beeinflusst die Sortierung in Richtung einer Zunahme der Ertragsanteile größerer Knollen. Die Sorte Marlen erwies sich ebenfalls als für die Bedingungen des Ökologischen Landbaues gut geeignet und kann für die Verwertungsrichtung „Chips“ ausdrücklich empfohlen werden. Aufgrund der mittel bis hohen Zahl angelegter Knollen, einer vergleichsweise stark ausgeprägten Keimfreudigkeit und entsprechend rascher Jugendentwicklung ermöglicht die Sorte hohe Erträge der Sortierung >40 mm vor allem in Jahren mit verkürzter Vegetation.

Die Wirkung gesteigerter N-Versorgung, sowie des Vorkeimens auf die Rohstoffqualität scheint nach den vorliegenden Ergebnissen nicht sehr ausgeprägt. Der Landwirt muss durch die Entscheidung für eine Leguminose oder Getreide als Vorfrucht vermutlich nicht mit Qualitätseinbußen rechnen. Die Ergebnisse zeigen, dass die von der Industrie geforderten und in der Literatur empfohlenen Mindest-TS- und Stärkegehalte unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus bei auf den Verwendungszweck abgestimmter Sortenwahl kein

Problem darstellen. Aufgrund des grundsätzlich niedrigeren N-Versorgungsniveaus ist das Risiko einer negativen Beeinflussung im Sinne einer Unterschreitung der mindestens geforderten TS-Gehalte im ökologischen Verarbeitungskartoffelanbau offenbar eher gering. Die Wirkung der geprüften Leguminosen (im Vergleich zu Getreide) war zwar statistisch abzusichern, fand aber in einer Größenordnung statt, die die Qualität des Rohstoffes nicht gefährdet. Als viel gravierender in diesem Zusammenhang muss der unkontrollierbare Einfluss des einzelnen Anbaujahres angesehen werden. Mit Auftreten der Krautfäule kann eine erhebliche Verkürzung der Vegetationszeit und damit der Ausreifung der Knollen einhergehen. Besonders in Regionen mit gewöhnlich frühem Auftreten der Krautfäule ist das Vorkeimen eine wichtige Maßnahme, durch die der Landwirt das Risiko zu niedriger TS- bzw. Stärkegehalte reduzieren kann. Die Arbeitshypothese, dass die Verlängerung des krautfäulefreien Wachstums durch Vorkeimen auch niedrigere Gehalte an reduzierenden Zuckern bewirkt, konnte im vorliegenden Versuch jedoch nicht bestätigt werden, gilt aber nach unserer Einschätzung dennoch in Jahren mit sehr frühem Einsetzen einer schweren Krautfäulepidemie. Das Niveau der Konzentration an reduzierenden Zuckern war in beiden Jahren relativ niedrig und die Verarbeitung kurz nach der Ernte ließ kein Risiko einer erhöhten Bildung von Acrylamid erwarten. Nach neueren Untersuchungen aus der Schweiz besteht erst ab Konzentrationen von > 100 mg/100g FM die Gefahr bedenklich starker Acrylamid-Bildung (BIEDERMANN-BREM et al., 2003). Der Vergleich zwischen den beiden Vegetationsperioden verdeutlicht die Bedeutung einer ungestörten Ausreifung der Kartoffelknollen für das Lagerverhalten sowie der Anreicherung von Glukose und Fruktose. Obgleich das Vorkeimen sowohl den Ertrag als auch den TS-Gehalt der Knollen positiv beeinflusste, war keine konsistente Wirkung der Pflanzgutvorbereitung auf den Zuckergehalt der Knollen abzusichern. Die Wirkung der Vorfrucht ist vermutlich bedingt durch deren Einfluss auf eine differenzierte N-Verfügbarkeit, Aufnahme und eventuell auch den dadurch beeinflussten Ausreifungsgrad der Knollen. Die Auswertung ergab jedoch vierfache Wechselwirkungen zwischen den geprüften Faktoren, was eine einfache Interpretation der Wirkung der Vorfrucht unmöglich macht, so dass an dieser Stelle auf verallgemeinernde Aussagen verzichtet werden muss.

Die Qualität der zu Chips verarbeiteten Knollen war in beiden Jahren zum Zeitpunkt „nach Ernte“ exzellent und entsprach der höchsten, vergebenen Boniturnote. Vergleichbar der Reaktion der Zucker-Konzentrationen reagierte auch die Chips-Qualität (Helligkeit- oder auch L-Wert) auf die Lagerung 2004-05 sehr deutlich. Der erhebliche Qualitätsverlust im Lager darf dabei auf den starken Anstieg der Zucker zurückgeführt werden, ist doch die enge Korrelation zwischen Zuckern und Chips-Farbe hinlänglich belegt (PUTZ & HAASE 1998).

Anders als die Chips wiesen die hergestellten Pommes frites schon zur Ernte deutliche Abweichungen von der Qualitätserwartung auf. Die deutlichste Abweichung vom Versuchsmittel wurden von den, nach Vorfrucht Klee gras, geernteten Knollen festgestellt.

Da lediglich im Jahre 2003 die Knollen nach Getreide bessere Qualität der Pommes frites aufwiesen als nach den Leguminosen, wird an dieser Stelle keine Verallgemeinerung der Wirkung von Vorfrüchten auf die Produktqualität vorgenommen.

3.2.2 Kaliumversorgung

Zielsetzung des Versuches war es zu prüfen, einerseits, ob Stallmist ein adäquater Ersatz zur mineralischen Kaliumdüngung sein kann, und ob andererseits der Stallmist auch als N-Quelle für Verarbeitungskartoffeln im Ökologischen Landbau dienen könnte. Als alternativer,

systemkonformer N-Dünger wurde Horngrieß alleine und in Kombination mit Kaliumsulfat auf seine Wirkung auf Ertrag und Qualität der Knollen hin untersucht.

Die chemische Analyse des Stallmistes machte deutlich, dass bei Nutzung eines solchen Düngers mit einer ebenso großen Streuung der Nährstoffgehalte wie im konventionellen Anbau zu rechnen ist. Es war auffallend, dass sich die Gehalte an N und K im unteren bzw. mittleren Bereich dessen bewegen, was für Stallmist aus ökologischen Stallmist-Systemen von DEWES & HÜNSCHE (1998) beobachtet wurde. Die Gehalte an P waren dagegen auf vergleichbarem Niveau. Die mit Stallmist und den anderen N- bzw. K-haltigen Düngemitteln (Horngrieß resp. Kaliumsulfat) gedüngten Mengen an Stickstoff und Kalium schwankten zwischen 178 und 217 kg K/ha bzw. 98 und 146 kg N/ha. Die mit Stallmist verabreichte Menge Trockenmasse rangierte zwischen 28 und 40 t/ha und waren damit in einer Größenordnung, wie sie für die Praxis des Ökologischen Landbaus üblich ist (RAHMANN et al., 2004). Weniger deutlich als die Nährstoffkonzentration schwankte das C/N-Verhältnis des Mistes über die Jahre zwischen 19 und 24.

Die Ergebnisse zeigten zum einen, dass frischer Stallmist eine vergleichbare Kalium-Wirkung bezüglich, K-Verfügbarkeit im Boden, K-Aufnahme und K-Konzentration der Kartoffelknollen aufwies, zum anderen aber die N-Verfügbarkeit im Jahr der Anwendung gering bzw. nicht nachweisbar war. Eventuelle N-Verluste durch Verflüchtigung sind generell nicht auszuschließen, durch die rasche Einarbeitung nach Ausbringung aber sicher von untergeordneter Bedeutung für die (Nicht-) Wirksamkeit des Stallmistes. Der Stickstoff aus dem Horngrieß wies hingegen eine rasche Verfügbarkeit auf, was sich in den Gehalten an Nitrat-N zum Auflaufen der Kartoffeln und den N-Aufnahmen und -Gehalten der Kartoffelknollen widerspiegelte.

Hinsichtlich der Ertragswirkung erwies sich die Kombination aus Kaliumsulfat und Horngrieß als empfehlenswertes Düngemittel, während weder eine alleinige Gabe von Stallmist oder Horngrieß über die beiden Jahre und Sorten nachweisbare Wirkung hatte. Auch für die Erzielung hoher marktfähiger Erträge der Knollensortierung > 40 bzw. > 50 mm empfiehlt sich die Anwendung der kombinierten N-K-Düngemittel. Vor allem vor dem Hintergrund der hohen Anforderungen der Öko-Rohware verarbeitenden Industrie wurde deutlich, dass auf einem für die Kartoffelerzeugung üblichen Standort mittlerer Güte auf sandigem Lehm, die Zielsetzung 50 % des Knollenertrages > 50 mm ohne zusätzliche N-K-Düngung gar nicht hätte erreicht werden können.

Die Sorte Agria kann auf Grund der vorliegenden Untersuchungen für den Anbau von Pommes frites-Rohware im Ökologischen Landbau empfohlen werden, weil die genetisch festgelegte Tendenz zu weniger Knollen/Staude offenbar eine, der Wirkung einer Düngungsmaßnahme mindestens ebenbürtige Wirksamkeit auf den sortierten Ertrag besitzt. Die Sortenwahl – das bestätigen auch die Sortenversuche und der Vorfrucht-Versuch sehr deutlich – ist demnach das wichtigste pflanzenbauliche Werkzeug für den Landwirt beim Anbau von Verarbeitungskartoffeln. Dies lässt sich auch anhand der Versuchsergebnisse zur Qualität des erzeugten Rohstoffes und der Verarbeitungsprodukte bestätigen.

Hinsichtlich der relevanten Qualitätsparameter der Rohstoffqualität konnte in den meisten Fällen keine Wirkung der Düngung nachgewiesen werden konnte. Für den Zuckergehalt spielte die Düngung eine nachweisbare, aber geringe, das Anbaujahr (Dauer der Vegetation) und die Lagerung hingegen eine entscheidende Rolle. Daraus lässt sich folgern, dass lediglich Maßnahmen, die für eine Ausreifung der Knollen förderlich sind, Erfolg versprechen. Gleiches gilt für die Qualität, insbesondere der hergestellten Chips, die besonders stark auf die erhöhten Zuckergehalte durch die Lagerung reagierten, während die Chipsfarbe nicht

konsistent durch die Düngung beeinflusst wurde. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Ergebnisse darf demnach angenommen werden, dass unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus bei zeitnaher Verarbeitung des Rohstoffes und entsprechender Sortenwahl die Zuckergehalte der Knollen auf einem Niveau liegen, das eine sehr gute Qualität der Frittierprodukte erwarten lässt.

Obwohl die Lagerung erwartungsgemäß negative Wirkung auf die Qualität der Chips hatte, deuten die Ergebnisse darauf hin, dass auch nach viermonatiger Lagerung bei 8 °C noch eine ausreichende Qualität des Rohstoffes aus ökologischer Erzeugung gewährleistet werden kann. Einfluss auf den TS- bzw. Stärkegehalt der Knollen kann vor allem über die Sortenwahl genommen werden: Bei einer hohen K-Gabe durch Stallmist bzw. Kaliumsulfat bzw. N- Düngung mit Horngrieß - muss der Landwirt jedoch mit niedrigeren Gehalten rechnen, die aber lediglich im Einzelfall dazu führen dürften, dass die Mindestanforderungen an den Rohstoff nicht mehr erfüllt sind. Aus den vorliegenden Untersuchungen kann ebenfalls abgeleitet werden, dass die Sorte Agria auch unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus die vom Bundessortenamt beschriebene sehr gute Pommes frites-Qualität realisieren kann.

Bezüglich der in der Industrie und auch in Großküchen relevanten Verfärbungsreaktionen der Knollen (Rohbreiverfärbung und Kochdunkelung) kann aus dem Versuch abgeleitet werden, dass eine hohe K- bzw. mittlere N-Düngung mit den geprüften Düngern die Neigung zur Verfärbung weder erhöht noch positiv beeinflusst. Es zeigte sich vor allem anhand der Rohbreiverfärbung, dass ein nennenswerter Einfluss von Seiten des Landwirtes lediglich durch die Sortenwahl genommen werden kann. Da die Kochdunkelung negative Auswirkungen auf die Pommes frites-Qualität haben kann, sollte die genotypisch bedingte Verfärbungsneigung bei der Sortenwahl berücksichtigt werden.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse lässt sich die Annahme nicht bestätigen, dass eine Stallmistdüngung (in Abhängigkeit vom Verrottungsgrad) das Risiko des Befalls der Knollen mit *R. solani*-Sklerotien entweder senken oder erhöhen kann, nicht bestätigen, da die Düngungsmaßnahmen keinen Einfluss auf das Auftreten der sog. Pockenkrankheit hatten. Offensichtlich hingegen war die Wirkung der Jahreswitterung, und wie weiter oben bereits besprochen, sind die Pflanzgutvorbereitung und die Sortenwahl (Triebkraft, Frohwüchsigkeit) mögliche Instrumente zur Begrenzung des Befalles. Gleiches gilt mit Einschränkungen für den Kartoffelschorf.

Insgesamt kann aus den erzielten Ergebnissen geschlossen werden, dass auf leichten bis mittleren Standorten mit der K-Versorgungsstufe B bzw. C durch eine Stallmistdüngung kurzfristig die K-Verfügbarkeit verbessert werden kann. Aufgrund der geringen N-Wirksamkeit der organischen Dünger darf jedoch nicht mit einer direkten Ertragswirksamkeit gerechnet werden. Unter den gegebenen Verhältnissen ist die Anwendung einer kombinierte Düngung aus Horngrieß und Kaliumsulfat zu bevorzugen, weil diese höhere Erträge garantiert, ohne dabei die Qualität des Rohstoffes oder der verarbeiteten Knollen zu gefährden. Entscheidend für die Verarbeitungsqualität des Rohstoffes ist die Sortenwahl.

3.2.3 Klee grasmanagement

Viehlos, ökologisch bewirtschaftete Betriebe integrieren zumeist ein- bzw. überjährige Klee grasbestände in ihre Fruchtfolge, die als Stilllegungsfläche brach liegen und mehrmals im Jahr gemulcht werden. Der Aufwuchs verbleibt, da die Nutzung als Futter in viehlosen Betrieben entfällt, auf der Fläche und dient als N-Pool für die nachfolgende Frucht. Außerdem durfte im Rahmen der konjunkturellen Flächenstilllegung und Beziehung von

Ausgleichszahlungen bis 2001 der Aufwuchs nicht von der Fläche entfernt werden. Seither ist jedoch die Verwertung von Futterleguminosen von ökologisch bewirtschafteten Stillungsflächen erlaubt. In viehhaltenden Betrieben wird das Klee gras gewöhnlich geschnitten und als Futter, insbesondere für Wiederkäuer, genutzt. Diese produzieren Wirtschaftsdünger wie Stallmist oder Gülle, die in der Fruchtfolge variabel zur Ausgleichung von Stickstoffdefiziten eingesetzt werden können.

Der Versuch zum Klee grasmanagement hatte die Zielsetzung zu überprüfen, ob von einer differenzierten Bewirtschaftung der Vorfrucht Klee gras in Form von reinem Mulchen (viehlose Bewirtschaftung), reiner Schnittnutzung (viehhaltender Betrieb) oder einer entsprechenden Mischnutzung Auswirkungen auf den Ertrag und die Sortierung der Folgefrucht Kartoffeln sowie deren Verarbeitungsqualitäten und die Verarbeitungsprodukte ausgehen. Nach LOGES (1998) und DREYMANN et al. (2003) weist unterschiedlich genutztes Klee gras auch verschiedene N-Fixierungsleistungen auf, wobei ausserdem aufgrund unterschiedlicher Ernteresiduen und C/N-Verhältnisse der Pflanzenrückstände eine Beeinflussung der N-Mineralisierung zur Folgefrucht Kartoffel möglich ist. In Versuchen zu Winterweizen (LOGES, 1997; DREYMANN, 2005) wurden bei dem reinen Mulchnutzungssystem höhere residuale N-Mengen im Vergleich zum schnittgenutzten System nachgewiesen.

Bei den vorliegenden Versuchen zum Klee grasmanagement wurde deutlich, dass im Durchschnitt der beiden Jahre die unterschiedliche Klee grasnutzung den Gesamtertrag, die Knollengrößenverteilung und die Qualitätsparameter der Verarbeitungskartoffeln nicht beeinflusste. Entsprechend der höheren Ernteresiduen und N-Menge aus dem Klee gras konnte nur im Jahre 2003 durch das Nutzungssystem „Mulchen“ ein leichter Ertragsvorteil bei der Folgefrucht Kartoffel realisiert werden.

Untersuchungen von STINNER et al. (2005) und DREYMANN et al. (2005) zeigten, dass es bei Mulchsystemen, vor allem wenn der Umbruch des Klee grasses im Herbst erfolgt, zu Nitratverlusten durch Auswaschung im Winter kommt und demzufolge als eine eher ungünstige Nutzungsform zu bewerten ist. Auch wenn es bei einer reinen Mulchnutzung in Einzelfällen zu einer leichten Erhöhung des Ertrages der Folgefrucht kommen kann, erscheint daher eine Schnittnutzung aus gesamtbetrieblicher Sicht als sinnvoller, da sie dem Landwirt auch in viehlosen Betrieben einen höheren ökonomischen Nutzen einbringen kann. Denkbar wäre hier die Nutzung in Biogasanlagen, wobei dabei entstehende Gärreste im Betrieb wieder ausgebracht werden könnten (MÖLLER et al., 2005). Außerdem wäre eine Kooperation mit viehhaltenden Betrieben denkbar, die das Klee gras als Futter verwenden und im Gegenzug Wirtschaftsdünger wie Gülle oder Stallmist den Ackerbaubetrieben zur Verfügung stellen.

Der Einsatz von Gülle im Frühjahr des Jahres 2004 erwies sich für die Ertragsleistung der Verarbeitungskartoffeln mit einem durchschnittlichen Mehrertrag von 2 % als positiv und zeigte in der moderaten Höhe von 75 kg N/ha keinen negativen Einfluss auf die inneren Qualitätsparameter. Die Gülle als organische Düngerquelle ist in diesem Anbausystem als positiv zu bewerten, da sie vom Landwirt flexibel in der Fruchtfolge eingebracht werden kann im Gegensatz zu der eher unkontrollierbaren „Depotwirkung“ des Stickstoffes aus dem Klee gras.

Die sehr unterschiedlichen Witterungsverhältnisse in den beiden Versuchsjahren machte deutlich, dass der Witterungsverlauf in der Vegetationsperiode, insbesondere in Kombination der unterschiedlichen morphologischen Kennzeichen verschiedener Kartoffelsorten (Stängeltyp (Agria) und Blatttyp (Marlen): Ertragsvorteil des Stängeltyps mit hohem

Krautertrag bei zunehmenden Trockenstress, vgl. auch Kap. 3.1.2.1), einen sehr großen Einfluss auf die Ausprägung von Ertrag, Knollengrößenverteilung und die Qualität der Verarbeitungskartoffeln hat. Dabei zeigte sich die Sorte Agria, die in den vorliegenden Untersuchungen für die Verarbeitung zu Pommes frites genutzt wurde in beiden Jahren als sehr ertragssicher, auch hinsichtlich der Knollenfraktion > 50 mm. Zu beachten ist jedoch, dass die Anforderung „60 % der Knollen > 50 mm“, die seit neuestem an Verarbeitungskartoffeln für die Pommes frites Verarbeitung aus ökologischem Anbau gestellt wird, in diesem Versuch nicht erfüllt werden konnte. Auf dem geringeren Düngerniveau im Ökologischen Landbau im Vergleich zum konventionellen Kartoffelbau wird es für den Landwirt schwierig sein ohne Aussortierung der klein fallenden Knollen diese Forderung erfüllen zu können. Wichtig ist eine auf große Sortiergrößen ausgerichtete Anbaustrategie, wobei auch Pflanzabstand, Beregnung und Düngungsalternativen angepasst werden müssen (siehe Kap. 3.2.6). Die Sorte Agria bietet dem Landwirt die Möglichkeit, die geringeren Sortiergrößen als Speisekartoffeln direkt zu vermarkten. Im Jahre 2003 konnten bei beiden Sorten sehr gute Qualitäten nach Verarbeitung des jeweiligen Produktes erreicht werden. Im Jahre 2004 jedoch fiel das Qualitätsniveau aufgrund von früherer Keimung und Anstieg der Gehalte an reduzierenden Zuckern ab. Die Verarbeitung zu Pommes frites war dennoch möglich, da dort ein größerer Spielraum hinsichtlich der Gehalte an reduzierenden Zuckern gegeben ist. Ein Anbau von Kartoffeln, die zur Pommes frites-Verarbeitung genutzt werden sollen, kann für den ökologisch wirtschaftenden Landwirt in diesem Anbausystem eine Vermarktungsalternative bieten.

Bei der Chipsverarbeitung liegen die Höchstgrenzen für die Gehalte an reduzierenden Zuckern mit 150 mg/kg FM wesentlich niedriger als bei den Kartoffeln zur Pommes frites-Verarbeitung (siehe Tabelle 71), so dass es im Jahr 2004 teilweise nicht mehr möglich gewesen wäre, die Chips zu vermarkten.

Ein weiteres Problem bei der Verarbeitung zu Chips ist jedoch, dass die Kartoffeln möglichst ganzjährig, frisch verarbeitet werden müssen. Das erfordert eine ausreichende Lagerfähigkeit ohne Keimhemmungsmittel, die bei 8 °C bei der Chipssorte Marlen nicht gegeben war. Eine Empfehlung für den Anbau von Verarbeitungskartoffeln für die Chipserzeugung kann für den ökologisch wirtschaftenden Landwirt unter diesen Bedingungen nicht gegeben werden. Denkbar wäre, dass der Verarbeitungsbetrieb ein bis zwei Monate im Jahr, in einem Zeitraum der dicht am Erntetermin liegt, nur ökologisch erzeugte Kartoffeln und den Rest des Jahres konventionelle Kartoffeln verarbeitet. Das würde eine enge Kooperation mit den Landwirten und eine Anpassung an ökologische Anbauverhältnisse seitens der Verarbeiter bedeuten. Eine weitere Möglichkeit wäre die Verwendung von 4°C-Sorten, die bei 4 °C vergleichsweise länger gelagert werden können, ohne dass sie hohe Gehalte an reduzierende Zucker aufweisen. Zur Verwendung der 4°C-Sorten soll bei den Sortenversuchen näher eingegangen werden.

3.2.4 Beregnung in Kombination mit Stallmistdüngung

Der Versuch zur Beregnung von Verarbeitungskartoffeln in Kombination mit einer differenzierten Stallmistdüngung hatte die Zielsetzung zu untersuchen, ob die Nährstoffe aus einer organischen Düngung (Stallmist) über eine gezielte Beregnung besser von den Kartoffeln ausgenutzt werden können, und inwieweit die Ertragsstruktur und Qualitätsparameter von Verarbeitungskartoffeln dadurch beeinflusst werden. Neben der Deckung ihres Nährstoffbedarfs ist eine ausreichende Wasserversorgung für den

Kartoffelanbau von entscheidender Bedeutung. Eine nutzbare Feldkapazität von 50-80 % sollte dabei nicht unterschritten werden (KAINZ, 2003). Bei leichten Böden, wie in den vorliegenden Feldversuchen, und bei entsprechender Witterung ist dieses oft nur über Beregnung sicherzustellen. In den Versuchen konnte der Faktor Beregnung leider nur im Jahr 2003 berücksichtigt werden, da aufgrund der im Vergleich zum langjährigen Mittel überdurchschnittlichen Niederschläge eine Beregnung im Versuchsjahr 2004 nicht durchgeführt werden konnte.

Aus den Versuchsergebnissen aus dem Jahr 2003 lässt sich ableiten, dass bei trockenen Witterungsverhältnissen sowohl eine Stallmistdüngung, wie auch die Beregnung zu einer Verbesserung des Ertrages, der Größensortierung und auch der Qualität der Verarbeitungskartoffeln führen. Durch die Beregnung konnte dabei eine Ertragerhöhung bis zu 13 t/ha realisiert werden, wobei der Mehrertrag in Kombination mit der Stallmistdüngung höher war als bei den ungedüngten Varianten. Das Gleiche gilt auch für die Sortierungsgrößen. Die seitens der Verarbeiter erhöhte Anforderung, dass nicht nur 50 % sondern nunmehr 60 % der Knollen eine Größen von über 50 mm haben müssen, konnte mit Beregnung und Stallmistdüngung realisiert werden. Das erhöhte Wasserangebot scheint dabei eine Vorraussetzung dafür zu sein, dass das vermehrte Nährstoffangebot aus der Düngung einen Beitrag für das Pflanzenwachstum und die Ertragsbildung leisten kann. Die Düngungsstufe spielt ab einer bestimmten Höhe allerdings eine eher untergeordnete Rolle, da schon mit 80 kg N/ha das gleiche Ertrags- und Sortierungsniveau erreicht werden konnte wie mit 160 kg N/ha. Vielmehr scheint die indirekte Wirkung des Stallmistes mit seiner Verbesserung der chemischen, biologischen und physikalischen Bodenparameter und der Erhöhung des Boden-N-Pools entscheidend zu sein, was auch durch die scheinbar geringe N-Ausnutzungsrate und den geringen N-Mehrentzug der Knollen bei den gedüngten Varianten unterstrichen wird.

Bei den inneren Qualitätsmerkmalen wie dem Stärkegehalt und der Rohbreiverfärbung wird der mögliche Einfluss der Kaliumdüngewirkung des Stallmistes deutlich. Höhere Kaliumversorgung führt zu einem geringeren Stärkegehalt und zu einer geringeren Rohbreiverfärbung in den Knollen. Dabei spielt nicht nur die reine Düngerwirkung sondern auch die bessere Nährstoffverfügbarkeit durch die Beregnung eine Rolle. Der Stärkegehalt wird bei höherem Wasserangebot ebenfalls aufgrund eines Verdünnungseffektes auf einem etwas niedrigeren Niveau gehalten. Die Düngung in Kombination mit Beregnung führte somit zu einer geringeren Rohbreiverfärbung und zu „stabilen“ Stärkegehalten innerhalb des Spielraumes der Richtwerte. Die Gehalte an reduzierenden Zuckern und die Neigung zur Kochdunkelung wurden weder durch die Düngung noch durch die Beregnung eindeutig beeinflusst, so dass man davon ausgehen kann, dass bei diesen Parametern andere Einflussgrößen wie die Witterungsverhältnisse in der Vegetationsperiode, die physiologische Reife der Knollen bei der Ernte und die genetische Ausprägung unterschiedlicher Kartoffelsorten von größerer Bedeutung sind. Eine indirekte Wirkung der Beregnung auf die Ausreife der Kartoffeln aufgrund einer Beeinflussung des Befalls mit Krautfäule kann nicht ausgeschlossen werden. Denn in den Beregnungsvarianten kam es im Jahr 2003 zu einem signifikant höheren Befall mit *Phytophthora infestans* im Vergleich zu den unberegneten Varianten, wobei das Befallsniveau insgesamt jedoch zu gering war, um einen negativen Effekt auf die Qualitäts- oder auch Ertragsparameter der Kartoffeln auslösen zu können. Eine bessere Nährstoffversorgung durch organische Düngung vermindert dagegen wiederum den

Befall mit Krautfäule aufgrund der besseren Ernährung und auch Krankheitsresistenz der Pflanzen.

Im Jahre 2003 waren die Gehalte an reduzierenden Zuckern wie beim Klee grasmanagementversuch auf einem sehr niedrigen Niveau und stiegen auch nach einer 4-monatigen Lagerung nicht stark an, so dass die Pommes frites und Chips eine ausgesprochen gute Qualität aufwiesen. Im Jahr 2004 kam es aber auch hier nach Lagerung zu einer deutlichen Qualitätsverschlechterung, insbesondere bei der Chipsherstellung, da die Gehalte an reduzierenden Zuckern stark anstiegen und die geforderten Höchstwerte für Chipskartoffeln teilweise überschritten wurden. Im Gegensatz zum Anbau von Verarbeitungskartoffeln für die Pommes frites Produktion ist der Anbau von Chipskartoffeln im Hinblick auf die Einhaltung der Grenzwerte für die reduzierenden Zucker mit einem höheren Risiko verbunden und kann nur bei einem an die ökologischen Verhältnisse angepassten Management seitens der Verarbeiter empfohlen werden (siehe Kapitel 3.1.3).

Zur Verdeutlichung der Wirtschaftlichkeit der Beregnung ist in Tabelle 70 eine Berechnung zur Abschätzung der Effizienz der Kartoffelberegnung auf Grundlage von ROTH & ALBRECHT (1999) und unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse aus dem Jahr 2003 für die Sorte Agria (Verarbeitungsrichtung Pommes frites) dargestellt. Dabei wird von einer durchschnittlichen Zusatzwasserhöhe von 100 mm ausgegangen und ein kalkulatorischer Preis von 13 €/dt (DRESCHER, 2005) angenommen. Als Marktware wird zur Vereinfachung nur auf die Sortierung über 50 mm eingegangen, wobei zu berücksichtigen ist, dass auch eine Erhöhung der Sortierung > 40 mm durch die Beregnung dem Landwirt einen ökonomischen Nutzen bringt. ROTH & ALBRECHT (1999) unterscheidet vier Kostengruppen, da die Kosten für verschiedene Beregnungsanlagen sowie –verhältnisse (z.B. Wasserentnahme aus eigenem Brunnen, geringer Rohrkostenbedarf durch Nähe zu den Flächen usw.) stark variieren können. Bei der höchsten Kostengruppe wäre in den vorliegenden Untersuchungen ein Mehrertrag von ca. 55 dt notwendig, um die Beregnung rentabel zu machen. Nicht in jedem Jahr ist eine Beregnung notwendig, wie die Erfahrungen aus 2004 verdeutlichen. Untersuchungen von FRICKE (2004) zeigen jedoch, dass im Mittel von 9 Versuchsjahren auf sandigen Böden nur 70 % des Ertrages ohne Beregnung erreicht werden konnte, was eine Wirtschaftlichkeit der Beregnung auch im Durchschnitt der Jahre unterstreicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass nach bisherigem Kenntnisstand auf leichten Böden eine Beregnung in Kombination mit einer Stallmistdüngung von 80 kg N/ha im Hinblick auf die Ertragsstrukturparameter und Qualitätsanforderung an Verarbeitungskartoffeln nur empfohlen werden kann. Um die Ergebnisse jedoch generalisieren zu können, sollten weitere Versuche zu dieser Thematik durchgeführt werden.

Tab.72: Abschätzung der Effizienz der Kartoffelberegnung

		Böden mit niedrigem Wasserspeichervermögen (IS)
Zusatzwasserhöhe	(mm)	100
Ertrag ohne Beregnung	(dt/ha)	481
mit Beregnung	(dt/ha)	394
Mehrertrag an Marktware (hier >50mm)	(dt/ha)	94
Preis pro dt Marktware	(€/dt)	13,-
Mehrerlös an Marktware	(€/dt)	1222,-
Kosten der Mehrproduktion (Beregnungskosten und mehrertragabhängige Kosten)		
Kostengruppe 1 (niedrig)	(€/ha)	510,-
Kostengruppe 2 (mittel)	(€/ha)	575,-
Kostengruppe 3 (hoch)	(€/ha)	640,-
Kostengruppe 4 (sehr hoch)	(€/ha)	705,-
Mehrerlös durch Beregnung		
Kostengruppe 1 (niedrig)	(€/ha)	712,-
Kostengruppe 2 (mittel)	(€/ha)	647,-
Kostengruppe 3 (hoch)	(€/ha)	582,-
Kostengruppe 4 (sehr hoch)	(€/ha)	517,-

3.2.5 Sortenversuche

Basierend auf Vorversuchen aus den Jahren 2000 und 2001 wurden auf drei Standorten mit verschiedener Bodenbonität (Wulksfelde (IS, Bp: 30), Lindhof (sL, Bp: 40-45), Frankenhausen (Ut3, Bp: 75-80) ein Sortiment von 14 verschiedenen Sorten angebaut, die entweder zu Chips oder Pommes frites verarbeitet wurden, um deren Eignung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Standortverhältnisse für die Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln im Ökologischen Landbau zu prüfen. Neben der Ertragsstruktur und der Qualitätsmerkmale sollte dabei besonders das Lagerverhalten und der Anstieg des Gehaltes an reduzierende Zucker bei 8 °C Lagertemperatur berücksichtigt werden. Als Alternative für den Ökologischen Landbau wurden auch zwei 4°C-Sorten geprüft, die trotz Kaltlagerung keine hohen Gehalte an reduzierenden Zuckern aufweisen sollen. Dies ist für den Ökologischen Landbau von besonderem Interesse, da chemische Keimhemmungsmittel nicht eingesetzt werden dürfen.

Gerade im ökologischen Anbau sind Sorten, die eine geringe bis mittlere Knollenanzahl zu einem möglichst frühen Zeitpunkt ausbilden für eine gute Ertragsbildung und –struktur günstig zu bewerten, da im Falle eines Krautfäulebefalls bei Sorten mit hohem Knollenansatz verstärkt mindergroße Knollen auftreten. Besonders die Sorten Sempra und Saturna wiesen

daher ein eher ungünstiges Verhältnis zwischen Knollenanzahl und Einzelknollenmasse auf, was sich entsprechend in einem niedrigeren Ertrag widerspiegelte.

Bei dem Gesamtertrag zur Zeiternte war noch eine Aufteilung nach Reifegruppen zu beobachten, wobei die Sorten der früheren Reifegruppen einen höheren Ertrag erreichten als die der späteren Reifegruppen. In beiden Jahren und auf allen drei Standorten erwiesen sich für eine Verarbeitung zu Pommes frites die beiden frühen Sorten Premiere und Velox, die mittelfrühe Sorte Agria und die mittelspät-späte Sorte Marena als sehr ertragreich, bei vergleichsweise hohen Anteilen großer Knollen. Bei den Chipssorten lag nur die Sorte Marlen auf einem hohen Ertragsniveau. Die Sorte Delikat und die beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi erwiesen sich als wenig ertragreich, hatten allerdings im Vergleich zu Saturna einen wesentlich höheren Anteil an Knollen > 40 mm bzw. > 50 mm, die für den Ökologischen Landbau aufgrund ihres sehr niedrigen Ertrages und hohem Untergrößenanteil für den Anbau im Ökologischen Landbau mit seinem vergleichsweise geringen Düngenniveau nicht zu empfehlen ist.

Im Durchschnitt der beiden Versuchsjahre wurden auf den Standorten Frankenhausen und Wulksfelde vergleichbar hohe Erträge erreicht (ca. 36 t/ha). Auf dem Standort Lindhof war das Ertragsniveau etwas niedriger. Größere Unterschiede zwischen den Standorten lag bei den Sortierfraktionen vor. Aufgrund seiner besseren Bodenbonität wäre für den Standort Frankenhausen ein höherer Gesamtertrag, wie es in 2003 auch der Fall war, aber auch ein höherer Anteil an großfallenden Knollen zu erwarten. Der Anteil an Knollen > 50 mm am Gesamtertrag war jedoch mit 20 % auf dem Standort Frankenhausen deutlich geringer als auf den beiden norddeutschen Standorten mit 42 % bzw. 47 %. Im Jahr 2004 kann dieses durch die ausgesprochen niedrigen Temperaturen im Mai bei gleichzeitig frühem Auftreten der Krautfäule im Juli und der somit kürzeren Vegetationszeit im Vergleich zu den beiden norddeutschen Standorten begründet werden. Aber auch in 2003 war der Anteil der Knollen > 50 mm auf den norddeutschen Standorten höher als am Standort Frankenhausen. Eine Begründung dafür kann die allgemein spätere Erwärmung des schwereren Bodens in Frankenhausen sein, was zu einem höheren Knollenansatz im Vergleich zu den leichteren und dadurch früher erwärmbaren Böden in Wulksfelde und auf dem Lindhof führte. Die höhere Knollendichte kann durch das insgesamt geringe Nährstoffniveau im ökologischen Anbau und der z. T. durch Krautfäule verkürzten Vegetationszeiten nicht mit höheren Einzelknollenmassen ausgeglichen werden. Da gerade zur Produktion von Pommes frites hohe Sortiergrößen erforderlich sind kann daher im ökologischen Kartoffelbau für diese Produktionsrichtung eher ein Anbau auf leichteren Standorten empfohlen werden.

In beiden Versuchsjahren wurden auf allen drei Standorten und bei allen Sorten sowohl nach Ernte wie auch nach Lagerung ausreichend hohe Stärkegehalte erreicht. Bei den Sorten der früheren Reifegruppe lagen die Stärkegehalte dabei auf einem etwas niedrigeren Niveau als bei den späteren Reifegruppen. Ausgesprochen hohe Stärkegehalte wiesen die 4°C-Sorten Sempra und Verdi auf, was sich für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus als positiv bewerten lässt.

Im Jahre 2003 lagen wie auch bei den mehrfaktoriellen Versuchen geringe Gehalte an reduzierenden Zuckern vor. Bei fast allen Sorten wurden auch nach Lagerung die maximalen Höchstwerte von 150 mg/100 g FM für die Chips- und 300 mg/100 g FM für die Pommes frites- Verarbeitung unterschritten. Nur die sehr frühen bis frühen Sorten Premiere, Velox und Delikat überschritten nach Lagerung die maximalen Höchstwerte. Im Jahre 2004 wiesen die Kartoffeln schon nach Ernte ein höheres Niveau an reduzierenden Zuckern auf. Nach Lagerung stiegen die Gehalte sehr stark an, besonders auf dem Standort Frankenhausen, so

dass für die Verarbeitung zu Pommes frites nur noch die Sorten Agria, Freya und Marena und für die Chipsverarbeitung die Sorten Marlen, Saturna und die beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi zu empfehlen waren. Bei der Verarbeitung zu den jeweiligen Produkten verhielten sich die Sorten entsprechend ihrer Gehalte an reduzierenden Zuckern. Im Jahre 2004 lagen nach der Lagerung auf dem Standort Wulksfelde bei der Messung der L-Werte nach Chipsverarbeitung zu niedrige Werte vor, so dass keine Chipssorte für die Verarbeitung geeignet gewesen wäre. Aufgrund der zweijährigen Ergebnisse zur Verfärbungsneigung und Qualitätsbewertung können für die nach Verarbeitung zu Chips die Sorten Marlen, Sempra und Verdi und nach Verarbeitung zu Pommes frites die Sorten Agria, Freya, Marena und Sonate empfohlen werden.

Führt man die Ergebnisse zur Ertragsstruktur einerseits und zur Qualitätsbewertung andererseits zusammen, so können für den Ökologischen Landbau für eine Verarbeitung zu Pommes frites die Sorten Agria und Marena empfohlen werden, die bei hohem Ertragsniveau und Knollenanteil der Sortierungsgröße > 50 mm eine gute Produktqualität auf allen drei Standorten nach Ernte und Lagerung erreichten. Für die Verarbeitung zu Chips sind die Sorte Marlen und hinsichtlich der Produktqualität auch die beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi geeignet. Allerdings wäre es bei den beiden 4°C-Sorten notwendig züchterisch den Ertrag zu verbessern, da das Ertragsniveau beider Sorten nicht zufriedenstellend war.

Verarbeitungskartoffeln für die Pommes frites Produktion sollten nach den bisherigen Erkenntnissen im Ökologischen Landbau eher auf leichteren, sich früh im Jahr erwärmenden Böden bei einer dem Anbausystem angepassten guten Nährstoffversorgung angebaut werden, um die Anforderungen hinsichtlich der Größensortierung möglichst weitestgehend erfüllen zu können. Zum Anbau für Kartoffeln zur Chipsproduktion sind schwerere Böden mit hohem Nährstoffniveau gut geeignet, da die Anforderungen an die Größensortierung geringer sind und ein hoher Ertrag bei guten Produktqualitäten realisiert werden kann. Aufgrund des Anstieges von Gehalten an reduzierenden Zuckern nach Lagerung kann der Kartoffelanbau mit dem Verarbeitungsziel Chips jedoch nur bei sehr gutem Kontakt zwischen Verarbeiter und Kartoffelerzeuger und einem angepassten Management erfolgreich sein (vgl. Kap. 3.1.3).

3.2.6 Die Ergebnisse vor dem Hintergrund der wichtigsten erhobenen Parameter

Ertrag und Sortierung: Um einen möglichst hohen Ertrag an Verarbeitungskartoffeln bei guter Qualität im Ökologischen Landbau zu gewährleisten, ist zunächst ein optimales Nährstoffmanagement im Rahmen der Fruchtfolge und im jeweiligen Kartoffelanbaujahr notwendig. Besonders bei der Erzeugung von Kartoffeln für die Verarbeitung zu Pommes frites ist es darüber hinaus wichtig, einen möglichst hohen Sortieranteil an Knollen >50mm zu realisieren. Bei der Prüfung der unterschiedlichen Vorfrüchte erwies sich die Vorfrucht Körnererbse mit anschließendem Zwischenfruchtanbau aufgrund der hohen Verfügbarkeit an mineralischem Bodenstickstoff zum Zeitpunkt des Auflaufens der Kartoffeln als besonders geeignet. Hierdurch wurde sowohl eine Steigerung der Erträge als auch der Sortierfraktion an Knollen > 50 mm bei der zur Verarbeitung zu Pommes frites verwendeten Sorte Agria zur Folge erzielt. Auch durch den Anbau der Vorfrucht Luzerne-Klee gras ließ sich der Ertrag und die Knollengrößenanteile im Vergleich zu Getreide steigern. Da Luzerne-Klee gras aufgrund der Frühjahrsansaat (Mai) wesentlich anfälliger auf die Witterung während des Wachstums

der Vorfrucht reagiert, ist einjähriges Luzerne-Klee gras jedoch eine wesentlich unsichere Quelle. Zu empfehlen ist daher der Anbau von überjährigem Luzerne-Klee gras oder auch Rotklee gras wie in den Versuchen zum Klee grasmanagement, welches im Vorjahr des Hauptnutzungsjahres bereits als Untersaat gut etabliert werden kann. Die unterschiedlichen Klee grasnutzungssysteme zeigen, dass sich gegebenenfalls durch eine ausschließliche Mulchnutzung des Klee grasses eine höhere organische Masse im Vergleich zum Schnittnutzungssystem realisieren lässt, die sich aber nur in geringem Maße ertragserhöhend auf die Folgefrucht Kartoffel auswirkt. Aus ökonomischer Sicht genießt die Schnittnutzung des Klee grasses eine relative Vorzüglichkeit gegenüber der Mulchnutzung, insbesondere wenn es sich um tierhaltende Betriebe oder um Betriebe handelt, die Kooperationen mit tierhaltenden Betrieben oder Biogasbetreibern eingehen können. Durch die Schnittnutzung des Klee grasses mit anschließender Verwertung steht diesen Betrieben die Möglichkeit einer variablen und gezielten Düngung über den Einsatz von Gülle, Stallmist oder auch Gärresten zu den Kartoffeln zur Verfügung.

Aus den Versuchen zur Kaliumversorgung und Beregnung wurde eine nur geringe scheinbare N-Ausnutzungsrate des über die Stallmistdüngung zugeführten Stickstoffs in Höhe von lediglich 6,8 % nachgewiesen. Trotzdem konnte eine positive Wirkung auf die Höhe des Gesamtertrages und der Knollenanteile > 40 mm und > 50 mm nach Stallmistdüngung nachgewiesen werden, so dass die mit der Stallmistdüngung einhergehenden indirekten positiven Wirkungen hinsichtlich der Verbesserung der chemischen, biologischen und physikalischen Bodenparameter und der Erhöhung des Boden-N-Pools entscheidend gewesen sein könnten.

Weiter zeigen die Ergebnisse, dass zur Verbesserung der Düngewirkung auf leichten Böden bei entsprechender Witterung eine Beregnung unerlässlich ist. Das erhöhte Wasserangebot scheint dabei eine Voraussetzung dafür zu sein, dass das vermehrte Nährstoffangebot aus der Düngung einen positiven Beitrag für das Pflanzenwachstum, die Ertragsbildung und die Größensortierung leisten kann.

Zur Steigerung der N-Verfügbarkeit im Boden ist ein mit den Richtlinien des Ökologischen Landbaus konformes Düngemittel wie Horngrieß geeignet. Durch den Einsatz von einer kombinierten Horngrieß-Kaliumsulfat-Düngung können die Erträge der für die Chips- und Pommes frites-Erzeugung geeigneten Knollen bei gleichzeitig ausreichenden Kaliumgehalten erhöht werden. Denkbar wäre auch eine kombinierte Stallmist-Horngrieß-Düngung, bei der einerseits der eigene Wirtschaftsdünger mit seiner allgemein positiven Wirkung auf die Bodenparameter einschließlich seines Beitrages zur Kaliumversorgung eingesetzt werden kann und andererseits eine hohe und schnelle N-Verfügbarkeit durch den zugekauften Dünger gewährleistet werden kann.

Neben einer auf Ertrag, Sortierung und Qualität abgestimmten Nährstoffversorgung kann zusätzlich mit Hilfe des Vorkeimens der Pflanzkartoffeln der marktfähige Ertrag deutlich erhöht werden. Gerade in Jahren mit frühem Befallsbeginn der Kraut- und Knollenfäule wird die positive Wirkung der Vorkeimtechnik deutlich. Voraussetzung dafür ist aber sicherlich das Vorhandensein einer angepassten Vorkeim- und Pflanztechnik auf dem Betrieb. Nach Berechnungen von OTTO et al. (2004) betragen die verfahrensabhängigen Kosten je nach Vorkeimtechnik zwischen 422 und 466 €/ha, so dass im Durchschnitt der Jahre durch das Vorkeimen ein Mehrertrag von ca. 10-15 % (bzw. ca. 40 dt/ha bei 13 €/dt) realisiert werden muss. Unter diesen Voraussetzungen trägt dieses Verfahren nicht nur zur Ertragssicherung und -stabilisierung bei, sondern ist auch aus ökonomischer Sicht für den Landwirt rentabel.

Von wesentlicher Bedeutung zur Erzielung hoher marktfähiger Erträge muss - neben der Nährstoffversorgung und der Pflanzgutvorbereitung - die Sortenwahl angesehen werden. Die Entscheidung, Agria als Referenzsorte in den mehrfaktoriellen Versuchen zu verwenden, basierte auf Ergebnissen vorhergegangener Sortenversuche (BÖHM et al. 2002). Die in diesen Versuchen festgestellte gute Eignung der Sorte Agria für die Herstellung von Pommes frites hat sich in den hier vorgestellten Untersuchungen bestätigt. Als weitere Sorte für diese Verwertungsrichtung kann außerdem die der mittelspät-späten Reifegruppe zugehörigen Sorte Marena empfohlen werden. Die beiden frühen Sorten Premiere und Velox zeigten sich auch als sehr ertragreich, können jedoch nur bei sofortiger Verarbeitung empfohlen werden, da sie die Qualitätsanforderungen nach Lagerung nicht erfüllen.

Der Anbau von Kartoffeln zu Chips kann nur bedingt empfohlen werden, da die Qualitäten nach der Lagerung u.U. sehr stark abfallen können. Ertragsmäßig ist die Sorte Marlen geeignet, die sich auch als relativ qualitätsstabil nach Lagerung erwies. Von der Verwendung der Sorte Saturna muss aufgrund der geringen Erträge im Ökologischen Landbau abgeraten werden. Mit den beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi konnten nur geringe bis mittlere Erträge realisiert werden. Da sie nach Lagerung bei 4 °C jedoch noch gute Qualitäten aufwiesen, sollte in dem Bereich der Verwendung von 4°C-Sorten im Ökologischen Landbau weiter gezüchtet werden. Insbesondere für die Chipsherstellung ist ein abgestuftes Modell für die Verarbeitung denkbar: Für die ersten Monate der Verarbeitungssaison kann die Sorte Marlen empfohlen werden, für spätere Verarbeitungszeiträume dagegen, die eine längere Lagerperiode voraussetzen, würden sich die 4°C-Sorten als Alternative anbieten. Eine enge Abstimmung zwischen Verarbeiter und Anbauer ist in diesem durch Vertragsanbau gekennzeichneten Bereich ohnehin gegeben, allerdings müsste die Preisfindung das niedrigere Ertragsniveau der 4°C-Sorten berücksichtigen.

Unterwassergewicht / Trockensubstanz / Stärke: In allen durchgeführten Versuchen und beiden Anbaujahren wurden die Richtwerte für die Stärkegehalte, die bei Verarbeitungskartoffeln vorgegeben werden, eingehalten oder sogar überschritten. Aufgrund der niedrigeren N-Versorgung im Ökologischen Landbau ist das Erreichen ausreichender TS- bzw. Stärkegehalte also offenbar kein Problem. Alle Maßnahmen die zur Verbesserung der N-Versorgung durchgeführt wurden wie Vorfruchtnutzung, Leguminosen- statt Getreide-Vorfrucht oder die Anwendung N-haltiger Dünger (Stallmist, Gülle, Horngrieß) senken die TS-Gehalte zwar nachweisbar, jedoch nicht derart gravierend, dass die vorgegebenen Richtwerte zur Vermeidung einer spröden Textur bei der Herstellung der Pommes frites nicht eingehalten werden könnte. Auch die jeweilige Witterung im Anbaujahr und die damit verbundene Variation der N-Mineralisierung spielt eine Rolle. In sehr trockenen Jahren insbesondere auf leichten Standorten führt eine Beregnung der Kartoffeln über eine bessere N-Verfügbarkeit und einem damit einhergehenden Verdünnungseffekt zu stabilen Stärkegehalten innerhalb des durch die Richtwerte vorgegebenen Spielraumes. Zudem ist der Stärkegehalt vor allem genetisch über die Sorte festgelegt, so dass über die Sortenwahl eine wesentliche Entscheidung hinsichtlich der zu erwartenden Stärkegehalte getroffen wird. Sehr hohe Stärkegehalte werden von den beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi erreicht, was sich für die Bedingungen des ökologischen Landbaus als positiv bewerten lässt. Bei der Bewertung der Standortvoraussetzungen kann abgeleitet werden, dass je schwerer die Böden des Standortes sind, desto höher ist auch der TS- bzw. Stärkegehalt.

Der Gehalt der Knollen an **reduzierenden Zuckern** ist für den Landwirt nur sehr schwer zu steuern. Die Ergebnisse weisen aber darauf hin, dass die Zuckergehalte von Kartoffeln aus ökologischem Anbau nach Ernte gewöhnlich auf einem für die Verarbeitung angemessenen,

niedrigen Niveau liegen. Der Anstieg der Zucker im Lager, wie er in einem Jahr beobachtet wurde, ist abhängig vom unkontrollierbaren Verlauf der Witterung, dem Auftreten der Krautfäule und der damit verbundenen unzureichenden Ausreife der Knollen. Weder für die Nährstoffversorgung noch für die Pflanzgutvorbereitung durch Vorkeimen konnte eine konsistente Wirkung auf die reduzierenden Zucker zur Ernte und nach Lagerung der Kartoffeln nachgewiesen werden. Die Sorte ist dagegen wiederum der entscheidende Faktor, um möglichst geringe Gehalte an reduzierenden Zuckern zu gewährleisten.

Die Sorten der frühen Reifegruppe sind erwartungsgemäß aufgrund der starken Anreicherung von Glukose und Fruktose nicht für die Verarbeitung nach einer längeren Lagerung geeignet. Bei verfrühtem Ende des Knollenwachstums aufgrund eines frühzeitigen Befalls mit der Krautfäule oder einer unzureichenden N-Versorgung, und entsprechend steigenden Zuckergehalten im Lager sowie der Keimneigung bei Lagerung differenzieren die Sorten sehr stark: Vor diesem Hintergrund sind die beiden 4°C-Sorten Sorten Sempra, mit Einschränkung Verdi, sowie Agria, Marlen und als einzige Sorte der späten Reifegruppe, Marena für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus geeignet. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Sorten der mittelfrühen Reifegruppe am wenigsten Zucker während der Lagerung anreicherten. Der Anstieg der Zuckergehalte im Lager kann gravierende, negative Auswirkungen auf die Qualität der Chips haben.

Da gerade die Chipsfarbe sehr stark durch die Konzentration an Zuckern beeinflusst wird, gilt Vergleichbares für die **Chips-Qualität** wie für die Zuckergehalte der Knollen. Bei Verarbeitung bald nach Ernte kann unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus eine gute bis sehr gute Rohstoffqualität erzeugt werden, was sich auch in der Qualität der verarbeiteten Produkte niederschlägt. Der entscheidende Faktor zur Erzielung einer guten Chips-Qualität ist die Sortenwahl. Als besonders gut geeignet für die Verarbeitung zu Chips - auch noch nach Lagerung- erwiesen sich die beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi, sowie bedingt bei Warmlagerung die Sorte Marlen.

Auch für die **Pommes frites-Qualität** spielt der Gehalt an reduzierende Zucker eine entscheidende Rolle. Allerdings liegen die tolerierbaren Höchstwerte mit 300 mg/kg FM deutlich höher als bei der Chipsverarbeitung (150 mg/kg), so dass die durch die Lagerung bedingten höheren Gehalte an reduzierenden Zuckern die Qualität nicht in so deutlichem Maße negativ beeinflussen. Bei der Beurteilung der Qualität von Pommes frites stellt der Stärkegehalt, der die Textur des Produktes wesentlich bestimmt, ein weiteres wichtiges Kriterium dar. Wie bereits oben beschrieben ist hierbei die Sortenwahl entscheidend. Als geeignet für die Herstellung von Pommes frites können im Ökologischen Landbau besonders die Sorten Agria und Marena genannt werden, die bei guter Ertragsstruktur auch nach Lagerung noch eine gute Verarbeitungseignung aufweisen. Die beiden frühen Sorten Premiere und Verdi sollten nach der Ernte sofort verarbeitet werden.

Die **Rohbreiverfärbung** der Kartoffel lässt sich nach den vorliegenden Ergebnissen sowohl durch Stallmistdüngung, wie auch durch Beregnungsmaßnahmen verringern. Hier spielt die gute Kaliumdüngewirkung des Stallmistes eine große Rolle. Eine Düngung mit Kaliumsulfat weist eine ähnlich gerichtete, jedoch nicht so ausgeprägte Wirkung auf. Durch die Beregnung wird wiederum die Kaliumverfügbarkeit verbessert. Durch Kalium wird der Gehalt an phenolischen Inhaltsstoffen in den Knollen gesenkt, während der Gehalt an organischen Säuren ansteigt. Durch einen geringeren pH-Wert, werden vor allem enzymatische Reaktionen, die zu Schwarzfleckigkeit oder Rohbreiverfärbung führen, gehemmt.

Auch die Sortenwahl spielt für die Verfärbungsneigung eine Rolle. Auch nach Lagerung wies die Sorte Velox, insbesondere für eine Sorte der frühen Reifegruppe eine geringe

Verfärbungsneigung auf. Außerdem besonders zu empfehlen, weil mit einer geringen Tendenz zur Rohbreiverfärbung unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus auch in Jahren mit suboptimalem Wachstumsverlauf, sind die Sorten Agria, Marlen, Carmona und Sonate.

Die **Kochdunkelung** ist chemisch gesehen eine gänzlich andere Reaktion als die Rohbreiverfärbung und hat in ihrer Ausprägung als Grauverfärbung zudem direkten Einfluss auf die Pommes frites-Qualität. Als entscheidender Einflussparameter kann hier nur die Sortenwahl genannt werden, da weder Nährstoffversorgung noch Beregnung einen Einfluss auf die Kochdunkelung zeigten. Auch durch die Lagerung veränderte sich die Neigung zur Kochdunkelung im Allgemeinen in den Knollen nicht nennenswert. Nur bei den Sorten der frühen Reifegruppen kam es zu einer höheren Rohbreiverfärbung nach Lagerung.

Das **Keimungsverhalten und die Substanzverluste** während der Lagerung werden durch eine erhöhte N-Versorgung in Folge von Vorfruchtwahl und Düngungsmaßnahmen nicht negativ beeinflusst. Entscheidende Faktoren sind das physiologische Alter der Knollen und der Befall mit Kraut- und Knollenfäule, sowie die genotypische Keimfreudigkeit der einzelnen Sorten. Die frühen Sorten erwiesen sich als sehr keimfreudig und zeichneten sich durch ein höheres Keimgewicht, sowie einen höheren Substanzverlust aus. Die 4°C-Sorten Sempra und Verdi, die bei 4°C gelagert wurden, sowie die Sorten Agria und Marena erwiesen sich als sehr lagerstabil mit keiner oder nur geringer Keimung und niedrigem Substanzverlust.

Der Befall der Knollen mit ***Rhizoctonia solani*** wurde bei den vorliegenden Versuchen weder durch die Einarbeitung des Stallmistes im Frühjahr noch durch die Zufuhr hoher Mengen an organischer Substanz durch die Mulchnutzung des Kleeegrases begünstigt. Daher können zu diesem Aspekt keine eindeutigen Angaben gemacht werden.

Die Witterung spielt bei dem Befall mit **Kartoffelschorf** eine große Rolle. Die Krankheit wird durch Trockenheit, hohe Temperaturen und eine alkalische Bodenreaktion gefördert. Ein höherer Schorfbefall wurde generell durch die stark ausgeprägte Trockenheit im Jahr 2003, sowie auf dem Standort Frankenhausen aufgrund des höheren pH-Wertes im Vergleich zu den beiden norddeutschen Standorten festgestellt. Die Durchführung einer Beregnung beeinflusste den Befall der Knollen mit Kartoffelschorf allerdings nicht.

4 Zusammenfassung

In verschiedenen Feldversuchen wurden für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus relevante pflanzenbauliche Maßnahmen auf ihre Wirkung hinsichtlich Nährstoffverfügbarkeit, Ertrag, Rohstoffqualität und die Eignung von Kartoffeln für die Verarbeitung zu Pommes frites und Chips geprüft. Dazu wurden drei mehrfaktorielle Feldversuche sowie ein einfaktorieller Sortenversuch auf drei Standorten verschiedener Bodenbonität durchgeführt.

Vorfrucht und Vorkeimen: In dem Versuch sollte geprüft werden ob die Verfügbarkeit mineralisierten Stickstoffes zur Folgekultur Kartoffeln durch unterschiedliche Vorfrüchte verbessert werden kann und ob sich eine diesbezügliche Differenzierung in Wechselwirkung mit der Pflanzgutvorbereitung (Vorkeimen) auf Wachstum, Ertrag und Qualität der Kartoffeln auswirkt. Die Ergebnisse belegen:

- Die N-Versorgung zum Auflaufen der Kartoffeln (Mitte/Ende Mai) kann durch den Anbau von Körnererbsen mit Zwischenfrucht gegenüber Getreide deutlich (35-65 kg NO₃-N/ha) erhöht werden.
- Die positive N-Wirkung eines einjährigen Luzerne-Kleegrases ist sehr stark von der Witterung im Jahr ihres Anbaus abhängig. Überjähriges Klee gras, wie im Versuch zum Klee grasmanagement angebaut, ist diesbezüglich als deutlich sicherer einzuschätzen.
- Die unterschiedliche N-Verfügbarkeit zum Auflaufen der Kartoffeln spiegelt sich in den Knollenerträgen wider, welche in beiden Jahren nach Körnererbsen am höchsten und - in einem Jahr - auch nach Luzerne-Klee gras deutlich höher als nach Getreide waren.
- Mehr noch als der Gesamtertrag kann der von der Industrie geforderte Anteil an Knollen > 50 mm durch die gezielte Wahl von Sorte (Agria) und Vorfrucht erreicht werden. In Jahren mit verfrühtem Wachstumsende ist das Vorkeimen des Pflanzgutes ebenfalls ein probates Mittel zur Erhöhung der marktfähigen Ware.
- Der Zusammenhang zwischen der N-Versorgung und dem Gehalt der Knollen an reduzierenden Zuckern war in Übereinstimmung mit den Untersuchungen anderer Autoren schwach. Gravierender ist der Einfluss von Witterung und Wachstumsverlauf.
- Reifen die Knollen aufgrund von Krautfäulebefall nicht aus, so ist mit erhöhten Zuckergehalten spätestens nach der Lagerung zu rechnen. Dieser negative Einfluss lässt sich auch durch das Vorkeimen bei den beiden genannten Sorten nicht nachweisbar reduzieren.
- Bei Verarbeitung bald nach der Ernte ist aufgrund der eher geringen, Zuckerkonzentrationen die Verarbeitungseignung gewährleistet, was sich an der guten bis sehr guten Qualität der Chips (Sorte Marlen) bzw. Pommes frites (Sorte Agria) zeigte.

Kaliumversorgung:

Die auch in der ökologischen Kartoffelerzeugung auf Standorten mit nachgewiesenem K-Mangel übliche Anwendung mineralischer K-Quellen ist zwar gestattet, widerspricht aber grundsätzlich der Philosophie des Ökologischen Landbaus. Der Versuch befasste sich u. a. mit der Frage, inwieweit Stallmist als systemkonformes Düngemittel im ökologischen Kartoffelanbau die mineralische K-Düngung ersetzen kann. Weiter sollte geprüft werden, ob durch Stallmist auch die N-Versorgung verbessert werden kann, oder ob andere organische N-Quellen zu bevorzugen sind.

- Die K-Gehalte des Oberbodens können auf lehmigem Sand sowohl durch Stallmist als auch durch Kaliumsulfat gleichermaßen erhöht werden.

- Die kombinierte Kaliumsulfat-Horngrieß-Düngung machte deutlich, dass die Ertragseffizienz einer erhöhten N-Verfügbarkeit durch gleichzeitige K-Düngung erhöht werden kann.
- Die scheinbare N-Ausnutzungsrate bei Stallmistdüngung lag bei unter 10 %. Ein Ertragseffekt durch Stallmist – wenn überhaupt vorhanden – kommt offenbar durch das erhöhte K-Angebot zustande.
- Bei kombinierter Horngrieß-Kaliumsulfat-Gabe kommt es zu einem additiven, den Stärkegehalt senkenden Effekt, auch hier, ohne dadurch die Mindestgehalte zu unterschreiten. Die positive Ertragswirkung einer solchen Düngungsmaßnahme überwiegt jedoch offenbar den negativen Einfluss auf die innere Qualität des Rohstoffes.
- Für die Qualität des Rohstoffes und die Verarbeitungseignung gilt das im Zusammenhang mit dem Vorrucht-Versuch Gesagte.

Kleegrasmanagement: Der Versuch zum Kleegrasmanagement hatte die Zielsetzung zu überprüfen, ob von einer differenzierten Bewirtschaftung der Vorrucht Kleegras in Form von reinem Mulchen (viehlose Bewirtschaftung), reiner Schnittnutzung (viehhaltender Betrieb) oder eine entsprechende Mischnutzung Auswirkungen auf den Ertrag und die Sortierung der Folgefrucht Kartoffeln sowie deren Verarbeitungsqualitäten und Verarbeitungsprodukte ausgehen:

- Im Durchschnitt der beiden Jahre hatte die unterschiedliche Kleegrasnutzung keinen signifikanten Einfluss auf den Gesamtertrag der Kartoffeln.
- Entsprechend der Ernterückstände und N-Menge aus dem Kleegras konnte durch das Nutzungssystem „Mulchen“ ein leichter Ertragsvorteil bei der Folgefrucht Kartoffel realisiert werden.
- Die Knollengrößenverteilung sowie Qualitätsparameter wurden durch das Nutzungssystem nicht signifikant beeinflusst.
- Die Witterungsverhältnisse, insbesondere in Zusammenhang mit der unterschiedlichen morphologischen Ausprägung verschiedener Kartoffelsorten, haben einen starken Einfluss auf den Ertrag und die Knollengrößenverteilung der Verarbeitungskartoffeln.
- Die höheren Ernterückstände bei dem Mulchsystem hatten keinen Einfluss auf den Befall der Knollen mit *Rhizoctonia solani*.
- Auch wenn eine Schnittnutzung dem reinen Mulchsystem ertragsmäßig leicht unterlegen sein kann, erscheint sie – bei einer entsprechenden Nutzung (Futter, Biogas) – aus gesamtbetrieblicher Sicht als sinnvoller, da der daraus zur Verfügung stehende Dünger gezielt zur Optimierung der Nährstoffversorgung in der Fruchtfolge eingesetzt und in der Gesamtschau ein höherer ökonomischer Nutzen erzielt werden kann.

Beregnungsversuch: Der Versuch zur Beregnung von Verarbeitungskartoffeln in Kombination einer differenzierten Stallmistdüngung hatte die Zielsetzung zu untersuchen, ob die Nährstoffe aus einer organischen Düngung (Stallmist) über eine gezielte Beregnung besser von den Kartoffeln ausgenutzt werden können und inwieweit die Ertragsstruktur und Qualitätsparameter von Verarbeitungskartoffeln dadurch beeinflusst werden:

- Im sehr trockenen Jahr 2003 war die Beregnung auf dem sandigen Boden des Versuchsstandortes bedeutend für die Ertragsbildung und zur Erfüllung der Anforderung hinsichtlich der Größensortierung der Knollen.
- Durch die Beregnung kam es bei den gedüngten Varianten zu einem höheren Mehrertrag als bei den ungedüngten Varianten.

- Auch die Knolleninhaltsstoffe wurden durch die Beregnung und der dadurch bedingten höheren Nährstoffverfügbarkeit beeinflusst. Bei ausreichendem Wasserangebot blieb der Stärkegehalt im Rahmen der angestrebten Richtwerte.
- Nach bisherigem Kenntnisstand wird eine Beregnung bei trockenen Witterungsverhältnissen auf leichten Böden in jedem Fall empfohlen. In 2004 konnte aufgrund der ausreichenden Niederschläge keine Beregnung durchgeführt werden. Um die Ergebnisse generalisieren zu können, sollten weitere Versuche zu dieser Thematik durchgeführt werden.

Sortenversuche: Basierend auf Vorversuchen aus den Jahren 2000 und 2001 wurden auf drei Standorten mit verschiedener Bodenbonität ein Sortiment von 14 verschiedenen Sorten angebaut, die entweder zu Chips oder Pommes frites verarbeitet wurden, um deren Eignung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Standortverhältnisse für die Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln im ökologischen Landbau zu prüfen:

- Für eine Verarbeitung zu Pommes frites können besonders die Sorten Agria und Marena empfohlen werden, die bei hohem Ertragsniveau und Knollenanteil der Sortierungsgröße > 50 mm eine gute Produktqualität auf allen drei Standorten nach Ernte und Lagerung erreichten. Die beiden frühen Sorten Premiere und Velox erwiesen sich als sehr ertragreich, sollten jedoch baldmöglichst nach der Ernte verarbeitet werden, da die Qualitätsvorgaben nach Lagerung u. U. nicht mehr erfüllt werden.
- Für die Verarbeitung zu Chips ist die Sorte Marlen geeignet, die sich bei Warmlagerung als relativ lagerstabil erwies. Die beiden 4°C-Sorten Sempra und Verdi können aufgrund ihrer guten Produktqualität nach Lagerung bei 4°C empfohlen werden. Allerdings wäre es bei den beiden 4°C-Sorten notwendig, züchterisch den Ertrag zu verbessern, da das Ertragsniveau beider Sorten nicht zufriedenstellend war.
- Nach bisherigen Erkenntnissen eignen sich leichtere Böden besser für einen Anbau von Kartoffeln für die Verarbeitung zu Pommes frites, da auf diesen Standorten die Anforderungen hinsichtlich der Größensortierung der Knollen (60 % der Knollen >50 mm) besser erfüllt werden konnten.
- Die Lagerung bei 8°C führt in Abhängigkeit der Jahreswitterung und des damit verbundenen unterschiedlich guten Ausreifegrades zu einem Anstieg der Gehalte an reduzierenden Zuckern. Für die Verarbeitung zu Chips kann der Richtwert von 150 mg/kg schnell überschritten werden, so dass eine erfolgreiche Verarbeitung zu qualitativ hochwertigen Chips ein sehr gut abgestimmtes Konzept mit einem angepassten Management sowie einen engen Kontakt zwischen Verarbeiter und Kartoffelerzeuger voraussetzt.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen und weiterführende Fragestellungen

Die Sortenversuche auf den Versuchsbetrieben Lindhof und Frankenhausen wurden im geplanten Rahmen durchgeführt. Darüber hinaus wurde ein zusätzlicher Versuch mit dem gleichen Sortenspektrum auf dem Versuchsstandort Wulksfelde angelegt, um mögliche Standorteffekte und deren Wirkung auf die unterschiedlichen Kartoffelsorten noch umfassender dokumentieren zu können. Aufgrund der Erfahrungen aus dem Jahr 2003, dass von einigen Sorten aufgrund niedriger Erträge kaum genügend Material für die Qualitätsuntersuchungen und die Bonituren zur Verfügung stand, wurde die Parzellengröße im Jahr 2004 vergrößert. Nachteilig auf Ertrag und Sortierung der Referenzsorte Agria wirkte sich der frühe Befall anfälliger Sorten in benachbarten Parzellen aus. Dadurch konnten die auf den anderen Standorten Wulksfelde und Lindhof und den mehrfaktoriellen Versuch stets belegten hohen Anteile der Pommes frites-Sortierung (> 50 mm) nicht erreicht werden.

Der auf dem Versuchsbetrieb Frankenhausen durchgeführte Feldversuch zur Wirkung von Vorfrucht und Vorkeimen konnte wie geplant durchgeführt werden. Lediglich im Jahre 2004 war es aufgrund der fortgeschrittenen Krautfäule nicht möglich, im Rahmen der zweiten Zeiternte den Aufwuchs des Kartoffelkrautes zu quantifizieren. Die beiden durchzuführenden Zeiternten fanden 2004 aufgrund der für eine mechanische Ernte ungeeigneten Witterung beide ca. zwei Wochen später als im Jahre 2003 statt. Der Einfluss der Krautfäule auf die beiden angebauten Sorten war jedoch nicht so gravierend wie im Sortenversuch (siehe oben).

Beim Versuch zum Kleegrasmanagement am Standort Lindhof konnte aufgrund der verzögerten Projektbewilligung die Gülledüngung im Jahr 2003 nicht mehr realisiert werden, wurde aber im Versuchsjahr 2004 durchgeführt. Außerdem wurde in der Versuchsperiode 2003/2004 eine 4. Nutzungsvariante des Kleegrases in den Versuch integriert. Die Standardvariante 3-maliges Mulchen wurde um die Variante 1-maliges, spätes Mulchen ergänzt. Hintergrund für diese zusätzliche Variante war zum einen, dass ein 3-maliges Mulchen sehr arbeits- und kostenintensiv ist, zum anderen aber auch, dass bei 1-maligen Mulchen die gemulchte organische Substanz, die auf dem Kleegras verbleibt, eine andere Zusammensetzung (N-Gehalte, N-Fractionen, C/N-Verhältnis) aufweist. Geprüft wurde somit, ob die unterschiedliche Mulchintensitäten die N-Verfügbarkeit und N-Freisetzung für die Folgefrucht Kartoffel und damit den Ertrag und die Sortierfraktionen beeinflussen.

Der Düngungsversuch konnte mit einer Ausnahme wie geplant durchgeführt werden: Aufgrund der Krautfäule im Bestand, die den oberirdischen Krautaufwuchs zur Zeiternte im Juli bereits stark geschädigt hatte, wurde im Jahre 2004 keine Erhebung des Krautaufwuchses vorgenommen.

Der Beregnungsversuch am Standort Wulksfelde wurde im Jahr 2003 entsprechend der Vorhabensbeschreibung durchgeführt. Aufgrund der feuchten Witterungsverhältnisse in der Hauptwachstumszeit im zweiten Versuchsjahr und der damit ausreichenden Wasserversorgung der Kartoffeln erfolgte im Jahr 2004 jedoch keine Beregnung. Somit

entfiel der wichtige Versuchsfaktor „Beregnung“ im zweiten Versuchsjahr, so dass die Versuchsergebnisse des Jahres 2004 nur eine Aussage über die Wirkung der unterschiedlich hohen Stallmistdüngung auf den Ertrag, Sortierung und Qualitätsausprägungen zulassen.

Die im Antrag vorgesehenen Erhebungen und Untersuchungen, wie die Bonituren zur Pflanzen- und Krankheitsentwicklung, die Ertragsstruktur, der Knollenertrag mit Sortierung, die äußeren Qualitätsmerkmale (Befall mit *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces* spp.), die TM- und Stärkegehalte, die reduzierenden Zuckern wie auch die semitechnische Verarbeitung wurden entsprechend der Vorhabensbeschreibung durchgeführt und abgeschlossen. Die begleitenden N_{min}-Untersuchungen im Boden wurden in allen Versuchen durchgeführt, ebenfalls wurden die wesentlichen Bodenparameter zur Standortcharakterisierung (pH, C_t- und N_t-Gehalte, Kaliumgehalte) erfasst. Die zuvor beschriebenen Parameter wurden entsprechend in dem zusätzlich durchgeführten Sortenversuch am Standort Wulksfelde erhoben.

Durch eine weitestgehend mit der Vorhabenbeschreibung übereinstimmenden Bearbeitung des Projektes ist es gelungen, die formulierten Fragestellungen zu beantworten und somit das Ziel „Strategien zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Verarbeitungskartoffeln unter den Rahmenbedingungen des Ökologischen Landbaus“ zu erreichen. Lediglich durch den witterungsbedingten Ausfall der Beregnungsvarianten im Versuchsjahr 2004 liegen hierzu derzeit nur einjährige Ergebnisse vor, so dass diese Aussagen einer weiteren Absicherung bedürfen.

Die Vor- und Nachteile bestimmter Anbaustrategien wurden bereits in Kapitel 3.1.2 ausführlich dargestellt und diskutiert, so dass an dieser Stelle auf dieses Kapitel verwiesen wird. Die Entscheidung, welche Strategie zielführend ist, ist jedoch im starken Maße betriebsspezifisch zu beantworten und hängt z. B. von der Ausrichtung des Betriebes, den Standortverhältnissen und den Vermarktungsmöglichkeiten der verschiedenen auf dem Betrieb angebauten Fruchtarten ab. Somit ist nicht zuletzt die ökonomische Vorzüglichkeit wesentlich mitentscheidend für die jeweilige Anbaustrategie.

Wesentlich für die Umsetzung der in diesem Projekt erarbeiteten Ergebnisse ist jedoch die Frage, welche Nachfrage nach Verarbeitungsprodukten seitens der Verbraucher besteht bzw. inwieweit die kartoffelverarbeitende Industrie bereit ist, Chips und/oder Pommes frites aus ökologisch erzeugter Rohware zu verarbeiten und auf dem Markt den Verbrauchern anzubieten. Eine entsprechende Marktstudie (Verbrauchernachfrage) verbunden mit einer Erhebung auf Verarbeiterseite bzw. einer Diskussion der im Rahmen des Projektes erarbeiteten Ergebnisse mit der kartoffelverarbeitenden Industrie wären eine sinnvolle Ergänzung zu dem hier abgeschlossenen Projekt. Die Erzeugung von qualitativ hochwertigen Verarbeitungskartoffeln kann unter bestimmten Voraussetzungen erfolgreich praktiziert und weitestgehend gewährleistet werden. Im nächsten Schritt wäre somit eine erfolgreiche Umsetzung unter Einbeziehung der kartoffelverarbeitenden Industrie anzustreben, um den ökologisch wirtschaftenden Betrieben und zukünftigen „Neuumstellern“ eine Einkommensalternative zu bieten.

6 Literaturverzeichnis

- Altenburg, A., Schuhmann, G., 1994: Das Knollenwachstum und der Reifeverlauf in der Vegetationszeit, *Kartoffelbau* **45** (6), 242-245
- Anonym, 1993: Faustzahlen für die Landwirtschaft. Hydro-Agri Dülmen GmbH (Hrsg.), Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup
- Anonym, 2003: <http://www.mpg.de/bilderBerichteDokumente/dokumentation/jahrbuch/2003>
- Behringer, H., Haeder, H.E., Lindhauer, M., 1983: Water relationships and incorporation of ¹⁴C assimilates in tubers of potato plants differing in potassium nutrition. *Plant Physiol.* **73**, 956-960
- Bergmann, W., 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena und Stuttgart
- Biedermann-Brem, S., Noti, A., Grob, K., Imhof, D., Bazzocco, D., Pfefferle, A. (2003): How much reducing sugar may potatoes contain to avoid excessive acrylamide formation during roasting and baking? *European Food Research and Technology* **217**, 369-373
- Böhm, H. 2001: Ökologischer Kartoffelanbau. Voraussetzungen und Perspektiven. *Kartoffelbau* **52** (6), 262-265
- Böhm, H., 2001: Einfluß der Beetentsteinung mit integriertem Zwischenfruchtanbau und variiertes organischer Düngung auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **13**, Verlag Freisinger Künstlerpresse W. Bode, 88-89
- Böhm, H., Dewes, T., 1997: Auswirkungen gesteigerter Stallmistdüngung auf Ertrag, Qualität, Nachernteverhalten bei ausgewählten Kartoffelsorten. In: *Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 3.-4. März 1997 in Bonn*, Hrsg. U.Köpke & J.-A. Eisele, Verlag Dr.Köster, 368-374
- Böhm, H. Haase, T. und Putz, B., 2002: Ertrag und Verarbeitungseignung von Kartoffeln aus Ökologischem Landbau. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* **14**, 86-87
- Böhm, H., Krause, T., 2005: Einsatz von Pheromonfallen zum Monitoring von Schnellkäfern (*Agriotes* spp.) in Vorfrüchten zu Kartoffeln. In: *Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 1.-4. März 2005 in Kassel*, Hrsg. J. Heß & G.Rahmann, Unidruckerei der Universität Kassel, 141-142
- Bosse, W., Wetrom, K., 1998: Produktionssysteme für unterschiedliche Verwertungsrichtungen, Teil 2 Düngung. *Kartoffelbau* **49** (12), 432-439
- Brandt, M., Heß, J., Wildhagen, H., 2001: Flächendeckendes Bodenmonitoring auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen – Kartier- und Analyseergebnisse (Arbeitsberichte Nr. 5). Fachgebiet Bodenkunde. Universität Kassel. Witzenhausen
- Buhr, K. 1989: Ermittlung sortentypischer Indikatoren hinsichtlich der Reaktion von Kartoffelpflanzen gegenüber dem Erreger der Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani*). Dissertation Universität Göttingen
- Bundessortenamt, 2000: Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Werrprüfungen und Sortenversuchen. Landbuch Verlagsgesellschaft, Hannover

- Bundessortenamt, 2003: Beschreibende Sortenliste Kartoffeln, Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover
- Dewes, T. und Hünsche, E. 1998: Composition and microbial degradability in the soil of farmyard manure from ecologically-managed farms. *Biological Agriculture and Horticulture* **16**, 251-268
- Drescher, M., 2005: mündliche Mitteilung
- Dreymann, S. 2005: N- Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Dissertation, *Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung* **41**, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- Dreymann, S., Loges, R., Taube F. 2003: Einfluss der Klee gras-Nutzung auf die N-Versorgung und Ertragsleistung marktfähiger Folgefrüchte. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 25-27. September 2003 Gießen*, Verlag Günter Heimbach, Stuttgart, 83-86
- DWD, 2003: auf der Internetseite www.dwd.de
- Fortune, S., Hollies, J. und Stockdale, E. 2004: Effects of different fertilizers suitable for use in organic farming systems on grass/clover yields and nutrient offtakes and interactions with nitrogen supply. *Soil Use and Management* **20**, 403-409
- Frame, J., Charlton, J. & Laidlaw, A. 1998: Temperate Forage Legumes, *Cab International*, Oxon, UK, New York, USA, 1-327
- Fricke, E. 2004: Kartoffelanbau ist ohne Beregnung nicht denkbar. *Kartoffelbau*, **51** (3), 92-95
- Fry, W. E. 1977: Integrated control of potato late blight – Effects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. *Phytopathology* **67**, 415-420
- Geisler, G., 1983: Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg
- Haase, N. U. 2004: Abschätzung von Trockenmasse und Stärkegehalt. *Kartoffelbau* **55** (11), 408-410
- Haase, N.U. 2004: Abschätzung von Stärke- und Zuckergehalt. *Kartoffelbau*, **55** (11), 408-410
- Haase, T., Schüler, C., Kölsch, E., Heß, J. 2002: Speisekartoffelerzeugung im ökologischen Landbau. *Kartoffelbau*, **53** (4), 136-139
- Hay, R. K. M., Hampson, J. 1991: Sprout and stem development from potato tubers of differing physiological age: the role of apical dominance. *Field Crops Research*, **27** (1-2), 1-16
- Heß, J. 1995: Residualer Stickstoff aus mehrjährigem Feldfutterbau: Optimierung seiner Nutzung durch Fruchtfolge und Anbauverfahren unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Habilitationsschrift, Universität Bonn. Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen
- Heuser, F. 2005: Einfluss der N- und K-Düngung auf die Gehalte an reduzierenden Zuckern und freien Aminosäuren. *Kartoffelbau* **56** (7), 308-313

- Heuwinkel, H. 2001: N₂-Bindung in gemulchtem Klee gras: Messmethodik und Fixierleistung. In: *Beiträge zu 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 6.-8. März 2001 Freising-Weihenstephan*, Hrsg. H. J. Reents, 183-186
- Hofferbert, H.- R. 1986: Bodenart und Kartoffelqualität. KTBL-Schrift 314. KTBL (Hrsg.): KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag. Münster-Hiltrup
- Hunnius, W. 1977: Zur Ertragsstruktur der Kartoffel und ihre Beeinflussbarkeit durch anbautechnische Maßnahmen. *Kali-Briefe, Fachgebiet 3*, 7.Folge, 1-9
- James, W.C., McKenzie, R. 1972: The effect of tuber-borne sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kühn on the potato crop. *Am. Potato Journal*, **49**, 296-301
- Kainz, M. 2003: Technik und Anbauverfahren. In: *Handbuch Ökologischer Kartoffelbau*. (Hrsg. K. Möller, H. Kolbe & H. Böhm). Agrarverlag, Leopoldsdorf, Österreich. S. 84-104
- Karalus, W. 1995: Einfluss der Pflanzgutvorbereitung auf den Krankheitsbefall und Ertragsaufbau bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen
- Karalus, W., 2003: Pflanzgutvorbereitung und Vorkeimtechnik. In: Möller, K., Kolbe, H., Böhm H. (2003): *Handbuch Ökologischer Kartoffelbau*, Österreichischer Agrarverlag, 77-82
- Karalus, W. (2005). *Rhizoctonia*-Befall an Pflanz- und Ernteknollen im ökologischen Kartoffelbau. *Kartoffelbau* **56** (3), 72-75
- Karalus, W., Rauber, R. 1997: Effects of presprouting on yield of maincrop potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in organic farming. *Journal of Agronomy and Crop Science* **179**, 241-249
- Keiser, A., Schneider, J.H.M., Häberli, M., Schnyder, E. Berchier, P. 2005: Influence of farming system, specific cultivation methods and site parameters on potato quality in Switzerland. In: *Abstracts of Conference Papers and Posters of the 16th Triennial Conference of the European Association for Potato Research in Bilbao*, 179-182
- Kolbe, H. 1990: Kartoffeldüngung unter differenzierten ökologischen Bedingungen: Einfluß von Blatt- und Bodendüngung sowie Sorte und Klima auf Erträge und Inhaltsstoffe der Knollen zur Erntezeit und nach kontrollierter Lagerung. *Dissertation, Georg-August-Universität zu Göttingen*, Severin Verlag, Göttingen
- Kolbe, H. 1995: Einflussfaktoren auf die Inhaltsstoffe der Kartoffel. Trockensubstanz und Stärke. *Kartoffelbau* **46** (10), 404-411
- Kolbe, H. und Haase, N. U. 1997: Einflussfaktoren auf die Inhaltsstoffe der Kartoffel. Die wichtigsten Verfärbungsreaktionen. *Kartoffelbau* **48** (6), 243-240
- Kölsch, E., Stöppler, H. 1990: Kartoffeln im ökologischen Landbau. *KTBL-Arbeitspapier 147*, Darmstadt
- Kolbe H., Möller, K. 2003: Wachstum und Entwicklung der Kartoffel. In: *Handbuch Ökologischer Kartoffelbau*, Österreichischer Agrarverlag, 7-13
- Large, E.C. 1952: The interpretation of progress curves for potato blight and other plant diseases. *Plant Pathology* **1**, 109-117
- Laughlin, W. M. 1971: Production and chemical composition of potatoes related to placement and rate of nitrogen. *American Potato Journal* **48**, 1-15

- Loges, R. 1998: Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleeegrasbeständen. *Dissertation, Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung*, 9, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- Loges, R., Dreymann, S., Taube, F. 2004: Öko-Backweizen optimal mit Stickstoff versorgen. *topagrar* 5, 68-71
- Loges, R., Taube, F., Kornher, A. 1997: Ertrag, N-Fixierungsleistung sowie Ernterückstände verschiedener Rotklee- und Rotkleeegrasbestände. In: *Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 3.-4. März 1997 in Bonn*, Hrsg. U.Köpke & J.-A. Eisele, Verlag Dr.Köster, 265-271
- Lootsma, M. Scholte, K. 1996: Effects of soil disinfection and potatoharvesting methods on stem infection by *Rhizoctonia solani* Kühn in the following year. *Potato Research* 39, 15-22
- Matthies, K. 1991: Qualitätserfassung pflanzlicher Produkte aus unterschiedlichen Düngungs- und Anbauverfahren. Dissertation Universität Kassel
- Meinck, S., Kolbe, H., 1999: Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen *Kartoffelbau*, 50 (5), 172-175
- Millard, P., 1986: Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application. *Journal of Agricultural Science* 107, 421-429
- Möller, K. (1999). Kartoffeln. In: AGÖL (Hrsg.). Sortenübersicht für den Ökologischen Landbau. Gemüse, Getreide, Kartoffeln. Darmstadt
- Möller, K., 2000: Einfluss und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont. De Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. FAM-Bericht 51 und Dissertation TU München. Shaker Verlag Aachen
- Möller, K. 2002. Krautfäulebefall und N-Ernährung im Ökologischen Landbau. *Kartoffelbau* 53 (7), 276-279
- Möller, K., Habermeyer, H., Reents, H.-J. 1997: N-Dynamik und -versorgung der Kartoffel in ökologisch bewirtschafteten Betrieben. in Südbayern. In: *Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 3.-4. März 1997 in Bonn*, Hrsg. U. Köpke & J.-A. Eisele, Verlag Dr. Köster, Berlin, 375-381
- Möller, K., Kolbe, H., 2003: Fruchtfolge , Nährstoffversorgung, Düngung. In: Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. (Hrsg. K. Möller, H. Kolbe & H. Böhm). Agrarverlag, Leopoldsdorf, Österreich. S. 27-55
- Möller, K., Stinner, W., Deuker, A., Leithold, G., 2005: Biogaserzeugungspotential aus Gülle und Koppelprodukten in viehaltenden und viehlosen Betriebssystemen des ökologischen Landbaus. In: *Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 1.-4. März 2005 in Kassel*, Hrsg. J. Heß & G. Rahmann, Unidruckerei der Universität Kassel, 615-618
- Neuhoff, D., 2000: Speisekartoffelerzeugung im Organischen Landbau-Einfluß von Sorte und Rottemistdüngung auf Ertragsbildung und Knolleninhaltsstoffe. *Dissertation, Schriftenreihe/Institut für ökologischen Landbau*, 15, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

- Neuhoff, D., Köpke, U. 2002: Speisekartoffelproduktion im Organischen Landbau: Einfluss von Düngung und Sortenwahl auf Ertrag und Knolleninhaltsstoffe. *Pflanzenbauwissenschaften* 6 (2), 49-56
- Orlovius, K. 2003. Kali-Düngung auf die Verwertungsrichtung der Kartoffel ausrichten. *Kartoffelbau* 54 (1/2), 44-48
- Orlovius, K. 2004: Qualität und Ertrag verbinden. *Kartoffelbau* 55 (3), 67-69
- Otto, M., Schulte-Geldermann, E. Wulf, B., Frisch, J. (2004): Vorkeimverfahren im Kartoffelbau. *Kartoffelbau* 55 (12), 420-425
- Pagel, R., Hanff, H. 1997: Einfluss differenzierter Grundbodenbearbeitung und organischer Düngung auf Ertragsleistung und Wirtschaftlichkeit im ökologischen Kartoffelanbau auf einem Sandstandort. In: *Beiträge zu 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 3.-4. März 1997 Bonn*, Hrsg. U.Köpke & J.-A. Eisele, Verlag Dr.Köster, 368-374
- Pawelzik, E. 2000: Mineralstoffe in der Kartoffel: Wie beeinflussen sie die Qualität von Verarbeitungsprodukten? *Obst-, Gemüse- und Kartoffelverarbeitung*, 85 (5/6), 225-230
- Pawelzik, E., Delgado, E. 1999: Wirkung von Trockenstreß auf die Verfärbungsneigung von Kartoffelknollen. *Kartoffelbau*, 50 (9/10), 358-360
- Pienz, G., 1999: Ergebnisse aus Feldversuchen zur Kaliumdüngung. *Kartoffelbau*, 50 (7), 278-279
- Piepho, H. P., Büchse, A. und Emrich, K. 2003: A hitchhiker's guide to the mixed model analysis of randomized experiments. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 189, 310-322
- Piepho, H. P., Büchse, A., und RICHTER, C., 2004: A mixed modelling approach for randomized experiments with repeated measures. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 190, 230-247
- Pietsch, G., Friedel, J.K., Freyer, B. 2004: Ertrag, N₂-Fixierungsleistung und Wassernutzungseffizienz von Futterleguminosen in einem Ökologischen Anbausystem. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21-23. September 2004 Braunschweig*, Verlag Günther Heimbach, 219-220
- Putz, B. 1989: Kartoffeln. Züchtung. Anbau. Verwertung. Behr's Verlag. Hamburg
- Putz, B. 1989: Technologie der Kartoffelverarbeitung, Behr Verlag, Hamburg
- Putz, B. 2004: Reduzierende Zucker in Kartoffeln. Kartoffelacker- und pflanzenbauliche Maßnahmen. *Kartoffelbau* 55 (5), 188-192
- Putz, B., Haase, N. U. 1998: Kartoffelsorten für die Verarbeitung. *Kartoffelbau*, 49 (8), 312-316
- Radtke, W. 1994: *Rhizoctonia solani*: Ein Pilz, der die Kartoffelqualität auffällig mindert. *Kartoffelbau*, 45 (3), 92-96
- Rahmann, G., Nieberg, H., Drengemann, S., Fenneker, A., March, S. und Zurek, C. (2004). Bundesweite Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktionsverfahren, der realisierten Vermarktungswege und der wirtschaftlichen sowie sozialen Lage ökologisch wirtschaftender Betriebe und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungsnetzes. *Landbauforschung Völkenrode*. Sonderheft Nr. 276, 66-71

- Rauhe, K., Hoberück, J., Siegert, B. 1987: Untersuchungen zu langfristigen Wirkungsmechanismen von Stallmist- und Mineral-N im System Pflanze-Boden. *Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd.*, Berlin **31**, 711-718
- Rogozinska, I., Pinska, M. 1991: Einfluß steigender Stickstoff- und Kalidüngung auf qualitätsbestimmende Parameter von Speisekartoffeln vor und nach Mieteneinlagerung. *Potato Research* **34**, 139-148
- Roth, D.& Albrecht, M. 1999: Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Kartoffelproduktion durch Beregnung. *Kartoffelbau*, **50** (3), 97-99
- Scheller, E. 1993: Die Stickstoffversorgung der Pflanzen aus dem Stickstoff-Stoffwechsel des Bodens. Reihe Ökologie und Landwirtschaft 4. Margraf Verlag, Weikersheim
- Scherer, H., Werner, W., Kick, H. 1985: N-Fractionen und N-Nachlieferungsvermögen einer Löß-Parabraunerde nach langjähriger Zufuhr von Stroh, Stallmist, und Faulschlamm. *VDLUFA-Schriftenreihe Band 46*, 885-888
- Schiessendoppler, W., Cate, P. und Schönbeck, H. 1988: Wichtige Krankheiten und Schädlinge der Kartoffel. *Bundesanstalt für Pflanzenschutz*, Wien
- Schittenhelm, S., Sourell, H., Löpmeier, F.-J. 2004: Wieviel Kraut braucht die Kartoffel? In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21-23. September 2004 Braunschweig*, Verlag Günther Heimbach, 19-20
- Schmidt, H. 1997: Viehlose Fruchtfolge im Ökologischen Landbau. Auswirkungen systemeigener und systemfremder Stickstoffquellen auf Prozesse im Boden und die Entwicklung der Feldfrüchte. Dissertation Universität Kassel
- Schmitke, K., Rauber, R., Heckemeier, K., Homburg, M., Stubbe, B. 1998: Kartoffeln nach Rotkleegras-Grünbrache? *Kartoffelbau*, **49** (9/10), 376-379
- Schumann, P. 1998: Der Pflanzgutwert von Kartoffeln aus der Sicht des physiologischen Alters. *Kartoffelbau*, **49** (4), 134-136
- Schumann, P., 1999: Die Erzeugung von Kartoffeln zur industriellen Verarbeitung, *Buchedition Agrimedia GmbH*, Bergen
- Schulz, D.G. 2000: Ertrag von Kartoffeln im Organischen Landbau: Abhängigkeit von Düngerart und Düngermenge. *Dissertation, Schriftenreihe/Institut für Organischen Landbau 14, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*
- Shan Lin, Sattelmacher, B, Kutzmutz, E., Mühlhng, K.H., Dittert, K. 2004: Influence of nitrogen nutrition on tuber quality of potato with spezial reference of nitrate transport into tubers. *J. of Plant Nutrition*, **27** (2), 341-350
- Shaner, G., Finney, R.E. 1977: The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* **67**, 1051-1056
- Stein-Bachinger, K. 1993: Optimierung der zeitlich und mengenmäßig differenzierten Anwendung von Wirtschaftsdüngern im Rahmen der Fruchtfolge organischer Anbausysteme. *Dissertation, Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*

- Stephan, S. 1959: Untersuchungen über die Witterungsabhängigkeit der Stärke des Krautfäuleauftretens. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst*, Berlin, N.F. **13**, 226-230
- Stinner, W., Möller, K., Leithold, G. 2005: Biogaserzeugung im viehlosen Betrieb: Effekte auf Stickstoffmanagement, Erträge und Qualität. In: *Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau 1.-4. März 2005 in Kassel*, Hrsg. J. Heß & G. Rahmann, Unidruckerei der Universität Kassel, 185-188
- Stricker, H.-W. 1985: Untersuchungen über Höhe und Verlauf der Ertragsbildung durch Kraut und Knollen bei der Kartoffel. *Kartoffelbau* **36**, 332-338
- Struick, P.C., Van Voorst, G. 1986: Effects of drought on the initiation, yield and size distribution of tubers of *Solanum tuberosum* L. cv. Bintje. *Potato Research* **29**, 487-500
- Viola, R., Pelloux, J. 1999: Biochemical investigation of dormancy break and sprout growth in tubers of *Solanum tuberosum* (cv Desiree). In: *Abstracts of Conference Papers, Posters and Demonstrations of the 14 th Triennial Conference of the European Association for Potato Research in Italy*
- Walther, U. 1990: Ertrag und Qualität von Kartoffeln in Abhängigkeit des N_{min}-Gehaltes des Bodens sowie des Zeitpunktes und der Höhe der Stickstoffdüngung. I. N_{min}-Gehalte des Bodens und Ertrag. *Landwirtschaft Schweiz*. **3**, 323-330
- Walther, U., Schubinger, F.-X. und Jäggli, F., 1996: N-Aufnahme durch Kartoffeln und N_{min}-Gehalte des Bodens. *Agrarforschung* **3**, 61-64
- Weber, L.; Putz, B. 1998: Vitamin-C in Kartoffeln. *Kartoffelbau*, **49** (7), 278-281
- Wheatley, R. E. & Ritz, K. 1995: Dynamics of mineral nitrogen in soils supporting potato crops. *Biology and Fertility of Soils* **19**, 36-40
- Wistinghausen, E. von, 1984: Düngung und biologisch-dynamische Präparate. Verlag Lebendige Erde. Darmstadt.
- Zhang, W. 1989: Einfluß unterschiedlicher Nährstoffgaben (Stickstoff, Phosphat, Kalium) und deren Wechselwirkungen auf den Gehalt an einigen qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen von Chinakohl, Kartoffeln und Hirse sowie Einsatz eines mathematischen Optimierungsmodells zur Förderung qualitativ hochwertiger landwirtschaftlicher Erzeugnisse. *Dissertation, Georg-August Universität Göttingen*

7 Veröffentlichungen:

1. Krause T, Böhm H, Loges R, Taube F, Haase N U (2005): Auswirkungen der Beregnung von Kartoffeln in Abhängigkeit der Stallmistdüngung auf den Ertrag, die Qualität sowie die Verarbeitungseignung zu Pommes frites und Chips. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **17**, 118-119.
2. Krause T, Böhm H, Loges R, Taube F, Haase N U (2005) Production of potato crisps and chips in organic farming: Effect of sprinkler irrigation, manure and preceding crop management of clover grass on yield and quality. In: Ritter E, Carrascal A (2005): 16th Triennial Conference of the EAPR, Abstracts of papers and posters, I Programme and oral presentations, EAPR-2005, July 17 to 22, 2005, Bilbao, Spain, paper 105, 420-424.
3. Krause T, Haase T, Böhm H, Heß J, Loges R Haase N U (2005): Influence of variety and site on yield structure and quality of potatoes for processing to chips in organic farming. In: Ritter E, Carrascal A (2005): 16th Triennial Conference of the EAPR, Abstracts of papers and posters, II Poster presentations, EAPR-2005, July 17 to 22, 2005, Bilbao, Spain, poster 53, 676-679.
4. Haase T, Krause T, Haase N U, Böhm H, Loges R, Heß J, (2005): Effect of location and cultivar on yield and quality of organic potatoes for processing to crisps. In: Ritter E, Carrascal A (2005): 16th Triennial Conference of the EAPR, Abstracts of papers and posters, II Poster presentations, EAPR-2005, July 17 to 22, 2005, Bilbao, Spain, poster 61, 699-703.
5. Krause T, Böhm H, Loges R, Taube F, Haase N.U. (2005): Strategien zur Verbesserung der Qualität von Verarbeitungskartoffeln im Ökologischen Landbau – Effekt unterschiedlicher Anbausysteme auf Ertrag und Qualität. Kurzfassungen der 27. Kartoffeltagung der Arbeitsgemeinschaft Kartoffelforschung e.V. (AGK), 18.-19. Mai 2005 in Detmold, 4-5.
6. Krause T, Haase T, Böhm H, Heß J, Loges R, Haase N U (2005) Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln im Ökologischen Landbau: Effekt von Standort und Sorte auf Ertragsstruktur und die Qualität von Pommes frites. In: Heß J, Rahmann G (eds) Ende der Nische : Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005. Kassel : kassel university press, pp 47-48.
7. Krause T, Böhm H, Loges R, Taube F, Haase N U (2005) Einfluss unterschiedlicher Klee-grasnutzungssysteme auf Ertrag, Sortierung und Qualität ökologisch erzeugter Verarbeitungskartoffeln. In: Heß J, Rahmann G (eds) Ende der Nische : Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005. Kassel : kassel university press, pp 43-46.
8. Haase T, Krause T, Heß J, Böhm H, Loges R, Haase N U (2005) Zum Einfluss von Standort und Sorte auf Ertrag, Sortierung und Qualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln für die Verarbeitung zu Chips. In: Heß J, Rahmann G (eds) Ende der Nische : Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005. Kassel : kassel university press, pp 49-50.
9. Krause T, Böhm H, Loges R: Haase N U (2005) Pflanzenbauliche Strategien für die ökologische Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln 1. Teil: Klee-grasmanagement. Kartoffelbau **56** (8/2005), 340-344.
10. Krause T, Böhm H (2005): Anbau von Verarbeitungskartoffeln im Ökologischen Landbau. Bioland 1/2005.
11. Haase T, Schüler C, Kölsch E, Haase N U, Heß J (2005): Effect of fertilization on yield and quality factors of organic maincrop potatoes for processing. In: Ritter E, Carrascal A (2005): 16th Triennial Conference of the EAPR, Abstracts of papers and posters, I Programme and oral presentations, EAPR-2005, July 17 to 22, 2005, Bilbao, Spain, paper 110, 441-445.
12. Haase T, Schüler C, Kölsch E, Haase N U, Heß J (2005): Zum Einfluss der Vorfrucht auf Ertrag und Verarbeitungsqualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln in Abhängigkeit von der Pflanzgutvorbereitung am Beispiel zweier Sorten. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **17**, 34-35.

13. Haase T, Schüler C, Kölsch E, Haase N U, Heß J (2005). Einfluss von Düngung und Sorte auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Verarbeitungskartoffeln im Ökologischen Landbau. In: Heß J, Rahmann G (eds) Ende der Nische: Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 1.-4. März 2005. Kassel: kassel university press, pp 51-54.
14. Haase T, Kölsch E, Haase N U, Heß J (2005) Pflanzenbauliche Strategien für die ökologische Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln 2. Teil: Vorfrucht und Vorkeimen. Kartoffelbau (im Druck).
15. Haase T, Kölsch E, Haase N U, Heß J (2005) Pflanzenbauliche Strategien für die ökologische Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln 3. Teil: Kaliumversorgung. Kartoffelbau (im Druck).
16. Haase T, Schüler C, Heß J (2005): The short-term effect of different N and K sources on tuber nutrient uptake, yield and dry matter of organic potatoes (*Solanum tuberosum* L.) for processing into chips and crisps. Eur. J. of Agronomy (eingereicht).
17. Haase T, Schüler C, Piepho H P, Thöni H P, Büchse A, Heß J (2005): The effect and interaction of previous crop and presprouting on crop growth, N uptake and tuber yield of organic maincrop potatoes for processing. Journal of Agricultural Sciences, Cambridge (eingereicht).
18. Krause T, Haase T, Böhm H, Heß J, Loges R, Haase N U (2004): Einfluss von Standort und Sorte auf Ertrag, Sortierung und Qualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln für die Verarbeitung zu Pommes frites. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **16**, 141-142.
19. Haase T, Heß J, Krause T, Böhm H, Loges R, Haase N U (2004): Einfluss von Standort und Sorte auf Ertrag, Sortierung und Qualität von ökologisch erzeugten Kartoffeln für die Verarbeitung zu Chips. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Pflanzenernährung, Kurzfassungen der Vorträge und Poster, Göttingen, S. 43.
20. Haase T, Schüler C, Kölsch E, Haase N U, Heß J (2004): Zum Einfluss der Düngung und Sortenwahl auf Ertrag und Qualität von Verarbeitungskartoffeln im Ökologischen Landbau. Wintertagung in Göttingen am 17./18. Nov. 2004.

8 Anhang

8.1 Farbmessung bei Kartoffelchips (Laborvorschrift)

Bundesanstalt für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie

Farbmessung bei Kartoffelchips (Laborvorschrift)

1. Gegenstand

Instrumentelle Farbmessung bei Kartoffelchips

2. Hilfsmittel

3.1 Farbmessgerät MINOLTA CR 310, Messtubus mit Glasvorsatz
3.2 Grosses Hohlgefäß, z.B. Wanne (37 x 27 x 15 cm, L x B x H)

3. Durchführung der Farbmessung

3.1 Inbetriebnahme des Gerätes

3.1.1 POWER ON

3.1.2 Kalibrierung

Messkopf auf die Mitte des Standards setzen
CALIBRATE-Taste
MEASURE-Taste (Gerät oder Messkopf)
automatisch 3 Messungen, im Display erscheint anschliessend END
Gerät ist messbereit, Messung durch Auslösen der MEASURE-Taste oder
durch Druckknopf am Messkopf

3.1.3 Einstellen der Messart

INDEX SET
Data Protect Y
Multi Measure (3x) Y
Multi Cal. N
Light Source D65
Print N
Color Space N

(Jeweilige Ansteuerung durch Auf-/Abbewegung mit Taste rechts neben der 3
ENTER

3.2 Messung

Jede Messung wird abgespeichert, für jede Probe erfolgt die Speicherung auf
einer neuen SEITE (max. 20 Seiten = PAGES). Danach müssen
Speicherinhalte gelöscht werden: ALL DATA CLEAR ENTER
COLOR SPACE SELECT
Wahl des Farbsystems (LAB)
Die Messungen der ersten Probe werden auf Seite 01 abgespeichert.

In das Hohlgefäß werden Kartoffelchips der zu bewertenden Probe so eingefüllt, dass eine
Schichtdicke von mindestens 7 cm gegeben ist. Der Messtubus wird fest auf die Oberfläche
des Messgutes gedrückt. Bei mehrmaligem Durchmischen der Probe wird insgesamt 7 mal
(7 x 3 Lichtblitze) gemessen (MEASURE-Taste drücken). Dabei wird der Messtubus nach
jedem Lichtblitz an einer anderen Stelle positioniert.

Statistische Auswertung:

STATISTIC
ENTER

Nächstes Muster zur Messung vorbereiten, dazu neue Speicherseite wählen (PAGE ENTER)

4. Auswertung

Die Klasseneinteilung der gemessenen Kartoffelchips entsprechend der Wageningen Farbtabelle ist von einer instrumentellen Farbmessung mit einem Agtron-Gerät abgeleitet worden (Agtron-Gesamtreflexion). Basis der Einteilung ist eine Farbtabelle mit 9 Einteilungen (Colour Cards for Quality Evaluation of Potato Chips, Druckerei G.A. Roelofs, Enschede, Niederlande). Die jetzige Einteilung hat als 10. Klasse fast weisse Chips aufgenommen. Zusätzlich sind die Klassen halbiert worden.

Die Klasseneinteilung erfolgt anhand des L*-Wertes (Helligkeit).

Für die Auswertung steht das Programm FN-CHIPS.EXE zur Verfügung.

Note	L*-Wert	Note	L*-Wert
10	> 69,74	5	57,15 - 58,50
9,5	68,54 - 69,74	4,5	55,89 - 57,14
9	67,23 - 68,53	4	54,61 - 55,88
8,5	66,03 - 67,22	3,5	53,44 - 54,63
8	64,78 - 66,02	3	52,03 - 53,43
7,5	63,47 - 64,77	2,5	50,77 - 52,02
7	62,22 - 63,46	2	49,52 - 50,76
6,5	61,02 - 62,21	1,5	48,26 - 49,51
6	59,82 - 61,01	1	< 48,26
5,5	58,51 - 59,81		

5. Literatur

Haase, N.U.: Die instrumentelle Farbmessung in der kartoffelverarbeitenden Industrie. In: Bericht über die 17. Kartoffeltagung 1995, Granum-Verlag 1995, 68-75

6. Ergebnisse der Optimierung

Aus der Wertprüfung für das BSA wurden in der Saison 94/95 insgesamt 241 Muster sowohl mit Agtron als auch mit Minolta gemessen. Die daraus abgeleitete Regression lautet:

$$L^*\text{-Wert} = 0,109 \times \text{Agtron-Summe} + 42,76$$

$$\text{Agtron-Summe} = 8,06 \times L^*\text{-Wert} - 321,77$$

$$(r=0,94 \quad n=241)$$

Eine Überprüfung der abgeleiteten Regression mit weiteren Parametern der Farbmessung (C^* und h°) führte zu keiner Verbesserung der Regression (multiple Regression)

$$\text{Agtron-Summe} = (9,587 \times L^*) - (0,18 \times C^*) - (1,376 \times h^\circ) - 304,47$$

$$(r=0,94 \quad n=241)$$

Ein Abgleich der erstellten neuen Klasseneinteilung mit insgesamt 94 Mustern aus der Lageruntersuchung führte zu folgendem Ergebnis:

- Übereinstimmung Agtron - L*-Wert: 31,9 %
- Abweichung bis 0,5 Einheiten : 39,4 %
- Abweichung bis 1,0 Einheiten : 18,1 %
- Abweichung bis 1,5 Einheiten : 9,6 %
- Abweichung bis 2,0 Einheiten : 1,1 %

8.2 Prüfschema für Pommes frites und Backofen-Pommes frites

Einsender:

Erzeugnis:

		Bewertung: 5 4 3 2 1 0				Gewichtungs-faktoren		Gewichtete Bewertung					
		Bewertung: 5 4 3 2 1 0				x 2 =		x 3 =					
1. Aussehen, Farbe, Zusammensetzung in verzehrfähigem Zustand													
101	Grauerfärbung der vorfrittierten Ware	4	3	2	1	104	Farbe ungleichmäßig	4	3	2	1		
						105	grau	4	3	2	1		
102	Farbe zu hell, blass	4	3	2									
						106	glasig	4	3	2			
103	Farbe zu dunkel	4	3	2									
2. Konsistenz													
201	zu weiche Kruste	4	3	2		205	zäh	4	3	2	1		
202	zu harte Kruste	4	3	2		206	innen noch roh	4	3	2	1		
203	zu weicher, schmieriger Kern	4	3	2		207	trocken (ausgetrocknet)	4	3	2			
						208	nass (innen)	4	3	2			
204	fest	4	3	2	1								

8.3 Farbmessung der Rohbreiverfärbung (Laborvorschrift)

1. Gegenstand

Instrumentelle Farbmessung der Rohbreiverfärbung (Rohbreifarbe)

2. Hilfsmittel

- 2.1 Farbmessgerät MINOLTA CR 310, Messtubus
- 2.2 Petrischalen aus Glas oder Kunststoff (mit Deckel)
- 2.3 Würfelmaschine
- 2.4 Haushaltsmixer

3. Durchführung der Farbmessung

3.1 Inbetriebnahme des Farbmessgerätes

3.1.1 POWER ON

3.1.2 Kalibrierung

Messkopf in die Mitte einer Petrischale stellen, Standard unterhalb der Petrischale

CALIBRATE-Taste

MEASURE-Taste (Gerät oder Messkopf)

automatisch 3 Messungen, im Display erscheint anschliessend END

Gerät ist messbereit, Messung durch Auslösen der MEASURE-Taste oder durch Druckknopf am Messkopf

3.1.3 Einstellen der Messart

INDEX SET

Data Protect Y

Multi Measure (3x) Y

Multi Cal. N

Light Source D65

Print Y

Color Space N

(Jeweilige Ansteuerung durch Auf-/Abbewegung mit Taste rechts neben der 3 ENTER

3.2 Messung

Jede Messung wird abgespeichert, für jede Probe erfolgt die Speicherung auf einer neuen SEITE (max. 20 Seiten = PAGES). Danach müssen Speicherinhalte gelöscht werden: ALL DATA CLEAR ENTER

COLOR SPACE SELECT

Wahl des Farbsystems (LAB)

Die Messung der ersten Probe wird auf Seite 01 abgespeichert.

Gewaschene Kartoffeln werden gewürfelt und zu Rohbrei zerkleinert (homogenisiert). Der Rohbrei wird rasch in eine Petrischale gefüllt. Nach einer Exposition von 30 min wird der Deckel der Petrischale blasenfrei auf den Rohbrei gesetzt. Zur Farbmessung wird der Messtubus nun in die Mitte des Deckels plaziert und die Messung vorgenommen (MEASURE-Taste drücken). Es erfolgt eine Einfachmessung (mit 3 Lichtblitzen).

Nächstes Muster zur Messung vorbereiten, dazu neue Speicherseite wählen (PAGE ENTER)

4. Auswertung

Die Klasseneinteilung der gemessenen Farbwerte wird in Anlehnung an eine bereits bestehende Klasseneinteilung (Agtron-Messung) vorgenommen. Sie erfolgt anhand des L*-Wertes (Helligkeit).

Für die Auswertung steht das Programm FN-ROHBR.EXE zur Verfügung.

Note	Beschreibung	L*-Wert
5	sehr geringe Verfärbung	> 62,8
4	geringe Verfärbung	59,1 - 62,8
3	mässige Verfärbung	55,3 - 59,0
2	starke Verfärbung	51,4 - 55,2
1	sehr starke Verfärbung	< 51,4

5. Literatur

Haase, N.U.: Die instrumentelle Farbmessung in der kartoffelverarbeitenden Industrie. In: Bericht Über die 17. Kartoffeltagung 1995, Granum-Verlag Detmold 68-75.

Putz, B. und L. Weber: Methoden zur Selektion von Verarbeitungskartoffeln in der Züchtung. In: Bericht über die 11. Kartoffeltagung 1989, Granum-Verlag Detmold 1989, 5-14.

6. Ergebnisse der Optimierung

Aus der Wertprüfung für das BSA wurden in der Saison 94/95 insgesamt 241 Muster sowohl mit Agtron als auch mit Minolta gemessen. Die daraus abgeleitete Regression lautet:

$$L^*\text{-Wert} = 0,633 \times \text{Agtron-Wert} + 39,05$$

($r=0,96$ $n=239$)

Eine Überprüfung der abgeleiteten Regression mit weiteren Parametern der Farbmessung (C^* und h°) führte zu keiner Verbesserung der Regression (multiple Regression)

$$\text{Agtron-Wert} = (1,235 \times L^*) - (0,067 \times C^*) + (0,145 \times h^\circ) - 48,89$$

($r=0,958$ $n=239$)

Der Versuch, die Farbveränderung zu erfassen, ergab nachstehende Werte:

$$d \text{ Agtron-Wert} = 1,299 \times dL^* - 0,166 \times dC + 0,159 \times dh + 2,278$$

($r = 0,904$ $n=239$)

Ein Abgleich der erstellten neuen Klasseneinteilung mit insgesamt 240 Mustern aus der Lageruntersuchung führte zu folgendem Ergebnis:

- Übereinstimmung Agtron - L*-Wert: 77,5 %
- Abweichung : 22,5 %

8.4 Farbmessung der Kochdunkelung (Laborvorschrift)

1. Gegenstand

Instrumentelle Farbmessung der Rohbreiverfärbung (Rohbreifarbe)

2. Hilfsmittel

- 2.1 Farbmessgerät MINOLTA CR 310, Messtubus
- 2.2 Petrischalen aus Glas oder Kunststoff (mit Deckel)
- 2.3 Kartoffelschäler
- 2.4 Küchenmesser
- 2.5 Kochtopf
- 2.6 Leitungswasser
- 2.7 Gabel
- 2.8 Kartoffelpresse
- 2.9 Teigschaber
- 2.10 Stoppuhr

3. Durchführung der Farbmessung

3.1 Inbetriebnahme des Farbmessgerätes

3.1.1 POWER ON

3.1.2 Kalibrierung

Messkopf in die Mitte einer Petrischale stellen, Standard unterhalb der Petrischale
CALIBRATE-Taste
MEASURE-Taste (Gerät oder Messkopf)
automatisch 3 Messungen, im Display erscheint anschliessend
END

Gerät ist messbereit, Messung durch Auslösen der MEASURE-Taste oder durch Druckknopf am Messkopf

3.1.3 Einstellen der Messart

INDEX SET
Data Protect Y
Multi Measure (3x) Y
Multi Cal. N
Light Source D65
Print Y
Color Space N

(Jeweilige Ansteuerung durch Auf-/Abbewegung mit Taste rechte neben der 3
ENTER

3.2 Messung

Jede Messung wird abgespeichert, für jede Probe erfolgt die Speicherung auf einer neuen SEITE (max. 20 Seiten = PAGES). Danach müssen Speicherinhalte gelöscht werden: ALL DATA CLEAR ENTER
COLOR SPACE SELECT
Wahl des Farbsystems (LAB)
Die Messung der ersten Probe wird auf Seite 01 abgespeichert.

6 mittelgroße Knollen waschen, mit dem Kartoffelschäler schälen, größere Knollen ev. halbieren. Die Kartoffeln werden in Leitungswasser (kalt) erhitzt (ca. 1 l Wasser). Die Kochzeit beträgt zwischen 15 und 25 min (je nach Kochtyp). Die Gare wird durch Gabeltest ermittelt. Nach dem Abgießen des Kochwassers wird die Zeit genommen. Die gegarten

Kartoffeln werden mit einem Kartoffelstampfer gut zerstampft, in die Petrischale gefüllt und glatt gestrichen. Die Messung erfolgt 30 min nach dem Kochende der Kartoffeln. Zur Farbmessung wird der Mestubus nun in die Mitte des Deckels plaziert und die Messung vorgenommen (MEASURE-Taste drücken). Es erfolgt eine Einfachmessung (mit 3 Lichtblitzen).

Nächstes Muster zur Messung vorbereiten, dazu neue Speicherseite wählen (PAGE ENTER)

4. Auswertung

Die Klasseneinteilung der gemessenen Farbwerte erfolgt anhand des L*-Wertes (Helligkeit). Für die Auswertung steht das Programm FN-KOCHD.EXE zur Verfügung.

Note	Beschreibung	L*-Wert
5	sehr geringe Verfärbung	> 82,1
4	geringe Verfärbung	80,3 – 82,1
3	mässige Verfärbung	78,4 – 80,2
2	starke Verfärbung	76,5 – 78,3
1	sehr starke Verfärbung	< 76,5

5. Literatur

Haase, N.U.: Die instrumentelle Farbmessung in der kartoffelverarbeitenden Industrie. In: Bericht Über die 17. Kartoffeltagung 1995, Granum-Verlag Detmold 68-75.

Putz, B. und L. Weber: Methode zur Bestimmung der Kochdunklung für Züchtung und Verarbeitungsindustrie. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Kartoffelforschung e.V.. Veröffentlichungs-Nr. 5985 der BAGKF (Nov. 1993).