

**Schriftenreihe der
Sächsischen Landesanstalt für
Landwirtschaft**

**Heft 2
1. Jahrgang 1996**

Impressum

Herausgeber: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1
D-01326 Dresden
Tel. 0351/2612-0

Redaktion: Dr. Claus D. Bormuth

Redaktionsschluß: 24. April 1996

Auflage: 300 Stück

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Mißbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, daß dies als Parteinahme der Herausgeber zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl dieser Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist es jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung sowie des Nachdruckes und jede Art der photomechanischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten. Rechtsansprüche sind aus dem vorliegenden Material nicht ableitbar.

ISSN 0949-1597

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---|--|----|
| Schmidt, W., Stahl, H. | Konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat bei Zuckerrüben. Ergebnisse von Feldversuchen 1994 | 3 |
| Lippold, H., Albert, E., Weigert, I., Mandolla, M. | Verminderte Nitrat-Verlagerung aus der Gülle unter Winter-Zwischenfrucht - Lysimeterversuche mit ¹⁵N auf zwei Böden Sachsens | 12 |
| Schulz, J., Sarodnik, M., Röhricht, C., Rexroth, E. | Das Voigtsdorf Verfahren, eine risikoarme Flachserntetechnologie im Vergleich zum traditionellen Ernteverfahren und zu Verfahren mit Feldentholzung | 18 |
| Hörügel, K., Müller, U., Bergfeld, U., Hallfarth, G., Eckert, S., Siegl, O., Uhlemann, J. | Beziehungen zwischen dem MHS-Status und den Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen bei Sauen | 30 |
| Bergfeld, U., Müller, U., Hallfarth, G., Eckert, S. | Modellvarianten zur Zuchtwertschätzung beim Schwein in Sachsen | 38 |
| Füllner, G., Pfeifer, M. | Versuche zur Aufzucht einsömmriger Europäischer Welse (<i>Silurus glanis</i>) in Teichen | 51 |
| Westphal, K., Übermuth, G., Potthast, K. | Benzo-a-pyrengehalte in geräucherten Fleischerzeugnissen aus traditionellen Räucheranlagen der Bundesländer Sachsen und Thüringen | 64 |

Konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat bei Zuckerrüben. Ergebnisse von Feldversuchen 1994

Walther A. Schmidt und Henning Stahl

Stichwörter: Zuckerrübenanbau, konservierende Bodenbearbeitung, Mulchsaat, Ertragsbildung, Zuckerertrag.

Zusammenfassung

Im Sinne einer bodenschonenden, erosionsmindernden und kostensparenden Bestellung stellt die konservierende Bodenbearbeitung und die Mulchsaat bei Zuckerrüben ein wichtiges, in Sachsen gegenwärtig jedoch kaum praktiziertes Anbauverfahren dar. Aus diesem Grund wurden 1994 auf 5 Ackerflächen im Sächsischen Lößhügelland Versuche zur konservierenden Bodenbearbeitung in Kombination mit der Mulchsaat von Zuckerrüben in Stroh- und Phaceliamulch durchgeführt. Im Vergleich zu konventionell bestellten Rüben wurden hierbei im ersten Versuchsjahr, mit wenigen Ausnahmen, gleich gute Feldaufgänge, Zuckerrübenenerträge bzw. Reinzuckererträge erzielt. Eine Bewertung der Aufwendungen an Herbiziden in Abhängigkeit der verschiedenen Bestellverfahren ist auf Grundlage der einjährigen Versuchsergebnisse noch nicht möglich. Zur weiteren Verbreitung dieser ökologisch und ökonomisch wichtigen neuen Bestelltechniken werden die Versuche fortgesetzt, wobei für die damit verbundenen acker- und pflanzenbaulichen Probleme (spezifische Verunkrautung und Bekämpfungsstrategien, Probleme der Mulchsaattechnik u. a.) Empfehlungen für die Landwirtschaft erarbeitet werden sollen.

Summary

Conservation tillage and drilling of sugar beets in crop or intercrop residues are cultivation systems minimizing soil damages (especially soil erosion) and reducing costs of sugar beet production. In Saxony, however, sugar beet cultivation with plough and conventional drilling is still very common, although large areas of Saxony are affected by water and wind erosion. In 1994 five field experiments were started to demonstrate the advantages of conservation tillage and drilling of sugar beet in straw or intercrop residues in the region of "Sächsisches Lößhügelland" near Meissen. In the first experimental year germination, growth and yield (crop and pure sugar) of the plots treated with cultivator in combination with drilling in straw or intercrop residues (Phacelia) were as good as the results of the control (cultivation with plough and conventional drilling). The experiments will be continued, on the one hand, to demonstrate the advantages of conservation tillage and drilling of sugar beet in crop or intercrop residues to farmers in Saxony. On the other hand, it is necessary to develop solutions for the problems connected with sugar beet

production in conservation tillage (weed control with selective and/or non-selective herbicides, seed technology, docking disorder of sugar beet etc.).

1 Einleitung

Zuckerrüben sind bei konventioneller Bestellung (Herbstpflugfurche, Saatbettbereitung mit Saatbettkombination oder Kreiselegge) sehr durch Wassererosion gefährdet. Die Ursache hierfür ist, daß durch das Pflügen im Herbst stabile Bodenkrümel vergraben werden und leicht verschlämmendes Bodenmaterial aus 25-30 cm Bodentiefe heraufgeholt wird. Zusätzlich beseitigt die wendende Bodenbearbeitung auf der Bodenoberfläche liegende Pflanzenreste der Vorfrucht, wodurch Bodenaggregate nicht mehr vor der zerstörenden Wirkung aufprallender Regentropfen geschützt werden. Zusammen mit dem langsamen Bestandesschluß der Rüben führt dies zur Verschlämmung der Bodenoberfläche. Niederschläge können, zusätzlich verstärkt durch Krumbasisverdichtungen, nicht mehr versickern. Sie fließen auf geneigten Ackerflächen oberflächlich hangabwärts und es kommt zum Bodenabtrag.

Einen wesentlichen Schutz gegen Wassererosion bei Zuckerrüben, aber auch bei anderen Fruchtarten, stellt die nichtwendende, d. h. die konservierende Bodenbearbeitung in Kombination mit der Mulchsaat in Stroh- oder Zwischenfruchttrückstände dar. Durch Pflanzenreste wird bei der pfluglosen Bestellung die aus stabileren Bodenkrümel gebildete Bodenoberfläche vor der verschlämmenden Wirkung der Regentropfen geschützt. Darüber hinaus wird der Wasserabfluß durch das als Abflußbarriere wirkende Mulchmaterial gebremst. Die Stroh- und Zwischenfruchtreste steigern zudem die Tätigkeit von Mikroorganismen, Regenwürmern usw., wodurch der Aufbau stabiler, wenig verschlämmungsanfälliger Bodenaggregate und das Entstehen tiefreichender, gut dränender Regenwurmröhren gefördert wird. All dies verbessert sehr nachhaltig die Wasserversickerung und der bodenerodierende, oberflächliche Wasserabfluß wird stark vermindert bzw. verhindert. Voraussetzung hierfür ist natürlich, daß eine derartige Bodenstruktur auch erhalten wird. Dies kann ausschließlich durch die konsequent beibehaltene konservierende Bodenbearbeitung geschehen.

Die Mulchsaat von Zuckerrüben in Kombination mit der nichtwendenden Bodenbearbeitung stellt für viele Praktiker in Sachsen ein neues Anbauverfahren dar. Sie ist deshalb mit einem entsprechenden Anbaurisiko verbunden. Um den Anbauumfang der nichtwendend und in Mulchsaat bestellten Zuckerrüben im Sinne der Erosionsminderung zu erhöhen, wurden vom Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Zusammenarbeit mit der Südzucker GmbH Zeitz, beginnend im Herbst 1993, entsprechende Feldversuche angelegt. Hauptzielsetzung der Versuche ist die Demonstration und die praktische Erprobung unterschiedlicher Zuckerrüben-Mulchsaatverfahren in Verbindung mit der konservierenden Bodenbearbeitung auf für Sachsen typischen großen Ackerschlä-

gen bei Einbeziehung der betriebsspezifischen Form der Zuckerrübenbestellung. Aus diesem Grund wurde auf die Anlage von Exaktfeldversuchen (mit entsprechender Wiederholungszahl von Versuchsgliedern usw.) verzichtet. Mit dieser Form der Versuchsanlage und -durchführung soll die rasche Einführung von neuen, ökonomisch und ökologisch vorteilhaften Zuckerrüben-Anbauverfahren in der landwirtschaftlichen Praxis erreicht werden. Auf die Ergebnisse der Mulchsaatversuche mit Zuckerrüben des ersten Versuchsjahres 1994 soll nachstehend eingegangen werden.

2 Versuchsdurchführung

Die nachstehend dargestellten Feldversuche zur Mulchsaat der Zuckerrüben wurden auf Ackerschlägen (Durchschnittsgröße 40 ha) in 5 Landwirtschaftsbetrieben im Sächsischen Lößhügelland in der Nähe der Gemeinden Döbeln bzw. Meißen angelegt. Auf Grund der bis zu mehreren Metern mächtigen Lößauflage ist diese Region durch das großflächige Auftreten von Parabraunerdeböden aus Löß gekennzeichnet. Damit fanden die Versuche auf weitgehend ähnlichem Bodensubstrat statt. Trotz standortgegebener Unterschiede (z. B. Flachgründigkeit im Kuppenbereich stärker geneigter Hangflächen) sind daher die Versuchsergebnisse gut miteinander vergleichbar.

Die Anlage und Betreuung der Versuche erfolgte durch die Praxisbetriebe. Auf Versuchswiederholungen wurde wegen der damit verbundenen hohen Arbeitsbelastung verzichtet. Eine statistische Verrechnung der Versuchsergebnisse war deshalb nicht möglich. Grundsätzlich wurde in allen Versuchsansätzen eine konventionell bestellte Kontrolle (Herbstpflugfurche, Saatbettkombination und Zuckerrübenaussaat mit Einzelkornsämaschine) angelegt. Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtaussaat, Rübenbestellung sowie Düngung, Pflanzenschutz und Unkrautbekämpfung wurden von den Betrieben durchgeführt. Hierbei kam die jeweils im Einzelbetrieb vorhandene Technik zum Einsatz. Bei Mulchsägeräten wurde durch die Betriebe auf Lohnunternehmer bzw. auf Nachbarschaftshilfe zurückgegriffen.

Die Größe der Versuchspartzellen lag bei 3-10 ha. Die Zuckerrübenerträge und die Blatterträge wurden in allen Versuchen mittels Handrodung (5 Wiederholungen je Prüfglied, Ernteparzelle ca. 10 m² mit zwei Rübenreihen zu 11 m Länge) in der letzten Septemberwoche 1994 bestimmt. Die Analyse der Rübeninhaltsstoffe (K, Na, Amino-N) und die Ermittlung des bereinigten Zuckergehaltes wurde dankenswerterweise durch die Südzucker GmbH in Zeitz durchgeführt. Bei der Ernte wurde der Anteil beiniger Rüben in Abhängigkeit des Anbauverfahrens erfaßt. Eine Bodenuntersuchung auf Nährstoffgehalte (N, P, K usw.) wurde nicht durchgeführt.

2.1 Zuckerrübenaussaat in Strohmulchauflage

In zwei Betrieben (I und II in den Tabellen 1 bis 4) wurde im Herbst 1993 auf zwei Flächen direkt nach Wintergerstenvorfrucht (mit Strohdüngung) eine Stoppelbearbeitung mit der Scheibenegge und eine zweimalige Grubberbearbeitung (Arbeitstiefe jeweils 15 cm) durchgeführt. Ende April 1994 erfolgte auf beiden Ackerflächen mit einer Kreiselegge eine einmalige, flache Saatbettbereitung (2 cm Arbeitstiefe). Die Zuckerrüben wurden dann jeweils in der letzten Aprilwoche 1994 mit einem herkömmlichen Einzelkornsäugerät ausgesät (45 cm Reihenabstand, 18 cm Abstand in der Reihe, 0,5-1 cm Ablagetiefe). Unkräuter wurden betriebsüblich in Form von drei Herbizid-Nachauflaufbehandlungen bekämpft.

2.2 Zuckerrübenaussaat in Phaceliamulchauflage

In drei weiteren Betrieben (III, IV und V in den Tabellen 1 bis 4) wurde im Herbst 1993 auf drei Versuchsflächen nach Wintergerstenvorfrucht ohne Strohdüngung (III und IV) bzw. nach Flächenstillegung ohne aktive Begrünung (V) eine Stoppelbearbeitung mit der Scheibenegge durchgeführt. Ende August 1993 erfolgte auf allen Flächen eine einmalige Grubberbearbeitung und danach die Aussaat von Phacelia (III und V mit Kreiselegge, IV mit auf Schwergrubber aufgebautem Schleuderstreuer). Im Herbst 1993 war auf allen Flächen das Phaceliawachstum sehr verhalten. Bis zum Winteranfang bildete sich jedoch ein rund 20 cm hoher, dicht deckender Phaceliabestand aus.

Tab. 1: Zuckerrüben-Feldaufgang Ende Mai 1994 vier Wochen nach der Mulchsaat von Rüben in eine Stroh- bzw. Phaceliamulchauflage (nach nichtwendender Herbstbodenbearbeitung mit Grubber). Ergebnisse von 5 Feldversuchen in Praxisbetrieben im Sächsischen Lößhügelland. Werte sind Mittelwerte aus 20 Meßwiederholungen (SBB: Saatbettbereitung).

| Betrieb | Zuckerrüben-Feldaufgang [Pflanzen/ha x 1000] | | | | |
|---------|--|------------|---------------|----------|---------|
| | konventionelle Aussaat (Kontrolle) | Mulchsaat | | | |
| | | Strohmulch | Phaceliamulch | | |
| | 1 x SBB | | 1 x SBB | ohne SBB | 1 x SBB |
| I | 85,6 | 82,4 | - | - | - |
| II | 80,7 | 79,3 | - | - | - |
| III | 83,6 | - | 88,5 | 93,3 | - |
| IV | 103,0 | - | - | 96,2 | 98,2 |
| V | 71,1 | - | - | 72,1 | 85,2 |

Insgesamt hatten starke Niederschläge Mitte April 1994 auch auf den mit abgestorbenem Phaceliamulch bedeckten Ackerflächen eine Verschlämmung der Bodenoberfläche verursacht, so daß in den Betrieben III bis V Ende April 1994 eine einmalige Saatbettbereitung durchgeführt wurde (III und V mit Kreiselegge, IV mit Saatbettkombination). Betrieb III verzichtete versuchsweise auf einem Teilstück ganz auf eine Saatbettbereitung, die Betriebe IV und V führten in einer weiteren Variante eine zweimalige Saatbettbereitung durch. Nach einer vorhergehenden Unkrautbekämpfung von Kontroll- und Mulchsaatparzellen mit einem Totalherbizid erfolgte auf allen Versuchsflächen der Betriebe III bis V in der letzten Aprilwoche 1994 mit Einzelkorn-Mulchsägeräten mit Doppelschneidscheiben die Zuckerrübenaussaat (45 cm Reihenabstand, 18 cm Abstand in der Reihe, 0,5-1 cm Ablagetiefe). Im Betrieb III und IV erfolgte bei allen Prüfgliedern eine einmalige Herbizid-Nachauflaufbehandlung. Im Betrieb V war auf Grund einer starken Verunkrautung infolge der voraufgegangenen selbstbegrünter Rotationsbrache auf allen Versuchspartellen eine zweimalige Herbizid-Nachauflaufbehandlung erforderlich.

3 Ergebnisse

3.1 Strohmulchsaat

In den Betrieben I und II waren sowohl in den Feldaufgängen Anfang Juni 1994 mit rund 80 bis 85 Tsd. Pflanzen je ha (I und II in Tab. 1) als auch in den zwischen 546 bis 585 dt/ha liegenden Rübenträgen Ende September 1994 (I und II in Tab. 2) keine Unterschiede zwischen der konventionellen Rübenbestellung und der Strohmulchsaat in Kombination mit der konservierenden Bodenbearbeitung festzustellen. In der Gleichmäßigkeit der Bestände gab es zwischen konventionell und konservierend und in Strohmulchsaat bestellten Flächen keine Abweichungen. Eine Entwicklungsverzögerung der Rübenpflanzen war bei letzteren nicht festzustellen.

Tab. 2: Zuckerrübenenertrag 1994 nach der Mulchsaat der Rüben in Stroh- bzw. Phaceliamulchauflage (nach nichtwendender Herbstbodenbearbeitung mit Grubber). Ergebnisse von 5 Feldversuchen in Praxisbetrieben im Sächsischen Lößhügelland. Werte sind Mittelwerte aus 5 Meßwiederholungen (SBB: Saatbettbereitung).

| Betrieb | Zuckerrübenenertrag [dt/ha] | | | | |
|---------|---|-----------------------|---------------|---------|---------|
| | konventionelle Aussaat (Kontrolle) 1 x SBB | Mulchsaat | | | |
| | | Strohmulch 1 x SBB | Phaceliamulch | | |
| | | | ohne SBB | 1 x SBB | 2 x SBB |
| | | | | | |

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I | 546 | 554 | - | - | - |
| II | 585 | 576 | - | - | - |
| III | 741 | - | 696 | 607 | - |
| IV | 689 | - | - | 689 | 741 |
| V | 541 | - | - | 518 | 469 |

Der bereinigte Zuckerertrag lag im Betrieb I sowohl bei konventioneller Bestellung als auch bei der Strohmulchsaat bei rund 81 dt/ha Reinzucker (Tab. 4). Im Betrieb II war bei Strohmulch auf Grund eines niedrigeren Zuckergehaltes (Tab. 3) der Reinzuckerertrag mit 77 dt/ha um 10 dt/ha geringer als bei der Kontrolle mit 87 dt/ha Reinzucker (Tab. 4). Neben Einflüssen der Mulchsaat sind auch ungleiche Nährstoffangebote (z. B. bezüglich des N-Angebotes) als Ursache für die geringere Zuckerausbeute nicht auszuschließen.

3.2 Phaceliamulchsaat

Auf allen drei in Phaceliamulch bestellten Rübenflächen erreichten die Feldaufgänge, ohne Unterschiede im Entwicklungsverlauf, Anfang Juni 1994 zwischen 70 Tsd. bis fast 100 Tsd. Pflanzen je ha (Tab. 1). Sie lagen damit in den Betrieben IV und V gleich auf mit (Tab. 1) bzw. im Betrieb III sogar noch über der jeweiligen Pflugkontrolle (Tab. 1). Aus Tab. 1 ist zu ersehen, daß in der Regel für gute Feldaufgänge bei einer Mulchsaat in Zwischenfruchtmulch hinein eine einmalige flache Saatbettbereitung ausreichend ist. Bei der Mulchsaat in eine Zwischenfrucht-Mulchauflage kann dann u. U. sogar ganz auf diese Saatbettbereitung verzichtet werden, wenn sich unter einem gut entwickelten Zwischenfruchtbestand eine gare, krümelige, sich rasch erwärmende und unkrautfreie Bodenoberfläche herausgebildet hat (siehe Betrieb III Feldaufgang ohne SBB in Tab. 1). Ist dies nicht der Fall, dann muß zur Gewährleistung einer störungsfreien Mulchsaat und einer gleichmäßigen Pflanzenentwicklung eine Saatbettbereitung erfolgen.

Tab. 3: Bereinigter Zuckergehalt 1994 nach der Mulchsaat der Rüben in Stroh- bzw. Phaceliamulchauflage (nach nichtwendender Herbstbodenbearbeitung mit Grubber). Ergebnisse von 5 Feldversuchen in Praxisbetrieben im Sächsischen Lößhügelland. Werte sind Mittelwerte aus 5 Meßwiederholungen (SBB: Saatbettbereitung).

| Betrieb | Bereinigter Zuckergehalt [%] | |
|---------|------------------------------|-----------|
| | konventionelle Aussaat | Mulchsaat |

| | (Kontrolle) | Strohmulch | Phaceliamulch | | |
|-----|-------------|------------|---------------|---------|---------|
| | 1 x SBB | 1 x SBB | ohne SBB | 1 x SBB | 2 x SBB |
| I | 14,9 | 14,8 | - | - | - |
| II | 14,8 | 13,4 | - | - | - |
| III | 13,8 | - | 12,4 | 12,3 | - |
| IV | 15,0 | - | - | 14,6 | 15,4 |
| V | 13,5 | - | - | 13,6 | 13,5 |

Im Betrieb IV (Tab. 2) wurden mit 689 dt/ha (bei 1 x SBB) bzw. 741/ha (bei 2 x SBB) gleich hohe bzw. höhere Rübenenerträge als bei der konventionell mit Pflug bestellten Kontrolle (689 dt/ha, Tab. 2) erzielt. Im Betrieb III lagen die Rübenenerträge bei der Mulchsaat ohne SBB mit knapp 700 dt/ha nur rund 40 dt/ha unter der Kontrolle mit ca. 740 dt/ha Rüben (Tab. 2). Bei der Mulchsaat mit einmaliger Saatbettbereitung (1 x SBB) gingen die Rübenenerträge gegenüber der Kontrolle (mit 741 dt/ha) um fast 140 dt auf 607 dt/ha zurück. Die Tatsache, daß auf derselben Versuchsfläche im Betrieb III der Verzicht auf die Saatbettbereitung in der Mulchsaatvariante fast gleich hohe Erträge wie die Pflugvariante erbrachte (Tab. 2), läßt erkennen, daß diese starke Ertragseinbuße nicht ursächlich mit der Mulchsaat zusammenhängt. Dies gilt in ähnlicher Weise für die Ertragsbildung im Betrieb V. Auch hier lag die Mulchsaat mit 1 x SBB bei ca. 520 dt/ha und damit nur unwesentlich unter der Pflugkontrolle mit 541 dt/ha Rübenenertrag, während bei der Mulchsaat mit 2 x SBB nur 469 dt/ha Rüben ermittelt wurden (Tab. 2).

Bezüglich der bereinigten Zuckergehalte zeigten sich zwischen den jeweiligen Kontrollen und den Mulchsaatvarianten in den Betrieben IV und V keine Unterschiede (Tab. 3). Aus diesem Grund spiegeln die bereinigten Zuckererträge (in dt Reinzuckerertrag je ha, Tab. 4) der Versuchsvarianten dieser Betriebe die in Tabelle 2 aufgeführten Zuckerrübenenerträge wider. In Betrieb III lagen die bereinigten Zuckergehalte in den Mulchsaatvarianten 1,4 % unter der Pflugkontrolle (Tab. 3), mit der Folge niedriger Reinzuckererträge (Tab. 4). Inwieweit dies durch die unterschiedliche Bestelltechnik oder durch andere Ursachen wie z. B. ein unterschiedliches N-Angebot innerhalb der ausgedehnten Versuchsfläche bedingt ist, konnte, auch auf Grund fehlender Versuchswiederholungen bzw. fehlender Bodenuntersuchungen (insbesondere Gesamt-N), nicht geklärt werden.

Tab. 4: Reinzuckerertrag 1994 nach der Mulchsaat der Rüben in Stroh- bzw. Phaceliamulchaufgabe (nach nichtwendender Herbstbodenbearbeitung mit Grubber). Ergebnisse von 5 Feldversuchen in Praxisbetrieben im Sächsischen Lößhügelland. Werte sind Mittelwerte aus 5 Meßwiederholungen (SBB: Saatbettbereitung).

| Betrieb | Reinzuckerertrag [dt/ha] | | | | |
|---------|--|------------|---------------|----------|---------|
| | konventionelle Aussa (Kontrolle) | Mulchsaat | | | |
| | | Strohmulch | Phaceliamulch | | |
| | | | 1 x SBB | ohne SBB | 1 x SBB |
| I | 81 | 82 | - | - | - |
| II | 87 | 77 | - | - | - |
| III | 102 | - | 86 | 75 | - |
| IV | 103 | - | - | 101 | 114 |
| V | 73 | - | - | 71 | 64 |

4 Diskussion

Die hier dargestellten Ergebnisse der 1994 in 5 Landwirtschaftsbetrieben durchgeführten Feldversuche zur konservierenden Bestellung und Mulchsaat von Zuckerrüben zeigen, daß im Rahmen dieses für viele Praktiker in Sachsen neuartigen Anbauverfahrens mit der konventionellen Bestellung vergleichbare bzw. sogar höhere Feldaufgänge und Rübenenerträge zu erzielen sind. Auch wenn im Einzelversuch ohne Wiederholungen gearbeitet wurde und es sich um einjährige Versuchsergebnisse handelt, bestätigen diese Versuche, daß bei konservierender Bestellung von Zuckerrüben in eine Mulchschicht hinein nicht automatisch auf Ertrag verzichtet werden muß. Dies deckt sich mit Ergebnissen anderer, mehrjähriger Mulchsaatversuche mit Zuckerrüben, bei denen mit der Pflugvariante vergleichbare Zuckerrübenenerträge erreicht wurden (TEBRÜGGE 1989, WOLFGARTEN 1989, ZACH und SOMMER 1989, BRUNOTTE 1991, EICHHORN et al. 1991). Die hier dargestellten Ergebnisse wurden auf Parabraunerdeböden aus Löß erzielt. Eine Übertragung auf sandreiche bzw. tonreiche Böden ist nicht ohne weiteres möglich. Hierfür sind gesonderte Versuche erforderlich.

Die nichtwendende Bodenbearbeitung mit dem Grubber führte in den Versuchen gegenüber den Pflugvarianten zu keiner Zunahme an beinigen Rüben (Ergebnisse nicht dargestellt). Hohe Anteile (über 40 %) an beinigen Rüben waren zudem auf einigen gepflügten Parzellen zu verzeichnen. Die hierfür verantwortlichen Pflugsohlenverdichtungen sind damit auch nicht mehr mit dem Pflug, sondern nur noch mit tieflockernden, nichtwendenden Geräten (Tiefenmeißel usw.) zu beseitigen. Eine langanhaltende Wirkung einer derartigen Tieflockerungsmaßnahme ist nur durch die konservierende Bodenbearbeitung sicherzustellen (DAMBROTH 1993).

Die konservierende Bestellung von Zuckerrüben erlaubt, auch in Kombination mit der Zwischenfrucht-Mulchsaat, bei entsprechend reduziertem Umfang der Boden-

bearbeitung gegenüber dem konventionellen Anbau Kosteneinsparungen von bis zu 200 DM/ha (berechnet nach KTBL 1994/1995). Insbesondere unter diesem ökonomischen Gesichtspunkt, aber auch aus arbeitswirtschaftlichen Überlegungen heraus, ist damit dieses Anbauverfahren im Sinne der Wettbewerbsfähigkeit für Praxisbetriebe in Sachsen zunehmend interessant bzw. unerlässlich.

Hier mitzubewerten sind die deutlich erosionsmindernden Effekte von konservierender Bodenbearbeitung in Verbindung mit der Mulchsaat bei Zuckerrüben im Sinne einer umweltschonenden, nachhaltigen Landbewirtschaftung. So lag in eigenen Untersuchungen zur Bodenerosion durch Wasser der ermittelte Bodenabtrag bei einem einzelnen simulierten Starkregenereignis (40 mm/h Niederschlag) bei konservierend in Mulchsaat bestellten Zuckerrüben bei 0,15 t/ha Boden. Bei konventionell mit Pflug und Saatbettkombination bestellten Rüben betrug der Bodenabtrag dagegen 84 t/ha Boden.

Konservierende Bodenbearbeitung und Mulchsaat bei Rüben verbessert zudem die Befahrbarkeit von Ackerflächen. Damit werden Strukturschäden, insbesondere bei der Rübenernte, vermindert bzw. verhindert. Gerade hierdurch wird der Aufwand für die Bestellung der Folgefrucht reduziert und z.B. die kostengünstigere pfluglose Winterweizenaussaat ermöglicht. Allerdings sind auch auf konservierend bestellten Flächen bodendruckmindernde Maßnahmen grundsätzlich anzuwenden (Doppel- und Terrabereifung, Nichtbefahren bei hoher Bodenfeuchte, Vermeiden hoher Achslasten u. a.). Wie neue Untersuchungen zeigen, weisen konservierend und in Mulchsaat bestellte Rüben bei der Ernte im Herbst zusätzlich einen geringeren Erdanhang auf. Damit wird durch die pfluglose Bestellung auch dieser indirekten Form der Bodenerosion entgegengewirkt (WINTER 1993, BRUNOTTE und ISENSEE 1994) bei gleichzeitig geringeren Abzügen für Schmutzanteile durch die Zuckerrübenfabrik.

5 Literaturverzeichnis

- BRUNOTTE, J., 1991: Maßnahmen zum Bodenschutz im Zuckerrübenanbau. KTBL-Arbeitspapier 159. Hrsg.: KTBL, Darmstadt
- BRUNOTTE, J., ISENSEE, E., 1994: Nach Mulchsaat weniger Erdanhang? DLG-Mitteilungen 109(3):20-21
- DAMBROTH, M., 1993: Bodenbearbeitung weiterhin in eingefahrenen Gleisen? Bauernzeitung 34(40):14-15
- EICHHORN, H., TEBRÜGGE, F., FREDE, H. G., HARRACH, T., 1991: Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristigen Auswirkungen auf das Ökosystem Boden. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landesentwicklung 32(2):65-70

- KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT e. V.
KTBL, 1994/95: KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft. Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft. 17. Auflage, Darmstadt
- TEBRÜGGE, F., 1989: Es geht auch ohne Pflug. Erosion in Schach halten. DLZ 40(1):21-29
- WINTER, K., 1993: Wirkung von Bodenbearbeitungsverfahren für Zuckerrüben auf Ertragsentwicklung und Erdanhang. Diplomarbeit, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Universität Kiel
- WOLFGARTEN, H.-J., 1989: Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion und der Nitratverlagerung im Zuckerrübenanbau. Dissertation, Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- ZACH, M., SOMMER, C., 1989: Gezielte Bodenbearbeitung im Hinblick auf Ertragsicherheit und Bodenschutz. In: Bodenbearbeitung und Bestandesführung im integrierten Pflanzenbau. KTBL-Arbeitspapier 133:7-20

Verfasser:

Dr. W. A. Schmidt und H. Stahl, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Gustav-Kühn-Straße 8, 04132 Leipzig

Verminderte Nitrat-Verlagerung aus der Gülle unter Winter-Zwischenfrucht - Lysimeterversuche mit ^{15}N auf zwei Böden Sachsens

Hans Lippold, Erhard Albert, Inge Weigert und Monika Mandolla

Stichworte: Lysimeter, Nitratauswaschung, Gülle, Zwischenfrucht

Zusammenfassung

In Lysimeterversuchen in Leipzig von 1992-94 wurde die Verlagerung von im Herbst und im Frühjahr ausgebrachter ^{15}N -markierter Rindergülle (70 kg/ha N) geprüft. Die starken Niederschläge von März bis Mai 1994 (303 mm) führten zu 25 kg N-Auswaschung auf dem leichten Boden (IS) und zu 15 kg N-Auswaschung auf dem schwereren Boden (LLö) aus der Gülle vom Herbst. Anbau von Winterzwischenfrucht verminderte die Auswaschung auf etwa die Hälfte. Bei im Frühjahr ausgebrachter Gülle wurden auch im Extremjahr 1994 nur 3 kg/ha N ausgewaschen.

Summary

In lysimeter trials in Leipzig from 1992-94 the displacement (deeper 1 m) was tested of autumn- and spring-applied ^{15}N -labelled cattle slurry (70 kg/ha N). The heavy precipitations from march to may 1994 (303 mm) lead to a N-leaching of 25 kg on the light loamy sand soil and of 15 kg on the heavier loess-loam soil from the autumn-applied slurry. The cultivation of an intercrop reduced the leaching at about an half. Spring-applied cattle slurry in the extreme year 1994 was leached only to an extend of 3 kg N.

1 Einleitung

Lysimeterversuche mit und ohne ^{15}N -markierten Mineraldüngern sind europaweit in großer Zahl durchgeführt worden (z. B. HOBERÜCK et al., 1987, MICHEL et al., 1991, KNAPPE et al., 1993). Ergebnisse zur Auswaschung von Gülle-N sind dagegen selten (GUTSER, 1991, FUNK und MAIDL, 1990). Kontrollen der N-Bilanzen von Schlägen in Betrieben mit Wirtschaftsdüngung durch nachfolgende Tiefenbohrungen erbrachten Hinweise, daß die Nitratauswaschung nicht vorrangig vom Viehbesatz, sondern vom Einsatz der Gülle, also vom Gülle-Management abhängt (HEGE und BRANDHUBER, 1990). Eine Aufgabe der Sächsischen

Landesanstalt für Landwirtschaft ist die fachliche Begleitung der "Empfehlungen für eine umweltgerechte Güllewirtschaft im Freistaat Sachsen" durch Prüfungen unter den spezifischen Witterungs- und Bodenbedingungen Sachsens. Aus diesem Grunde wurde 1992 auf der Lysimeteranlage in Leipzig-Möckern ein Versuch mit ¹⁵N-markierter Gülle begonnen. Durch die Markierung kann der Gülle-Stickstoff eindeutig von den bekannten weiteren N-Kompartimenten unterschieden werden, so daß sein Weg im Bodenprofil bis in das Sickerwasser und seine Verwertung durch die Kulturen nachvollzogen werden kann. Ein herkömmlicher Vergleich eines mit Gülle gedüngten Lysimeters mit einer unbehandelten Kontrolle liefert die gewünschten Ergebnisse nur unter günstigen Prüfbedingungen bzw. erst nach mehreren Jahren.

2 Material und Methoden

Die Lysimeteranlage in Leipzig-Möckern wurde 1980 mit 1 m schichtgetreu aufgefüllten Böden über einem Kiesbett eingerichtet. Jeder Lysimeter mißt 1 m² Bodenoberfläche. Die Böden entstammen den Stationen Spröda bei Delitzsch und Methau bei Rochlitz (Tab. 1).

Tab. 1: Charakteristik der Versuchsböden

| Versuchsstation | Bodentyp | Bodenart | pH-Wert | KUK [mval/100g] | Nt bei 0-30 cm [%] |
|-----------------|-----------------------|----------|---------|------------------------|-----------------------|
| Spröda | Tieflehm- Fahlerde | IS | 5,3 | 7,5 | 0,07 |
| Methau | Löß- Braunstaugley | LLö | 6,2 | 16,2 | 0,12 |

Angebaut wurde 1993 Silomais nach einer Winterung von gepflanztem Getreide und 1994 Kartoffeln nach gelbem Senf als Winterzwischenfrucht. Fortgesetzt wird die Fruchtfolge mit Winterweizen, Feldgras, Wintergerste und Zuckerrübe. Die Zwischenfrüchte werden eingearbeitet, vor Versuchsbeginn wurde zweijähriges Feldgras umgebrochen.

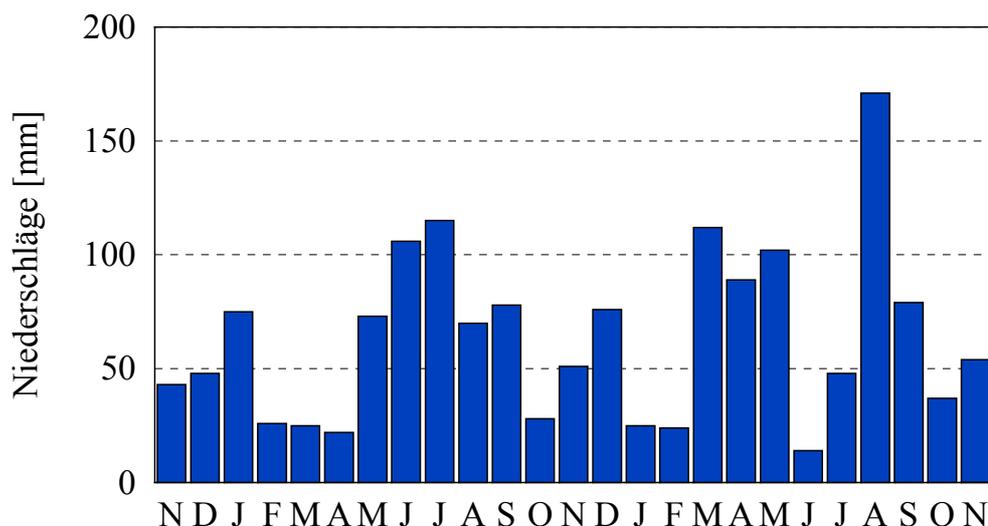
Zur ¹⁵N-Markierung der Rindergülle wurden in einem laufenden Futterregime einige Rationen an markierten Futterkomponenten hinzugefügt (PESCHKE, 1981). Zur kurzfristigen Messung der Auswaschung genügte es jedoch, die Ammonium-Fraktion zu markieren, denn diese ist infolge der raschen Nitrifikation nach der Einbringung in den Boden hauptsächlich auswaschungsgefährdet. Im Experiment wurde der

Gülle ^{15}N -Ammoniumsulfat zugesetzt, so daß die NH_4 -Fraktion in der Gülle auf 3,12 Atom % ^{15}N angereichert war. Dadurch war eine hinreichend genaue Messung der Gülleanteile im Nitrat des Sickerwassers möglich, ohne daß die Konstitution der Rindergülle substantiell verändert wurde. Die Gülle wurde im April bzw. September in Dosen von $7 \text{ g/m}^2 \text{ NH}_4\text{-N}$ (entspricht 70 kg/ha N) und 5 g/ha org. N ausgebracht und flach eingehackt. Das Sickerwasser (Perkolat) wurde monatlich ausgelitert und der Nitratgehalt per Destillation mit Devarda-Legierung bestimmt.

Zur Identifizierung des nitrifizierten und ins Sickerwasser gelangten Gülle-Stickstoffs wurde die ^{15}N -Häufigkeit des Nitrats am NOI-6e-PC gemessen. Emissionspektrometrische Geräte dieses Typs (FISCHER-ANALYSEN-INSTRUMENTE FAN-GmbH, Leipzig) werden weltweit im Rahmen der Entwicklungshilfe (IAEA, Wien) für landwirtschaftliche Prüfungen genutzt, weil sie keinen Spezialisten zur Bedienung erfordern. Alle Prüfglieder wurden auf vier Lysimetern wiederholt.

3 Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchsjahren traten erhöhte Niederschläge im Januar (1993) bzw. im Dezember (1992) auf. Die Verteilung der Niederschläge im Frühjahr und Sommer unterschied sich dagegen grundlegend. Im Jahre 1993 fielen erhöhte Niederschläge erst in der Zeit von Mai bis September, während 1994 zeitiger ergiebige Regenfälle auftraten (März bis Mai 303 mm), also weitgehend vor Beginn der N-Aufnahme der Kartoffeln (Abb. 1).



Fe

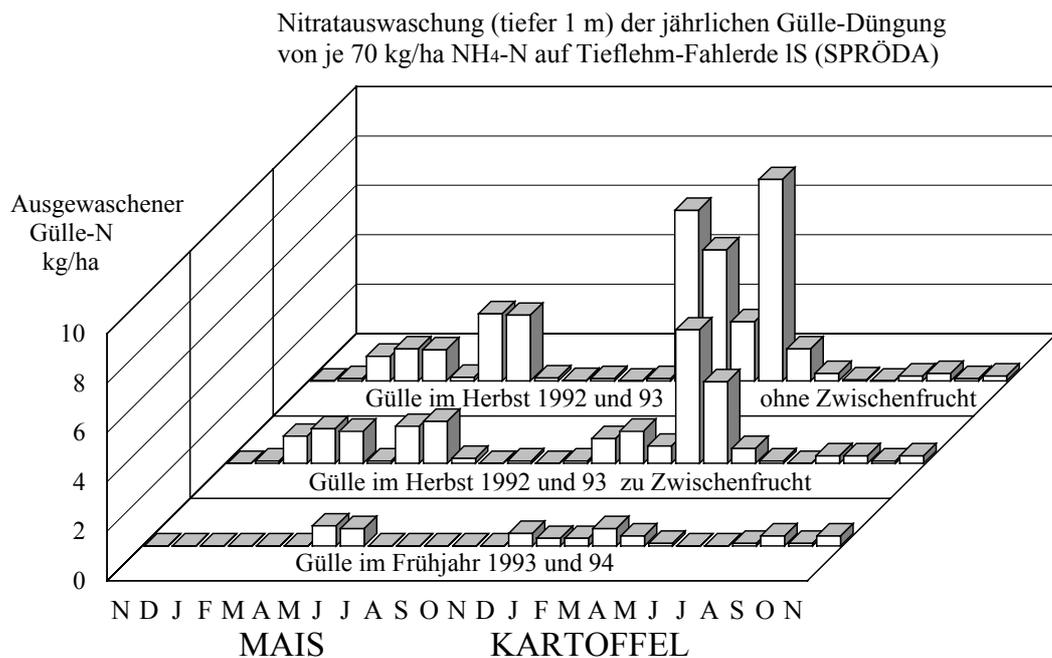
hier! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Abb. 1: Monatliche Niederschläge in Leipzig-Möckern

Die Abb. 2 und 3 zeigen die monatlich ausgewaschenen Gülle-N-Mengen. Das Prüfglied "Gülle im Herbst zu Zwischenfrucht" wurde als Vergleich zu den Prüfgliedern "Gülle im Herbst ohne Zwischenfrucht" und "Gülle im Frühjahr" beigefügt.

Augenfällig zeigt sich für das Extremjahr 1994 der positive Einfluß der Zwischenfrucht auf die Nitratauswaschung als Folge der Festlegung des Gülle-Stickstoffs in Pflanzen und Wurzeln und im organischen Boden-N. Auf dem leichten Boden wurde die Auswaschung von 25 auf 14 kg/ha N gesenkt, und auf dem schweren Boden von 15 auf 7 kg/ha N.

1993 erreichte die Auswaschung des Gülle-N vom Herbst nur Werte unter 10 kg/ha, woraus deutlich wird, daß Gülle-N in den unteren Teil des Profils verlagert wurde. Das als "Winterung" gepflanzte Getreide hatte diesen Prozeß nicht signifikant vermindert.



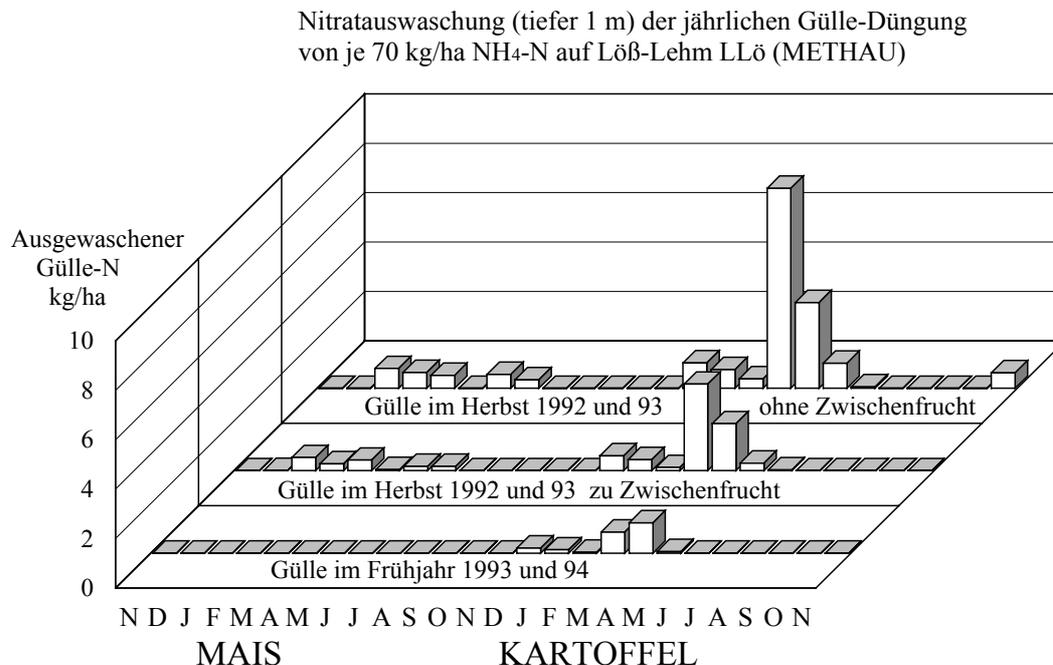
Fe

hier! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Abb. 2: Lysimeter-Versuch in Leipzig-Möckern 1992-1994

Bemerkenswert ist, daß die im Frühjahr ausgebrachte Gülle auch im Extremjahr 1994 und auf dem leichten Boden zu nur 3 kg/ha N ausgewaschen worden ist.

Die ^{15}N -Aufnahme durch die angebauten Kulturen (Werte werden zusammen mit Perkolatmengen u. a. m. später publiziert) widerspiegelt prinzipiell die Verlagerung der Gülle, insbesondere die Unterschiede zwischen Herbst- und Frühlings-Ausbringung, während die durch die Zwischenfrucht festgelegten N-Anteile noch nicht voll verfügbar geworden sind.



Fe

hler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Abb. 3: Lysimeter-Versuch in Leipzig-Möckern 1992-1994

4 **Schlußfolgerungen**

Die erhebliche Auswaschung der im Herbst ausgebrachten Gülle auch auf dem schwereren Boden belegt die Bedeutung der festgelegten Beschränkungen gemäß der Empfehlung für die Landwirtschaft Sachsens. Dabei sollte registriert werden, daß auch bei extremen Niederschlägen nicht die gesamte Gülle vom Herbst und die Gülle vom Frühjahr nur in geringem Grad ausgewaschen worden ist.

Der Anbau von (gut entwickelten) Zwischenfrüchten wird als wirksame Maßnahme zur Erhaltung des im Herbst ausgebrachten Gülle-Stickstoffs im Boden bestätigt.

Die positive Wirkung für die Konservierung von N-Überhängen nach der Ernte konnte in Feldexperimenten mit ^{15}N in Wachau bei Leipzig ebenfalls bestätigt werden (GRUNERT, 1994).

5 Literaturverzeichnis

- FUNK, R., MAIDL, F. X., 1990: Tiefenuntersuchungen zum Nitratreintrag in das Grundwasser infolge landwirtschaftlicher Bewirtschaftung. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 3:237-240
- GRUNERT, M., 1994: Untersuchung acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen zum Schutz des nach der Ernte im Boden verbleibenden Nitratstickstoffs vor Verlusten unter Verwendung von ¹⁵N-markiertem Nitrat. Dissertation MLU Halle, 84 S.
- GUTSER, R., 1991: Wirkung des Nitrifikationshemmstoffes DCD auf den Nitrataustrag landwirtschaftlich genutzter Flächen, Lysimeterversuche. Fachtagung der BASF-AG und SKW-AG, Würzburg, S. 95-101
- HEGE, U., BRANDHUBER, R., 1990: Nitratbelastung des Sickerwassers bei intensivem Ackerbau. VDLUFA-Schriftenreihe 32:211-216
- HOBERÜCK, J., SIEGERT, B., RAUHE, K., 1987: Ergebnisse zum Einsatz von ¹⁵N in Dauerfeldversuchen und Feldlysimetern. Vorträge der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Berlin am 29.10.1986: Versorgung der Böden mit organischer Substanz, Müncheberg, S. 46-54
- KNAPPE, S., MORITZ, C., KEESE, U., 1993: N-Austrag über Sickerwasser bei intensiver Landnutzung - Lysimeteruntersuchungen an acht Bodenformen in der Anlage Brandis. VDLUFA-Schriftenreihe 37:629-632
- MICHEL, H., ROTH, D., GÜNTER, R., 1991: Sickerwassermenge und Nährstoffaus-trag bei unterschiedlicher Wasserversorgung auf einer tiefgründigen Löß-Braunschwarzerde. Archiv Acker-Pflanzenbau Bodenkunde, Berlin, 35:103-111
- PESCHKE, H., 1981: Zur Verwertung von isotopmarkiertem Stickstoff in der Ab-folge Mineraldünger-Futter-Tier-Gülle-Futter. Archiv Acker Pflanzenbau Bodenkunde, Berlin 25:765-773

Verfasser:

Dr. H. Lippold, Dr. E. Albert, I. Weigert und M. Mandolla, Sächsische Landes-anstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Gustav-Kühn-Straße 8, 04132 Leipzig

Das Voigtsdorfer Verfahren, eine risikoarme Flachserntetechnologie im Vergleich zum traditionellen Ernteverfahren und zu Verfahren mit Feldentholzung

Jürgen Schulz, Manfred Sarodnik, Christian Röhrich und Eckhard Rexroth

Stichworte: Flachs, Verfahrensvergleich

Zusammenfassung

Bei der Ernte von Faserlein werden unterschiedliche Verfahren bezüglich der Spezialkosten, Flächenleistungen und Ernterisiken untersucht. Im Vergleich zur klassischen Erntelinie (Langfaser) mindern die Verfahren der Wirrfasererzeugung (Claas-Linie und Voigtsdorfer Verfahren) durch eine hohe Flächenleistung die Kosten und das Ernterisiko im großmaßstäblichen Flachs-anbau.

Summary

By the harvesting of fibre flachs different procedures were checked, concerning the special costs, the area output and the risks of harvesting. In comparison to the classic harvesting procedure (longfibre) the methods of middle fibre winning (Claas-line and Voigtsdorfer-line) reduce the costs and the risk of grand scale flax cultivation by a high area output.

1 Problemstellung

Der Flachs war über Jahrhunderte der wichtigste Faserlieferant in Europa. Durch das Aufkommen synthetischer Fasern und die Möglichkeit billiger Baumwollimporte wurde Flachs allmählich vom Markt verdrängt und sein Anbau kam in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts fast vollständig zum Erliegen. Auch die fehlende technische Weiterentwicklung von Anbau- und Verarbeitungsverfahren beschleunigte diesen Verdrängungsprozeß. Gegenwärtig gewinnt der Flachs unter dem Blickwinkel der Ablösung umweltbelastender synthetischer Fasern wieder an Bedeutung. Der Entwicklung moderner, wirtschaftlicher und umweltfreundlicher Anbauverfahren und Verarbeitungslinien kommt eine erhöhte Bedeutung zu, um konkurrenzfähig qualitativ hochwertige Fasern bereitzustellen. Der Ernteprozess nimmt dabei eine Schlüsselstellung ein.

Das im vergangenen Jahrhundert entwickelte klassische Ernteverfahren ist durch einen hohen Kosten- und Arbeitsaufwand und eine geringe Flächenleistung gekennzeichnet. Die in diesem Verfahren notwendige mehrwöchige Feldröste (mikrobieller Aufschluß der Stengelfaser) stellt außerdem ein erhebliches Risiko dar. Ausgehend von diesem Tatbestand erfolgten in den letzten Jahren intensive Bemühungen, die Ernte kostengünstiger, schlagkräftiger und risikoärmer zu gestalten.

Die in der textilen Aufbereitung neben der traditionellen Langfasergewinnung (Schwinganlage) entstandenen modernen Techniken der Herstellung von kurzstapeliger Flachsfaser boten Ansätze, auch das Ernteverfahren neu zu gestalten. Nachfolgend sollen in einem Verfahrensvergleich das traditionelle Ernteverfahren und die in Erprobung befindlichen neuen Verfahren hinsichtlich der notwendigen Arbeitsabschnitte, der Flächenleistungen und Kosten sowie des Ernterisikos und der Eignung für einen großflächigen Faserleinanbau bewertet werden. Dabei erfolgt eine nähere Vorstellung eines im Osterzgebirge entwickelten Flachsernteverfahrens, welches nachfolgend als Voigtsdorfer Verfahren bezeichnet wird. Die dem Vergleich der Ernteverfahren zugrundeliegenden Erprobungen erfolgten zum größten Teil im Osterzgebirge, einem traditionellen Anbauggebiet des Faserleins im Freistaat Sachsen. Dort werden im Rahmen eines vom Freistaat Sachsen geförderten Projektes Fragen des Anbaus, der Aufbereitung und Verwertung des Flachses untersucht.

2 Traditionelles Flachsernteverfahren

Dieses Verfahren dient der Gewinnung von geröstetem Flachsstroh und ist so aufgebaut, daß möglichst gerade Stengel in ihrer vollen Länge gewonnen werden. Dies ist die Voraussetzung dafür, daß in einem anschließenden stationären Aufbereitungsschritt (Schwinge) ein hoher Anteil an Langfasern gewonnen werden kann (DAMBROTH und SEEHUBER, 1988). Das Grundprinzip des Ernteablaufes ist es, den Stengel durch Herausziehen (Raufen) aus dem Boden in seiner vollen Länge zu erhalten und parallel im Schwad abzulegen. Die parallele Lage muß auch in den folgenden Arbeitsschritten Wenden, Riffeln und Pressen zu Rundballen bewahrt werden (Tab.1).

Die Parallellage ist Voraussetzung für den Schwingprozeß, bei dem die parallel liegenden Stengel vom Ballen abgewickelt und zwischen Bänder geklemmt werden, so daß rotierende Werkzeuge unter weitgehender Erhaltung der Faserlänge die Holzbestandteile (Schäben) entfernen können. Beim Schwingprozeß fallen Langfasern und Schwungwerg (kurzgeschlagene Fasern) an. Für das traditionelle Ernteverfahren sind Spezialmaschinen erforderlich, die relativ teuer sind und eine geringe Flächenleistung aufweisen. Dies gilt besonders für die Flachsrundballenpresse und die Riffelwendemaschine.

Tab. 2 informiert über die Kosten des gesamten Verfahrensabschnittes Ernte. Die Kosten gelten für große Schlageinheiten, wie sie für den Flachsanbau im Osterzge-

birge typisch sind. Insgesamt ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß das geraufte Flachsstroh mehrere Wochen auf dem Feld verbleiben muß, um einen optimalen Röstgrad zu erreichen.

Der letzte Arbeitsabschnitt (Pressen zu Rundballen) beinhaltet wegen der geringen Flächenleistung der Rundballenpresse ein hohes Risiko, da bei ungünstiger Witterung oft nicht alle Flächen zu einem günstigen Zeitpunkt abgeerntet werden können.

Tab. 1: Traditionelles Verfahren der Flachsernte

| Arbeitsabschnitt | Tätigkeit |
|----------------------------------|---|
| Raufen | Herausziehen der Flachspflanzen mit Wurzeln aus dem Boden und Ablage der ganzen Pflanzen in Parallellage als Schwad auf dem Feld durch die selbstfahrende Raufmaschine |
| Riffeln und Wenden | Aufnahme des Schwades in Parallellage, Abstreifen der Kapseln, Wenden des Schwades und Ablage auf dem Feld unter Beibehaltung der Parallellage der Stengel durch die selbstfahrende Riffelwendemaschine |
| Schwadlüften (nur bei Bedarf) | Anhebung und damit Auflockerung des Schwades zum Zweck der besseren Durchlüftung und schnelleren Trocknung unter Beibehaltung der Parallellage mit einem traktorgezogenen Schwadlüfter |
| Pressen zu Rundballen | Aufnahme des gerösteten Flachses in Parallellage durch eine selbstfahrende spezielle Flachsrundballenpresse |
| Transport | (meist ist eine Zwischenlagerung im eigenen Betrieb erforderlich) |
| Schwingen des Flachses | Durch die FlachsSchwingturbine erfolgt die Trennung der im gerösteten Flachsstroh enthaltenen Fasern von den Holzbestandteilen (Schäben). |

Tab. 2: Kosten der Flachsernte beim Traditionellen Verfahren mit Maschine und Fahrer

| Kostenstelle | Leistung [ha/h] | Kosten [DM/ha Erntefläche] |
|--|--------------------|-------------------------------|
| Raufmaschine (einreihig) | 0,8 | 132 |
| Riffelwendemaschine (einreihig) | 0,5 | 253 |
| Schwadlüfter (zweireihig) | 3 | 20 |
| Rundballenpresse | 0,5-0,8 | 300 |
| Kran oder Frontlader | 1,5 | 55 |
| Traktoren und Anhänger (Transport ca. 5 km) | 1,5 | 102 |
| Gerät zum Entladen und Stapeln | 1,5 | 55 |
| Gesamt: | | 917 |

3 Neue Möglichkeiten der Flachsernte

In der Fasergewinnung haben sich Technologien durchgesetzt, die auf mechanischem oder chemischem Wege Flachskurzfasern (Fasern mit baumwollähnlicher Stapellänge) herstellen. Aus diesen Fasergewinnungstechnologien ergeben sich kostensenkende, risikomindernde Ansatzpunkte für neue Ernteverfahren, da die Notwendigkeit zur Bergung des Flachsstrohes in Parallellage nicht mehr besteht. Daraus resultiert, daß das Flachsstroh bereits während der Ernte teilentholt werden kann. Auch das Raufen kann man unter bestimmten Voraussetzungen durch andere, leistungsstärkere Verfahren ersetzen. Von besonders großer Bedeutung ist es, daß die Möglichkeit besteht, hochleistungsfähige Pressen zur schnellen Bergung des gerösteten Flachsstrohes einzusetzen. Als Ergebnis der neuen Ernteverfahren wird sogenanntes Wirrstroh (ungeordnete Ablage des Strohs) geerntet.

Folgende Verfahren befinden sich derzeit in Erprobung:

- Verfahren mit dem Flachs-Feldbrecher der Firma Gebr. Bahmer Maschinenbau Söhnstetten GmbH
- Verfahren mit dem Flachsvollernter der Firma Claas OHG mit den Varianten herkömmliche Röste und Standröste

Tab. 3: Ablauf der Verfahren mit Feldentholzung

| Bahmer-Verfahren | Claas-Verfahren | |
|--|---|--|
| | herkömmliche Röste | Standröste |
| Raufen (Röste) | Raufen (Röste) | Flammen (Röste des stehenden Flachses) |
| Riffeln und Wenden (Röste) | Wenden (Röste) | Mähen, Dreschen, Teilent- holzen und Pressen zu Quaderballen in einem Arbeitsgang mit Claas-Flachsvollernter |
| Schwadlüften (Röste) | Schwadlüften (Röste) | |
| Teilentholzen mit Bahmer- Flachsfeldbrecher | Dreschen, Teilentholzen und Pressen zu Quaderbal- len in einem Arbeitsgang mit dem Claas-Flachsvol- lernter | |
| Schwaden | | |
| Pressen mit Quaderballen- presse | | |
| Verladung, Transport, Einlagerung | Verladung, Transport, Einlagerung | Verladung, Transport, Einlagerung |

Das Grundprinzip beider Verfahren ist die Abtrennung eines Großteils der Schäben bereits auf dem Feld (Feldentholzung). In einzelnen Verfahrensschritten bestehen jedoch Unterschiede. Erprobungen im Freistaat Sachsen zeigten, daß der Entholzungsgrad bei beiden Verfahren je nach Röstgrad des Flachsstrohs, Arbeitsgeschwindigkeit und Maschineneinstellung zwischen 50 und 80 % liegt. Tab. 3 zeigt den Ablauf der Verfahren mit Feldentholzung.

3.1 Verfahren mit dem Bahmer-Flachsfeldbrecher (Bahmer-Verfahren)

Der Flachs wird wie beim herkömmlichen Verfahren gerauft und geriffelt/gewendet und bei Bedarf schwadgelüftet. Nach Abschluß der Röste erfolgt bei trockenem Wetter die Teilentholzung mit den traktorgezogenen, zapfwellengetriebenen Bahmer-Flachsfeldbrecher. Der Röstflachs wird dabei vom Flachsfeldbrecher aus dem Schwad aufgenommen und durchläuft eine Reihe von verstellbaren, schnell rotierenden, stark gekerbten Metallwalzen. Dadurch wird der Flachs gebrochen und ein Großteil der Schäben von den Faser getrennt (GSCHOSSMANN, 1993). Die abgetrennten Schäben verbleiben auf dem Feld, die teilentholzte Faser wird hinter der Maschine wieder als Schwad auf das Feld abgelegt.

Diese Maschine hat eine Flächenleistung von 0,5-1,0 ha/h je nach Röst- und Entholzungsgrad des Flachses. Im Anschluß daran müssen mit einem herkömmlichen Schwader 3-5 Schwade zu einem großen Schwad vereinigt werden. Dies ist erforderlich, um den störungsfreien Betrieb und eine hohe Flächenleistung der nachfolgenden Quaderballenpresse zu ermöglichen. Eine Bergung des Materials soll möglichst unmittelbar nach dem Schwaden erfolgen, da das so abgelegte Material leicht durch Wind verfrachtet werden kann und bei niederschlagsbedingter Befeuchtung eine Trocknung sehr aufwendig ist.

Das Bahmer-Verfahren wurde im Freistaat Sachsen von 1992-1994 auf Versuchsfeldern erprobt. Es konnten folgende Vor- und Nachteile ermittelt werden:

Vorteile: - relativ geringer Transportaufwand
- zum Schwaden und Pressen können im Betrieb vorhandene Maschinen verwendet werden

Nachteile: - relativ geringe Flächenleistungen des Flachsfeldbrechers
- geringe zeitliche Flexibilität bei der Bergung

Die Anwendung dieses Verfahrens erscheint beim gegenwärtigen Entwicklungsstand wegen der geringen Flächenleistung vor allem in Betrieben mit relativ kleinen Flachsbaufeldern sinnvoll. Die Kosten des Bahmer-Verfahrens sind in Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4: Kosten der Flachsernte beim Bahmer-Verfahren mit Maschine und Fahrer

| Kostenstelle | Leistung [ha/h] | Kosten [DM/ha Erntefläche] |
|---|--------------------|----------------------------------|
| Raufmaschine (einreihig) | 0,8 | 132 |
| Riffelwendemaschine (einreihig) | 0,5 | 253 |
| Schwadlüfter (zweireihig) | 3 | 20 |
| Bahmer-Flachsfeldbrecher | 0,5-1,0 | 150 |
| Schwader | 2-3 | 15 |
| Quaderballenpresse ¹ | 3-4 | 130 |
| Kran oder Frontlader | 1,5 | 33 |
| Traktoren und Anhänger (Transp. ca. 5 km) | 1,5 | 61 |
| Gerät zum Entladen und Stapeln | 1,5 | 33 |
| Gesamt: | | 827 |

¹Bei Erledigung durch den Anbaubetrieb mit eigener Presse. Bei Inanspruchnahme von Fremdleistungen erhöht sich der finanzielle Aufwand um ca. 70 DM/ha.

3.2 Verfahren mit dem Claas-Flachsvollernter (Claas-Verfahren)

3.2.1 Verfahren mit herkömmlicher Röste

Der Flachs wird wie beim herkömmlichen Verfahren gerauft und geriffelt/gewendet und bei Bedarf schwadgelüftet. Nach Abschluß der Röste erfolgt bei trockenem Wetter der Einsatz des Claas-Flachsvollernters. Diese Maschine nimmt jeweils drei Schwade des in Parallellage liegenden gerösteten Flachsstrohs auf. Der Flachs wird in einem Arbeitsgang gedroschen, teilentholzt, gereinigt und zu Quaderballen gepreßt.

Dieses Verfahren wurde im Freistaat Sachsen 1993 erprobt. Die Entwicklung des Flachsvollernters ist noch nicht abgeschlossen, aber nahe an der Praxisreife (WEIGELT, 1993). Nach Abschluß der Entwicklung soll der Flachsvollernter eine Flächenleistung von 2-3 ha/h erreichen. Folgende Vor- und Nachteile lassen sich einander gegenüberstellen:

Vorteile: - geringer Transportaufwand
- hohe Flächenleistung

- Nachteile: - voraussichtlich hohe Anschaffungskosten des Flachsvollernters mit ca. 600.000-800.000 DM (CARMEN e. V., 1994)
 - bei technischen Störungen des Flachsvollernters kann es zu erheblichen Ernteverzögerungen kommen

Die Kosten des Verfahrens sind in Tab. 5 dargestellt. Für den Flachsvollernter wurden unterschiedliche Varianten angenommen, da die Hektarkosten infolge der noch nicht genau bekannten Leistungsparameter und Anschaffungskosten der Maschine nicht feststehen. Somit ergeben sich je nach Höhe der Spezialkosten für den Flachsvollernter für den Abschnitt Ernte Kosten in Höhe von 779 bis 879 DM/ha.

Tab. 5: Kosten der Flachsernte beim Claas-Verfahren mit herkömmlicher Rüste mit Maschine und Fahrer

| Kostenstelle | Leistung [ha/h] | Kosten [DM/ha Erntefläche] Flächenleistung des Vollernters | | |
|---|--------------------|---|--------|------|
| | | niedrig | mittel | hoch |
| Raufmaschine (einreihig) | 0,8 | 132 | 132 | 132 |
| Wendemaschine (einreihig) | 0,8 | 100 | 100 | 100 |
| Schwadlüfter (zweireihig) | 3 | 20 | 20 | 20 |
| Claas-Flachsvollernter | 2-3 | 400 | 450 | 500 |
| Kran oder Frontlader | 1,5 | 33 | 33 | 33 |
| Traktoren und Anhänger (Transp. ca. 5 km) | 1,5 | 61 | 61 | 61 |
| Gerät zum Entladen und Stapeln | 1,5 | 33 | 33 | 33 |
| Gesamt: | | 779 | 829 | 879 |

3.2.2 Verfahren mit Standrüste

Der Flachsbestand wird zum Zeitpunkt der Gelbreife mit einem Flämmgerät an der Stengelbasis kurzzeitig erhitzt und so zum Absterben gebracht. Anschließend setzt der Röstprozeß ein. Nach Abschluß der Rüste erfolgt bei trockenem Wetter der Einsatz des Claas-Flachsvollernters. Der Flachs wird aus dem Stand gemäht, gedroschen, teilentholt, gereinigt und zu Quaderballen gepreßt.

Das Verfahren mit Standröste (ISENSEE und OHLS, 1993, ISENSEE et al., 1993, OHLS und HEINEMANN, 1994) befindet sich noch im Entwicklungsstadium. Nach Angaben der Autoren ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

- Vorteile:
- Verringerung des Ernterisikos
 - Reduktion der Anzahl von Arbeitsgängen
 - geringere mechanische Belastung des Erntegutes
 - deutlich erweitertes Erntefenster
 - kontinuierlicher Materialfluß bei Nachfolgearbeiten

- Nachteile:
- durch Fahrspuren des Flämmgerätes im stehenden Flachs treten Verluste auf
 - Einsatz des Flämmgerätes bei zu trockenem Wetter könnte Flächenbrand verursachen
 - eine ungleichmäßige Abtötung des Bestandes ist nicht auszuschließen
 - die ökologischen Auswirkungen des Flämmens sind noch nicht untersucht

In Tab. 6 wird eine Kostenkalkulation für das Verfahren mit Standröste vorgenommen. Auch hier werden für den Einsatz des Flachsvollernters und des Flämmgerätes unterschiedliche Kostenvarianten unterstellt.

Tab. 6: Kosten der Flachsernte beim Claas-Verfahren mit Standröste mit Maschine und Fahrer

| Kostenstelle | Leistung [ha/h] | Kosten [DM/ha Erntefläche] Flächenleistung des Vollernters | | |
|---|--------------------|---|--------|------|
| | | niedrig | mittel | hoch |
| Flämmgerät | 2 (?) | 300 | 400 | 500 |
| Claas-Flachsvollernter | 2-3 | 400 | 450 | 500 |
| Kran oder Frontlader | 1,5 | 33 | 33 | 33 |
| Traktoren und Anhänger (Transp. ca. 5 km) | 1,5 | 61 | 61 | 61 |
| Gerät zum Entladen und Stapeln | 1,5 | 33 | 33 | 33 |
| Gesamt: | | 827 | 977 | 1127 |

Je nach Höhe der Spezialkosten für den Einsatz des Flämmgerätes und des Flachsvollernters variieren die Kosten der Flachsernte zwischen 827 und 1127 DM/ha.

4 Das Voigtsdorfer Verfahren

Das Voigtsdorfer Verfahren zielt ebenfalls auf die Erzeugung von Wirrflachs, da Herstellung und Verarbeitung von Kurzfasern in Sachsen künftig die bestimmende Form der Flachsverwertung sein werden. Das Voigtsdorfer Verfahren ist im praktischen Anbau entwickelt worden. Ihm liegt die Überlegung zugrunde, insbesondere im Abschnitt Strohbergung eine hohe Schlagkraft zu entwickeln und hierfür im Betrieb vorhandene Maschinen zu nutzen. Damit soll gewährleistet werden, daß bei der geplanten Anbauerweiterung auf etwa 800 ha Flachsfläche die anfallenden Strohmenge bei optimalem Röstgrad sehr rasch geborgen werden können.

Das Voigtsdorfer Verfahren ist somit eine Kombination aus Elementen der traditionellen Flachsernte und Verfahrensschritten der Getreidestroh- und Futterernte (Schwader und Quaderballenpresse). Es gliedert sich in folgende Verfahrensschritte:

- Raufen
- Riffeln/Wenden oder nur Wenden
- Schwadlüften (nur bei Bedarf)
- Schwaden
- Pressen zu Quaderballen
- Verladung, Transport, Einlagerung

Auf eine Teilentholzung des gerösteten Flachsstrohes wird beim Voigtsdorfer Verfahren verzichtet. Dadurch erhöht sich der Aufwand für den Flachsstrohtransport gegenüber dem Bahmer- und Claas-Verfahren. Dies ist bei nicht zu großer Entfernung des Anbaubetriebes vom Verarbeitungsbetrieb vertretbar.

An spezieller Flachserntetechnik sind bei diesem Verfahren Raufmaschine, Riffelwendemaschine und Schwadlüfter bzw. nur Raufmaschine, Wendemaschine und Schwadlüfter, wenn auf dem Feld nicht geriffelt wird, erforderlich. Der Verzicht des Riffelns auf dem Feld bedeutet nicht automatisch ein Verlust des Samenertrages. Die Leinsamen können auch in der stationären Flachsaufbereitungsanlage gewonnen werden. Schwader und Quaderballenpresse wurden bisher nur zur Futter- und Strohernte genutzt und sind in den landwirtschaftlichen Betrieben in ausreichender Anzahl vorhanden. Ihre hohe Flächenleistung ermöglicht eine schnelle Bergung großer Mengen Röststroh. Dies ist bei instabiler Wetterlage von besonders großer Bedeutung. Allerdings sind nicht alle Typen von Quaderballenpressen für die Bergung des Flachses geeignet. Aufgrund bisheriger Erprobungen (45 ha) sind folgende Vor- und Nachteile des Voigtsdorfer Verfahrens erkennbar:

Vorteile: - geringere Investitions- und damit auch Verfahrenskosten für den Landwirtschaftsbetrieb durch Nutzung im Betrieb vorhandener Maschinen

- nach dem Arbeitsschritt "Schwaden" ist aufgrund der stabilen Struktur des Schwades eine gute Durchlüftung gegeben, somit ist eine schnelle Abtrocknung nach einem Regen möglich
- die Gefahr des Auskeimens und Anwachsens ist stark vermindert
- durch hohe Flächenleistung von Schwader und Quaderballenpresse ist eine schnelle Bergung großer Flächen möglich und damit ein geringeres Risiko von Qualitätsverlusten gegeben
- in Abhängigkeit vom Röstgrad ist beim Schwaden ein Entholzungseffekt zu verzeichnen

Nachteile: - wesentlich geringere Entholzungswirkung als bei anderen neuen Flachs-ernteverfahren der Wirrfaserlinie

- relativ hoher Transportaufwand
- Verarbeitungsanlage muß hohen Schäbenanteil bewältigen

Die Kosten des Voigtsdorfer Verfahrens sowie die Flächenleistung sind in Tab. 7 zusammengestellt. Die Zahlen unterstreichen, daß insbesondere im Verfahrensabschnitt Bergung eine hohe Leistung erreicht wird. Allerdings sind beim Transport des nicht entholzten Materials relativ hohe Kosten zu veranschlagen. Deshalb sollte dieses Verfahren auf Schlägen praktiziert werden, die eine geringe Entfernung (bis etwa 15 km) zu Verarbeitungsanlagen haben.

Tab. 7: Kosten der Flachsernte beim Voigtsdorfer Verfahren unter Berücksichtigung der Maschine mit Fahrer

| Kostenstelle | Leistung [ha/h] | Kosten [DM/ha Erntefläche] | |
|---|--------------------|-------------------------------|---|
| | | Verfahren mit Riffeln | Verfahren ohne Riffeln ¹ |
| Raufmaschine (einreihig) | 0,8 | 132 | 132 |
| Riffelwendemaschine (einreihig) | 0,5 | 253 | 0 |
| Wendemaschine (einreihig) | 0,8 | 0 | 100 |
| Schwadlüfter (zweireihig) | 3 | 20 | 20 |
| Schwader | 2-3 | 15 | 15 |
| Quaderballenpresse ² | 3-4 | 200 | 200 |
| Kran oder Frontlader | 0,9 | 55 | 55 |
| 2 Traktoren mit Anhänger (Transp. ca. 5 km) | 0,9 | 102 | 102 |
| Gerät zum Entladen und Stapeln | 0,9 | 55 | 55 |
| Gesamt: | | 832 | 679 |

¹ Einsparung der Riffelkosten, aber Reduzierung der Flächenbeihilfe um 221,83 DM/ha (1994)

² Bei Erledigung durch den Anbaubetrieb mit eigener Presse. Bei Inanspruchnahme von Fremdleistungen erhöht sich der finanzielle Aufwand um ca. 100 DM/ha.

4 Das Voigtsdorfer Verfahren im Vergleich zu den übrigen vorgestellten Flachsernteverfahren

Die Kosten der vorgestellten Flachsernteverfahren sind in Tab. 8 zusammengestellt. Es werden die Kosten zugrundegelegt, die dem Flachsanbaubetrieb beim Einsatz eigener Maschinen und Arbeitskräfte entstehen.

Für Verfahren, die sich noch in Entwicklung befinden, wird eine Spanne der möglichen Kosten angegeben, da gegenwärtig noch keine sichere Kalkulation möglich ist. Die zu erwartenden Kosten für diese Verfahren dürften sich nach Einschätzung der Autoren in der Mitte der angegebenen Spannbreite bewegen.

Tab. 8: Kosten von Flachsernteverfahren einschließlich Transport und Einlagerung des Erntegutes

| Ernteverfahren | Kosten [DM/ha] |
|--|----------------|
| Traditionelles Verfahren | 914 |
| Bahmer-Verfahren | 825 |
| Claas-Verfahren: mit herkömmlicher Röste | 779-879 |
| mit Standröste | 827-1127 |
| Voigtsdorfer Verfahren: mit Riffeln auf dem Feld | 832 |
| ohne Riffeln auf dem Feld | 679 |

Tab. 8 zeigt, daß das Voigtsdorfer Verfahren im Vergleich zu anderen Erntetechnologien vergleichbare bzw. geringere Gesamtkosten verursacht.

Bei der Variante "ohne Riffeln auf dem Feld" ist möglicherweise mit einem geringen Anstieg der Kosten bei der stationären Verarbeitung des Röststrohs zu rechnen. Außerdem wird in diesem Fall nicht die volle Flachsbeihilfe ausgezahlt (1994 z. B. 221,83 DM/ha weniger), so daß diese zunächst kostengünstig erscheinende Variante insgesamt ungünstiger ist als die Variante "mit Riffeln auf dem Feld".

Der Hauptvorteil des Voigtsdorfer Verfahrens liegt in der hohen Flächenleistung bei der Bergung des Röststrohs und dem damit verbundenen geringeren Röstrisiko.

Das Voigtsdorfer Verfahren kann vor allem wegen des verringerten Röstrisikos und der geringeren Investitionskosten für alle Unternehmen mit Flachsanzbau im Umkreis von 10 bis 15 km von Wirrflachsverarbeitungsanlagen empfohlen werden. Es wird sich im Osterzgebirge, wo in den nächsten Jahren eine starke Erweiterung des Flachsanzbaues und die Verarbeitung des Flachses (Wirrfaserlinie) vor Ort vorgesehen ist, voraussichtlich zum bestimmenden Flachsernteverfahren entwickeln.

Daneben wird in diesem Gebiet aber auch das traditionelle Flachsernteverfahren weiterhin eine gewisse Bedeutung behalten. So sollen auch in Zukunft ausgewählte Partien über eine Flachsschwinge zu Langfaser verarbeitet werden, um je nach Marktlage auch den Langfasermarkt bedienen zu können.

Die dargestellten neuen Flachsernteverfahren mit Feldentholzung (Bahmer, Claas) können nach Abschluß der Entwicklungsarbeiten besonders für Flachsanzbaubetriebe interessant sein, die weiter von Verarbeitungsbetrieben entfernt sind, da durch die Entholzung auf dem Feld erhebliche Transporteinsparungen möglich sind. Das Claas-Verfahren läßt nach Abschluß der Entwicklungsarbeiten dem Voigtsdorfer

Verfahren vergleichbare Flächenleistungen erwarten, hat jedoch den entscheidenden Nachteil eines hohen Investitionsbedarfs.

Im Zeitaufwand für das Ernteverfahren insgesamt (Stunden/ha) erreichten die beiden vorgestellten Claas-Verfahren im Vergleich zu den anderen Verfahren sehr günstige Werte. Weitere Tests mit dem Flachsvollernter müssen dies allerdings bestätigen. Deutlich wird aber auch, daß das Voigtsdorfer Verfahren gegenüber dem traditionellen Verfahren Vorteile im Gesamtzeitaufwand bringt.

Literaturverzeichnis

- CARMEN e.V., 1994: NAWAROS 10/94. Technologiepark Rimpar/Würzburg
- DAMBROTH, M., SEEHUBER, R., 1988: Flachs - Züchtung, Anbau und Verarbeitung. Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 707
- GSCHOSSMANN, J., 1993: Bahmer Flaksy - Vom Flachsfeldbrecher über das Separieren zur Flachsfaserfeinauflösung. Tagungsband Statusseminar Flachs, S. 25-60, Leipzig Nov. 1993
- ISENSEE, E., OHLS, J., 1993: Die Standröste von Flachs. Landtechnik 8/9, S. 424-425
- ISENSEE, E., OHLS, J., HEINEMANN, O., 1993: Die Standröste - ein universelles Verfahren zur risikoarmen Flachsernte. Tagungsband Statusseminar Flachs, S. 13-20, Leipzig Nov. 1993
- OHLS, J., HEINEMANN, O., 1994: Flachsernte. Landtechnik 3: S. 150-151
- WEIGELT, H., 1993: Ernte und Verwertung von Flachs als kurze Wirrfaser. Tagungsband Statusseminar Flachs, S. 21-24, Leipzig, November 1993

Verfasser:

Dr. J. Schulz, Dr. C. Röhricht, Dr. E. Rexroth, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Gustav-Kühn-Straße 8, 04132 Leipzig und M. Sarodnik, Agrargenossenschaft Voigtsdorf, Hauptstraße 66, 09619 Voigtsdorf

Beziehungen zwischen dem MHS-Status und den Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen bei Sauen*

Klaus Hörügel, Ulf Müller, Uwe Bergfeld, Gunther Hallfarth, Siegfried Eckert, Otto Siegl und Johannes Uhlemann

*Nach einem Vortrag zum 2. Symposium des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle, 08. - 09.12.1994

Stichwörter: Schwein, Streßanfälligkeit, MHS-Status, Fruchtbarkeitsleistungen, Wurfleistungen

Zusammenfassung

Es wird über Untersuchungen zum Einfluß des MHS-Status von Sauen der Deutschen Landrasse auf deren Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen berichtet. Homozygot MHS-Gen-negative Sauen (NN) hatten gegenüber heterozygoten (NP) und insbesondere homozygot MHS-Gen-positiven Sauen (PP) die deutlich höheren Wurfgrößen, Wurfmassen und mittleren Ferkelgeburtmassen, so daß geschlußfolgert wird, daß eine MHS-Gen-Sanierung die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen stabilisieren kann.

Summary

This is a report on an examination about the influence of MHS-status on the fertility and litter size from sows of German Landrace. Homozygote MHS-negative sows (NN) got considerably higher litter sizes, litter weights and average piglet weight of birth compared with heterozygote (NP) and especially homozygote MHS-positive sows (PP). It is concluded, that the parameters of fertility and litter performance can be stabilized by MHS-rehabilitation.

1 Einleitung

Die Wirtschaftlichkeit der Schweineerzeugung erfordert höchste tierische Leistungen in allen Produktionsabschnitten, obwohl zwischen den verschiedenen Leistungskategorien zum einen verschiedene Merkmalsantagonismen bestehen und

zum anderen die Tiere im Laufe ihres Lebens den verschiedensten Belastungen ausgesetzt werden bzw. ausgesetzt werden müssen. Extreme motorische und psychische Belastungen treten im Zusammenhang mit Umstellungen und Transporten sowie beim Schlachten der Tiere auf. Eine typische Erscheinungsform nicht kompensierter akuter Belastungen ist das maligne Hyperthermiesyndrom (MHS), das direkt den Tod der Tiere oder bei Überlebenden die akute Rückenmuskelnekrose (Bananenkrankheit) verursachen kann. Werden die Schweine im Zustand der akuten Belastung geschlachtet, sind Fleischqualitätsmängel in Form von PSE-Fleisch die direkte Folge. Die Ursachen liegen in einer Entgleisung des Stoffwechsels der quergestreiften Muskulatur, insbesondere in Störungen des Ca^{++} -Haushaltes, verbunden mit verstärkter anaerober Glykolyse und Laktatanreicherung, die zur metabolisch-respiratorischen Acidose und Hyperthermie führen (KOLB 1987). Die Ausprägung dieser Störungen durch Belastungen ist genetisch determiniert. Verantwortlich dafür ist eine veränderte Aminosäurenkonfiguration am Ryanodin-Rezeptorgen, das als Hauptgen für das MHS identifiziert wurde. Mittels MHS-Gentest ist der MHS-Status eines Tieres durch Untersuchung einer Blut- oder Gewebeprobe altersunabhängig zu bestimmen.

Tab. 1: Beziehung zwischen Wurfgröße und Halothanstatus bei Sauen

| Autoren | | Halothan-Reaktionstyp HR ⁻ : HR ⁺ | | |
|-----------------------------|-----|--|---------|---------|
| WEBB u. JORDAN (1978)* | AGF | + 1,1 | | |
| LENGERKEN et al. (1982) | IGF | + 0,3 | | |
| | AGF | + 0,9 | | |
| SCHMITTEN (1981)* | AGF | + 0,2 | | |
| GROSSE-LEMBECK (1983)* | IGF | + 0,4 | | |
| | AGF | + 0,1 | | |
| WILLECKE et al. (1984) | IGF | + 0,17 | | |
| | AGF | + 0,32 | | |
| | | Halothangenotyp | | |
| | | nn : Nn | nn : NN | Nn : NN |
| SCHNEIDER (1980)* | AGF | -0,36 | -0,25 | -0,11 |
| WILLECKE et al. (1984) | IGF | -0,15 | -0,29 | -0,15 |
| | AGF | -0,26 | -0,52 | -0,26 |
| BAULAIN u. GLODEK (1987) | LGF | -0,10 | -0,34 | -0,24 |
| | AGF | -0,16 | -0,44 | -0,28 |

* aus WILLECKE et al. (1984)

IGF Ingesamt geborene Ferkel
LGF Lebend geborene Ferkel
AGF Aufzuchtfähig geborene Ferkel

Belastungen rufen Reaktionen weiterer Funktionskreisen hervor, z. B. im Hormonhaushalt durch Catecholaminausschüttung oder die Bildung von Proopiomelanocortin mit nachfolgender erhöhter Glucocorticoidausschüttung. Diese komplexen Vorgänge lassen vermuten, daß Belastungen nicht nur zum MHS führen können, sondern daß weitere Leistungsmerkmale negativ beeinflußt werden. Es steht deshalb die Frage, ob der MHS-Status auch Auswirkungen auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen hat.

Untersuchungen zum Einfluß des Halothan-Reaktionstyps bzw. Halothan-Genotyps auf die Wurfgröße liegen in der Literatur vor, die die Aussage zulassen, daß halothannegative Sauen höhere Wurfgrößen als halothanpositive haben (Tab. 1). Angaben zum Einfluß des MHS-Status auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen wurden nicht gefunden.

2 Material und Methode

Im Rahmen des Sächsischen Qualitätsfleischprogrammes Schwein "Sachsen Art", wurden, unterstützt mit Mitteln des Sächsischen Staatsministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, in den Zuchtbetrieben Untersuchungen zum MHS-Status der Sauen durchgeführt. Dargestellt werden im folgenden die Ergebnisse zweier Zuchtbetriebe der obersten Zuchtebene. Der gesamte Sauenbestand in beiden Betrieben gehört der Rasse DL an. Es erfolgt eine reinrassig Eigenreproduktion sowie die Erzeugung von F₁-Sauen durch Anpaarung mit DE-Ebern. Der Untersuchungsumfang ist in Tab. 2 zusammengestellt.

Im Betrieb B wird die Wurfmasse der lebend geborenen Ferkel innerhalb der ersten 24 Lebensstunden nach der Geburt regelmäßig erfaßt. Im Betrieb A wird die 3-Wochen-Wurfmasse ermittelt. Da vom Ferkelumsetzen nach der Geburt zur Komplettierung der Aufzuchtwürfe im erforderlichen Maße Gebrauch gemacht wird, ist der Aufzuchtwurf nicht mit dem Geburtswurf identisch. Die Mittelwerte (LSQ) wurden um den Einfluß der Zeit und der Wurfnummer korrigiert.

Tab. 2: Übersicht über das analysierte Datenmaterial

| Prüfgröße | Betrieb | Untersuchungs- umfang | MHS-Status | | |
|---------------------------|---------|--------------------------|------------|-------|----|
| | | | NN | NP | PP |
| Anzahl untersuchter Sauen | A | 705 | 406 | 284 | 15 |
| Analysierte Würfe | B | 1.466 | 696 | 706 | 64 |
| | A | 2994 | 1.789 | 1.153 | 52 |
| | B | 3253 | 1.569 | 1.616 | 68 |

3 Ergebnisse

Sauen mit dem MHS-Status PP hatten in beiden Betrieben die signifikant niedrigeren Wurfgrößen als NN- oder NP-Sauen (Tab. 3).

Auch die Wurfmassen zur Geburt und die Ferkelgeburtmassen der lebend geborenen Ferkel stehen in gleichgerichteter Beziehung zum MHS-Status (Tab. 4). Damit erbrachten die PP-Sauen mit den niedrigsten Wurfgrößen, Wurfmassen und mittleren Ferkelgeburtmassen die schlechtesten Wurfleistungen. Außerdem deutete sich eine leichte Überlegenheit der NN-Sauen gegenüber den NP-Sauen an.

Die weiteren Reproduktionsparameter Erstbesamungsalter, Zwischenwurfzeit und Gützeit werden vom MHS-Status nicht erkennbar beeinflusst (Tab. 5).

Aussagefähig für die Bewertung der Wurfleistung ist desweiteren der Anteil an Minderleistungswürfen, die dadurch gekennzeichnet sind, daß die Wurfmasse bei Jungsaunen unter 10 kg und bei Altsauen unter 12 kg und gleichzeitig die mittlere Ferkelgeburtmasse in diesen Würfen unter 1 kg liegt. Es zeigte sich die Tendenz, daß NN-Sauen den geringsten und PP-Sauen den höchsten Anteil an Minderleistungswürfen hatten (Tab. 6).

Tab. 3: Beziehungen zwischen MHS-Status der Sauen und den Wurfgrößen

| Prüfgröße | Betrieb | MHS-Status | | |
|-----------|---------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | NN | NP | PP |
| IGF/Wurf | A | 11,65 | 11,65 | 10,60 |
| | A | 0,27 ^a | 0,34 ^a | -0,61 ^b |
| | B | 11,04 | 10,91 | 10,24 |
| | B | 0,30 ^a | 0,17 ^{ab} | -0,47 ^b |
| LGF/Wurf | A | 11,00 | 10,93 | 10,04 |
| | A | 0,29 ^a | 0,27 ^a | -0,55 ^b |
| | B | 10,59 | 10,47 | 9,88 |
| | B | 0,27 ^a | 0,16 ^{ab} | -0,43 ^b |

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.
 2: Abweichung vom LSQ-Mittelwert

Zeile 1: absoluter Mittelwert, Zeile

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.
 Buchstaben sind signifikant verschieden

a, b Mittelwerte mit verschiedenen

Tab. 4: Beziehungen zwischen MHS-Status der Sauen und den Wurfleistungen

| Prüfgröße | Betrieb | MHS-Status | | |
|--|---------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | | NN | NP | PP |
| Geburtswurfleistung | | | | |
| LGF/Wurf | B | 10,59 | 10,47 | 9,88 |
| Wurfmasse LGF [Kg] | B | 14,55 | 14,02 | 12,62 |
| | B | 0,75 ^a | 0,23 ^{ab} | -0,98 ^c |
| Ferkelgeburtssmasse [g] | B | 1370 | 1340 | 1280 |
| | B | 40 ^a | 10 ^b | -50 ^c |
| Dreiwochenwurfleistung nach Wurfgleich p.p. | | | | |
| Ferkel/Wurf | A | 9,82 | 9,72 | 9,93 |
| Wurfmasse [kg] | A | 57,85 | 56,06 | 57,10 |
| | A | 0,87 ^a | -0,82 ^a | -0,05 ^b |
| Ferkelmasse [kg] | A | 5,89 | 5,77 | 5,75 |
| | A | 0,09 ^a | -0,04 ^b | -0,05 ^b |

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.
 2: Abweichung vom LSQ-Mittelwert

Zeile 1: absoluter Mittelwert, Zeile

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.
 Buchstaben sind signifikant verschieden

a-c Mittelwerte mit verschiedenen

Tab. 5: Beziehungen zwischen MHS-Status der Sauen und weiteren Reproduktionsparametern

| Prüfgröße | Betrieb | MHS-Status | | |
|-------------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | NN | NP | PP |
| Alter bei erster | A | 271,0 | 271,4 | 274,2 |
| Belegung [Tage] | A | 0,78 ^a | -1,94 ^a | 1,17 ^a |
| | B | 247,1 | 243,6 | 240,6 |
| | B | 1,85 ^a | 0,35 ^a | -2,18 ^a |
| Zwischenwurfzeit [Tage] | A | 156,8 | 156,3 | 159,4 |
| | A | -0,70 ^a | -0,90 ^b | 1,61 ^c |
| | B | 150,7 | 150,3 | 150,8 |
| | B | 0,19 ^a | -0,09 ^a | -0,10 ^a |
| Güstzeit [Tage] | A | 42,5 | 42,3 | 44,0 |
| | A | -0,24 ^a | -0,66 ^a | 0,91 ^a |
| | B | 36,2 | 36,0 | 35,7 |
| | B | 0,17 ^a | 0,04 ^a | -0,20 ^a |

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. Zeile 1: absoluter Mittelwert, Zeile 2: Abweichung vom LSQ-Mittelwert

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. a-c Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben sind signifikant verschieden

4 Diskussion

Die Untersuchungen bestätigen, daß das genetisch determinierte Vermögen, Belastungen ohne das Auftreten des MHS zu kompensieren, mit höherer Leistungsfähigkeit auch in anderen Funktionskreisen, z. B. den Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen, verbunden ist. MHS-Gen-freie Sauen (NN) hatten in beiden Untersuchungsbetrieben die höchsten Wurfgrößen der insgesamt und lebend geborenen Ferkel sowie, ermittelt im Betrieb B, auch die höchsten Wurfmassen und Ferkelgeburtmassen, also die höchsten Wurfleistungen. Heterozygote Sauen (NP) realisierten im Mittel um 0,1 LGF/Wurf und 30 g mittlere Ferkelgeburtmasse geringere Wurfleistungen, während die homozygot MHS-Gen-behafteten Sauen (PP) mit 0,6-1,0 LGF/Wurf und 90 g mittlere Ferkelgeburtmasse weniger als die NN-Sauen die deutlich schlechtesten Wurfleistungen erbrachten. Die Leistungsdifferenzen lagen in den gleichen Bereichen wie die für die verschiedenen Halothan-Genotypen ermittelten. Gleichgerichtete Tendenzen zeigte das Auftreten von Minderleistungswürfen, insbesondere bei Jungsau.

Tab. 6: Anteil Minderleistungswürfe in Abhängigkeit vom MHS-Status

| Prüfgröße | MHS-Status | | |
|---|------------|------|------|
| | NN | NP | PP |
| 1. Wurf | | | |
| Würfe gesamt | 453 | 467 | 104 |
| davon Minderleistungswürfe | 28 | 40 | 25 |
| Anteil [%] | 6,2 | 8,6 | 24,0 |
| Wurfleistungen der Minderleistungswürfe | | | |
| LGF/Wurf | 8,36 | 9,88 | 9,0 |
| Wurfmasse [kg] | 7,58 | 8,67 | 8,0 |
| Ferkelgeburtmasse [g] | 910 | 880 | 890 |
| 2. Wurf | | | |
| Würfe gesamt | 353 | 378 | 17 |
| davon Minderleistungswürfe | 7 | 20 | 1 |
| Anteil [%] | 2,0 | 5,3 | 5,9 |
| > zweiten Wurf | | | |
| Würfe gesamt | 756 | 770 | 26 |
| davon Minderleistungswürfe | 10 | 18 | - |
| Anteil [%] | 1,3 | 2,3 | - |

Ein Einfluß des MHS-Status der Sauen auf die Aufzuchtleistung, bewertet an Hand der Drei-Wochen-Wurfleistung im Betrieb A, war nicht zu erkennen. Das wird darauf zurückzuführen sein, daß am ersten Lebenstag der sogenannte Wurfgleich vorgenommen wurde, d. h., daß durch Umsetzen der Ferkel eine Wurfgrößenausgleich erfolgte, der Geburtswurf also nicht mit dem Aufzuchtwurf identisch sein muß. Die Milchleistung der Sauen, die indirekt über die Drei-Wochen-Wurfmasse bewertet werden kann, zeigt daraus abgeleitet keine Beziehungen zum MHS-Status.

Die Ergebnisse lassen die Aussage zu, daß die MHS-Gen-Sanierung in den Mutterrassen zu einer Stabilisierung der Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen führen kann. Die deutlichen Leistungsvorteile der NN/NP-Sauen gegenüber den PP-Sauen führen zu der Überlegung, ob in den Endstufenrassen, die vorrangig homozygot PP sind, z. B. Pietrain, eine Verdrängung des MHS-Gens angestrebt werden sollte. Das wäre zwar wegen des bestehenden Merkmalsantagonismus mit einer Verringerung des Muskelfleischanteiles verbunden, die aber durch die besseren Fruchtbarkeitsleistungen in den Reinzuchtbetrieben sowie geringere Verluste und bessere Fleischqualität bei den Reinzucht- und Endprodukten insgesamt zu einer Optimierung des wirtschaftlichen Ergebnisses führen könnte. Voraussetzung dafür wäre, wie z. B. im

Zuchtprogramm des Sächsischen Schweinezuchtverbandes e. V. angestrebt, eine Erhöhung des Muskelfleischanteiles in den Mutterrassen auf ca. 54 %.

5 Schlußfolgerungen

- Es bestehen Beziehungen zwischen dem MHS-Status und den Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen bei Sauen der Deutschen Landrasse.
- PP-Sauen haben gegenüber NN- und NP-Sauen über alle Wurfnummern die niedrigeren Wurfgrößen, Wurfmassen und mittleren Ferkelgeburtmassen.
- Das Erstbesamungsalter, die Zwischenwurfzeit und die Günstzeit werden vom MHS-Status nicht beeinflusst.
- Die Aufzuchtleistung nach Wurfausgleich, bewertet mittels der Dreiwochenwurfmasse, zeigt ebenfalls keine beachtenswerten Differenzen.
- Der Anteil an Minderleistungswürfen ist bei NN-Sauen am niedrigsten und bei PP-Sauen am höchsten.
- Mit der Schaffung MHS-negativer Sauenbestände können sich die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen stabilisieren.
- Der Nachteil des geringeren Muskelfleischanteiles bei MHS-negativen Endstufenebern aus ansonsten überwiegend homozygot MHS-Gen-positiven Rassen, z. B. Pietrain, könnte aus gesamtwirtschaftlicher Sicht durch die bessere Fleischqualität und die zu erwartenden besseren Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen korrigiert werden.

6 Literaturverzeichnis

- WILLECKE, H., AMLER, K., FISCHER, K., 1984: Der Einfluß des Halothanstatus der Sauen auf deren Wurfgröße. Züchtungskunde 56(1):20
- BAULAIN, U., GLODEK, P., 1987: Beziehungen zwischen Halothanreaktion und Zuchtleistung bei Sauen verschiedener Populationen. Züchtungskunde 59 (2):122
- KOLB, E., 1987: Neue biochemische Erkenntnisse zur Entstehung der Streßanfälligkeit und zu den Veränderungen bei Schweinen mit blasser, weicher und wäßriger Fleischqualität (PSE-Fleisch). Tierzucht 41(12):557-559

Verfasser:

Dr. K. Hörügel, Dr. U. Müller, Dr. U. Bergfeld, S. Eckert, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland, Am Park 3, 04886 Köllitsch, Dr. G. Hallfarth, Sächsischer Schweinezuchtverband e. V., Por-nitzer Straße 3a, 09112 Chemnitz, Prof. Dr. O. Siegl, Fördergemeinschaft Qualitätsfleisch Sachsen e. V. Thomas Müntzer-Straße 24L, 09244 Niederlichtenau und

Dr. J. Uhlemann, Sächsische Tierseuchenkasse, Bornaische Straße 31/33, Mark-
kleeberg

Modellvarianten zur Zuchtwertschätzung beim Schwein in Sachsen*

Uwe Bergfeld, Ulf Müller, Gunther Hallfarth und Siegfried Eckert

*Vorgetragen auf dem 2. Symposium des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung mit Tierklinik der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Halle vom 8.-9.12.1994

Stichworte: Zuchtwertschätzung, Schweinezüchtung, BLUP, Tiermodell

Zusammenfassung

Die Zuchtwertschätzung ist die Grundlage der Selektionsentscheidungen in der Tierzüchtung. Die Genauigkeit der Zuchtwertschätzung beeinflusst unmittelbar den zu erzielenden genetischen Fortschritt. Auch in der Schweinezüchtung kommen neue Verfahren der Zuchtwertschätzung auf der Grundlage von BLUP-Tiermodellen zunehmend zur Anwendung. Es wird ein speziell für die Schweinezucht in Sachsen entwickeltes Verfahren vorgestellt.

Summary

Estimation of breeding values is the basis of selection decisions in animal breeding. The accuracy of the estimation of breeding values has a direct connection to the possible genetic progress. According to other species in pig breeding new procedures to estimate breeding values based on BLUP-animal models are coming in application. A procedure is presented, which is especially developed for the conditions in Saxony.

1 Einführung

Verfahren der Zuchtwertschätzung, die auf der Grundlage linearer gemischter Modelle beste, lineare und unverzerrte Schätzer (Best Linear Unbiased Prediction - BLUP) ermitteln, setzen sich in der Tierzüchtung zunehmend durch. Dies gilt auch für die Schweinezucht, in der BLUP-Verfahren zur Zuchtwertschätzung in den letzten Jahren schrittweise zur Anwendung kommen. Verglichen mit der Rinder-

zucht, in der diese Verfahren bereits etabliert sind, bestehen jedoch einige wesentliche Unterschiede:

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- In der Schweinezucht kamen keine vereinfachten Modelle zur Anwendung, die auf spezielle Verwandtschaftsstrukturen angepaßt sind (z. B. Vätermodelle oder Großvätermodelle). Durch die Fortschritte in der Rechentechnik war es möglich, hier unmittelbar Mehrmerkmals-Tiermodelle zur Anwendung zu bringen.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- In der Schweinezucht ist durch Einführung von BLUP-Verfahren mit einem wesentlich deutlicheren Anstieg in der Genauigkeit der Zuchtwertschätzung zu rechnen. Bisherige Schätzungen von Korrelationen zwischen Index- und BLUP-Zuchtwerten liegen z. B. für Eber zwischen 0,58 und 0,85 sowie für Sauen zwischen 0,44 und 0,68 (THOLEN und SCHMITTEN, 1993).

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- In Kreuzungszuchtprogrammen, wie sie in der Regel in der Schweinezucht zur Anwendung kommen, zielt die Selektion sowohl auf die Verbesserung der Reinzucht-, als auch der Kreuzungsleistungen ab. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Methodik der Zuchtwertschätzung.

Erste Arbeiten zur BLUP-Zuchtwertschätzung beim Schwein gehen auf Mitte der 80er Jahre zurück (HUDSON und KENNEDY, 1985a und b). Seit Anfang der 90er Jahre werden BLUP-Verfahren in der praktischen Schweinezucht zunehmend genutzt. Erste Anwendungen basierten ausschließlich auf Prüfstationsdaten. Die Tendenz geht dahin, möglichst alle Merkmale und Selektionsstufen komplex in einem Mehrmerkmalsmodell zu verarbeiten.

Aus der Anwendung von BLUP-Verfahren in der Schweinezucht resultieren insbesondere folgende Vorteile:

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Es werden alle direkten und korrelierten (Verwandten- und Merkmalskorrelationen) Informationen gleichzeitig verwendet.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Es kommen statistische Verfahren mit anerkannten Eigenschaften zur Anwendung.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Die Modellwahl kann flexibel den konkreten Bedingungen angepaßt werden (z. B. bezüglich Umwelt, additiver Verwandtschaft, heterogenen Varianzen, genetischem Trend, maternalen Effekten, nichtadditiven Effekten).

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Eine zeitliche und räumliche Vergleichbarkeit der Zuchtwerte ist gegeben (Zuchtwertverschleiß wird berücksichtigt, Selektion über Betriebe und Vergleich des genetischen Niveaus zwischen Betrieben ist möglich).

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Eine Ermittlung des Gesamtzuchtwertes ist möglich (damit vollständige Ablösung der Indexverfahren).

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Eine Kontrolle des genetischen Trends sowie der Umweltwirkungen zur Überprüfung von Zuchtprogrammen ist gegeben.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Die Berücksichtigung von Kreuzungseffekten sowie die Schätzung von Kreuzungszuchtwerten ist möglich.

Probleme bei der Bearbeitung von Datenmaterial aus der Schweinezucht resultieren insbesondere aus der oft geringen und unzureichenden Verknüpfung zwischen den Zucht- und Prüfbetrieben sowie aus der gleichzeitigen Wirkung von additiven und nichtadditiven Effekten durch die Anwendung von Kreuzungszuchtprogrammen.

2 Zuchtwertschätzung in Kreuzungszuchtprogrammen

Die bisher in der praktischen Anwendung befindlichen Verfahren der Zuchtwertschätzung gehen ausschließlich von Reinzuchtinformationen aus und schätzen additiv genetisch begründete Zuchtwerte. Bei der Anpassung von Zuchtwertschätzverfahren an Kreuzungszuchtprogramme sind fünf verschiedene Herangehensweisen denkbar:

I. Reinzucht

Die Zuchtwertschätzung wird nur auf Reinzuchtebene durchgeführt. Das folgende Tiermodell ist anwendbar, wobei a_i der additiv genetische Effekt des i -ten Tieres mit der phänotypischen Leistung y ist:

$$y = \dots a_i$$

II. Reinzucht mit verschiedenen Herkünften

Die Zuchtwertschätzung wird ebenfalls nur auf der Grundlage von Reinzuchtinformationen durchgeführt, wobei in der bearbeiteten Population Tiere unterschiedlicher genetischer Herkunft vorkommen. Dies macht eine Gruppierung der additiv genetischen Effekte erforderlich. Diese ist zum einen über eine Gruppierung der additiv genetischen Effekte der Tiere, von denen Leistungen vorliegen, möglich:

$$y = \dots g_k + a_{ki}$$

Korrekter ist jedoch die von QUAAS (1988) vorgeschlagene Gruppierung der unbekannteren Eltern:

$$\underline{y} = \dots \text{Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. } q_{ki}g_i + \underline{a}_i$$

Hierbei ist g_i der i -te Gruppeneffekt, sowie die q_{ki} Faktoren, die die Gruppeneffekte anteilig entsprechend den Leistungen \underline{y} zuordnen.

III. Linien x Linien Interaktionen

Werden Interaktionen zwischen verschiedenen Herkunftslinien bzw. -rassen in das Modell aufgenommen, so erfolgt hiermit eine Berücksichtigung von Kreuzungseffekten zwischen diesen Linien. Kreuzungseffekte zwischen unterschiedlichen Herkünften werden bei der Schätzung der additiven Zuchtwerte berücksichtigt:

$$\underline{y} = \dots 0,5b_k + 0,5b_l + h_{kl} + \underline{a}_i$$

Im Ergebnis sind die Effekte der Linien (b_k und b_l), die Heterosis zwischen diesen Linien (h_{kl}) sowie die individuellen additiven Zuchtwerte (\underline{a}_i) zu schätzen. Dieses Verfahren ist auch auf mehr als zwei Ausgangspopulationen und weitere Kreuzungseffekte zu erweitern (SWAN, 1992, HAMMOND et al., 1992).

Hiermit ist auch eine Vergleichbarkeit der Zuchtwerte über die verschiedenen Herkunftspopulationen gegeben. Ein linienübergreifender Zuchtwert setzt sich aus dem Linieneffekt, dem Heterosiseffekt sowie dem Zuchtwert innerhalb der Linien zusammen (Abb. 1).

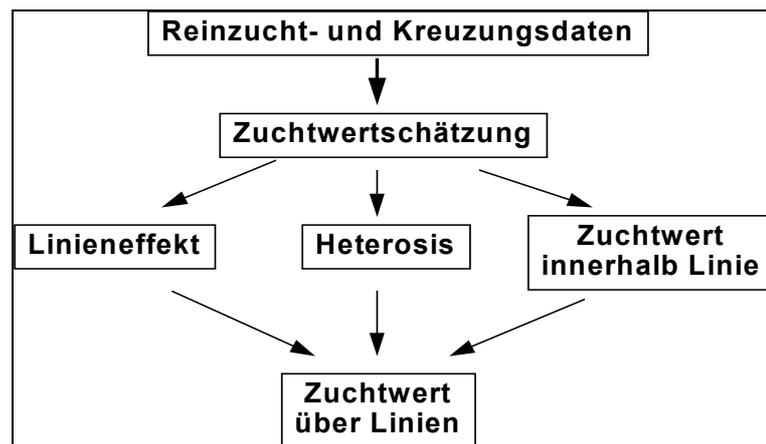


Abb. 1: Zuchtwertschätzung bei Reinzucht- und Kreuzungsdaten (nach HAMMOND et al., 1992 und BRANDT, 1994)

IV. Tier x Linien Interaktionen

Analog dem Interaktionsmodell zur Berücksichtigung von Interaktionen zwischen Zuchtwert eines Tieres und der Prüfumwelt können auch Interaktionen zwischen einem Tier und der Linie, an das es angepaart wurde, berücksichtigt werden. Dies setzt ausschließlich autosomale Vererbung ohne reziproke Effekte voraus:

- Interaktionsmodell

$$\underline{y} = \dots \mathbf{b}_i + \underline{\mathbf{a}}_j + \underline{\mathbf{b}}_{ajj}$$

Der fixe Effekt \mathbf{b}_i erfaßt den Einfluß der Linie, an die das jeweilige Tier angepaart wurde, $\underline{\mathbf{a}}_j$ den additiv genetischen Effekt und $\underline{\mathbf{b}}_{ajj}$ die Interaktionen zwischen Zuchtwert und Linie. Diese Interaktionen sind nichtadditiv genetisch begründet. Beim Interaktionsmodell ist für jedes physische Merkmal ein Merkmal im Modell zu definieren. Da für die Interaktionseffekte in der Regel Varianzhomogenität und Unabhängigkeit unterstellt wird, sind die Varianzen und Kovarianzen zwischen den Linien konstant.

Als Alternative hierzu kann für jede potentielle Anpaarung eines Individuums an eine Linie ein separater individueller Zuchtwert in Form eines Mehrmerkmalsmodells definiert werden:

- Mehrmerkmalsmodell

$$\underline{y} = \dots \mathbf{b}_i + \underline{\mathbf{a}}_{ij}$$

Hierbei ist \mathbf{b}_i der i-te Linieneffekt und $\underline{\mathbf{a}}_{ij}$ der genetische Effekt des j-ten Tieres in Anpaarung an die i-te Linie. Das Interaktionsmodell ist ein Spezialfall des hier beschriebenen Mehrmerkmalsmodells. Mit beiden werden Reinzucht- und Kreuzungszuchtwerte geschätzt (SWAN, 1992, HAMMOND et al., 1992, WEI, 1992). Derartige Modelle sind jedoch nur bei deutlich von Eins abweichenden Korrelationen zwischen Reinzucht und Kreuzung erforderlich. Tab. 1 gibt einen Überblick über die bisher geschätzten genetischen Beziehungen zwischen Reinzucht- und Kreuzungsleistungen.

V. Tier x Tier Interaktionen

Eine Berücksichtigung von Tier x Tier Interaktionen zielt auf eine Quantifizierung von intra- und intergenischen Wechselwirkungen bei der Verpaarung von Einzeltieren ab. Der phänotypische Wert wird genetisch nicht nur über den additiven Effekt beschrieben, sondern auch über Dominanz- und ggf. Epistasieeffekte.

$$\mathbf{y} = \dots \mathbf{a}_i + \mathbf{d}_i$$

In einem solchen Modell sind nicht nur die Beziehungen zwischen den additiven Effekten der Individuen zu beschreiben, sondern auch die Beziehungen zwischen den nichtadditiven Effekten (vgl. HOESCHELE und VAN RADEN, 1991). Ein solches Modell könnte Grundlage einer individuellen Anpaarungsplanung sein.

Tab. 1: Übersicht zu bisherigen Schätzungen von Korrelationen zwischen Reinzucht- und Kreuzungsleistungen beim Schwein (nach BRANDT, 1994 - ergänzt)

| Quelle | Merkmal | Korrelation |
|-------------------------|--------------------------|---------------|
| WILSON et al. (1962) | Lebend geborene Ferkel | negativ |
| | Aufgezogene Ferkel | negativ |
| ROBINSON et al. (1964) | Speckdicke | 0,21 und >1 |
| | Gewicht bei 140 Tagen | -0,74 |
| | Lebend geborene Ferkel | <-1,0 |
| | Aufgezogene Ferkel | |
| TAYLOR et al. (1965) | Lebend geborene Ferkel | negativ |
| | Wurfgewicht 21. Tag | 0,185 |
| | Wurfgewicht 56. Tag | 0,612 |
| STANISLAW et al. (1967) | Speckdicke | >0 |
| | Zunahme | >0 |
| | Gewicht bei 56 Tagen | >0 |
| STANDAL (1968) | Speckdicke | 0,41 |
| | Zunahme | 1,33 |
| | Fleischfläche | 1,13 |
| WONG et al. (1971) | Speckdicke | >1 |
| | Zunahme | 0,55 |
| | Futterverwertung | 0,09 |
| | Index | 0,47 |
| | Lebend geborene Ferkel | 0,74 |
| BISWAS et al. (1971) | Wurfgröße bei Geburt | 0-negativ |
| | Wurfgewicht bei Geburt | 0-negativ |
| MCLAREN et al. (1985) | Speckdicke | 0,88 |
| | Zunahme | 0,56 |
| | Ferkelgewicht bei Geburt | 0,25 und 0,27 |
| ENGLISCH et al. (1990) | Lebenstagszunahme | 0,10 und 0,06 |
| | Prüftagszunahme | 0,39 und 0,19 |
| | Futterverwertung | 0,28 und 0,28 |
| | Fleisch-Speck-Quotient | 0,80 und 0,43 |
| GÖTZ et al. (1993) | Zunahme | 0,26 |
| | Futterverwertung | 0,14 |
| | Fleischanteil | 0,52 |
| | Fleischbeschaffenheit | 0,36 |
| | Index | 0,42 |

| | | |
|---------------|-------------------|-----------|
| BRANDT (1994) | Lebenstagszunahme | 0,47-0,97 |
| | Speckdicke | 0,54-1,00 |

3 Zuchtwertschätzung am praktischen Datenmaterial

Zur Vorbereitung der routinemäßigen Zuchtwertschätzung nach dem BLUP-Verfahren in Sachsen wurde das aktuell vorliegende Datenmaterial vom Sächsischen Schweinezuchtverband e. V. (SSV) übernommen. Für die Auswertungen stand Datenmaterial aus den beschickten Prüfstationen sowie aus der Eigenleistungsprüfung der Jungsauen und Jungeber der Jahre 1990 bis 1994 zur Verfügung. Dabei wurden sowohl Reinzucht- als auch Kreuzungsleistungen berücksichtigt. Einen Überblick über die Struktur des Materials gibt die Tab. 2.

In Tab. 3 sind die berücksichtigten Merkmale, die Ausschlußgrenzen sowie die statistischen Maßzahlen dargestellt.

Die Tab. 4 und 5 beschreiben die Verknüpfungen zwischen den Betrieben sowie Feld- und Stationsprüfung. Durch die relativ große Betriebsstruktur und den hohen Besamungsanteil kann auf einer günstigen Datenstruktur aufgebaut werden.

Tab. 2: Beschreibung des verwendeten Datenmaterials

| | | | |
|-----------------------|-------------|-------|--------|
| Tiere insg.: | 38.746 | SN: | 32.291 |
| davon ml.: | 3.087 | SN: | 1.749 |
| davon wbl.: | 35.659 | SN: | 30.542 |
| Tiere mit Leistungen: | 22.882 | SN: | 20.038 |
| davon Station: | 4.061 | SN: | 1.217 |
| | | RZ: | 936 |
| | | KR: | 281 |
| davon Feld: | 18.821 | wbl.: | 18.385 |
| | | ml.: | 436 |
| | | RZ: | 6.454 |
| | | KR: | 12.367 |
| Betriebe: | 68 | SN: | 28 |
| LPA: | 2 | | |
| Zeitraum: | 06/90-11/94 | | |

Anzahl bekannter Vorfah-
rengenerationen: 1-3

SN Sachsen RZ Reinzucht KR Kreuzung

Tab. 3: Berücksichtigte Leistungsmerkmale, Ausschlußgrenzen sowie statistische Maßzahlen

| Merkmal | Ausschlußgrenzen | N | MW | s |
|---------|------------------|--------|-------|-------|
| PTZ | 350-1.300 | 4.061 | 764,0 | 105,0 |
| MFA | 40-68 | 4.061 | 56,8 | 3,6 |
| FuA | 1,5-4,0 | 4.061 | 2,9 | 0,3 |
| PH1 | 5,2-6,8 | 4.023 | 5,9 | 0,4 |
| IL | 70-110 | 4.060 | 97,2 | 4,1 |
| LTZ | 300-900 | 18.821 | 547,8 | 48,6 |
| US | 5-50 | 18.772 | 10,6 | 1,9 |

| | | | |
|-----|--|----|---------------------------------|
| PTZ | Prüftagszunahme [g] (Station) | N | Anzahl untersuchter Prüfglieder |
| MFA | Magerfleischanteil - Sondenmaß [%] (Station) | MW | Mittelwert |
| FuA | Futtermaterial [kg/kg] LTZ (Station) | s | Standardabweichung |
| PH1 | ph-Wert nach 45 min p.m. (Station) | | |
| IL | innere Länge [cm] (Station) | | |
| LTZ | Lebenstagszunahme [g] (Feld) | | |
| US | Speckdicke Ultraschall [mm] (Feld) | | |

Tab. 4: Genetische Verknüpfung über die Betriebe

| Anzahl Betriebe | Gesamt | Anzahl Eber Station | Feld |
|-----------------|--------------|---------------------|--------------|
| 1 | 155 (56,3 %) | 118 (67,4 %) | 117 (52,2 %) |
| 2 | 33 (12,0 %) | 39 (22,2 %) | 26 (11,6 %) |
| 3 | 24 (8,7 %) | 16 (9,1 %) | 28 (12,5 %) |
| 4 | 28 (10,1 %) | 2 (1,3 %) | 21 (9,3 %) |
| >4 | 35 (12,9 %) | - | 32 (14,4 %) |

In Klammern Anteil in Prozent

Tab. 5: Genetische Verknüpfung über die Feld- und Stationsprüfung

| | Anzahl Eber | Anzahl Sauen |
|--------------------------------|--------------|--------------|
| Nachkommen in Feld und Station | 123 (44,7 %) | 358 (7,5 %) |
| Rest | 152 | 4426 |

In Klammern Anteil in Prozent

Die Merkmale Innere Länge und pH-Wert 1 sollen züchterisch nicht gerichtet verbessert werden, sondern sind auf ein Optimum hin zu züchten. Aus diesem Grunde wurde vor der eigentlichen Zuchtwertschätzung eine Merkmalstransformation durchgeführt. Als mögliche Transformationsformen wurde die logarithmische, die exponentiale sowie die lineare Transformation geprüft. Da stärkere Abweichungen vom Optimum möglichst proportional zum Grad der Abweichung berücksichtigt werden sollten, wurde eine lineare Transformation auf ein Optimum von 100 bis 102 cm IL sowie einen pH-Wert von 6,0 bis 6,3 durchgeführt.

Für die Zuchtwertschätzung kam ein Mehrmerkmalstiermodell zur Anwendung (Tab. 6), das mit dem Programm PEST verrechnet wurde.

Tab. 6: Beschreibung des verwendeten Mehrmerkmals-Tiermodells*

| | B | BJQ | SJM | G | Kov. | KE | GE |
|-----|---|-----|-----|---|-------|----|----|
| PTZ | F | - | F | - | - | F | F |
| MFA | F | - | F | - | SKMW | F | F |
| FuA | F | - | F | - | - | F | F |
| PH1 | F | - | F | - | - | F | F |
| IL | F | - | F | - | - | F | F |
| LTZ | - | F | - | F | Alter | F | F |
| US | - | F | - | F | LM | F | F |

| | | | |
|-------------|-----------------------------------|---------|--|
| * B | Betrieb | GE | Gruppierung unbekannter Eltern in 2 |
| BJQ | Betrieb x Jahr x Quartal | Stufen: | |
| SJM | Station x Jahr x Monat | 801 | Mutterlinie |
| G | Geschlecht | 802 | Vaterlinie |
| Kov. | Kovariabel | | Mutterlinie: Deutsche Landrasse, Deutsches |
| KE | Kreuzungseffekt in 4 Stufen: | | Edelschwein, Large White, |
| 800 | Reinzucht | | Leicoma, Sattelschwein, Duroc |
| 851 | Kreuzung Mutterlinie x | | Vaterlinie: Pietrain, Hamshire, Landrasse |
| Mutterlinie | | | B, Schwerfurter Landrasse |
| 852 | Kreuzung Vaterlinie x Mutterlinie | SKMW | Schlachtkörpermasse warm |
| 853 | Kreuzung Vaterlinie x Vaterlinie | LM | Lebendmasse |

Neben den im Modell definierten Umwelteffekten, die als fixe Effekte bzw. als Kovariable berücksichtigt wurden, ist ein fixer Effekt zur Berücksichtigung von Kreuzungswirkungen eingebaut wurden. Aufgrund der im Einzelfall sehr heterogenen Rassestruktur wurde eine Aggregation in Vater- und Mutterrassen vorgenommen. Das Pedigree wurde, soweit vorhanden auf 3 Vorfahrgenerationen aufgefüllt. Die unbekanntem Eltern wurden nach Vater- und Mutterrassen gruppiert. Damit kommt eine Modifikation des Modells III aus Abschnitt 2 zur Anwendung. Die Materialstruktur ließ eine Berücksichtigung des Heterosiseffektes für jede Linienkombination nicht zu, sodaß im Modell lediglich die Kreuzungswirkungen für die Kombinationen von Mutter- bzw. Vaterassen berücksichtigt werden.

Schätzungen der genetischen Parameter konnten bisher nicht am aktuellen Material vorgenommen werden, sodaß auf mittlere Literaturwerte zurückgegriffen werden mußte (Tab. 7).

Tab. 7: Verwendete genetische Parameter (mittlere Literaturwerte)*

| | PTZ | Fua | MFA | IL | PH1 | LTZ | US |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PTZ | <u>0,20</u> | -0,65 | -0,30 | 0,40 | -0,15 | 0,85 | 0,20 |
| Fua | -0,65 | <u>0,35</u> | -0,20 | -0,10 | 0,05 | -0,70 | 0,20 |
| MFA | -0,25 | -0,20 | <u>0,55</u> | 0,20 | -0,30 | -0,30 | -0,40 |
| IL | 0,30 | -0,10 | 0,30 | <u>0,55</u> | -0,10 | 0,25 | -0,20 |
| PH1 | -0,25 | 0,05 | -0,40 | -0,10 | <u>0,30</u> | -0,15 | 0,10 |
| LTZ | 0,80 | -0,65 | -0,25 | 0,30 | -0,25 | <u>0,35</u> | 0,30 |
| US | 0,15 | 0,20 | -0,55 | -0,25 | 0,10 | 0,25 | <u>0,25</u> |

* Hauptdiagonale unterhalb
 oberhalb Heritabilität
 genetische Korrelation
 phänotypische Korrelation

Die ermittelten Einzelzuchtwerte für die Merkmale wurden mit ökonomischen Wichtungsfaktoren zur Ermittlung eines Gesamtzuchtwertes gewichtet und aggregiert. Die verwendeten Wichtungsfaktoren wurden aus der in Tab. 8 dargestellten relativen Wichtung abgeleitet.

Tab. 8: Relative Wichtung der Einzelmerkmale im Gesamtzuchtwert*

| | A | B |
|-----|------|------|
| LTZ | 0,35 | 0,20 |
| FuA | 0,25 | 0,15 |
| MFA | 0,30 | 0,55 |
| IL | 0,04 | 0,04 |
| PH1 | 0,06 | 0,06 |

* A Reinzucht und Kreuzung Mutterlinien

B Reinzucht und Kreuzung Vaterlinien

Tab. 9: Schätzungen mittlerer Zuchtwerte der Reinzuchttiere für Vater- und Mutterlinien sowie der Effekte der Kreuzungsgruppen als Abweichung von den Reinzuchttieren*

| | mittlere ZW-Reinzucht | | Effekte der Kreuzungsgruppen | | |
|-----|-----------------------|--------|------------------------------|-------|--------|
| | 801 | 802 | 851 | 852 | 853 |
| PTZ | 7,93 | -40,80 | 5,15 | -1,05 | -10,56 |
| MFA | -0,84 | 3,29 | 0,63 | 1,42 | 1,13 |
| FuA | 0,02 | -0,08 | 0 | -0,05 | 0,05 |
| PH1 | 0,04 | -0,15 | 0,05 | 0,06 | -0,09 |
| IL | 0,35 | -2,80 | 0,18 | -0,81 | -0,56 |
| LTZ | 16,06 | -77,20 | 21,00 | 55,80 | 69,70 |
| US | -0,56 | -2,15 | -0,42 | 1,41 | -0,54 |

* 851 Kreuzung Mutterlinie x Mutterlinie

852 Kreuzung Vaterlinie x Mutterlinie

853 Kreuzung Vaterlinie x Vaterlinie

801 Mutterlinie

802 Vaterlinie

Bei der Auswertung des vorliegenden Datenmaterials wurden neben den Zuchtwerten auch die fixen genetischen Effekte sowie die systematischen Umwelteffekte geschätzt. Die ermittelten mittleren Zuchtwerte für Vater- und Mutterlinien sowie die Effekte der Kreuzungsgruppen als Abweichung von den Reinzuchttieren sind in der Tab. 9 dargestellt. Die ermittelten Werte für Vater- und Mutterlinien bestätigen die erwarteten genetischen Unterschiede zwischen den Herkünften. Die Mutterlinien zeigen eine deutlich bessere Fleischqualität. Beim MFA besteht nach wie vor noch Nachholbedarf. Die Ansatzleistung ist bei den Mutterlinien besser.

Ebenfalls in Tab. 9 sind die Effekte der Kreuzungsgruppen als Abweichung von den Reinzuchttieren dargestellt. Eine exakte genetische Interpretation dieser Effekte ist auf Grund des Kompromisses bei der Definition der Kreuzungsgruppen, der durch die im Einzelnen heterogene Rassestruktur bedingt war, nicht möglich. Nennenswerte Heterosiseffekte sind jedoch nur bei den Merkmalen Magerfleischanteil sowie Lebensstagszunahme zu verzeichnen. Bei allen anderen Merkmalen sind nur indifferente Unterschiede zu verzeichnen.

4 Ausblick

Das vorgestellte Verfahren der Zuchtwertschätzung ist in Sachsen am 1.01.1996 als offizielle Zuchtwertschätzung eingeführt worden. Mit der Durchführung ist die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) vom Sächsischen Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten beauftragt wurden. Das Projekt wurde vom Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland Köllitsch der LfL in Zusammenarbeit mit dem Sächsischen Schweinezuchtverband erarbeitet.

Weiterführende Untersuchungen zum Problemkreis der Zuchtwertschätzung werden sich insbesondere auf folgende Gegenstände konzentrieren:

- | | |
|--|------------------------------------|
| Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- Material | Schätzung genetischer Parameter am |
| Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- | Testung weiterer Modellvarianten |
| Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- elektronisch gekennzeichnete Tiere | Einbeziehung von Schlachthofdaten |
| Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- | Einbeziehung des Feldtestes von |
| Endstufenebern in die BLUP-Zuchtwertschätzung | |
| Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- | Einbeziehung der |
| Fruchtbarkeitsleistungen in die BLUP-Zuchtwertschätzung | |
| Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- | Überprüfung von Modellen zur |
| Schätzung von Kreuzungszuchtwerten | |

5 Literaturverzeichnis

- BISWAS, D. K., CHAPMAN, A. B., FIRST, N. L., SELF, H. L., 1971: Intrapopulation versus reciprocal recurrent selection in swine. *Journal of Animal Science* 32:840-848
- BRANDT, H., 1994: Die Beziehung zwischen Produktionsmerkmalen von Reinzucht- und Kreuzungsschweinen und Konsequenzen für die Optimierung der Selektion. Habilitationsschrift, Georg-August-Universität, Göttingen
- ENGLISCH, H.-G., FRITSCH, J., HAGEMANN, L., RIEDEL, H., HERRENDÖRFER, G., 1990: Experimente zu Genotyp-Umwelt-Wechselwirkungen. 1. Mitteilung:

- Versuchsplan und Rangfolgen der Ebernachkommenschaften bei Stations- und Feldprüfung in Reinzucht und Kreuzung. *Archiv für Tierzucht* 33:261-269
- GÖTZ, K.-U., PESCHKE, W., 1993: Zuchtwertschätzung von Pietrain-Ebern anhand von Reinzucht- und Kreuzungsinformationen. Gemeinschaftstagung der DGfZ/GfT in Göttingen, 28. und 29.9.1993
- HAMMOND, K., GRASER, H. U., MCDONALD, C. A., 1992: *Animal Breeding - The Modern Approach*. A Post Graduate Foundation Publication
- HOESCHELE, I., VAN RADEN, P. M., 1991: Rapid method to compute inverses of dominance relationship matrices for noninbred populations by including sire by dam subclass effects. *Journal of Dairy Science* 74:557-569
- HUDSON, G. F. S., KENNEDY, B. W., 1985a: Genetic evaluation of swine for growth rate and backfat thickness. *Journal of Animal Science* 61:83-91
- HUDSON, G. F. S., KENNEDY, B. W., 1985b: Genetic trend of growth rate and backfat thickness of swine in Ontario. *Journal of Animal Science* 61:83-91
- MCLAREN, D. G., BUCHMANN, D. S., HINTZ, R. L., 1985: Sire ranking based upon purebred versus crossbred progeny performance in swine. *Journal of Animal Science* 60:902-912
- ROBINSON, O. W., LOUCA, A., LEGATES, J. E., 1964: Purebred and crossbred performance of paternal half-sibs of swine. *Journal of Animal Science* 23:853, Abstr.
- STANDAL, N., 1968: Studies on breeding and selection schemas in pigs. I. Selection on performance of purebred versus crossbred progeny. *Acta Agriculturae Scandinavica* 18:222-232
- STANISLAW, C. M., OMTVEDT, I. T., WILLHAM, R. L., WHATLEY, A. J., 1967: A study on some genetic parameters in purebred and crossbred populations of swine. *Journal of Animal Science* 26:16-20
- SWAN, A. A., 1992: *Multibreed evaluation procedures*. Dissertation, University of New England, Australia
- TAYLOR, J. C., MILLER, F. H., HETZER, H. O., 1965: Genetic correlations between straightbred and crossbred swine. *Journal of Animal Science* 24:852
- THOLEN, E., SCHMITTEN, F., 1993: BLUP-praktischer Einsatz im Schweinezüchterverband Nord-West. *Schweinezucht und -mast* 41:(5):22-27
- WEI, M., 1992: *Combining crossbred and purebred selection in animal breeding*. Dissertation, Wageningen
- WILSON, S. P., WHATLEY, J. A., WHITEMAN, J. V., MORRISON, R. D., 1962: Influence of sire and line of breeding on sow productivity. *Journal of Animal Science* 21:119-122
- WONG, W. C., BOYLAN, W. J., REMPEL, W. E., 1971: Purebred versus crossbred performance as a basis of selection in swine. *Journal of Animal Science* 32:(4):605-610

Verfasser:

Dr. U. Bergfeld, Dr. U. Müller, S. Eckert, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland, Am Park 3, 04886 Köllitsch und Dr. G. Hallfarth, Sächsischer Schweinezuchtverband e.V., Pornitzstraße 3a, 09112 Chemnitz

Versuche zur Aufzucht einsömmriger Europäischer Welse (*Silurus glanis*) in Teichen

Gert Füllner und Matthias Pfeifer

Stichworte: Teichwirtschaft, Wels, *Silurus glanis*, Aufzuchtverfahren

Zusammenfassung

Es werden Ergebnisse von Versuchen zur Aufzucht einsömmriger Europäischer Welse (*Silurus glanis*) in der Lehr- und Versuchsteichanlage Königswartha beschrieben. Mittels kombiniertem Besatz von Wels mit Schleien und optimierten Besatzdichten konnten einsömmrige Welse auf Naturnahrungsbasis und ohne zusätzlichem Vorstrecken mit mittleren Stückmassen von deutlich über 50 g, daneben einsömmrige Schleien von mehr als 5 g erzeugt werden. Der Gesamtfischertrag betrug über 350 kg/ha. Ichthyophthiriose trat im empfohlenen Verfahren nicht auf. Die erreichte Welsstückmasse ist eindeutig von der tatsächlich vorhandenen Maulzahl pro Flächeneinheit abhängig. Interaktionen zwischen Wels- und Schleienbesatz werden diskutiert.

Summary

Results of experiments for rearing of european catfish (*Silurus glanis*) in the training and experimental pond station of Königswartha are described. The experiments of several years show, that with combined stock of European catfish and tench and optimized stocking density, fingerling catfish with an average individual weight of more than 50 g besides fingerling tench of more than 5 g can be produced on basis of natural food and without advanced fry rearing. The whole yield was more than 350 kg/ha. Ichthyophthiriosis in the recommended technique didn't appear. The reached individual weight of catfish was well defined by the real existing stock densities per area unit. Interactions between catfish- and tench-stock were discussed.

1 Einleitung

Seit geraumer Zeit werden in Europa Versuche unternommen, die Aufzucht des Europäischen Welses in Teichen zu erweitern. Der Wels ist eine in Mitteleuropa heimische Fischart. Er hat eine hohe Wachstumsgeschwindigkeit und ist von seiner

möglichen Endstückmasse der größte einheimische Süßwasserfisch. Er erzielt am Markt sehr hohe Preise. Im Lebendfisch-Einzelhandel werden 20-40 DM/kg und im Großhandel 12-20 DM/kg erreicht. Auch wenn bei zu erwartender Zunahme der Erzeugung die Preise sich eher weiter der unteren genannten Grenze nähern werden, entspricht dies noch dem Vierfachen des Karpfenpreises. HOFMANN et al. (1987) sehen im Wels sogar die Fischart der Zukunft in der Teichwirtschaft.

Der Wels paßt hervorragend als Polykulturpartner in Karpfenteiche, läßt sich aber auch, im Gegensatz zu anderen heimischen Raubfischarten (z. B. Hecht), in Monokultur in sehr intensiver Haltung aufziehen. Ab einer gewissen Stückmasse sind Welse sehr robuste Fische, die gegen Sauerstoffdefizite, Abfischstreß und weitere Eingriffe ähnlich unempfindlich wie Karpfen reagieren. Fischkrankheiten sind nur bei der Aufzucht Einsömmriger zu beachten. Welsfleisch ist außerordentlich wohl-schmeckend, weiß und vor allem grätenfrei, ein Vorteil den kaum ein anderer Süß-wassernutzfisch bietet und der ihm im Vergleich zu anderen Fischarten einen größe-ren Markt eröffnet. Nicht zuletzt ist der Wels ein attraktives Anglerobjekt, was ihn in fast jeder Stückgröße noch zum beliebten und begehrten Satzfish für Anglerver-eine macht.

Trotz aller genannten Vorzüge des Europäischen Welses wird der deutsche Markt fast ausschließlich aus Südosteuropa (Tschechische Republik, Slowakische Repu-blik, Ungarn und die Regionen des ehemaligen Jugoslawien) und Frankreich belie-fert, obwohl es nicht an Anstrengungen mangelt, das Eigenaufkommen zu erhöhen.

PIESKER u. REICH (1990) forderten im Ergebnis ihrer umfangreichen Untersuchen-gen zur Welsaufzucht die Entwicklung neuer Verfahren der teichwirtschaftlichen Produktion, die es ermöglichen sollten, Speisewelse von 2,5-3,0 kg im viersömmri-gen Umtrieb zu erzeugen. Ziel der hier beschriebenen Arbeiten war es, Verfahren für die Welsaufzucht unter den speziellen Bedingungen der sächsischen Teichwirt-schaft zu entwickeln und zu überprüfen, die dem von PIESKER u. REICH (1990) ge-nannten Ziel sehr nahe kommen. Es waren praxisorientierte Verfahren zur Teich-aufzucht ausreichend großer Partien stabiler, überwinterrungssicherer einsömmriger Satzfish zu entwickeln. Es sollten Verfahren zur Welsaufzucht gefunden werden, die sich, entgegen den Empfehlungen von PIESKER u. REICH (1990), möglichst dem in der Karpfenteichwirtschaft üblichen dreisömmrigen Umtrieb anpassen.

2 Material und Methoden

Seit 1990 werden in der Lehr- und Versuchsteichanlage des Referates Fischerei des Fachbereiches Tierzucht, Fischerei und Grünland der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Königswartha Versuche zur Aufzucht von einsömmrigen Welsen durchgeführt. Diese Lehr- und Versuchsteichanlage in Entenschenke bei Königswartha besteht aus 28 Teichen von jeweils 0,25 ha Größe. Alle Teiche sind separat zu bespannen und können einzeln abgelassen werden. Eine genaue

Beschreibung der Anlage gibt MÜLLER (1955). Neben den Versuchen in Teichen wurden 1990 erste Fütterungsversuche in einer kleinen Warmwasserversuchsanlage durchgeführt. Der Fischbesatz erfolgte mit angefütterten Welsen (W_a) bzw. "echter Welsbrut" (W_0) aus böhmischen und bayerischen Erbrütungsanlagen. Die Besatzart und das jeweilige Besatzdatum der Versuche gibt Tab. 1 wieder.

Tab. 1: Lieferanten, Besatztermine und Besatzarten der Welsaufzuchtversuche in Königswartha 1990-1994

| Jahr | Besatzdatum | Besatzart | Lieferant |
|------|-------------|-----------|--|
| 1990 | 05. Juli | W_a | Anglerverband Pilsen |
| 1991 | 16. Juni | W_a | Fischereibetrieb Hluboka |
| 1992 | 16. Juni | W_0 | Teichwirtschaftlicher Beispielsbetrieb Wöllershof |
| 1993 | 22. Juni | W_a | Teichwirtschaftlicher Beispielsbetrieb Wöllershof |
| 1994 | 13. Juni | W_0 | Teichwirtschaftlicher Beispielsbetrieb Wöllershof |

3 Ergebnisse

3.1 Versuche vor 1992

Die erste Welsbrut stammte aus dem Jahr 1990. Der Hauptteil des Besatzes erfolgte in den Versuchsteichen, ein geringer Teil wurde parallel in einer Kreislaufanlage aufgezogen. Bei Fischen mit Brutgößen von bis zu 60 g wurden unter Warmwasserbedingungen hoffnungsvolle Ergebnisse erzielt. Auffällig war die enorme Wachstumsrate, die geringen Verluste und vor allem die enorm günstige Futtermittelverwertung der Welse. Der Futteraufwand lag mit herkömmlichen Karpfenfuttermitteln bei 0,82-1,27 kg/kg Zuwachs.

Die ersten in einem nicht ideal für die Aufzucht vorbereiteten Teich aufgezogenen einsömmrigen Welse (W_1) erreichten bis zum Herbst lediglich Stückmassen von unter 10 g. Probefänge belegten, daß die Fische bereits Mitte August diese Größe erreichten und dann nicht mehr weiter wuchsen, weil offensichtlich die Anschlußnahrung an das Zooplankton, d. h. kleine Fische, fehlten. Eine Ernährung der Welse mit Pelletfutter schlug fehl, da die Jungwelse kein Pelletfutter aufnahmen. Möglicherweise war die gewählte Besatzdichte von 50.000 Stück/ha W_0 für diese Art der Fütterung noch zu gering. Mit Sicherheit spielten hierbei auch die durch die Gewöhnung an natürliche Futterquellen stärker ausgeprägte "normale" versteckte Lebensweise der Fische und ihre Nachtaktivität eine große Rolle.

Im Folgejahr 1991 konnten in Teichen, die wie Karpfenvorstreckteiche vorbereitet wurden und die gleiche Besatzdichte wie im Jahre 1990 hatten, bis über 400 kg/ha einsömmrige Welse mit Stückmassen von etwa 11 g abgefischt werden (Tab. 2). Wieder erwies sich die erreichte Stückmasse für eine verlustarme Überwinterung als unzureichend. Die Folgen der schlechten Ernährung in der zweiten Sommerhälfte waren 1990 wie auch 1991 indiskutabel hohe Winterverluste, die das gewählte Aufzuchtverfahren als nicht empfehlenswert erscheinen ließen.

Tab. 2: Ergebnisse der Versuche zur Aufzucht einsömmriger Welse, Königswartha 1991 (Besatzdichte 50.000 Stück/ha W_0)

| | Versuchsteich | | | | Mittelwert \pm Standard- abweichung |
|-------------------------------|---------------|--------|--------|--------|---|
| | 12 | 25 | 26 | 27 | |
| - Abfischdatum | 25.10. | 24.10. | 24.10. | 23.10. | |
| - Abfischung W_1 [Stück/ha] | 27.024 | 31.160 | 27.440 | 29.636 | 28.815 \pm 1.679 |
| - Abfischung W_1 [kg/ha] | 286 | 334 | 297 | 432 | 337 \pm 57,5 |
| - Mittlere Stückmasse [g] | 10,6 | 10,7 | 10,8 | 14,6 | 11,7 \pm 1,7 |
| - Überlebensrate [%] | 54 | 62 | 55 | 59 | 57,5 \pm 3,2 |

3.2 Versuche 1992

Als Hauptproblem der Aufzucht von einsömmrigen Welsen hatte sich bereits 1990/91 das Erreichen einer ausreichend großen Stückmasse der Fische herausgestellt. Die mittleren Stückmassen der W_1 mußten im Herbst größer als 20 g werden. Dies sollte 1992 durch einen zeitigeren Besatztermin, daneben durch eine Reduzierung der Besatzdichte und eine Beigabe von Futterfischen, erreicht werden. Während GELDHAUSER (1993) Karpfen als "Beifisch" verwandte, wurden hier jeweils 46.000 Stück/ha Schleienbrut verwandt.

Es gelang, bereits Mitte Juni "echte" W_0 aus dem teichwirtschaftlichen Beispielsbetrieb Wöllershof (Oberpfalz) zu erhalten. Wegen der erwartungsgemäß geringeren Überlebensrate von Welsbrut wurde die Besatzdichte im Hinblick auf höhere Stückmassen gegenüber 1991 nicht reduziert. Die Teiche wurden wie Vorstreckteiche für Karpfen vorbereitet (Trockenlegung, Gründungsanbau und Bespannung kurz vor Brutbesatz). Eine Fütterung erfolgte während der Aufzuchtperiode nicht.

Die angestrebte mittlere Stückmasse von 20 g konnte 1992 wieder nicht erreicht werden (Tab. 3). Beim Abfischen fiel das extrem starke Auseinanderwachsen der einsömmrigen Welse auf. Während ein Teil Stückmassen von nur etwa 10-15 g erreichte, gab es eine Reihe großer W_1 , die zum Teil über 100 g schwer waren. Das

waren offensichtlich die Fische, die eindeutig zur räuberischen Lebensweise übergegangen waren und sich wie geplant von Schleien, wahrscheinlich jedoch in gewissem Umfang auch kannibalisch ernährten.

Tab. 3: Ergebnisse der Versuche zur Aufzucht einsömmriger Welse, Königswartha 1992 (Besatzdichte 50.000 Stück/ha W_0)

| | Versuchsteich | | | | Mittelwert \pm Standard- abweichung |
|-----------------------------|---------------|--------|--------|--------|---|
| | 12 | 13 | 26 | 27 | |
| - Hauptfische | | | | | |
| Abfischdatum | 13.10. | 13.10. | 08.10. | 08.10. | |
| Abfischung W_1 [Stück/ha] | 10.816 | 13.828 | 10.128 | 8.492 | 10.816 \pm 1.933 |
| Abfischung W_1 [kg/ha] | 135,2 | 183,2 | 194,8 | 144,4 | 164,4 \pm 25,2 |
| Mittlere Stückmasse [g] | 12,5 | 13,2 | 19,2 | 17,0 | 15,5 \pm 2,7 |
| Überlebensrate [%] | 21,6 | 27,7 | 20,3 | 17,0 | 21,6 \pm 4,5 |
| - Nebenfische | | | | | |
| Abfischung S_1 [kg/ha] | 246,4 | 224,4 | 216,0 | 244,0 | 232,7 \pm 12,9 |

Die Welserträge lagen unter denen von 1991, was mit der erwartungsgemäß niedrigeren Überlebensrate der Welsbrut gegenüber den bisher eingesetzten angefütterten Welsen zusammenhing. Durch den Besatz mit Schleienbrut verbesserten sich die Ergebnisse der Welsaufzucht bestenfalls bezüglich der erreichten Stückmasse. Allerdings deuteten die Ergebnisse an, daß mit einer solchen Schleie-Wels-Bikultur ein geeignetes Verfahren zur Aufzucht von Einsömmrigen beider Fischarten gefunden werden könnte.

3.3 Versuche 1993

Ziel der Versuche 1993 war primär eine weitere Erhöhung der Herbst-Stückmassen der einsömmrigen Welse und - als durchaus erwünschtes Nebenprodukt - möglichst hohe Erträge an einsömmrigen Schleien (S_1). Dazu wurden die Besatzdichten beider Arten variiert, um erste Anhaltspunkte für ihre optimale Größe zu erhalten. Die Welsbesatzdichte wurde gegenüber 1992 noch einmal, mit dem Ziel höherer Stückmassen im Herbst, gesenkt. Die höchste Besatzdichte 1993 blieb um mehr als die Hälfte unter der Besatzdichte von 1992. Die drei gewählten Welsbesatzdichten an W_0 im Jahre 1993 betragen 8.000, 16.000 und 24.000 Stück/ha. Demgegenüber

wurde die Besatzdichte an Schleien gegenüber dem Vorjahr in zwei Stufen gesteigert, um die Anzahl an potentiellen Beutefischen pro Welsmaul zu erhöhen. Die Besatzdichten S_0 betragen 36.000, 54.400 und 76.800 Stück/ha. Daraus ergaben sich neun verschiedenen Besatzdichten. Aus Kapazitätsgründen mußte auf eine mehrfache Wiederholung verzichtet werden. Der Brutbesatz erfolgte mit Schleienbrut am 09. Juni und mit Welsen am 22. Juni. Die geringe Zeitdifferenz beim Besatz dürfte sich

kaum auf das Aufzuchtergebnis ausgewirkt haben, zumal die Welse bereits angefüttert waren. Die Teichvorbereitung erfolgte in bewährter Weise durch winterliche Trockenlegung sowie Ansaat von Gründüngung (Hafer/Senfgemisch).

Tab. 4 zeigt die Ergebnisse des Jahres 1993. Leider ist eine statistische Auswertung der Daten, bedingt durch ein extrem unterschiedliches Aufkommen von Wildfischen in den einzelnen Versuchsteichen, nicht möglich. Die Fischerträge der Aufzuchtversuche lagen im Bereich der Erwartungen. Die Welseerträge variierten zwischen 64 und 225,6 kg/ha. Die Schleien erträge schwankten zwischen 42 und 151,6 kg/ha. Die Welse erreichten deutlich höhere mittlere Stückmassen als in den Versuchen der Vorjahre. In fast allen Varianten konnte eine mittlere Stückmasse von 20 g erreicht bzw. überschritten werden. Die mittlere Stückmasse der W_1 aus dem Versuchsteich 27 erreichte sogar 32,4 g. Die Überlebensraten der Schleien lagen zwischen 10 und 35 %.

3.4 Versuche 1994

Die Stückmassen der einsömmrigen Welse hatten sich als entscheidende Größe für eine sichere Überwinterung herausgestellt (Tab. 5).

Tab. 5: Mittlere Stückmasse und Winterstückverluste bei einsömmrigen Welsen, Versuche Königswartha 1990-1993

| Jahr | Mittlere Stückmasse [g] | Winterstückverluste [%] |
|------|-------------------------|-------------------------|
| 1990 | 10 | 100 |
| 1991 | 12 | > 95 |
| 1992 | 15 | 53 |
| 1993 | 22 | 36 |

Alle Maßnahmen mußten daher auf eine weitere Erhöhung der mittleren Stückmassen der einsömmrigen Welse zielen. Der Besatz der Welsbrut von 8.000 bzw. 16.000 Stück/ha entsprach den niedrigsten, die der Schleienbrut mit 75.000 Stück/ha der höchsten Besatzdichte des Vorjahres. Ziel war es, die Anzahl potentieller Beutefische pro Welsmaul zu erhöhen. Der Brutbesatz erfolgte mit S_0 aus Vetschau am 03. Juni und mit W_0 aus Wöllershof am 13. Juni. Die Teichvorbereitung erfolgte wieder durch winterliche Trockenlegung sowie Ansaat von Gründüngung.

Tab. 6 zeigt die Versuchsdaten sowie die Ergebnisse beider Versuchsvarianten. Wie in den Vorjahren wurden im Mittel Abfischungsergebnisse von etwa 350 kg/ha erzielt. Die Ursache der gegenüber dem Vorjahr deutlich niedrigeren Überlebensrate der Welse dürfte im Besatz echter W_0 zu finden sein. Diese niedrige Überlebensrate wirkte sich jedoch auf die Ergebnisse der Versuche in beiden Besatzvarianten durchaus günstig aus.

Die Stückmasse der W_1 übertrafen alle Erwartungen. Im Mittel der Variante mit 8.000 Stück/ha W_0 wurde eine Stückmasse von 91,8 g, bei 16.000 Stück/ha W_0 44,2 g erreicht. Die Differenz zwischen beiden Varianten ist hochsignifikant. Die im Herbst zu erreichende Welsstückmasse ist deutlich abhängig von der im Herbst abgefischten Maulzahl an Welsen (Abb. 1). Um einsömmrige Welse von über 20 g Stückmasse zu erzeugen, sind Maulzahlen von unter 8.000 Stück/ha erforderlich. Bei Stückzahlen unter 2.000 Stück/ha W_1 können mit der vorgeschlagenen Bikulturaufzucht Wels/Schleie Stückmassen von 40 g und mehr erreicht werden.

Die Stückmassen der S_1 erreichten ebenfalls ausgesprochen günstige Werte. Der unterschiedliche Welsbesatz wirkte sich jedoch nicht, wie erwartet, auf die Stückmasse der Schleie aus. Die geringfügige Differenz zwischen den Besatzvarianten ist statistisch nicht signifikant.

4 Diskussion

Die neben der Bruterzeugung schwierigste Stufe der Welsproduktion ist die Erzeugung ausreichend großer einsömmriger Satzfische. Die bisher in der Literatur beschriebenen Verfahren schließen in der Regel eine Vorstreckphase in Teichen oder unter Warmwasserbedingungen ein. So empfiehlt TÖLG (1981), einsömmrige Welse zuerst vorzustrecken. Er schlägt Besatzdichten von 60.000-100.000 Stück/ha vor. Nach spätestens einem Monat werden die dann 4-5 cm großen Vorgestreckten abgefischt. Als Überlebensrate werden dabei 50-60 % angegeben. Danach sollen die vorgestreckten Welse (W_v) mit Besatzdichten von 1000-5000 Stück/ha in anderen Teichen weiter aufgezogen werden. Auch hier betrug die Überlebensrate bis zum Einsömmrigen nochmals ca. 50 %, d. h. von 100 Stück W_0 wurden im Herbst noch etwa 25 Stück W_1 abgefischt. PIESKER und REICH (1990) erzielten bei mehrjährigen Versuchen in Anlehnung an die ungarischen Erfahrungen zum Vorstrecken von Welsen bis zu einer Größe von 2,8 cm Überlebensraten von 17,4-48,7 %. Bei der weiteren Aufzucht zu W_1 in Monokultur mit Besatzdichten von 18.000-64.000 W_v /ha erreichten die genannten Autoren Welserträge von nur 27-199 kg/ha mit Überlebensraten von 11-44 % und einer bei diesen Erträgen zweifelhaften zusätzlicher Fütterung. Die Wirkungslosigkeit einer Fütterung bei $W_{0,1}$ -Aufzucht zeigen auch die Versuche von DUDA und VACEK (1995). Bei Besatzdichten von 250.000 bzw. 750.000 Stück/ha W_a , Stückverlusten von 90 bzw. 94 % erreichten die Stückmassen der W_1 bei den genannten Autoren und Erträgen von 325 bzw. 294 kg/ha analog den hier beschriebenen Ergebnissen ebenfalls nur 12 bzw. 10 g, obwohl mit Pellets zugefüttert wurde. Die erreichten Stückmassen passen jedoch ideal in die mit Abb. 1 beschriebene Korrelation zwischen Maulzahl zur Abfischung und erreichbarer Stückmasse von Welsen. DUDA und VACEK fischten in ihren Versuchen 25.000 bzw. 47.000 Stück/ha W_1 ab.

Als Hauptproblem, vor allem beim Vorstrecken, geben sowohl TÖLG (1981), PIESKER UND REICH (1990) sowie GELDHAUSER (1993), der Empfehlungen von TÖLG (1981) unter bayerischen Klimabedingungen anwandte, die enorme Anfälligkeit der kleinen Welse gegenüber Ichthyophthirius an. Bei Auftreten des Parasiten kann in kurzer Zeit der gesamte Bestand verloren gehen. Während ungarische Autoren auf das "Anfüttern" mit Naturnahrung setzen, füttert HEYMANN (1990 und mdl. Mitt.) in Frankreich von Anfang an mit Trockenfutter und geht damit der Ichthyophthiriose aus dem Weg. Außerdem bereitet es mit diesen Fischen keine Probleme, sie weiter am Pendelfütterer zu ernähren. Die Welsbrut zieht HEYMANN (1990) in Kreislaufanlagen mit Trockenfutter bis zu einer Stückmasse von etwa 10 g auf. Danach können die Fische (Zeitpunkt etwa Anfang August) in alle Formen von extensiv bewirtschafteten Teichen gesetzt werden, weiter im Warmwasser aufgezogen werden oder aber in kleinen intensiv betreuten Teichen mit Pellets am Pendel auf die gewünschte Stückmasse abwachsen. Diesem Verfahren ist möglicherweise der reinen Teichaufzucht der Vorzug zu geben. Allerdings haben die wenigsten Teichwirte eine derartige Kreislaufanlage zur Verfügung.

Die beschriebenen Versuche hatten deshalb von Beginn an ausschließlich die Teichaufzucht zum Ziel. Es konnte gezeigt werden, daß eine Aufzucht einsömmriger Welse mit mittleren Stückmassen von über 50 g und entsprechend hoher Überwinterungsfestigkeit in Teichen ausschließlich auf der Basis der natürlich vorhandenen Nahrung ohne weiteres möglich ist. Damit konnten die von GELDHAUSER (1990) in ähnlicher Form erreichten Ergebnisse bestätigt werden. Dieser nennt bei Besatzdichten von 80.000 Stück W_0 Verluste von nur 35 % bei der Teichaufzucht zum W_1 . Die von GELDHAUSER erreichten Stückmassen bieten jedoch keine Gewähr für eine ausreichend sichere Überwinterung der einsömmrigen Welse.

Die in der Literatur immer wieder beschriebenen Probleme mit Ichthyophthiriose bei Jungwelsen blieb hier vollständig aus. Offensichtlich spielte das Auslassen der Vorstreckperiode eine große Rolle. Damit waren die Besatzdichten von Beginn an um ein Vielfaches geringer. Das Wachstum erfolgte kontinuierlich ohne die Hungerphase kurz vor dem Abfischen der Vorgestreckten und ohne den Abfischstreß. Zudem entfielen mechanische Verletzungen beim Hantieren mit den empfindlichen, schuppenlosen Welsen.

Die gemeinsame Aufzucht von Schleien und Welsen im ersten Aufzuchtjahr hatte sich in den Versuchen 1992/93 als hervorragende Möglichkeit herauskristallisiert, um ausreichende Mengen gut sortierter Einsömmriger beider Fischarten zu erhalten. Die Bikultur von Wels mit Schleien scheint von Vorteil zu sein. GELDHAUSER (1993) erreichte hingegen bei Abfischstückzahlen von nur 1.000-3.500 Stück/ha W_1 Welsstückmassen von lediglich 6-13 g. Schleien eignen sich möglicherweise auf Grund ihrer welsähnlichen versteckten Lebensweise, ihrer Art der Futteraufnahme, hauptsächlich aber wegen ihres relativ langsamen Wachstums sehr gut als Beifisch zur Welsaufzucht. Sie sind dem wesentlich aktiveren Karpfen, der zuerst Futterkonkurrent ist und dann dem Wels wahrscheinlich "davonwächst", vorzuziehen.

Nicht ganz geklärt bleibt die Frage der Interaktionen zwischen beiden Fischarten. Es ist sicher unbestritten, daß einige der aufwachsenden Welse Schleien als Futterfische nutzen. Die Differenz zwischen den beiden Varianten im Jahr 1994 bezüglich der Überlebensrate der Schleien war jedoch nicht signifikant. Stückzahlmäßig betrug die Differenz etwas über 8000 Stück Schleienminderertrag bei einem um 2.300 Stück/ha höheren Welsbestand. Das würde bedeuten, daß jeder Wels im gesamten Sommer im Mittel etwa drei Schleien erbeutet hat. Denkbar ist allerdings auch, daß einzelne Spezialisten auf "Schleienjagd" gehen, andere diese Ernährungsform jedoch nicht annehmen. Dafür spricht auch das extreme Auseinanderwachsen der einsömmrigen Welse in den beschriebenen Versuchen.

Eine erwartete Abhängigkeit der Stückmasse der einsömmrigen Schleien vom Fraßdruck der Welse konnte nicht bestätigt werden. Die unabhängig von der Welsbesatzdichte zu erreichende Schleienstückmasse wird im Wesentlichen von der Jahreswitterung beeinflußt. Bei der Schleie liegt man offensichtlich, anders als beim Wels, sehr nahe im Bereich der maximalen Wachstumspotenz. Der individuelle

Stückzuwachs war demgegenüber beim Wels kaum von der Witterung, wohl aber von der Fischzahl/ha, abhängig. Aus den Versuchen wurde deutlich, daß zur Aufzucht einsömmriger Welse von über 20 g Stückmasse die Maulzahl nicht über 8.000 Stück/ha steigen darf. Zwischen 2.000 und 15.000 Stück/ha W_1 ist die zu erreichende mittlere Stückmasse deutlich von der Abfischstückzahl abhängig, während höhere Maulzahlen nur zu ungenügend großen W_1 führen.

5 Schlußfolgerungen

Die kombinierte Aufzucht von Wels mit Schleie ist ein im ersten Aufzuchtjahr empfehlenswertes Verfahren. Es können einsömmriger Satzweise und Satzschleie mit einer Gesamtabfischung von 250-350 kg/ha und mittleren Stückmassen der Welse von über 40-50 g sowie mittleren Schleienstückmassen von mehr als 5 g erzeugt werden.

Auf einen zusätzlichen Schleienbesatz kann zum Erzeugen ausreichend großer einsömmriger Welse wahrscheinlich nicht verzichtet werden. Empfohlen wird ein Verfahren ohne zusätzliche Fütterung auf der Basis der natürlichen Ertragsfähigkeit der Teiche.

Für optimale Ergebnisse ist ein Besatz von 5.000-8.000 Stück/ha W_a bzw. von 8.000-15.000 Stück/ha W_0 sowie von mindestens 60.000-80.000 Stück/ha S_0 aus Warmwassererzeugung erforderlich. Der Besatztermin von Schleien und Welsen sollte nach Möglichkeit nicht mehr als 14 Tage auseinanderliegen, wobei ein späterer Welsbesatz weniger problematisch ist.

6 Literaturverzeichnis

- DUDA, P. und VACEK, J., 1995: Intensive rearing of Wels (*Silurus glanis*) fry in ponds and its economical evaluation. Bulletin VÚRH Vodňany 31:3-10
- GELDHAUSER, F., 1990: Vermehrung und Aufzucht von Wels und Schleie unter teichwirtschaftlichen Bedingungen. Arbeiten des Deutschen Fischereiverbandes 49:51-52
- GELDHAUSER, F., 1993: Aufzucht einsömmriger Welse in Karpfenteichen. In: LUKOWICZ, M.: Jahresbericht 1991/92 Bayerische Landesanstalt für Fischerei, 89 S.
- HEYMANN, A., 1990: Intensivzucht des Welses (*Silurus glanis*) in Warmwasser mit Trockenfutter. Zeitschrift für die Binnenfischerei der DDR 37:382-384
- HOFMANN, J., GELDHAUSER, F., GERSTNER, P., 1987: Der Teichwirt. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 253 S.
- MÜLLER, W., 1955: Die Zweigstelle für Teichwirtschaft Königswartha des Instituts für Fischerei der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu

Berlin und ihre Versuchsteichanlage. Zeitschrift Fischerei Neue Folge 4:189-199

PIESKER, K., REICH, B., 1990: Aufzucht und Fütterung des Europäischen Welses (*Silurus glanis*) in Teichen, Netzkäfigen und Beckenanlagen. Fortschritte der Fischereiwissenschaft 9:41-58

TÖLG, I., 1981: Fortschritte in der Teichwirtschaft. Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, 175 S.

Verfasser:

Dr. G. Füllner, M. Pfeifer, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland, Postfach 1140, D-02697 Königswartha

Benzo-a-pyrengehalte in geräucherten Fleischerzeugnissen aus traditionellen Räucheranlagen der Bundesländer Sachsen und Thüringen

Karsten Westphal, Gisela Übermuth und Karl Potthast

Stichworte: Räuchern, Benzo-a-pyren, Räucherwaren, Räuchertechnologie

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden im Zeitraum von 1990 bis 1993 in 124 fleischverarbeitenden Betrieben der neuen Bundesländer Sachsen und Thüringen insgesamt 735 geräucherte Fleischerzeugnisse entnommen und auf den Gehalt an Benzo-a-pyren untersucht. Die Probenahme erfolgte in der Regel in Betrieben, die mit technologisch veralteten Räucheranlagen arbeiteten. 25 Proben, das sind 3,4 % aller Proben, wiesen einen Benzo-a-pyrengehalt von mehr als 1 µg/kg auf, wobei 22 Proben zwischen 1 und 2 µg/kg und nur 3 Proben mehr als 2 µg/kg Benzo-a-pyren enthielten. Diese Untersuchungen sollten zeigen, ob die durch die Fleisch-Verordnung für geräucherte Fleischerzeugnisse geregelte Höchstmenge an Benzo-a-pyren (1 µg/kg) bei Anwendung veralteter Räuchertechnologien einzuhalten ist, so daß die Betriebe auch nach einer bis Ende 1992 geltenden Übergangsregelung problemlos weiter produzieren können. Die vorliegenden Benzo-a-pyrenuntersuchungen belegen, daß die untersuchten Proben im weitesten Umfang den Anforderungen genügen.

Summary

A total of 735 smoked meat products were sampled from 124 meat processing firms in the new federal states of Saxony and Thuringia during the period December 1990 to March 1993 and were examined for their benzo-a-pyrene content. Sampling usually took place in firms working with technologically out-of-date smoking plants. 25 samples, which was 3,4 % of the total, contained more than 1 µg/kg benzo-a-pyrene, 22 of these having between 1 and 2 µg/kg and only 3 having more than 2 µg/kg. These investigations were intended to show whether the maximum quantity of benzo-a-pyrene fixed for smoked meat products by the meat regulations can be adhered to when using out-of-date smoking technologies, thus enabling the firms to continue to produce without any problems, even after the transitional regulations which expire at the end of 1992. The benzo-a-pyrene values found show that the samples examined during this research project fully meet the requirements.

1 Einleitung

Das Räuchern ist eines der ältesten Konservierungsverfahren für Fleisch und Fleischerzeugnisse. Durch die Rauchbehandlung wird aber nicht nur eine bessere Haltbarkeit erzielt, sondern sie bewirkt auch eine sensorische Aufwertung. Der Räucherrauch verleiht den Fleischerzeugnissen ein angenehmes Raucharoma (Geruch, Geschmack) und eine ansprechende Rauchfarbe, das heißt Eigenschaften, die seitens der Verbraucher in zunehmendem Maße geschätzt werden.

Das Räuchern von Fleisch und Fleischerzeugnissen wird nach § 1 der Fleisch-Verordnung (FLEISCH-VERORDNUNG, 1982) geregelt. Demnach ist als Räucherrauch der "frisch entwickelte Rauch aus naturbelassenen Hölzern und Zweigen, Heidekraut und Nadelholzsaamenständen, auch unter Mitwirkung von Gewürzen zur äußerlichen Anwendung" zugelassen. Vorbehandelte Hölzer, ob gestrichen, geleimt oder imprägniert, dürfen zur Raucherzeugung nicht verwendet werden.

Räucherrauch entsteht durch Zersetzung der Holzbestandteile, wie Cellulose, Hemicellulose und Lignin, unter Wärmezufuhr. Dieser Vorgang wird als Pyrolyse bezeichnet. Während der Pyrolyse entstehen zahlreiche Verbindungen (POTTHAST, 1978, TOTH, 1980 und 1981). Die meisten dieser Verbindungen vermitteln dem Rauch seine aromatisierende, farbgebende und konservierende Wirkung und sind daher erwünscht. Daneben kommen aber auch Verbindungen vor, die gesundheitlich bedenklich sind. Zu diesen Verbindungen gehören zahlreiche Vertreter der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK), darunter das Benzo-a-pyren, die sich in Tierversuchen als mutagen und kanzerogen erwiesen haben. Aufgrund dieser Wirkungen hat der Gesetzgeber zum Schutz des Verbrauchers vor einer möglichen Gesundheitsgefährdung den Benzo-a-pyrengehalt in geräucherten Fleischerzeugnissen auf maximal 1 µg/kg begrenzt. Wenn von allen kanzerogenen und mutagenen PAK nur das Benzo-a-pyren in die Fleisch-Verordnung aufgenommen wurde, so ist dies durch die Feststellung begründet, daß zwischen dem Benzo-a-pyren und den anderen PAK im Räucherrauch eine lineare Beziehung besteht, aus der die Belastung mit diesen gesundheitlich bedenklichen Verbindungen abgeschätzt werden kann (TOTH und BLAAS, 1972a).

Das durch die Pyrolyse von Holzspänen gebildete Benzo-a-pyren kann über die Gasphase oder aber an Partikel gebunden auf die zu räuchernden Fleischerzeugnisse gelangen. Besonders starke Benzo-a-pyrenablagerungen sind zu erwarten, wenn mit einem stark rußenden Rauch geräuchert wird (TOTH und BLAAS, 1972a, POTTHAST, 1975).

Die im Räucherrauch enthaltene Menge an Benzo-a-pyren wird in hohem Maße von der Raucherzeugungstemperatur beeinflusst. TOTH und BLAAS (1972b) konnten feststellen, daß der Benzo-a-pyrengehalt im Räucherrauch mit steigender Glimmtemperatur der Holzspäne annähernd linear ansteigt. Eine Erhöhung der Glimmtemperatur von 400 auf 1000 °C bewirkt im Räucherrauch eine Zunahme des Benzo-a-pyrenge-

haltes von 5 auf 20 µg/100g Buchenspäne. Demgegenüber sinkt aber mit zunehmenden Temperaturen der Anteil an erwünschten rauchwirksamen Verbindungen. Bei Temperaturen von 500 bis 700 °C wird ein Rauch erzeugt, der hohe Anteile erwünschter und relativ geringe Anteile unerwünschter Verbindungen enthält (TOTH und BLAAS, 1972b, CORETTI, 1975, POTTHAST, 1978, TOTH, 1981, WIRTH et al., 1987).

Auf weitere Einflußfaktoren, wie das Räucherverfahren (Glimm-, Dampf- oder Reibrauch), die zur Raucherzeugung eingesetzte Holzart, die Räucherzeit, die Entfernung der Feuerstätte bis zum Räuchergut und die Strömungsgeschwindigkeit des Rauches, wird in der Literatur hingewiesen (TOTH und BLAAS, 1972b, CORETTI, 1975, POTTHAST, 1975 und 1978).

In modernen, computergesteuerten Räucheranlagen erfolgt die Pyrolyse des Holzes unter kontrollierten Bedingungen, wodurch die Erzeugung eines benzo-a-pyrenarmen Rauches und damit die Einhaltung des Grenzwertes gewährleistet wird. Bei Räucherwaren, die in traditionellen, herkömmlichen Anlagen geräuchert werden, besteht die Gefahr erhöhter Benzo-a-pyrenkontaminationen, da eine exakte Kontrolle des Räucherprozesses kaum möglich ist.

2 Problemstellung und Zielsetzung

Mit dem Inkrafttreten der Fleisch-Verordnung entsprechend des Einigungsvertrages mit Wirkung zum 1. Januar 1993 wurden die fleischverarbeitenden Betriebe in den neuen Bundesländern erstmals mit einem Grenzwert für Benzo-a-pyren in geräucherten Fleischerzeugnissen konfrontiert, da in der ehemaligen DDR Diskussionen über die Limitierung des Benzo-a-pyrengehaltes (FRITZ und SOOS, 1977) keinen Erfolg hatten. In den fleischverarbeitenden Betrieben der neuen Bundesländer ist der Einsatz traditioneller Räucheranlagen, die vom gegenwärtigen Stand der Technik weit entfernt sind, noch vielfach verbreitet. In diesen Anlagen ist eine Steuerung des Räucherprozesses nicht oder nicht ausreichend möglich.

Daher war es von Interesse, im Rahmen eines Forschungsvorhabens den Einfluß der in den neuen Bundesländern angewandten traditionellen Räucherverfahren auf den Gehalt an Benzo-a-pyren in den geräucherten Fleischerzeugnissen zu untersuchen.

3 Material und Methoden

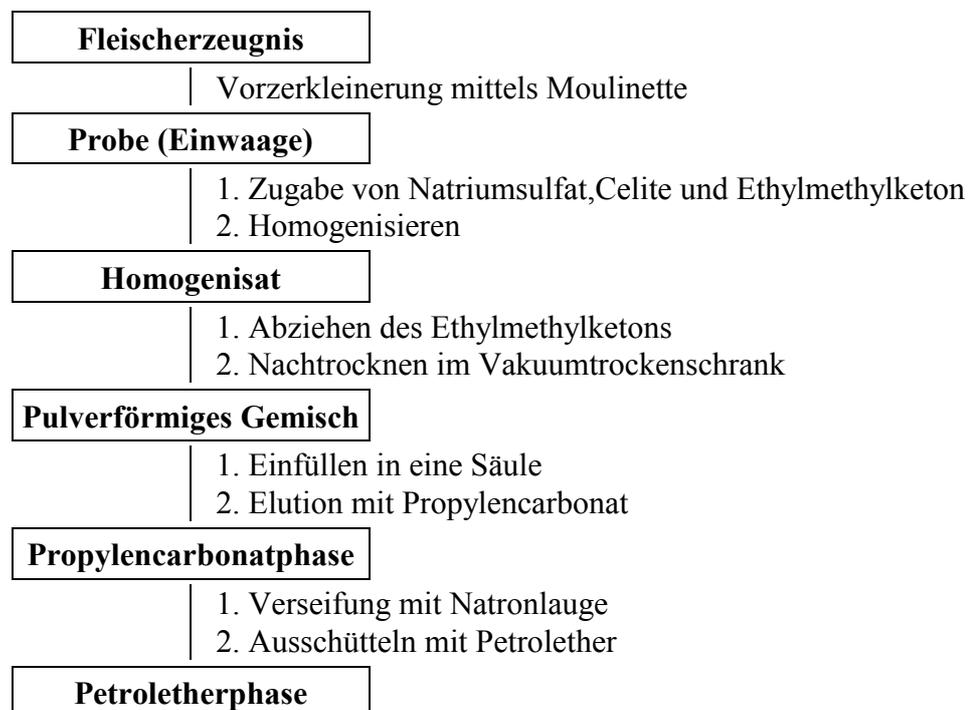
3.1 Probenahme

Aus 124 fleischverarbeitenden Betrieben wurden insgesamt 735 Proben geräucherter Fleischerzeugnisse gezogen. Die Probenahme erfolgte im Einverständnis mit den Herstellern in den Betrieben vor Ort. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, daß eine möglichst breite Palette an Fleischerzeugnissen entnommen wurde. Territorial war die Probenahme auf Industrie- und Handwerksbetriebe der Bundesländer

Sachsen und Thüringen begrenzt. Um regionale Räuchermethoden in die Untersuchungen einfließen zu lassen, wurden Betriebe in möglichst vielen Regionen dieser Bundesländer und hier insbesondere Betriebe, die mit herkömmlichen Räucheranlagen arbeiten, ausgewählt.

3.2 Analytische Methoden

Das Benzo-a-pyren wurde nach einer in der Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach entwickelten Methode bestimmt. In Abb. 1 ist eine Übersicht zur Probenaufbereitung festgehalten. Danach werden die Fleischerzeugnisse mit einer Moulinette vorzerkleinert, wobei darauf zu achten ist, daß die Därme entsprechend den Verzehrgewohnheiten der Verbraucher in die Analytik miteinzubeziehen sind. Die vorzerkleinerte Probe wird mit einer gleichen Menge an Natriumsulfat versetzt. Durch das Natriumsulfat wird das in der Probe vorhandene Wasser gebunden. Dem Gemisch aus Probe und Natriumsulfat werden Celite und Ethylmethylketon zugesetzt und dieses Gemisch homogenisiert. Durch das Ethylmethylketon werden gleichzeitig Fette und Benzo-a-pyren extrahiert. Die störenden Fette werden dann während einer anschließenden Vakuumdestillation im Rotationsverdampfer an das Celite gebunden. Zur vollständigen Entfernung des Ethylmethylketons wird das verbleibende Gemisch im Vakuumtrockenschrank auf etwa 40 °C erhitzt. Anschließend überführt man das Gemisch in eine Chromatographiesäule und überschichtet mit Seesand. Das Benzo-a-pyren wird aus dieser Säule mit Propylencarbonat extrahiert, das dann mit 20 %iger Natronlauge vorsichtig verseift und nach Abkühlung unter fließendem Wasser mehrfach mit leicht siedendem Petrolether extrahiert wird.



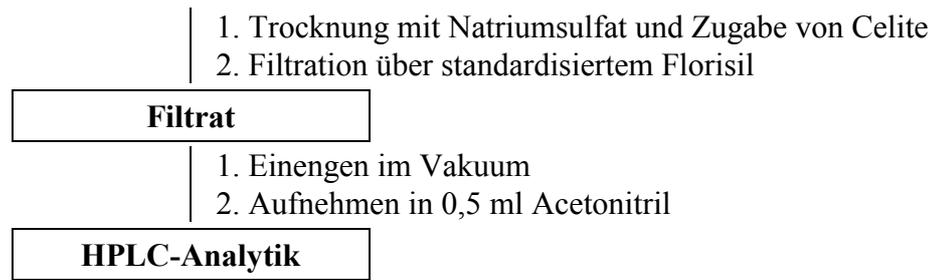


Abb. 1: Probenaufbereitung für die HPLC-Analytik

Die vereinigten Petroletherphasen werden mit Natriumsulfat und Celite behandelt, über eine mit standardisiertem Florisil gefüllte Fritte filtriert und im Vakuum eingengt. Der Rückstand wird in 0,5 ml Acetonitril aufgenommen.

Die quantitative Bestimmung des Benzo-a-pyrens erfolgte mit Hilfe der Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Fluoreszenzdetektion. Die Elution des Benzo-a-pyrens von der HPLC-Säule (Reversed-Phase-Material, VYDAC/PAH) erfolgte isokratisch.

Mit der beschriebenen Bestimmungsmethode und der instrumentellen Analytik konnten Benzo-a-pyrengehalte bis zu 0,03 µg/kg bestimmt werden. Es wurden Wiederfindungsraten zwischen 75 % und 90 % erzielt. Als innerer Standard diente Benzo-b-chrysen.

3.3 Beschreibung der vorgefundenen Räuchertechnologien

In den Handwerksbetrieben der neuen Bundesländer wird zumeist noch in gemauerten Anlagen, die ohne Temperatur- und Klimasteuerung betrieben werden, geräuchert. Die Raucherzeugung erfolgt überwiegend am Boden der Kammern. Damit ist die Entfernung der Feuerstätte zu den untersten Produkten sehr gering. Sie liegt zwischen 50 cm und 1,50 m. Der Rauch und seine Bestandteile gelangen somit ungehindert an die Räucherware.

Außer den gemauerten Räucheranlagen werden auch ältere Anlagen aus Stahl nach ähnlichem Prinzip verwendet. Auch hier sind die der Feuerstelle am nächsten hängenden Produkte nicht weiter als 1 m entfernt.

In diesen traditionellen Räucheranlagen werden sowohl kalt- als auch heißgeräucherte Produkte hergestellt. Die zur Herstellung heißgeräucherter Erzeugnisse, hauptsächlich Brühwürste, erforderlichen hohen Kammertemperaturen von 60 bis 75 °C werden entweder durch Verglühen von Holzscheiten, durch den Einsatz von Gasbrennern oder durch elektrische Beheizung erreicht. Durch die hohen Kammertemperaturen unterliegen die Produkte zugleich einem Garprozeß.

Die Luftzufuhr, die für die Glimmtemperatur der Säge- oder Hackspäne entscheidend ist, wird in diesen Anlagen durch manuelle Betätigung von Luftklappen geregelt. Es ist verständlich, daß diese Art der Regelung der Luftzufuhr in den meisten Fällen sehr grob ist und daher der besonderen Erfahrung eines Fachmannes bedarf.

Zur Raucherzeugung werden überwiegend Harthölzer verwendet, insbesondere Buche. In vielen Metzgereibetrieben werden die Holzspäne angefeuchtet, ohne daß der Feuchtigkeitsgehalt genau bestimmt wird. Auch die Kammertemperatur kann in zahlreichen Betrieben nicht gemessen werden, so daß sowohl die Befeuchtung als auch die Temperaturbestimmung in den Räucherkammern sehr viel Erfahrung und Geschick von den Betreibern der Anlagen erfordern.

In größeren Betrieben werden zumeist Anlagen mit einer teilweisen Klimasteuerung eingesetzt. Das bedeutet, daß in vielen Fällen die relative Luftfeuchtigkeit und die Kammertemperatur zwar meßbar sind, aber nur selten geregelt werden können. Dies gilt insbesondere für Kaltrauchanlagen. Die relative Luftfeuchtigkeit in den Kammern wird durch Besprühen der Fleischerzeugnisse mit Wasser, Befeuchten der Kammerböden oder durch das Einbringen wassergefüllter Gefäße eingestellt.

Normalerweise läßt das Betreiben solcher Anlagen, in denen eine exakte Klimasteuerung nicht möglich ist, ein erhöhtes Auftreten von Fehlprodukten, z. B. Produkte mit Trockenrandbildung, erwarten. Daher ist es um so erstaunlicher, daß unter den entnommenen Produkten kaum Fehlprodukte festgestellt wurden. Dies ist nicht zuletzt ein Beweis dafür, daß die fehlende Regel- und Steuertechnik, die in modernen Anlagen zum Standard gehört, durch das solide Wissen und das Geschick des Fachpersonals ausgeglichen wird. Das trifft ebenso für die Heißrauchanlagen älterer Bauart zu, in denen zwar die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur regelbar sind, aber dennoch gelegentlich Probleme bei der Erzeugung und dem Transport des Räucherrauches auftreten. Bei diesen Räucheranlagen wird der Rauch in separaten Raucherzeugern erzeugt und über Rohrleitungssysteme in die Kammern geführt.

In der Regel wird nach dem Glimmrauchverfahren geräuchert. Nur in einzelnen Fällen, dies trifft ausschließlich für Großunternehmen zu, werden für die Heißräucherung auch Dampfrauchanlagen eingesetzt.

4 Ergebnisse und Diskussion

Im folgenden werden nun die Untersuchungsergebnisse dargestellt, die im Zeitraum vom Dezember 1990 bis März 1993 von der Schlacht- und Verarbeitungs-GmbH Leipzig und anschließend von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Landwirtschaftliche Untersuchungen, in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Fleischforschung, Institut für Chemie und Physik, erzielt wurden. Vorab ist darauf zu verweisen, daß die Ergebnisse keinen Anspruch auf Wiedergabe

eines repräsentativen Durchschnittswertes für den Benzo-a-pyrengehalt in geräucher-ten Fleischerzeugnissen erheben, da fast ausschließlich Proben aus technologisch veralteten Räucheranlagen untersucht wurden.

Aus der Tab. 1 können die Benzo-a-pyrengehalte der untersuchten geräucherten Fleischerzeugnisse entnommen werden. Insgesamt waren 25 Proben mit mehr als 1 µg/kg Benzo-a-pyren kontaminiert. Den größten Anteil daran hatten die Brüh-wursterzeugnisse, die ausschließlich im Heißrauch geräuchert wurden.

Gegenüber dem Kaltrauch ist der Heißrauch häufig durch eine hohe Rauchdichte und eine intensive Partikelphase gekennzeichnet. Dies sind Parameter, die im we-entlichen eine höhere Kontamination der Räucherware begünstigen (FILIPOVIC und TOTH, 1971, TOTH und BLAAS, 1972b, SIMKO et al., 1991). Wie schon erwähnt, handelte es sich bei den meisten Räucherammern um Anlagen, bei denen weder die Luftzufuhr noch die relative Luftfeuchtigkeit in den Kammern automatisch gesteuert wurden. Es ist daher erstaunlich, daß aus der Vielzahl der untersuchten Proben nur wenige eine Überschreitung des Grenzwertes für Benzo-a-pyren von 1 µg/kg aufwiesen.

Der im Vergleich zu den anderen Produktgruppen höhere durchschnittliche Benzo-a-pyrengehalt der Brühwürste resultiert nicht zuletzt auch aus dem ungünstigen Verhältnis ihrer Oberfläche zum Gesamtvolumen. Diese Erzeugnisse, meist Wiener und Bockwürste, besitzen eine relativ große Oberfläche bei kleinem Volumen, wo-durch die zum überwiegenden Teil auf der Oberfläche abgelagerte Benzo-a-pyren-menge den auf das Gesamtgewicht bezogenen Wert für Benzo-a-pyren wesentlich ungünstiger als bei großkalibrigen Würsten beeinflusst (TOTH, 1971, POTTHAST, 1975 und 1980).

Bei den Rohwurstzeugnissen lagen 6 Proben nur geringfügig über dem Grenzwert von 1 µg/kg. Auch hier waren fast ausschließlich dünnkalibrige Erzeugnisse (Knacker und Knackwurst) höher mit Benzo-a-pyren kontaminiert als Produkte mit größerem Kaliber.

Der höchste Benzo-a-pyrengehalt wurde mit 5,4 µg/kg in einem Kaßlererzeugnis ge-funden. Unter den 3 Proben geräucherter Roh- und Kochpökelwaren, die mehr als die zulässige Menge an Benzo-a-pyren enthielten, waren zwei Kaßlererzeugnisse. Diese Produktgruppe wird zumeist heißgeräuchert.

Nur in Kochwürsten wurden Benzo-a-pyrengehalte ermittelt, die alle unter dem Grenzwert lagen.

Wie aus Tab. 2 zu entnehmen ist, wurden nur bei 3 Proben mehr als 2 µg/kg Benzo-a-pyren nachgewiesen. Der größte Teil der Grenzwertüberschreitungen (19 Proben) lag zwischen 1 und 1,5 µg/kg.

Tab. 1: Benzo-a-pyrengehalt in geräucherten Fleischerzeugnissen

| Fleischerzeugnisse | n | Min.-Max. [µg/kg] | Mittelwert [µg/kg] | Median [µg/kg] | n > 1 µg/kg |
|--------------------------|-----|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------|
| Brühwürste | 170 | < 0,03-2,80 | 0,39 | 0,21 | 16 |
| Kochwürste | 149 | < 0,03-0,79 | 0,19 | 0,16 | 0 |
| Rohwürste | 262 | < 0,03-1,18 | 0,22 | 0,16 | 6 |
| Roh- und Kochpökelfwaren | 154 | < 0,03-5,43 | 0,22 | 0,14 | 3 |
| Gesamt | 735 | < 0,03-5,43 | 0,25 | 0,17 | 25 |

n Anzahl der untersuchten Proben

n > 1 µg/kg Proben mit mehr als 1 µg/kg Benzo-a-pyren

Tab. 2: Benzo-a-pyrengehalt in geräucherten Fleischerzeugnissen, geordnet nach Konzentrationsbereichen

| Fleischerzeugnis | n | n < 0,1 µg/kg | n < 0,3 µg/kg | n < 0,5 µg/kg | n < 1,0 µg/kg | n < 2,0 µg/kg | n < 3,0 µg/kg | n < 6,0 µg/kg |
|-------------------------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Brühwürste | 170 | 27 (15,9) | 105 (61,8) | 128 (75,3) | 154 (90,6) | 168 (98,8) | 170 (100,0) | - |
| Kochwürste | 149 | 33 (22,1) | 127 (85,2) | 143 (96,0) | 149 (100,0) | - | - | - |
| Rohwürste | 262 | 64 (24,4) | 210 (80,2) | 243 (92,7) | 256 (97,7) | 262 (100,0) | - | - |
| Roh- und Kochpökelfware | 154 | 49 (31,8) | 130 (84,4) | 147 (95,5) | 151 (98,1) | 153 (99,4) | 153 (99,4) | 154 (100,0) |
| Gesamt | 735 | 173 (23,5) | 572 (77,8) | 661 (89,9) | 710 (96,6) | 732 (99,6) | 734 (99,9) | 735 (100,0) |

Werte in Klammern geben den prozentualen Anteil des Prüfgebietes am Anteil der untersuchten Prüfglieder an.

n Anzahl der untersuchten Proben

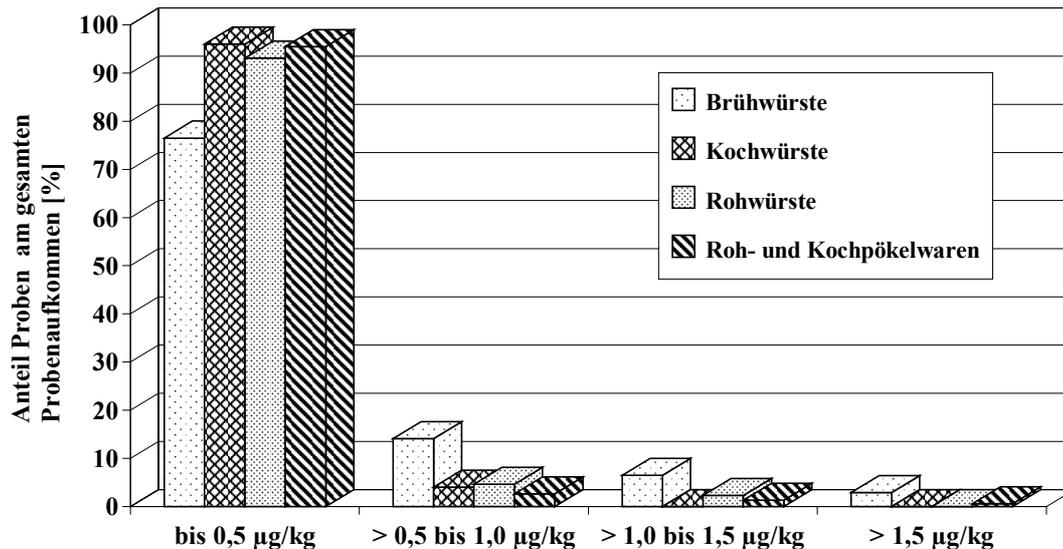


Abb. 2: Verteilung der Benzo-a-pyrenegehalte der untersuchten Proben

In der Abb. 2 ist die Verteilung der Benzo-a-pyrenegehalte der untersuchten Proben nach Konzentrationsbereichen graphisch dargestellt. Es wird sichtbar, daß der überwiegende Teil der Proben weniger als 0,5 µg/kg Benzo-a-pyren enthielt. Weiterhin ist in dieser Übersicht die von den anderen Fleischerzeugnissen abweichende Verteilung bei den Brühwürsten, wie sie in der Tab. 2 bereits festgehalten ist, deutlich erkennbar. Enthalten von den Brühwürsten nur ca. 76 % der untersuchten Produkte Benzo-a-pyrenegehalte von bis zu 0,5 µg/kg, so sind es von den anderen Produktgruppen deutlich über 90 %.

4.1 Brühwurstzeugnisse

In der Tab. 3 sind die am häufigsten untersuchten Brühwurstzeugnisse zusammengestellt. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß in den kleinkalibrigen Produkten (Wiener und Bockwürste) deutlich höhere Gehalte an Benzo-a-pyren vorkommen.

Die um fast 3 cm dickeren Kochsalami- und Jagdwürste liegen im Mittel um mehr als die Hälfte unter dem Benzo-a-pyrenegehalt der Wiener und Bockwürste. Grenzwertüberschreitungen wurden nur bei dünnkalibrigen Produkten ermittelt. Der Einfluß des Kalibers auf den Benzo-a-pyrenegehalt ist bereits diskutiert worden. Man sollte allerdings bei dieser Betrachtung die anderen Einflußfaktoren, wie Räucherzeit, Glimmtemperatur, Abstand der Feuerstätte zum geräucherten Fleischerzeugnis, nicht ganz unberücksichtigt lassen.

Tab. 3: Benzo-a-pyrengehalt von ausgewählten Brühwurstherzeugnissen

| Brühwurstherzeugnisse | n | mittl. Kamber [cm] | Min.-Max. [µg/kg] | Mittelwert [µg/kg] | Median [µg/kg] | n > 1 µg/kg |
|-----------------------|----|-----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| Wiener | 79 | 2,0 | 0,04-2,80 | 0,45 | 0,21 | 11 |
| Bockwurst | 65 | 3,0 | < 0,03-1,77 | 0,38 | 0,25 | 5 |
| Kochsalami | 15 | 5,7 | 0,04-0,90 | 0,21 | 0,15 | - |
| Jagdwurst | 7 | 5,8 | < 0,03-0,35 | 0,15 | 0,14 | - |

n Anzahl der untersuchten Proben

n > 1 µg/kg Proben mit mehr als 1 µg/kg Benzo-a-pyren

Da sich unter den Proben mit Grenzwertüberschreitungen auch Produkte befanden, die weniger als 30 min im Rauch hingen und die über 2,5 m von der Feuerstätte (separater Raucherzeuger) entfernt waren, kann man davon ausgehen, daß der entscheidende Faktor für die teilweise zu hohe Kontamination im wesentlichen die Raucherzeugung und damit die Zusammensetzung des Räucherrauches ist. Wie bereits erwähnt, ist die Zusammensetzung des Räucherrauches abhängig von der Glimmtemperatur, die in den meisten Anlagen, aus denen die untersuchten Produkte stammen, durch manuelle Betätigung von Luftklappen oder durch Befeuchten der Holzspäne geregelt wurde. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen kann gefolgert werden, daß die Benzo-a-pyrengehalte der Erzeugnisse innerhalb eines Betriebes zumeist in einem engen Bereich liegen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß in vier Betrieben sowohl die Wiener als auch die Bockwurst mit mehr als 1 µg/kg Benzo-a-pyren kontaminiert waren.

4.2 Kochwurstherzeugnisse

Bei den Kochwürsten wurden überwiegend Blutwürste (z.B. Blutwurst, Hausmacher Blutwurst, Fleischblutwurst) und Leberwürste (z.B. Hausmacher Leberwurst, Kalbs-, Gutsleberwurst) untersucht. In Tab. 4 sind die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammengestellt.

Die niedrigen Werte für Benzo-a-pyren resultieren u. a. aus den relativ kurzen Räucherzeiten von 1 bis 10 h im Kaltrauch. Einige Erzeugnisse wurden auch über 10 bis zu 48 h mit sehr dünnem Rauch geräuchert. Ihre Benzo-a-pyrenkontaminationen lagen im Bereich höherer Werte, aber dennoch deutlich unter dem Grenzwert.

Tab. 4: Benzo-a-pyrengehalt ausgewählter Kochwürste

| Bezeichnung | n | mittl. Kaliber [cm] | Min.-Max. [µg/kg] | Mittelwert [µg/kg] | Median [µg/kg] |
|-------------|----|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| Blutwürste | 67 | 4,9 | < 0,03-0,62 | 0,18 | 0,15 |
| Leberwürste | 73 | 4,2 | < 0,03-0,79 | 0,20 | 0,16 |

n Anzahl der untersuchten Proben

4.3 Rohwurstzeugnisse

Die Kontamination der Rohwurstzeugnisse mit Benzo-a-pyren war im Mittel nur geringfügig höher als bei den Kochwürsten. Betrachtet man einzelne Produkte dieser Gruppe (Tab. 5), so können bezüglich der Mittelwerte keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Auffällig ist der um ca. 0,1 µg/kg niedrigere Mittelwert für die Braunschweiger. Hier hat sicherlich die Hülle (Darm) einen Einfluß, da man davon ausgehen kann, daß die verwendeten Kunstdärme auf Cellulose- oder Kunststoffbasis einen höheren Rückhalteeffekt für Benzo-a-pyren zeigen (FILIPOVIC und TOTH, 1971, POTTHAST, 1975 und 1978). Dadurch gelangen nur geringe Mengen Benzo-a-pyren in das Brät. Die auf der Darmoberfläche abgelagerten Verbindungen werden mit dem Entfernen des Darmes verworfen. Dies sollte auch für solche Produkte wie Salami und Zervelatwurst gelten. Wie aber Tab. 5 zeigt, liegen die Mittelwerte beider Produktreihen nur gering unter dem der anderen Erzeugnisse. Eine Ursache dafür ist die Verwendung bestimmter Hautfaserdärme, deren Durchlässigkeit für Benzo-a-pyren relativ hoch sein kann (FILIPOVIC und TOTH, 1971).

Tab. 5: Benzo-a-pyrengehalt in ausgewählten Rohwurstzeugnissen

| Rohwurstzeugnissen | n | mittl. Kaliber [cm] | Min.-Max. [µg/kg] | Mittelwert [µg/kg] | Median [µg/kg] | n > 1 µg/kg |
|-----------------------------|----|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| Knacker | 82 | 2,9 | < 0,03-1,18 | 0,23 | 0,16 | 4 |
| Knackwurst | 38 | 3,6 | < 0,03-1,13 | 0,21 | 0,16 | 1 |
| Salami | 32 | 4,8 | < 0,03-0,83 | 0,19 | 0,15 | - |
| Braunschweiger | 24 | 3,9 | < 0,03-0,49 | 0,13 | 0,11 | - |
| Appetiter, Pfefferbeißer | 20 | 1,9 | < 0,03-0,72 | 0,24 | 0,17 | - |
| Mettwurst | 14 | 3,8 | 0,03-0,38 | 0,22 | 0,27 | - |

| | | | | | | |
|-----------------------|----|-----|-----------|------|------|---|
| Bratwurst | 11 | 3,8 | 0,10-0,84 | 0,28 | 0,20 | - |
| Rohpolnische | 10 | 3,1 | 0,07-0,28 | 0,16 | 0,14 | - |
| Zerelatwurst | 10 | 5,5 | 0,03-0,73 | 0,19 | 0,12 | - |
| Knoblauch- rohurst | 7 | 3,5 | 0,05-0,47 | 0,27 | 0,29 | - |
| Schlackwurst | 3 | 4,8 | 0,17-1,05 | 0,47 | 0,18 | 1 |

n Anzahl der untersuchten Proben
n > 1 µg/kg Proben mit mehr als 1 µg/kg Benzo-a-pyren

Die wenigen Überschreitungen des Grenzwertes für Benzo-a-pyren wurden fast ausschließlich bei kleinkalibrigen Rohwürsten (Knacker, Knackwurst) ermittelt. In Analogie zu den Brühwürsten wirken sich die verhältnismäßig kleinen Kaliber ungünstig auf den Benzo-a-pyrengehalt aus.

4.4 Roh- und Kochpökelwaren

In dieser Produktgruppe waren die Kaßlerprodukte am höchsten mit Benzo-a-pyren belastet. Der mittlere Benzo-a-pyrengehalt dieser Erzeugnisse lag mit 0,48 µg/kg deutlich über dem der anderen Erzeugnisse (Tab. 6). Unter den 3 Proben mit Grenzwertüberschreitung befanden sich 2 Kaßlererzeugnisse, darunter eine Probe mit 5,43 µg/kg. Im Rahmen unserer Untersuchungen war dies der höchste Wert für Benzo-a-pyren.

Die Kaßlererzeugnisse wurden überwiegend im Heißrauch geräuchert, wobei Räucherzeiten von 30 min bis 6 h üblich waren. Das Produkt mit 5,43 µg/kg Benzo-a-pyren hing dagegen 10 h im Heißrauch einer gemauerten Anlage. Da in diesem Fall ein Anfeuchten der Späne und eine Temperaturmessung in der Kammer nicht erfolgten, dürfte der hohe Benzo-a-pyrengehalt ganz offensichtlich der unkontrollierten Räucherung zuzuschreiben sein. In den heißgeräucherten Brühwürsten aus der gleichen Anlage wurden ebenfalls relativ hohe Werte für Benzo-a-pyren, jedoch ohne Überschreitung des Grenzwertes von 1 µg/kg, festgestellt.

In der Regel wurden die anderen Roh- und Kochpökelwaren zwischen 2 und 48 h im Kaltrauch geräuchert. Bei den Nußschinken verursachte vermutlich das ungünstige Verhältnis von großer Oberfläche zu kleinem Gesamtgewicht die etwas höheren Benzo-a-pyrengehalte.

Tab. 6: Benzo-a-pyrengehalte von ausgewählten Roh- und Kochpökelwaren

| Bezeichnung | n | Min.-Max. [µg/kg] | Mittelwert [µg/kg] | Median [µg/kg] | n > 1 µg/kg |
|-------------------|----|----------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| Schinkenspeck | 54 | < 0,03-0,80 | 0,14 | 0,11 | - |
| Lachsschinken | 30 | < 0,03-0,32 | 0,13 | 0,11 | - |
| Kaßlererzeugnisse | 25 | < 0,03-5,43 | 0,48 | 0,22 | 2 |
| Speck | 14 | 0,05-0,88 | 0,21 | 0,14 | - |
| Nußschinken | 8 | 0,05-1,39 | 0,29 | 0,12 | 1 |
| Rohher Schinken | 8 | 0,03-0,29 | 0,14 | 0,13 | - |
| Kochschinken | 4 | 0,05-0,14 | 0,10 | 0,11 | - |

n Anzahl der untersuchten Proben

n > 1 µg/kg Proben mit mehr als 1 µg/kg Benzo-a-pyren

5 Schlußfolgerungen

Im allgemeinen kann aus den erzielten Ergebnissen geschlußfolgert werden, daß die Betreiber von technologisch veralteten Räucheranlagen in den neuen Bundesländern durchaus in der Lage sind, Fleischerzeugnisse so herzustellen, daß der in der Fleisch-Verordnung für geräucherte Fleischerzeugnisse festgelegte Grenzwert von 1 µg/kg nicht überschritten wird.

Um die Kontamination der Räucherware bei Anwendung der veralteten Räucher-technologien möglichst gering zu halten, sollte man auf folgendes achten:

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- die Glimmtemperatur niedrig halten (Drosselung der Luftzufuhr, Anfeuchten der Holzspäne)

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- eine starke Rußbildung vermeiden (Harthölzer bevorzugt einsetzen)

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.- angemessene Räucherzeiten einhalten (nur bis zur Ausprägung der gewünschten Raucheffekte räuchern)

6 Literaturverzeichnis

CORETTI, K., 1975: Räuchern und Aufbewahren von rohem Pökelfleisch. Rohwurst und Rohfleischwaren, II. Teil: Rohfleischwaren. Fleischwirtschaft 55(11):1504-1510

FILIPOVIC, J., TOTH, L., 1971: Polycyclische Kohlenwasserstoffe in geräucherten jugoslawischen Fleischwaren. Fleischwirtschaft 51(9):1323-1325

- FLEISCH-VERORDNUNG, 1982: Verordnung über Fleisch und Fleischerzeugnisse (Fleisch-Verordnung). Schriftenreihe des Deutschen Fleischer-Verbandes, Heft 3. Allgemeine Fleischer Zeitung, Frankfurt am Main
- FRITZ W., SOOS, K., 1977: Untersuchungen zum Gehalt krebserzeugender Kohlenwasserstoffe in Räucherwaren der DDR und Ungarischen VR. Die Nahrung 21(10):951-959
- POTTHAST, K., 1975: Probleme beim Räuchern von Fleisch und Fleischerzeugnissen. Fleischwirtschaft 55(11):1492-1496
- POTTHAST, K., 1978: Verfahren des Räucherns und ihr Einfluß auf den Gehalt an 3,4-Benzopyren und anderen Inhaltsstoffen des Räucherrauches in geräucherten Fleischerzeugnissen. Fleischwirtschaft 58(3):340-348
- POTTHAST, K., 1980: Neuere Ergebnisse über den Benzo-a-pyrenegehalt von Fleischerzeugnissen. Fleischwirtschaft 60(11):1941-1949
- SIMKO, P., GOMBITA, M., KAROVICOVÁ, J., 1991: Determination and occurrence of benzo[a]pyren in smoked meat products. Die Nahrung 35(1):103-104
- TOTH, L., 1971: Polycyclische Kohlenwasserstoffe in geräucherten Schinken und Bauchspeck. Fleischwirtschaft 51(7):1069-1070
- TOTH, L., 1980: Einfluß der Räuchertechnologie auf die Phenole des Rauches. Fleischwirtschaft 60(8):1472-1477
- TOTH, L., 1981: Einfluß der Räuchertechnologie auf Rauchbestandteile in Fleischerzeugnissen. Kulmbacher Reihe der Bundesanstalt für Fleischforschung, Band 2: Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. S. 119-132
- TOTH, L., BLAAS, W., 1972a: Einfluß der Räuchertechnologie auf den Gehalt von geräucherten Fleischwaren an cancerogenen Kohlenwasserstoffen, I. Mitteilung: Einfluß verschiedener Räucherverfahren. Fleischwirtschaft 52(9):1121-1124
- TOTH, L., BLAAS, W., 1972b: Einfluß der Räuchertechnologie auf den Gehalt von geräucherten Fleischwaren an cancerogenen Kohlenwasserstoffen, II. Mitteilung: Einfluß der Glimmtemperatur des Holzes sowie der Kühlung, Wäsche und Filtration des Räucherrauches. Fleischwirtschaft 52(11):1419-1422
- WIRTH, F., MÜLLER, W.-D., STIEBING, A., 1987: Zur Klimaführung und Räuchertechnik bei der Fleischwarenherstellung. 45. Diskussionstagung des Forschungskreises der Ernährungsindustrie e.V. am 24. und 25. März 1987 in München. S. 47-78

Die Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden vom Bundeswirtschaftsministerium und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. gefördert. Untersuchungsergebnisse zum Forschungsvorhaben wurden auf dem 105. VDLUFA-Kongreß in Hamburg 1993 vorgetragen und in der Fleischwirtschaft 74(5):543-546 veröffentlicht.

Verfasser:

Dr. K. Westphal, G. Übermuth, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Fachbereich Landwirtschaftliche Untersuchungen, Gustav-Kühn-Straße 8, 04159
Leipzig und Dr. K. Potthast, Bundesanstalt für Fleischforschung, Institut für Chemie
und Physik, E.-C. Baumann-Straße 20, 95326 Kulmbach