BEITRÄGE ZUM SORTEN- UND VERSUCHSWESEN UND ZUR BIO-STATISTIK

INTERNETVERSION

Inhalt:

VERSUCHSWESEN 1

DAS LANDWIRTSCHAFTLICHE VERSUCHS- UND SORTENWESEN UNTER AKTUELLEN AGRARPOLITISCHEN RAHMENBEDINGUNGEN 1
FELDVERSUCHE DER LFA IN UMFANG, AUSRICHTUNG UND PRÄZISION 7
50 JAHRE VERSUCHSSTATION TÜTZPATZ - EIN RÜCKBLICK ZUR ENTWICKLUNG DES SORTENPRÜFWESENS IN MECKLENBURG-VORPOMMERN 15

REGIONALES SORTENWESEN 22

DIE ROLLE DES ZÜCHTUNGSFORTSCHRITTES UND DES ÖFFENTLICHEN SORTENVERSUCHSWESENS FÜR GESELLSCHAFT UND LANDWIRTSCHAFT 22
BODEN-KLIMA-RÄUME UND ANBAUGEBIETE ALS BASIS DES REGIONALISIERTEN SORTENWESENS IN DEUTSCHLAND 24
DAS INFORMATIONSANGEBOT DER LFA ZUR UNTERSTÜTZUNG BEI DER SORTENWAHL IN DER LAND- UND SAATGUTWIRTSCHAFT 31
SORTENWAHL IN DER PRAXIS – EINE KOMPLEXE ABWÄGUNG. WELCHEN ANTEIL HAT DIE RESISTENZ? 37

BIOENERGIE AUS DER LANDWIRTSCHAFT EINE NEUE HERAUSFORDERUNG AN DAS REGIONALE SORTENWESEN 41

I. ZUR SORTENFRAGE SCHNELLWACHSENDER BAUMARTEN IM KURZUMTRIEB 41
II. SILOMAIS BZW. ENERGIEMAIS FÜR BIOGASANLAGEN 47
III. GETREIDE FÜR DIE ETHANOLPRODUKTION 53

BIOSTATISTIK 59

KONZIPIERUNG, ENTWICKLUNG UND EINFÜHRUNG VON PIAF 59
GÜLZOWER PIAFSTAT-VERFAHREN – STANDARD DER VERSUCHSAUSWERTUNG IN DEUTSCHLAND 61
DIE HOHENHEIM-GÜLZOWER-SERIENAUSWERTUNG ALS BUNDESWEITES BASISVERFAHREN IM REGIONALISIERTEN SORTENWESEN 72
VON DEN URDATEN BIS ZUR BERICHTERSTELLUNG – SCHNELL, PRÄZISE, SACHLICH GERECHT 83
VERSUCHSAUSWERTUNG MIT METHODEN DER GEOINFORMATIK UND GEOSTATISTIK – EINE NEUAUSRICHTUNG IM LANDWIRTSCHAFTLICHEN VERSUCHSWESEN 88
PRODUKTIONSFUNKTIONEN UND N-BILANZEN BEI WINTERWEIZEN 94
NEUE MÖGLICHKEITEN IN DER KOMPLEXEN SEKUNDÄRAUSWERTUNG VON ERHEBUNGEN AM BEISPIEL DER BESONDEREN ERNTEERMITTLUNG 102

Versuchswesen

Das landwirtschaftliche Versuchs- und Sortenwesen unter aktuellen agrarpolitischen Rahmenbedingungen

Christian Gienapp, Volker Michel

Der Zuchtfortschritt und ein leistungsstarkes Versuchswesen sind wesentliche Innovationsquellen für eine nachhaltige, wettbewerbsfähige Landwirtschaft. Die Einführung ertragreicher, gesunder und qualitativ hochwertiger Sorten in die landwirtschaftliche Praxis und ihre standortspezifische Bewirtschaftung sind aus ökologischer und ökonomischer Sicht Grundanliegen des landwirtschaftlichen Versuchswesens.
Landwirtschaftliche Betriebe als mittelständische Unternehmen oder gar als Familienbetriebe sind nicht in der Lage, Forschung und Entwicklung zu betreiben. Aufgabe einer wettbewerbsneutralen Forschung und Beratung ist es, die Landwirte im Einklang mit den agrarpolitischen Zielstellungen bei ihrer Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Die Sortenprüfung und das landwirtschaftliche Versuchswesen sind dafür ein wichtiges Handwerkszeug. Das Versuchswesen arbeitet im öffentlichen Interesse und ist bei einer entsprechenden Ausrüstung in der Lage, alle praxisrelevanten Fragestellungen zu bearbeiten.
Die Vorzüge eines öffentlichen Versuchswesens liegen einerseits in der Anlage von Exaktversuchen. Die gesellschaftlichen Fragen zur Produktion, zum Boden-, Umwelt- und Verbraucherschutz können nur über den Exaktversuch beantwortet werden, der die eindeutige Zuordnung von Ursache und Wirkung sicherstellt.

Andererseits liegen die Vorteile, die besonders im öffentlichen Feldversuchswesen zum Tragen kommen, in der Neutralität der Versuchsansteller. Die Unabhängigkeit des Versuchsanstellers gegenüber konkurrierenden Anbietern von Produktionsmitteln und Produktionsmethoden ist eine wichtige Voraussetzung für die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse beim Landwirt und in der Öffentlichkeit. Unstrittig sollte es sein, dass gerade wegen der unternehmerischen Einschränkung des Landwirtes durch gesetzliche Regelungen und agrarpolitische Rahmenbedingungen ein neutrales Versuchswesen erforderlich ist, das objektive Antworten auf Fragen und Forderungen der Interessenvertreter zu geben vermag. Ein Interessenausgleich zwischen Landwirt und Gesellschaft gelingt am besten über ein öffentliches, neutrales Versuchswesen.
Dafür sprechen:

- das Versuchswesen ist ein Mittel zur Selbsthilfe für die gesamte Landwirtschaft, für die Administration und für den Verbraucher;
- die Ergebnisse des Versuchswesens sind agrarstrukturell wertneutral, d. h. alle Ergebnisse und Erkenntnisse stehen allen Betrieben zur Verfügung und können zur Einkommenssicherung und Einkommensverbesserung herangezogen werden;
- das öffentliche Versuchswesen ist ein außerordentlich kostengünstiges und effizientes Mittel zur Förderung der Landwirtschaft.

Um die Kosten für das öffentliche Versuchswesen zu minimieren, ist es ratsam, die Betreiber des Feldversuchswesens auf Landesebene zusammenzuschließen. In Mecklenburg-Vorpommern kooperieren die Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock, der Pflanzenschutzdienst und die Landesforschungsanstalt in einem „Landesversuchswesen MV“ (Abb. 1).

Bei Nutzung von Synergieeffekten im Bereich der Personalkapazität, der technischen Ausrüstung und der Versuchsauswertung bringt solch ein Zusammengehen Vorteile. Die Bündelung der Fachkompetenz und die Spezialisierung der Partner sowie die gemeinsame Nutzung von Versuchen führen schließlich zur Erhöhung der Effizienz und der Qualität der Versuche. Die Landesforschungsanstalt bringt dabei den größten Anteil an fachlicher Kompetenz mit drei stationären Versuchsstationen und dem Sachgebiet Biostatistik und Sortenwesen ein.

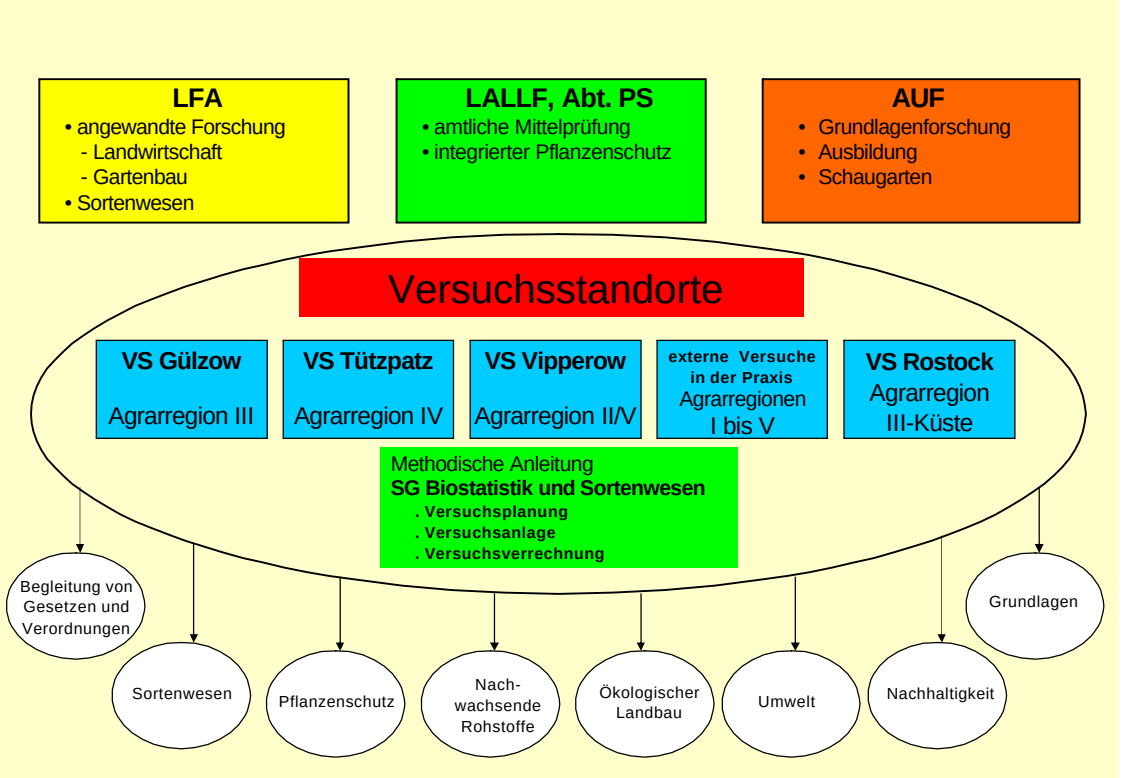


Abb. 1: Landesversuchswesen Mecklenburg-Vorpommern

Die Vernetzung des Versuchs- und Sortenprüfwesens ist auch auf Bundesebene gefordert. Im Beschluss der Agrarministerkonferenz vom 7. Oktober 2004 ist die Neuordnung des Sortenversuchswesens beschlossen. Ziel ist, ein kosteneffizientes und durchgängiges Sortenprüfwesen zwischen den Länderdienststellen, dem Bundessortenamt und dem Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter aufzubauen. Diese Zielstellung erfordert ein grundsätzliches Umdenken aller an der Sortenprüfung beteiligten Einrichtungen wie dem Bundessortenamt, dem Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter mit den kulturartenspezifischen Arbeitsgruppen (UFOP, DMK u.a.) und auch der Länderdienststellen, vertreten durch die Arbeitsgruppe des VLK „Koordinierung im Versuchswesen“.

Dazu gehören:

1. Die regionalen Prüfungen werden künftig länderübergreifend organisiert und ausgewertet. Die Sorteneignung wird nicht durch politische Grenzen, sondern durch Anbaugebiete mit weitgehend einheitlichen Boden- und Klimabedingungen bestimmt. Grundlage ist die Einteilung Deutschlands in Boden-Kima-Räume und Anbaugebiete (siehe ROßBERG, MICHEL, GRAF, NEUENKAMPF in diesem Mitteilungsheft).

   Über neue biometrische Verfahren, die so genannte „Hohenheimer-Gülzower-Methode“, können zukünftig regionale Auswertungen vorgenommen werden.

2. Die schnellere Nutzung des Zuchtfortschrittes setzt eine frühest mögliche amtliche Sortenempfehlung voraus. Die Einbeziehung von Ergebnissen der Wertprüfung des BSA, der EU-Prüfung und des BSV in die regionale Auswertung führt zu früheren, verlässlichen Empfehlungen für die Praxis. Das bedeutet aber auch, dass die Länderdienststellen ihren Datenpool grundlegend erweitern.

3. Die integrierte Auswertung sowohl für Wertprüfungen und Landessortenversuche als auch zwischen den Anbauregionen erfordert eine vollständige Harmonisierung der Prüfungsrichtlinien. Das geht bis zu den Intensitätsstufen und bedeutet eine intensive Abstimmung zwischen den Versuchsanstellern.

Um dieses zu erreichen, wird zwischen den Partnern eine Vereinbarung zwischen Bund, Ländern und BDP geschlossen werden, die die zukünftige Zusammenarbeit und Abstimmung re-

gelt. Ziel dieser Vereinbarung ist, die Wertprüfungen des BSA (amtliches Zulassungsverfahren), die Landessortenversuche der Länderdienststellen (Beratungsauftrag) und die von der Pflanzenzüchtergemeinschaft getragenen Sortenversuche organisatorisch und inhaltlich zu verzahnen, zu optimieren und finanziell abzusichern (Anlage 1 und 2).

Dazu wird ein länderübergreifendes Versuchswesen vereinbart, das mit hoher Effizienz regionale Sortenempfehlungen ermöglicht und das Versuchswesen für die Zukunft nachhaltig sichert (Abb. 2).

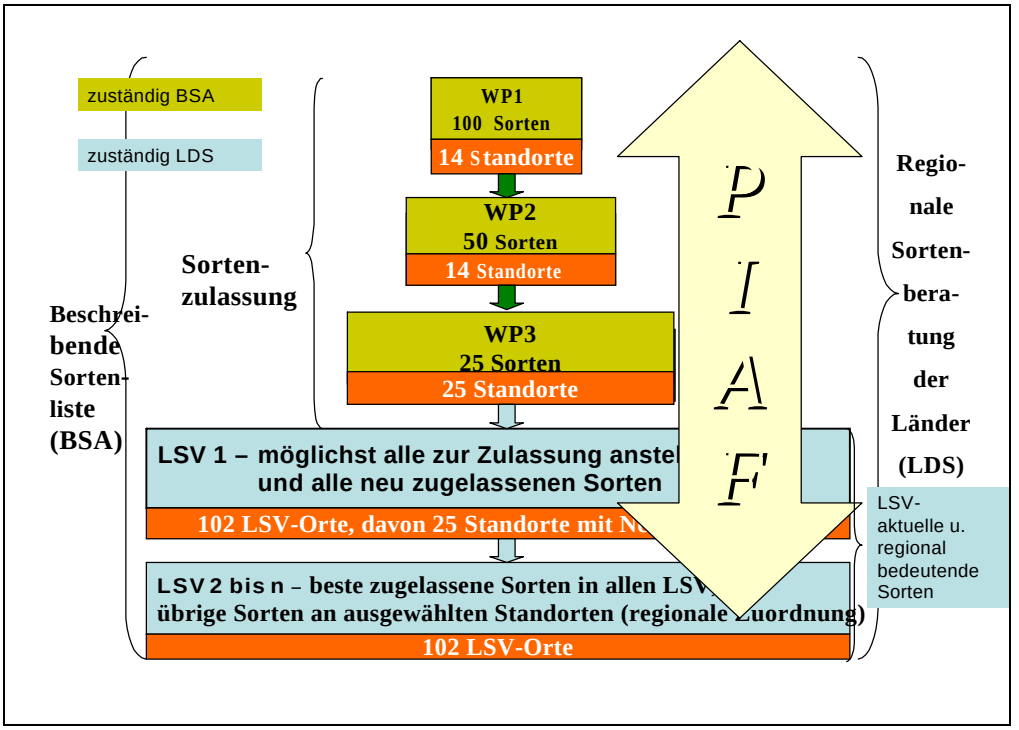


Abb. 2: Neustrukturierung des Sortenprüfwesens am Beispiel Winterweizen

Neben der Kooperation zwischen den Versuchsanstellern ist es zum Erhalt des öffentlichen Versuchswesens notwendig, dass auch alle Nutzer der Versuchsergebnisse in der Verantwortung stehen. Der Staat wird sich auch zukünftig nur auf Kernaufgaben festlegen. Landessortenversuche werden von den Länderdienststellen entsprechend ihrem Auftrag kostenfrei ins Feld gestellt. Alle zusätzlichen Leistungen müssen bezahlt werden. Das gilt für alle agrotechnischen Prüfungen mit der Industrie, Sortenprüfungen für die Pflanzenzüchtung u.a. Dabei ist von allen Versuchsanstellern anzustreben, etablierte Versuchsstandorte zu nutzen. Das würde einerseits die Versuchsstandorte stärken und andererseits zu einer höheren Versuchsgenauigkeit und besserem Transfer der Ergebnisse führen.

Das Versuchswesen ist im öffentlichen Interesse. Die gesellschaftlichen Anforderungen zu Fragen des Umwelt- und Verbraucherschutzes, aber auch der Produktion von Bioenergiepflanzen sprechen dafür und können nur durch ein standortspezifisches Versuchswesen geklärt werden. Die finanziellen Aufwendungen des Landes MV für das Versuchswesen von ca. 25 Cent/ha LN ausgegebene Prüfungskosten sind ein außerordentlich kostengünstiges Förderinstrument für die Landwirtschaft. Damit wird das Versuchswesen ein hocheffizientes Mittel der Agrarpolitik und zur Verbesserung und Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit unserer Betriebe.

In der Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern sind gute Voraussetzungen geschaffen, ein öffentliches, unabhängiges Exakt-Feldversuchswesen zu betreiben. Es dient als Dienstleistung für die landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Unternehmen und als Mittel für die Erarbeitung von Prognosen für politische und administrative Entscheidungen.

Anlage 1:

Vereinbarung zwischen Bund, Ländern und Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V.
zur Absicherung und Weiterentwicklung des Sortenversuchswesens in Deutschland

Die Bundesregierung, vertreten durch das Bundessortenamt,

die Bundesländer, vertreten durch die Länderdienststellen und die Landwirtschaftskammern,

und der Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V.

schließen auf Grundlage des gemeinsamen Beschlusses der Agrarministerkonferenz vom 07. Oktober 2004, der sich für die Erhaltung und Weiterentwicklung eines kosteneffizienten und durchgängigen Sortenprüfsystems ausspricht, folgende Vereinbarung:

Präambel

Der Züchtungsfortschritt ist eine wesentliche Innovationsquelle für eine nachhaltige Landwirtschaft. Neue leistungsfähigere, gesündere und qualitativ hochwertigere Sorten bedürfen der schnellen Einführung in die landwirtschaftliche Praxis. Aufgabe einer wettbewerbsneutralen Beratung ist, die Landwirte bei dieser Entscheidungsfindung zu unterstützen. Hierzu ist ein standortangepasstes und auf die Praxisbelange ausgerichtetes Sortenprüfwesen erforderlich.

Sortenprüfungen erfolgen im öffentlichen Interesse. Eine umweltgerechte Landbewirtschaftung erfordert Sorten mit ausgeprägten Resistenzeigenschaften gegen Krankheiten und Schädlinge. Außerdem profitiert der Verbraucher von verbesserten Qualitätseigenschaften der Sorten.

Das öffentliche Sortenprüfwesen basiert auf den Wertprüfungen des Bundessortenamtes (amtliches Zulassungsverfahren) und den Landessortenversuchen der Länderdienststellen (Beratungsauftrag). Ergänzend werden auch von der Pflanzenzüchtungswirtschaft getragene Sortenversuche herangezogen.

Ziel der Vereinbarung ist, die genannten Prüfsysteme in Deutschland organisatorisch und inhaltlich zu verzahnen, zu optimieren und finanziell abzusichern.

Dazu wird ein länderübergreifendes Versuchswesen vereinbart, das mit hoher Effizienz regionale Sortenempfehlungen erlaubt. Damit sollen die Sortenprüfungen als wichtige Beratungsgrundlage für die landwirtschaftliche Praxis unter Beachtung des Gemeinwohls nachhaltig gesichert werden.

Diese Vereinbarung beschreibt die Basis der Zusammenarbeit zwischen den Vertragspartnern.

§ 1

Gegenstand der Vereinbarung

(1) In dieser Vereinbarung wird die Zusammenarbeit zwischen Bundessortenamt, dem Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. und den Länderdienststellen im Bereich der Sortenprüfung geregelt.

(2) Allen am Sortenprüfwesen beteiligten Stellen stehen die Prüfergebnisse unentgeltlich zur Verfügung.

(3) Die Weitergabe der Prüfergebnisse an Dritte ist ebenso wie die Weiterverarbeitung oder Veröffentlichung nur mit Zustimmung des verantwortlichen Prüfungsanstellers erlaubt. Die Nutzung von veröffentlichten Landessortenversuchs-Ergebnissen unter Beachtung der Leitlinien des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter für die Werbepraxis in der jeweils gültigen Fassung entspricht dieser Vereinbarung. Die Einbeziehung von Landessortenversuchsergebnissen in die Beschreibende Sortenliste entspricht dem Ziel dieser Vereinbarung.

§2

Allgemeine Zuständigkeiten

(1) Die Rechte und Pflichten dieser Vereinbarung werden grundsätzlich von den Fachministerien der einzelnen Länder, dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und dem Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. wahrgenommen.

(2) Die Länder und das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz übertragen die Rechte und Pflichten aus dieser Vereinbarung auf die für das Sortenprüfwesen zuständigen Stellen. Grundsätzliche Angelegenheiten dieser Vereinbarung und der Zusammenarbeit werden durch Vertreter des Bundessortenamtes, des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter e.V. und der Länderdienststellen geregelt.

(3) Die fachliche Umsetzung dieser Vereinbarung obliegt dem Arbeitskreis Koordinierung im Versuchswesen und dem Arbeitskreis Grünland und Futterbau unter Mitwirkung des BSA und des BDP, der die pflanzenartspezifischen Arbeitsgruppen* einbezieht…

* zur Zeit: AK Sorten des Koordinierungsausschusses für Zuckerrüben im Inst. für Zuckerrübenforschung (IfZ), AG Sortenwesen für Mais des Deutschen Maiskomitees e.V. (DMK), Fachausschuss Sortenprofwesen für Öl- und Eiweißpflanzen der Union zur Förderung der Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) und der Sortenförderungsgesellschaft (SFG).

§ 3

Grundlagen der Zusammenarbeit

(1) Die drei Vertragspartner verpflichten sich zur gemeinsamen Ausgestaltung dieser Vereinbarung und übernehmen dabei besondere Verantwortung in Teilen des Prüfsystems im Rahmen ihrer Dienstaufgaben.

(2) Die Zuständigkeit des Bundessortenamtes ergibt sich aus den einschlägigen Rechtsvorschriften zum Saatgutverkehrsrecht. Darüber hinaus ist das Bundessortenamt federführend verantwortlich für die „Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen".

(3) Die Länderdienststellen sind für die in ihrem Dienstgebiet durchgeführten Landessortenversuche verantwortlich. Insbesondere für die regionale Sortenberatung ist die Bundesrepublik in pflanzenartspezifische Anbaugebiete eingeteilt worden. Diese werden aus Boden-Klima-Räumen aggregiert. Die Länderdienststellen koordinieren in gemeinsamen Anbaugebieten die Landessortenversuche hinsichtlich Sortimentsplanung, Versuchsdurchführung, und –auswertung. Für die regionale Sortenberatung ist jede Länderdienststelle eigenverantwortlich.

(4) Die Pflanzenzüchtungswirtschaft koordiniert die von ihr getragenen Versuche auf Grundlage der dazu getroffenen Vereinbarungen.

(5) Die Versuchsdurchführung für alle Sortenversuche erfolgt auf Grundlage der „Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen". Diese werden in gewissen Abständen überprüft und in Abstimmung mit den Beteiligten fortgeschrieben.

(6) Das für alle Beteiligten gültige Dateiformat ist PIAF.

(7) Ändern sich die Grundlagen der Zusammenarbeit, sollen die Beteiligten rechtzeitig informiert und gehört werden.

§ 4

Zusammenarbeit in der Wertprüfung

(1) Das Bundessortenamt führt die Wertprüfung im Rahmen eines bundesweiten Versuchsstellennetzes durch.

(2) Soweit dies möglich ist, berücksichtigt das Bundessortenamt bei seiner Planung die Erfordernisse der Länderdienststellen im Hinblick auf deren Auswertung nach Anbaugebieten.

(3) Für die Aufnahme und Weiterprüfung der Sorten in der Wertprüfung gelten die vom Bundessortenamt bekannt gemachten Grundsätze. Zu wesentlichen Änderungen werden die Beteiligten gehört.

§ 5

Zusammenarbeit beim Übergang Wertprüfung - Landessortenversuch

(1) Die Zusammenarbeit zwischen dem Bundessortenamt und den Länderdienststellen ist in einer bilateralen Vereinbarung geregelt. Deren Inhalt gilt ungeachtet der folgenden Festlegungen (siehe Anlage 1).

(2) Grundlagen für die Entscheidung, welche Sorten in welchem Umfang in den Landessortenversuchen weitergeprüft werden, sind:

- die Ergebnisse der Wertprüfung
- Ergebnisse aus zusätzlichen Versuchen
- die regionalen Vermarktungsmöglichkeiten

(3) Bei Winterungen erfolgt die Entscheidung welche der zur Zulassung anstehenden Sorten weitergeführt werden zu festgelegten Terminen unmittelbar nach Abschluss der Ernte und rechtzeitig vor der Herbstaussaat.

(4) Bei Sommerungen liegt die Sortenzulassung als Basis für die Entscheidung vor.

§ 6

Zusammenarbeit beim Landessortenversuch

(1) Der Landessortenversuch folgt unmittelbar nach Abschluss der Wertprüfung bzw. des EU- oder Bundessortenversuchs.

(2) Die Durchführung der Landessortenversuche erfolgt auf Basis der pflanzenartspezifischen Anbaugebiete (s.§ 3,3). Die Verteilung der Landessortenversuchsstandorte ist länderübergreifend abzustimmen. Es kommt ein Verrechnungsmodell (Hohenheimer Methode) zum Einsatz, das in die Auswertung der definierten Anbaugebiete auch Versuchsergebnisse aus Nachbargebieten einbezieht.

(3) Die Versuchsergebnisse sind Grundlage für Beratungsaussagen. Es werden Anbaugebiete, aufbauend auf der einheitlichen Boden-Klima-Raum-Karte ausgewiesen für

- Getreide
- Körnerleguminosen
- Raps
- Sonnenblume
- Mais
- Gräser und Klee
- Kartoffeln

Je Anbaugebiet müssen mindestens 4 bis 5 wertbare Prüforte zur Verfügung stehen.

(4) Bei länderübergreifenden Anbaugebieten koordinieren die betroffenen Länderdienststellen die Planung und Auswertung der Versuche des entsprechenden Gebietes. Zu diesem Zweck können die Länderdienststellen entsprechende Vereinbarungen treffen.

(5) Der Verbleib einer Sorte im Landessortenversuch soll für ein- und überjährige Pflanzenarten mindestens 2 Jahre (2 Ansaaten), bei mehrjährigen Pflanzenarten 3 Jahre betragen. Eine Sorte kann aber vorzeitig aus den Versuchen genommen werden, wenn sich Mängel ergeben haben, die auch bei Fortsetzung keine Bewertungskorrektur mehr erwarten lassen. Bewährte und von der Beratung empfohlene Sorten können im Landessortenversuch länger mitgeführt werden, sofern die Sortimentsgröße und der Prüfungsaufwand dies rechtfertigen.

(6) Die vom Bundessortenamt mit den Länderdienststellen und dem Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. abgestimmten und festgelegten Verrechnungssorten sind auch im Landessortenversuch mitzuführen.

(7) Die Versuche werden je nach Pflanzenart ein- oder mehrfaktoriell angelegt. Die Prüfungsdurchführung und die Behandlungsstufen der Versuche sind so aufeinander abzustimmen, dass eine gemeinsame Verrechnung möglich ist.

(8) Um eine frühzeitige regionale Sortenempfehlung besser abzusichern, werden die Ergebnisse von Wertprüfungen bzw. EU- und Bundessortenversuchen in die Auswertung einbezogen. Zu diesem Zweck sind die Teilstückergebnisse rechtzeitig den Länderdienststellen zur Verfügung zu stellen.

(9) Die Länderdienststellen stellen dem Bundessortenamt die Landessortenversuchsergebnisse für die Fortschreibung der Beschreibenden Sortenliste rechtzeitig zur Verfügung.

(10) Die Auswertung und Darstellung der Landessortenversuchsergebnisse für die Beratung erfolgt durch die Länderdienststellen auf der Grundlage der länderübergreifenden Anbaugebiete. Für die Veröffentlichung werden die bewährten Medien, wie Versuchsberichte, Faltblätter, Beiträge in Wochenblättern und Fachzeitschriften sowie Internet-Mitteilungen eingesetzt.

§ 7

Finanzielle Absicherung der Landessortenversuche

Die Bundesländer stellen die Finanzierung der Landessortenversuche in dem Umfange sicher, wie er für die Beratung unerlässlich ist und setzen damit den Beschluss der Agrarministerkonferenz vom 7. Oktober 2004 um.

§ 8

Zusammenarbeit bei EU-Sortenversuchen

(1) Für EU-Sorten, die in anderen EU-Mitgliedstaaten zugelassen wurden und damit auch in der Bundesrepublik Deutschland vertriebsfähig sind, führen von Züchterseite beauftragten Organisationen Versuche durch. Die Länderdienststellen arbeiten mit diesen Organisationen wie bisher vertrauensvoll zusammen.

(2) EU-Sorten erhalten grundsätzlich keinen leichteren Zugang zum Landessortenversuch als Sorten aus dem nationalen Zulassungsverfahren. Die für die Durchführung der EU-Versuche jeweils vereinbarten Richtlinien gelten weiterhin.

(3) Das Bundessortenamt erhält die ermittelten Ergebnisse für die Beschreibung von Sorten in der Beschreibenden Sortenliste im PIAF-Format.

§ 9

Übergangsregelungen

(1) Die Koordinierungsausschüsse für das Versuchswesen können befristet einzelnen Länderdienststellen gestatten, auf die Anwendung des Auswertungsmoduls der Uni Hohenheim und die Erstellung von Beratungsunterlagen nach Anbaugebieten zu verzichten. Die Beschlüsse sind zu protokollieren.

(2) Alle Beteiligten streben an, die Datenübermittlung im PIAF-Format bis Ernte 2007 sicherzustellen.

§ 10

Laufzeit/Kündigung

(1) Diese Vereinbarung tritt mit Unterschrift in Kraft und gilt für die Dauer von sechs Jahren. Danach verlängert sich die Vereinbarung automatisch um weitere drei Jahre, wenn sie nicht mit einer Frist von 1 Jahr zum Ablauf der Vereinbarung gekündigt wird.

(2) Das Recht zur außerordentlichen Kündigung bleibt unberührt.

(3) Die Kündigung bedarf der Schriftform und ist allen zum Zeitpunkt der Kündigung beteiligten Vertragspartnern mitzuteilen.

§ 11

Schlussbestimmungen

(1) Änderungen und Ergänzungen dieser Vereinbarung sowie die Aufhebung dieser Bestimmung bedürfen der Schriftform.

(2) Die Parteien streben an, diese Vereinbarung durch Anlagen zu ergänzen. Die Zusammenarbeit zwischen dem Bundessortenamt und den Länderdienststellen ist in der Anlage 1 geregelt und fester Bestandteil dieser Vereinbarung.

(3) Sollten einzelne Bestimmungen dieser Vereinbarung nicht rechtswirksam sein oder ihre Rechtswirksamkeit durch einen späteren Umstand verlieren, oder sollte sich in dieser Vereinbarung eine Lücke herausstellen, so wird hierdurch die Rechtswirksamkeit der übrigen Bestimmungen nicht berührt. Anstelle der unwirksamen Bestimmung oder zur Ausfüllung der Lücke soll eine angemessene Regelung gelten, die dem Grundverständnis dieser Vereinbarung entspricht.

Anlage 2:

Vereinbarung zwischen dem Bundessortenamt und den
Länderdienststellen zur Neuordnung des Sortenversuchswesens

Anlage 1 zur Vereinbarung zwischen Bund, Ländern und Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e. V. zur Absicherung und Weiterentwicklung des Sortenversuchswesens in Deutschland

Vereinbarung zwischen dem Bundessortenamt und den Länderdienststellen zur Neuordnung des Versuchswesens vom 27.9.2006

1. Grundlage für die Durchführung von Wertprüfungen und Landessortenversuchen ist die gemeinsame Richtlinie. Federführend für die Fortschreibung der Richtlinie ist das Bundessortenamt. Die Richtlinien werden regelmäßig überprüft und in Abstimmung mit den Beteiligten fortgeschrieben.

2. Die Länderdienststellen werden das Bundessortenamt bei der Durchführung von Wertprüfungen im Rahmen ihrer Möglichkeiten unterstützen. In Abhängigkeit vom Prüfungssystem wird das Bundessortenamt Anfragen zur Anbauplanung zunächst an die Länderdienststellen richten.

3. In Wertprüfungen und Landessortenversuchen sind die gleichen Verrechnungssorten anzubauen. Die Sorten werden auf Vorschlag des Bundessortenamtes im Arbeitskreis Koordinierung unter Beteiligung des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter diskutiert. Das Ergebnis der Besprechung und –falls notwendig- begründete Änderungen teilt das Bundessortenamt den Länderdienststellen und dem Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter mit.

4. Die Prüfungsdurchführung (Einteilung von Sortimenten und Reifegruppen) und die Behandlungsstufen in Wertprüfungen und Landessortenversuchen müssen so aufeinander abgestimmt sein, dass eine gemeinsame Verrechnung möglich ist.

5. Die Ergebnisse aus Landessortenversuchen werden für die Erstellung der Beschreibenden Sortenliste jährlich mit Hilfe des PIAF-Systems an das Bundessortenamt übermittelt.

6. Die Ergebnisse der Wertprüfungen werden von den Länderdienststellen benötigt für die Entscheidung zur Weiterführung in den Landessortenversuchen und für die Einbeziehung in die Erstellung von Beratungsunterlagen mit Hilfe der Hohenheimer Methode.
   Umfang und zeitliche Übermittlung der für die Entscheidung zur Weiterführung in den Landessortenversuchen benötigten Wertprüfungsergebnisse durch das Bundessortenamt werden pflanzenartspezifisch festgelegt.
   Die Wertprüfung - Sortiment 3 – der Pflanzenarten Winterweizen, -gerste, -roggen und triticale wird bundesweit auf mindestens 25 Standorten durchgeführt.

   Im Übrigen werden alle Ergebnisse der Wertprüfung den Länderdienststellen im PIAF-Format (korrigierte Teilstückdaten) zur Verfügung gestellt.

7. Der gemeinsame Anbau von Wertprüfung und Landessortenversuche wird angestrebt. Er kann unterbleiben, wenn fachliche Gründe (Sortimentsgröße, Aussagekraft) dagegen sprechen.

8. Für die Fortführung der Beschreibenden Sortenliste prüfen die Länderdienststellen alle neu zugelassenen Sorten bzw. bei Winterungen alle zur Zulassung anstehenden Sorten im Jahr nach der Wertprüfung bzw. Zulassung. Die Anzahl von Landessortenversuchen kann sorten- und pflanzenartspezifisch unterschiedlich sein.

   Für Winterweichweizen, -gerste, -triticale, -roggen und Winterraps gilt speziell:
   Jeweils alle zur Zulassung anstehenden Sorten werden von den Länderdienststellen in einem gemeinsamen Sortiment an mindestens 14 über das Bundesgebiet verteilten Orten geprüft. Das Sortiment soll gemeinsam oder aber in unmittelbarer räumlicher Nähe mit/zu dem/einem Landessortenversuch angebaut werden.
   Das Bundessortenamt wird den Länderdienststellen rechtzeitig eine Liste der zur Zulassung anstehenden Sorten zur Verfügung stellen.

9. Im Hinblick auf eine Auswertung nach Anbaugebieten soll die räumliche Verteilung der Anbauorte von Wertprüfungen und Landessortenversuchen optimiert werden. Soweit dies möglich ist berücksichtigt das Bundessortenamt bei seiner Planung die Erfordernisse der Länderdienststellen.

10. Für die Durchführung der Wertprüfungen zahlt das Bundessortenamt ein Prüfungsentgelt, dessen Höhe je Prüfungseinheit (Sorte) sich nach der jeweils geprüften Pflanzenart richtet. Die Prüfungsentgelte werden in regelmäßigen Abständen unter Berücksichtigung der allgemeinen Kostensteigerungen und der Haushaltslage des Bundessortenamtes überprüft und gegebenenfalls angepasst.

11. Die hier getroffenen Vereinbarungen stimmen mit dem Beschluss der Agrarministerkonferenz zum Sortenprüfwesen vom 07.10.2004 überein. Notwendige Abweichungen sind zu prüfen und nach gemeinsamem Beschluss in diese Vereinbarung aufzunehmen.

12. Diese Regelungen treten am Tag nach der letzten Unterschrift in Kraft und gelten für die Dauer von drei Jahren. Nach einer Laufzeit von 3 Jahren ist von den Unterzeichnern Abs. 8 dieser Vereinbarung inhaltlich zu überprüfen und ggf. anzupassen. Die Vereinbarung verlängert sich automatisch um drei Jahre, wenn sie nicht mit einer Frist von einem Jahr zum Ablauf gekündigt wird.
    Das Recht zur außerordentlichen Kündigung bleibt unberührt. Die Kündigung bedarf der Schriftform und ist allen zum Zeitpunkt der Kündigung beteiligten Vertragspartnern mitzuteilen.

Feldversuche der LFA in Umfang, Ausrichtung und Präzision

Gabriele Pienz, Beate Bombowsky, Volker Michel

Das Versuchsnetz der LFA in Mecklenburg-Vorpommern

In der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) werden im Rahmen angewandter Agrarforschung im Bereich des Acker- und Pflanzenbaus eine Vielzahl von praxisnahen Feldversuchen angelegt, durchgeführt und ausgewertet. Den Großteil dabei bilden die Versuche in den Versuchsstationen der LFA Gülzow, Tützpatz und Vipperow. Hier erfolgt die Anlage und Betreuung von etwa 90 % aller Parzellen. Die größte Station, sowohl flächen- als auch arbeitskräftemäßig, ist die VS Gülzow. Hier werden auf insgesamt 88 ha Versuchs- und Ausgleichsflächen bewirtschaftet. In Tützpatz sind dies 14 ha und in Vipperow 13 ha. Des Weiteren wird eine Reihe von Versuchen gemeinsam mit Kooperationspartnern außerhalb dieser Versuchsstationen durchgeführt. Der größte Anteil externer Versuche wird an den Standorten Rostock-Biestow, Groß Kiesow und im Kreis Nordwestmecklenburg (Raum Köchelstorf und Veelböken) in Abstimmung mit der Abteilung Pflanzenschutzdienst des Landesamtes für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei (LALFF) durchgeführt. Eine gute Zusammenarbeit besteht auch mit Einrichtungen des Bundes im Land hinsichtlich der Anlage und Durchführung von Kartoffelversuchen. Diese stehen auf Flächen der Prüfstelle des Bundessortenamtes Neuhof und der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ) in Groß Lüsewitz. Weitere Kooperationspartner sind im Land ansässige Pflanzenzüchter, wie die Nordsaat Saatzucht GmbH in Granskevitz und die Saatzucht Steinach GmbH in Bornhof sowie Landwirtschaftsbetriebe.

Neben Parzellenversuchen (hier im Sinne von Exaktversuchen) werden an externen Standorten auch Groß- und Anbauexperimente in landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt. Exaktversuche unterscheiden sich von den letztgenannten durch folgende Anforderungen: genaue Parzellenabgrenzungen, Wiederholungen, Randomisation, Blockbildung, genormte Methoden für Bonituren und biometrisch-fehlerkritische Auswertung. Durch eindeutige Zuordnung von Ursache und Wirkung werden somit klare, gesicherte Aussagen zur Wirksamkeit von Prüffaktoren ermöglicht. Im Folgenden soll anhand ausgewählter Beispiele der Stand und einige Entwicklungen bei der Durchführung von Parzellen- bzw. Feldversuchen in der LFA in den letzten Jahren dargestellt werden.

Ein Überblick über die geografische Lage und den Regionalbezug der Standorte, an denen Landessortenversuche im Ackerbau in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt werden, ist in diesem Mitteilungsheft (GIENAPP, KOHLS, PAJUNK) zu finden.

Die wichtigsten Angaben zur Standortcharakteristik der Versuchsstandorte sind Tab. 4 zu entnehmen. Hierbei handelt es sich um Angaben aus dem Anbaujahr 2005/06. Der größte Teil der Versuchsorte befindet sich dabei im Boden-Klima-Raum 1, den diluvialen Ackerbaugebieten im nordostdeutschen Ostseeküsten- und Übergangsklima (Kurzform: D-Nord-Standorte). Vipperow und Bornhof liegen in den Übergangslagen zu den sandigen Ackerbaugebieten des nordostdeutschen Binnentieflandes (D-Süd-Standorte). Weitergehende Ausführungen zu den Boden-Klima-Räumen sind in diesem Mitteilungsheft (ROßBERG, MICHEL, GRAF, NEUKAMPF) enthalten.

Umfang

Die Anzahl der durchgeführten Parzellenversuche der LFA ist zurückgegangen. Wurden im Jahr 2000 noch 270 Versuche angelegt und ausgewertet, so sind es im Versuchsjahr 2006 nur noch 147 Feldversuche. Gleichzeitig ist auch die Zahl der bearbeiteten Kulturarten rückläufig. So erfolgen z.B. bei Speisekartoffeln keine Versuchsdurchführungen mehr, da die Anbaubedeutung in Mecklenburg-Vorpommern stark gesunken ist. Zu den wirtschaftlich bedeutendsten Kulturen Winterweizen und Winterraps werden die meisten Versuche angelegt (Abb. 1). Die Anzahl der Versuche je Kultur ist aber seit dem Jahr 2000 gesunken. Die deutlichsten Abnahmen haben neben den bereits erwähnten Kartoffeln die Körnerfuttererbsen, Winter- und Sommergerste sowie Wintertriticale zu verzeichnen. Bei diesen Kulturen werden gegenwärtig vorrangig Sortenversuche aber keine begleitenden agrotechnischen Versuche mehr angelegt und ausgewertet.

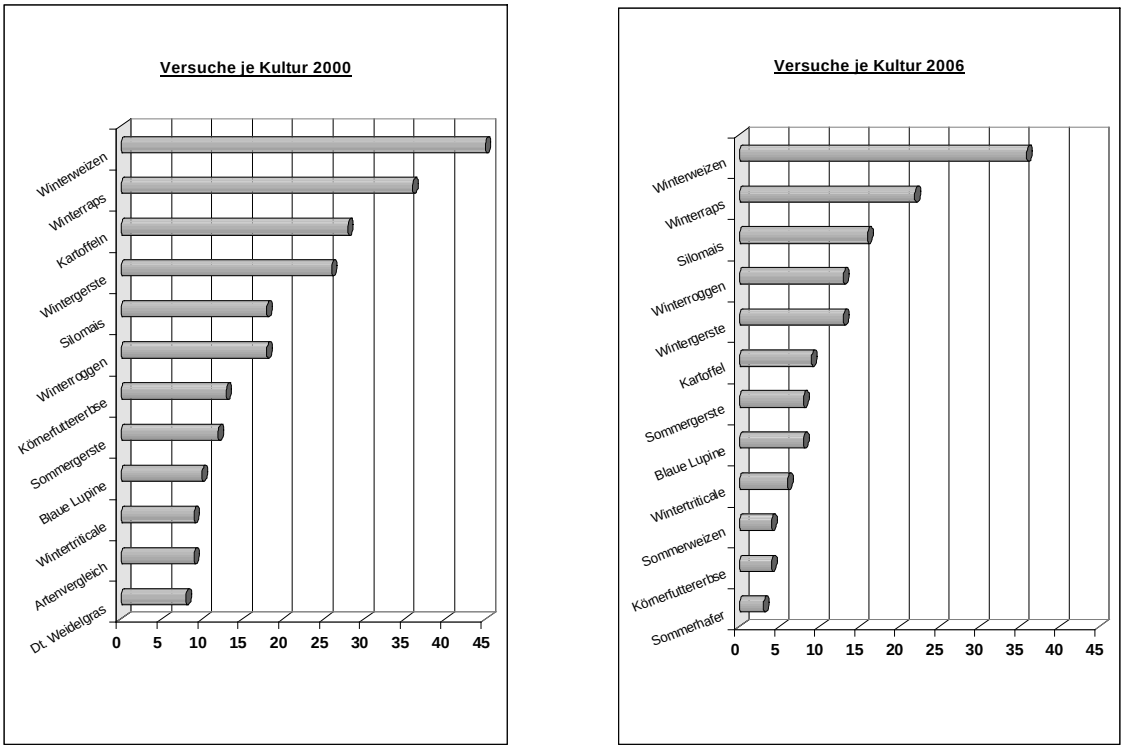


Abb. 1: Anzahl der Versuche je Fruchtart in der LFA, 2000 und 2006

Inhaltliche Ausrichtung

Die meisten Versuchsanstellungen (Abb. 2) gibt es zu Fragen der Verfahrensgestaltung wie Pflanzenschutz, Düngung und Anbautechnik. Etwa ein Viertel aller Versuche sind Sortenversuche (Landessortenversuche [LSV], Wertprüfungen [WP] und EU-Sortenversuche [EUSV]). Im Jahr 2006 wurden über alle Fruchtarten insgesamt 38 LSV angelegt, 2000 waren es noch 57. Erhebliche Anteile haben auch Versuche zum ökologischen Landbau sowie Versuchsanstellungen im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Vorbereitung und Begleitung von Gesetzen und Verordnungen. Versuche zur Produktion von nachwachsenden Rohstoffen nehmen aufgrund der verbesserten Rahmenbedingungen und der Tendenzen in der Praxis stark zu. Den Schwerpunkt bilden hier derzeit vorrangig regionalbezogene Empfehlungen zur Produktion von Kosubstraten für Biogasanlagen, Fragen der Erzeugung von Biokraftstoffen einschließlich Bioethanol sowie die Energieholzerzeugung.

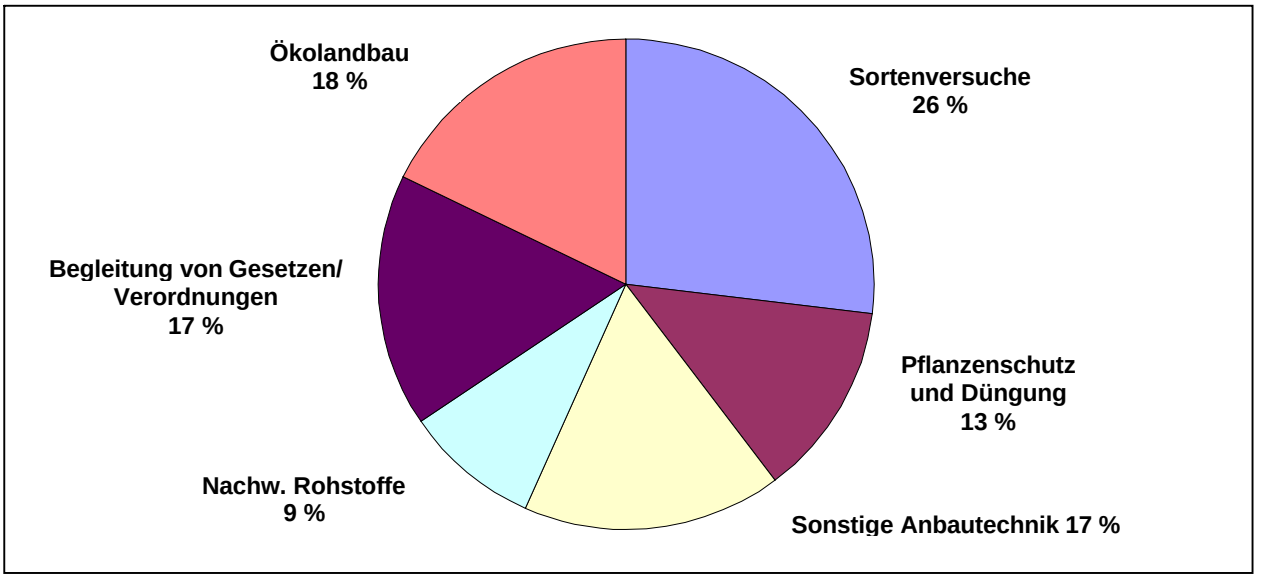


Abb. 2: Versuchsinhalte in der LFA, 2006

In Abb. 3 ist die Häufigkeit der einzelnen Prüffaktoren dargestellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass viele Einzelversuche mehrfaktoriell angelegt werden, also auch mehrere Prüffaktoren enthalten. Fragestellungen, die vorrangig in langfristig angelegten Dauerversuchen bearbeitet werden, haben in ihrer Häufigkeit zugenommen. Dies betrifft hauptsächlich die Faktoren Bodenbearbeitung, Grunddüngung und Biomasseproduktion in Kombination mit der Frage der Fruchtfolgegestaltung. Den deutlich größten Anteil aber nimmt der Faktor Sorte ein. Dieser wird weitaus häufiger als nur in reinen Sortenversuchen geprüft (siehe auch Abb. 2), er ist in einer Vielzahl anbautechnischer Versuche mitgeprüfter Faktor. Das unterstreicht die erhebliche fachliche Verzahnung von Anbautechnik und Sortenwahl, z.B. in Fragen des Wachstumsregler- und Fungizideinsatzes, der optimalen speziellen Intensität u.v.m. Intensität ist der zweithäufigste Prüffaktor. Hierbei handelt es sich um einen Komplexfaktor, bei dem gleichzeitig mehrere Einzelfaktoren (z.B. N-Düngung und Pflanzenschutz) kombiniert variiert werden. Dabei werden nicht alle Kombinationen orthogonal angelegt, sondern nur aufeinander abgestimmte, als sinnvoll vordefinierte Kombinationen vorgesehen, die im Komplex jeweils als eine Intensitätsstufe betrachtet werden. Beispiele dafür sind aufeinander abgestimmte Stickstoffdüngung, Wachstumsregler- und Fungizidbehandlungen im Getreidebau. Da bei dieser Vorgehensweise Ursache-Wirkungs-Beziehungen nicht eindeutig auf die Einzelfaktoren rückführbar sind, müssen entsprechende Vorkenntnisse bereits vorliegen. Ist dies gegeben, lassen sich Versuchsanstellungen mit dem Komplexfaktor Intensität deutlich kostengünstiger und praxisrelevanter anlegen, als die sonst erforderlichen polyfaktoriellen Versuche.

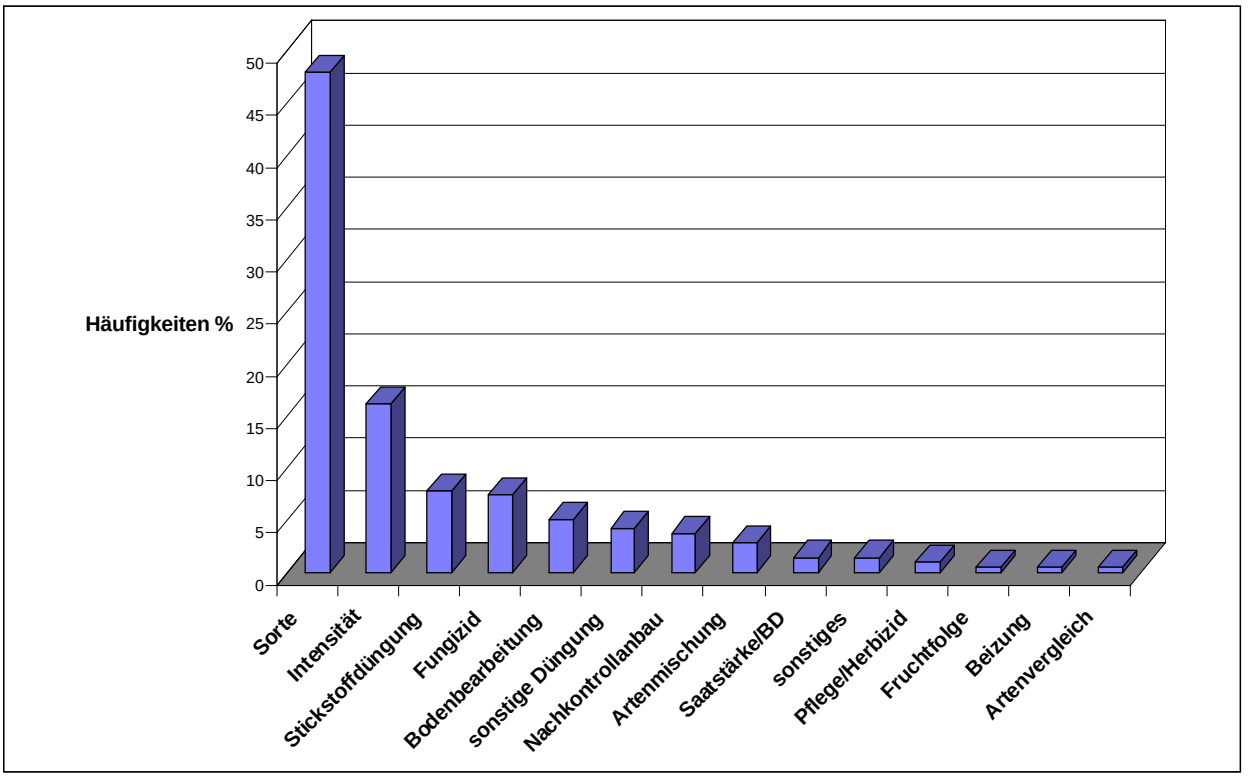


Abb. 3: Häufigkeit der Prüffaktoren in der LFA, 2006

Die Anzahl von Landessortenversuchen und deren Verteilung auf die Versuchsstandorte ist in Tab. 1 differenziert für die einzelnen Pflanzenarten dargestellt.

Tab.1: Verteilung der Landessortenversuche an den Versuchsstandorten

Versuchsort	Prüfsortimente
Gülzow	Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Triticale Winterraps, Sommerbrau- und Sommerfuttergerste Körnerfuttererbse, Blaue Lupine, Silo- und Energiemais Wirtschaftskartoffeln
Tützpatz	Winterweizen, Wintergerste, Winterraps, Silomais Sommerbraugerste, Sommerweizen, Körnerfuttererbse
Vipperow	Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Triticale Winterraps, Silo-, Energie- und Körnermais, Körnerfuttererbse, Blaue Lupine
Biestow	Winterweizen, Wintergerste, Winterraps
Bornhof	Winterroggen, Blaue Lupine
Granskevitz	Hafer
Groß Kiesow	Winterweizen
Groß Lüsewitz	Wirtschaftskartoffeln
Köchelstorf	Winterweizen
Neuhof	Wirtschaftskartoffeln
	als WP-Anhang: Blaue Lupine, Hafer, Sommerraps
Veelböken	Winterraps

Präzision

Nach Anlage, Durchführung und Ernte erfolgt für jeden Versuch eine biostatistische Verrechnung und fehlerkritische Auswertung. Hier wird untersucht, ob die geprüften Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Zielgrößen (Ertrag, Qualität u.v.m.) aufweisen und mit welcher Genauigkeit die Prüfgliedeffekte ermittelt wurden. Insbesondere dient die biostatistische Auswertung aber auch der Plausibilitätsprüfung sowie Auffindung und Behebung von Fehler- und Störgrößen im Versuch bzw. in den erhobenen Daten.

Die Präzision von Einzelversuchen wird üblicherweise durch den versuchsspezfischen Variationskoeffizienten (s%) charakterisiert. Traditionell gilt die Faustzahl, dass Versuche mit s% = 5% in ihrer Präzision als gut charakterisiert werden. In Tab. 2 sind getrennt für Halm- und für Blattfrüchte die Variationskoeffizienten in den Sortenversuchen 2005 gruppiert ausgewiesen. Die Versuche mit Halmfrüchten, hier alle Getreidearten, zeigen sowohl in ihrem Mittelwert als auch in der Verteilung der Variationskoeffizienten die bessere Präzision. Der Anteil der Versuche mit sehr guter und guter Präzision liegt bei ihnen bei ca. zwei Drittel der Versuche, wohingegen die Blattfrüchte hier nur einen Anteil von einem Drittel aufweisen. Etwa die Hälfte der Versuche bei Blattfrüchten weist einen Variationskoeffizienten > 5,4 % auf, d.h. relativ viele Versuche sind als problematisch, z.T. sogar als nicht auswertbar zu bezeichnen. Das Jahr 2005 kann dabei als ein normales Versuchsjahr angesehen werden, ohne z.B. Perioden mit extremem Wassermangel wie etwa in den Jahren 2003 und 2006. Eine der Hauptursachen für die Unterschiede in der Versuchspräzision zwischen Blatt- und Halmfrüchten ist die Anzahl geernteter Pflanzen je Flächeneinheit. Stehen beim Getreide zwischen 250 und 450 Pflanzen je m^2, so sind es bei Kartoffeln 4 bis 5, bei Mais 7 bis 10 oder bei Blauen Lupinen um die 80 Pflanzen. Hier wirken sich dann die Reaktionen der Einzelpflanzen auf Boden, Witterung aber auch Schaderregerbefall gravierender aus als beim Getreide.

Tab. 2 : Variationskoeffizient (s%) in Sortenversuchen der LFA 2005

Variationskoeffizient	allgemeine Einschätzung	Halmfrüchte	Blattfrüchte
		rel. Anteil von allen Versuchen	
< 3%	sehr gut	21,1	-
3% - 5%	gut	42,3	38,6
5% - 8%	z.T. problematisch	23,9	43,2
> 8%	z.T. nicht auswertbar	12,7	18,2
Mittelwert (Median)		**s % = 4,06**	**s % = 5,43**

In Abb. 4 ist für das Jahr 2001 beispielhaft dargestellt, wie häufig die Prüfung der einzelnen Faktoren zu signifikanten Ergebnissen geführt hat, wobei ein nicht signifikantes Ergebnis nicht zwangsläufig als Negativergebnis angesehen werden muss. Die Faktoren Sorte, Bodenbearbeitung und Stickstoffdüngung ergaben erwartungsgemäß häufig signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Varianten (Prüfgliedern). Bei dem Faktor Saatstärke/Bestandesdichte wurden 2001 relativ wenige Signifikanzen gefunden, wobei dies nicht vom Faktor an sich abhängt, sondern vorrangig von der Spannweite der gewählten Prüfgliedabstufung. Da stufenlos (stetig) variierbare Faktoren wie Saatstärke oder Düngung in der Regel abschließend regressionsanalytisch ausgewertet werden, lassen sich auch bei nicht signifikanter Varianzanalyse noch funktionale Zusammenhänge nachweisen (Produktionsfunktionen).

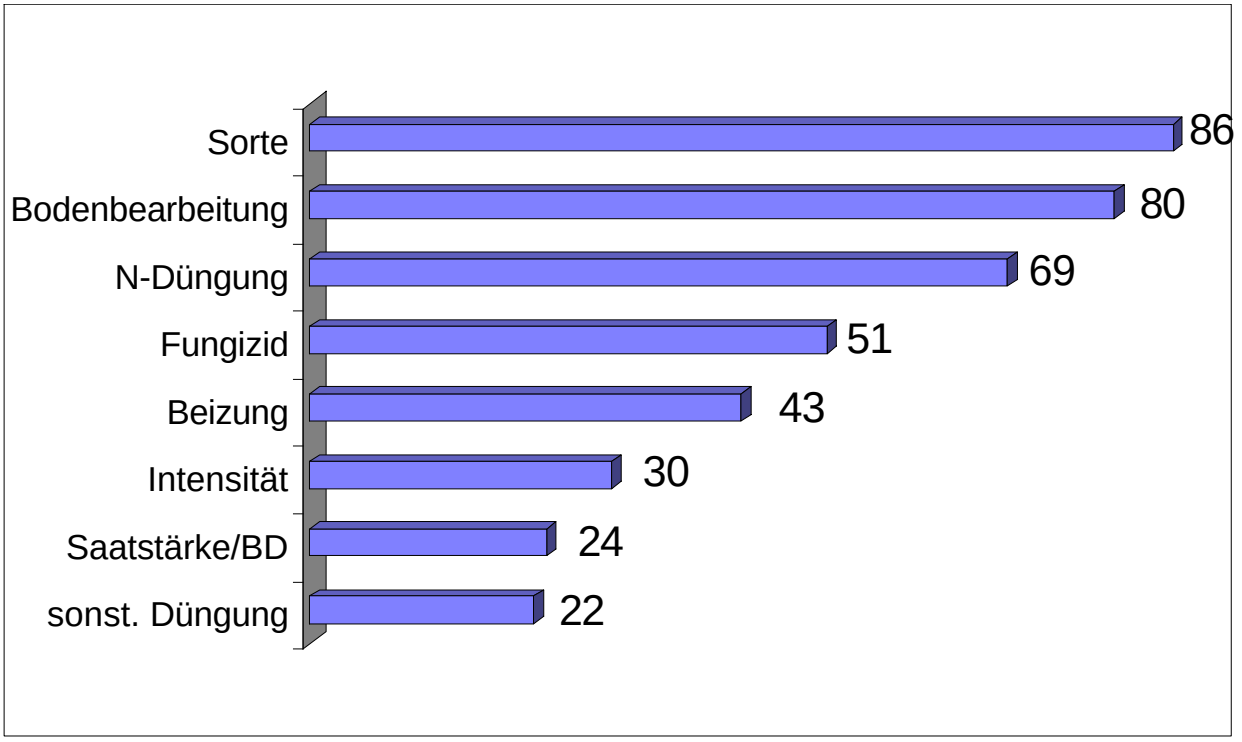


Abb. 4: Signifikanzen (%) der Prüffaktoren LFA, 2001

Mit der gezielten Wahl der Versuchsanlage lässt sich die Nachweisbarkeit von Haupt- und Wechselwirkungen der Prüffaktoren sowie die Versuchspräzision erhöhen. Die Analyse der Versuchsergebnisse hat deutlich gezeigt, dass es in mehrfaktoriellen Versuchen oftmals nicht gelingt, die Interaktion (Wechselwirkung) zwischen den Faktoren nachzuweisen (Tab. 3), obwohl eine erwartete Interaktion i.d.R. Anlass für die mehrfaktoriellen Anlagen war. Insbesondere waren in dreifaktoriellen Versuchen die Dreifachinteraktionen meist nicht nachweisbar. Dies war Veranlassung, von dreifaktoriellen Versuchen zunehmend Abstand zu nehmen und diese durch Anlagen mit unorthogonal strukturierten Komplexfaktoren zu ersetzen.

Tab. 3: Anteile festgestellter Signifikanzen (%) in Feldversuchen der LFA, Mittelwert der Jahre 1997-2002

Interaktionsebene	Faktorialität der Versuche	signifikant (%)
Hauptwirkung je 1 Faktor	1 – 3 faktoriell	73
Interaktion von je 2 Faktoren	2 – 3 faktoriell	33
Interaktion von 3 Faktoren	3 faktoriell	23

Abbildung 5 zeigt die in der LFA in den Jahren 2000 und 2003 gewählten Anlagemethoden. Deutlich ist eine Abnahme dreifaktorieller Versuche zugunsten ein- und zweifaktorieller Versuche. Die zweifaktorielle Streifenanlage (A+B) wurde ausgedehnt. Dies resultiert vorrangig aus dem teilweisen Übergang zu dieser Versuchsanlage bei zweifaktoriellen LSV mit Getreide. Hier liegen sich die extensive und die intensive Variante einer Sorte jeweils direkt gegenüber, womit zwei Vorteile verbunden sind. Erstens wird hierdurch im Vergleich zur traditionellen Spaltanlage die Wirkung der Intensität je Sorte präziser geschätzt (im Gegenzug wird zwar der Sorteneffekt im Mittel der Intensitätsstufen schlechter geschätzt, aber diese Fragegestellung ist nachrangig bzw. unrelevant). Zweitens lassen sich bei Feldführungen die sortenspezifischen Intensitätseffekte besser demonstrieren, was die Akzeptanz der Versuchsanlage unter Praktikern verbessert.

Die zweifaktoriellen Blockanlagen (A*B) sind zu Gunsten der Spaltanlage (A/B) zurückgegangen. Hier ist als Ursache z.T. die erleichterte technische Durchführbarkeit zu sehen. Eine Behandlungsmaßnahme lässt sich z.B. blockweise leichter vornehmen, als parzellenweise. Auch das Risiko von Abdrift und von Nachbarschaftseffekten ist dadurch verringert. Einen festen Platz nehmen auch Langparzellenanlagen mit wiederholten Standards ein. Diese Anlage wird gewählt, wenn die Prüffaktoren eine Randomisation der Parzellen nur mit unverhältnismäßigem Aufwand ermöglichen. Die fehlende Randomisation wird durch die mehrfache Wiederholung eines Standardprüfglieds ersetzt. Die Standardparzellen werden herangezogen, um etwaige Bodenunterschiede in der Versuchsfläche zu erkennen und mittels geostatistisch basierter Bodenausgleichsrechnung zu bereinigen. Dadurch können die sonst unvermeidlichen Verzerrungen der Prüfgliedunterschiede reduziert werden. Die Möglichkeiten des Bodenausgleichs mit geostatistischen Methoden werden in der LFA seit 2006 zusätzlich auch in randomisierten Anlagen genutzt.

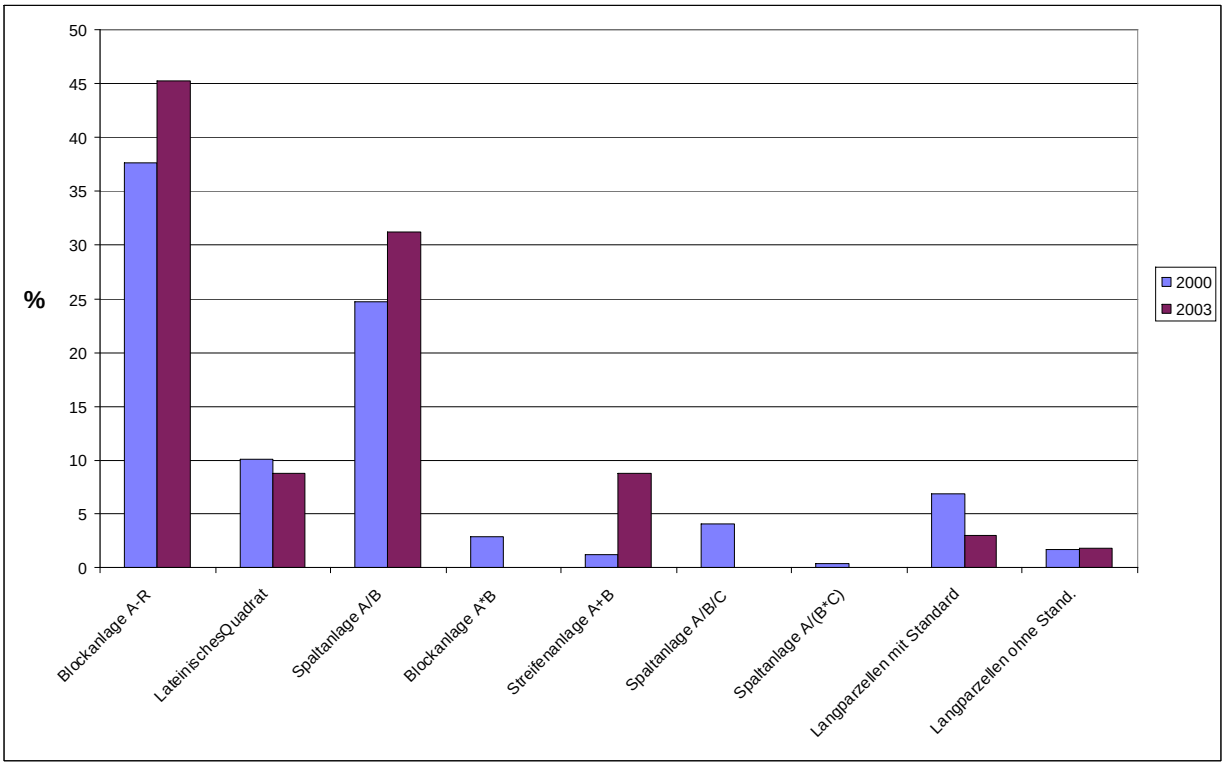


Abb. 5: Anlagemethoden in der LFA, 2000 und 2003

Da die regionale Verallgemeinerungsfähigkeit und Reproduzierbarkeit eine zentrale Aufgabe der Versuchsanstellungen darstellt, kommt der Mehrortigkeit und Mehrjährigkeit eine herausragende Rolle zu. Daher liegt in der LFA der fachliche Schwerpunkt nicht auf der Einzelversuchsauswertung sondern auf der intensiven Auswertung von Versuchsserien. Als Maßstab für Präzision und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der Serienauswertungen wird der Standardfehler je Prüfglied sowie das davon abgeleitete absolute oder relative Vertrauensintervall ausgewiesen (Abb. 6). Am Beispiel der Sortenversuche ist hier die Genauigkeit der geschätzten Relativerträge dreijährig im LSV geprüfter Sorten differenziert nach den Kulturarten dargestellt. Die bedeutendsten Kulturen werden etwa auf ± 2 % genau geschätzt, während weniger bedeutsame Kulturen nur bei ± 4 % liegen. Tendenziell ist auch hier deutlich zu erkennen, dass Sorten bei Getreide präziser einschätzbar sind als die der Blattfrüchte bzw. der Kulturen mit einer geringeren Anzahl Pflanzen pro Flächeneinheit wie Kartoffeln und Lupinen. Die Breite des Vertrauensintervalls hängt von zwei Einflussgrößen ab. Zum Ersten ist es die Prüfintensität. Aufgrund der geringen Standortanzahl ist z.B. Sommerweizen deutlich weniger genau geschätzt, als Winterweizen. Zum Zweiten weisen einige Kulturarten regelmäßig sehr hohe Wechselwirkungen zwischen Sorte und Standort/Witterung auf, was einer Verringerung der Verallgemeinerungsfähigkeit / Reproduzierbarkeit gleichkommt und folglich zu einer Verbreiterung des Vertrauensintervalls führt.

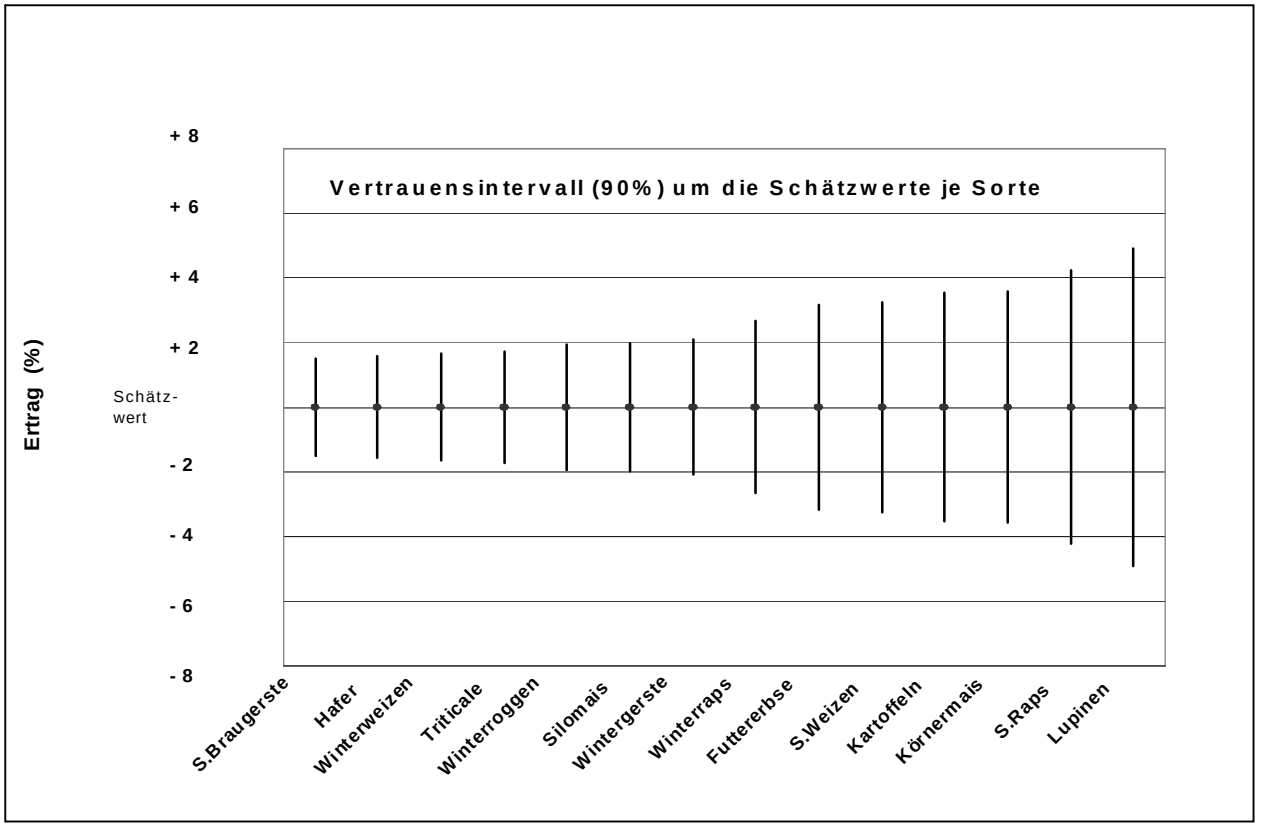


Abb. 6: Schätzgenauigkeit der Ertragsrelationen bei 3-jährig geprüften Sorten

Tab. 4: Kurzcharakteristik der Versuchsstandorte im Ackerbau

Versuchsstelle	Boden-Klima-Raum	Agrar-region	Boden-art	Acker-zahl	mittl. Jahres-		Höhe über NN (m)	2005 Anzahl		Betreuung durch Dienststelle im Land bzw. durch dienstleistende Einrichtungen
					Tem-peratur (°C)	Nieder schlag (mm)		Ver-suche	Par-zellen	
Gülzow	1	III	Sl-sL	30-56	8,3	542	10	89	4617	LFA
Tützpatz	1	IV	lS-sL	45-50	7,8	507	75	28	1624	LFA
Vipperow	2	II/V	Sl	30	8,0	627	63	24	1230	LFA
Rostock - Biestow	1	III	Sl-SL	42-48	8,3	653	44	4	308	LALLF/ LFA
Köchelstorf	1	I	SL-L	58	8,2	600	50	2	164	LALLF/ LFA
Veelböken	1	I	sL	56	8,2	650	50	1	84	LALLF/ LFA
Bornhof	2	V	S	20	7,8	530	100	3	164	IG Saatzucht u. Saatzucht Steinach
Granskevitz	1	III	SL-sL	52	7,5	559	3	1	32	Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mbH
Groß Kiesow	1	IV	lS	16-45	8,0	564	28	1	132	LALLF/ LFA VS Tützpatz
Groß Lüsewitz	1	III	lS	47	8,2	680	45	2	120	BAZ Groß Lüsewitz/ LFA
Neuhof	1	III	Sl	40-44	8,2	625	59	2	90	Bundessortenamt Prüfstelle Neuhof

50 Jahre Versuchsstation Tützpatz - Ein Rückblick zur Entwicklung des Sortenprüfwesens in Mecklenburg-Vorpommern

Christian Gienapp, Rudolf Kohls, Wolf-Burckhardt Pajunk

Die Geschichte und Entwicklung der Versuchsstation Tützpatz ist eng mit dem Wiederaufbau des Sortenwesens nach dem 2. Weltkrieg in Ostdeutschland verbunden.
Die Prüfordnung des Reichsnährstandes von 1942 bildete die erste Arbeitsgrundlage für die Sortenregisterprüfung und war gekennzeichnet durch eine Zersplitterung in Organisation und Aufgabenstellung der Sortenprüfung. Auch durch die Anordnung über in Ostdeutschland zugelassene Sorten von Kulturpflanzen vom 8. Dezember 1948 und die Herausgabe der Richtlinien für die Zulassung von Sorten im Jahre 1952 wurde dieses nicht beseitigt.

Das Sortenamt für Nutzpflanzen hatte vor 50 Jahren die Aufgaben:

- Durchführung der Registerprüfung,
- Durchführung von Wertprüfungen bei Gemüse, Obst sowie Heil- und Gewürzpflanzen,
- Führung des Sortenregisters.

Die Wertprüfungen bei landwirtschaftlichen Kulturen wurden damals vom Ministerium für Land- und Forstwirtschaft organisiert und ausgewertet. Mit der Auflösung der Länder 1952 in Ostdeutschland wurden diese Aufgaben von dem neu gebildeten Institut für Landwirtschaftliches Versuchs- und Untersuchungswesen der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften übernommen.

Erst mit dem Ministerratsbeschluss vom 22. April 1954 erfolgte eine Reorganisation des Sortenprüfwesens. Die Gründung der Zentralstelle für Sortenwesen (ZfS) wurde am 1. April1955 vollzogen. Damit war das Prüfwesen für alle landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen unter einem Dach zusammengeführt.

Die Schwerpunktaufgabe der neu gebildeten Zentralstelle stellte die umfassende Ermittlung des landeskulturellen Wertes von Neuzüchtungen und zugelassenen Sorten dar.
Mit der Zentralisierung des Sortenprüfwesens wurde es erforderlich, das Versuchsortsnetz der Zentralstelle auszubauen. Im Zeitraum von 1956 bis1968 entstanden 21 Versuchsstationen, dazu gehörte 1956 auch die Versuchsstation Tützpatz (Tab. 1).

Tab. 1: Erweiterung des Versuchsortsnetzes von 1956-1968

Versuchsstation	Beginn der Versuchsarbeiten	Versuchsstation	Beginn der Versuchsarbeiten
Dresden Pillnitz	1956 – 1964	**Prenzlau**	1959
Berlin Köpenick	1956	Manschow	1960
Quedlinburg	1956	**Neuhof**	1961
Biendorf	1956	Zöllmersdorf	1962
Tützpatz	1956	Wachau	1965
Groß Lüsewitz	1956 – 1965	Marquardt	1966
Wurzen	1957	Zehdenick	1966
Radebeul	1957	**Kowall**	1966
Blankenburg/Harz	1958 – 1962	Forchheim	1966
Weißenfels	1958	Zentrallabor Köthen	1965
Dachwig	1959	Nossen	1942

Mit dem Erlass des Ministers für Landwirtschaft vom August 1968 wurde das Feldversuchswesen, das zwischenzeitlich bei den LVU der Bezirksinstitute angesiedelt war, mit Wirkung vom 1. Januar 1969 von der Zentralstelle übernommen. Damit kamen 29 neue Versuchsstandorte aus den ehemaligen Bezirksinstituten zur Zentralstelle (Abb. 1).

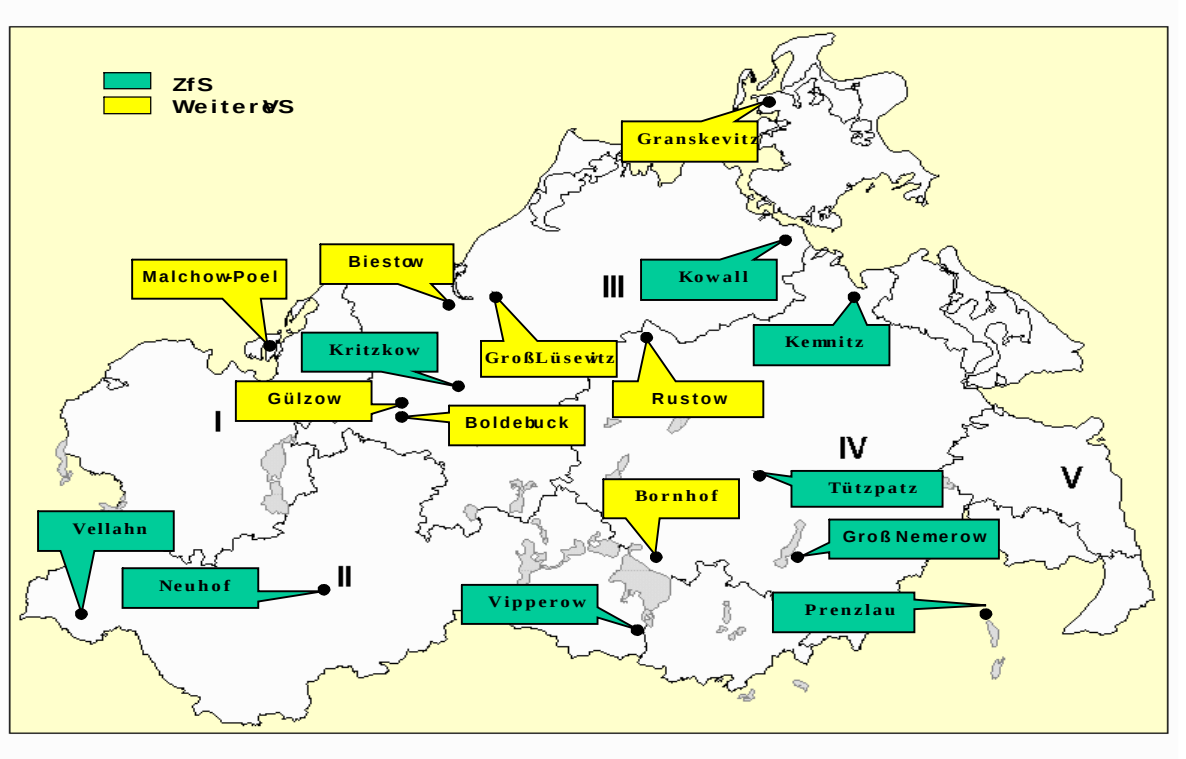


Abb. 1: Versuchsstandorte 1.01.1969 in den Agrarregionen I – V in MV

Die Übernahme dieser Standorte, einschließlich der bereits vorhandenen 18 Versuchsstationen, erforderte eine neue Organisation des Leitungssystems der Zentralstelle. Es wurden Bezirksarbeitsgruppen (BAG) mit den Aufgaben

- Anleitung und Kontrolle der Stationen,
- regionale Auswertung der Versuchsergebnisse,
- Kontakte zu den bezirklichen Einrichtungen halten

gebildet.
Mit dem Zusammenschluss der Versuchsstationen unter dem Dach der Zentralstelle für Sortenwesen waren erstmalig die Voraussetzungen geschaffen, ein flächendeckendes Versuchsortsnetz aufzubauen.

Dieses groß angelegte Versuchsnetz mit 45 Versuchsstationen (1989) erlaubte es, die Versuchskapazitäten zu erweitern. Im zunehmenden Maße wurden Intensivierungsfaktoren in die Versuchsprogramme mit einbezogen, um sortenspezifische Anbauempfehlungen geben zu können.

Die **Versuchsstation Tützpatz** wurde im Zuge der Zentralisierung des Sortenprüfwesens am 1. Oktober 1956 mit der Schaffung eines Sortenprüffeldes gegründet. Ein Nutzungsvertrag zwischen der ZfS und dem Volkseigenen Gut Tützpatz belegt die Anpachtung von 20 ha Versuchsfeld. Bereits im Herbst 1956 waren erste Teile des Feldes bestellt. Der erste Leiter war von 1956 - 1958 Herr Matz, die fachliche Anleitung erfolgte aus Groß Lüsewitz durch Herrn Dr. Gall.

Besonders in den ersten Jahren des Aufbaues waren die Bedingungen sehr schwierig. Die Unterbringung der Mitarbeiter und der Aufbereitungsräume war provisorisch. Es gab außer dem Leiter noch keinen festen Mitarbeiterbestand.
1958 übernahm Herr Deppe die Leitung des Sortenprüffeldes in Tützpatz.

Durch Zuführung von Arbeitskräften aus dem VE-Gut und mit Unterstützung aus Groß Lüsewitz durch Herrn Maschmeier und Herrn Güldner wurden die praktischen Arbeiten gemeistert.
1959 wurde das Sortenprüffeld in eine Versuchsstation der ZfS umgewandelt, wodurch auch der Weg für Investitionen frei wurde.

1960 wurde Herr Jacob mit der Leitung der Versuchsstation beauftragt und es begann die Aufbauphase:

1960 bis 1961	Errichtung des Stationsgebäudes
1972 bis 1974	Bau des Wirtschaftsgebäudes
1986 bis 1987	Bau der Maschinenabstellhalle

Damit waren materiell-technische Voraussetzungen geschaffen, die eine leistungsfähige Versuchsstation neben einer guten personellen Besetzung ausmachen.

Der Personalbestand wurde kontinuierlich mit fest angestellten Arbeitskräften aufgestockt, 1985 waren in der Versuchsstation fünf Arbeitskräfte beschäftigt.

Eine Versuchsstation wird entscheidend vom Stationsleiter geprägt. Mit der Einstellung von Wolfgang Jacob hatte man eine gute, fachlich fundierte aber auch langfristige Entscheidung getroffen. Herr Jacob leitete bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand am 30. Juni 2001 die Versuchsstation. Durch sein Können ist Tützpatz zu einem unverzichtbaren Versuchsstandort des Nordens ausgebaut worden.

Fast alle landwirtschaftlichen Kulturpflanzen wurden bis 1990 in Tützpatz geprüft:

- alle Getreidearten,
- Futterpflanzen (Mais, Rotklee),
- Kartoffeln,
- Futterrüben,
- aber auch Erdbeeren.

1976 wurde kurzfristig die Entscheidung getroffen, den Standort Tützpatz schwerpunktmäßig auf Kartoffelprüfungen zu spezialisieren.

Das Jahr 1990 war das Jahr der politischen Wende. Bereits im März dieses Jahres wurden in Nossen unter der Leitung von Dr. Boeringer erste konkrete Beratungen über die Anpassung des Saatgutrechtes an deutsches und EWG-Recht aufgenommen.

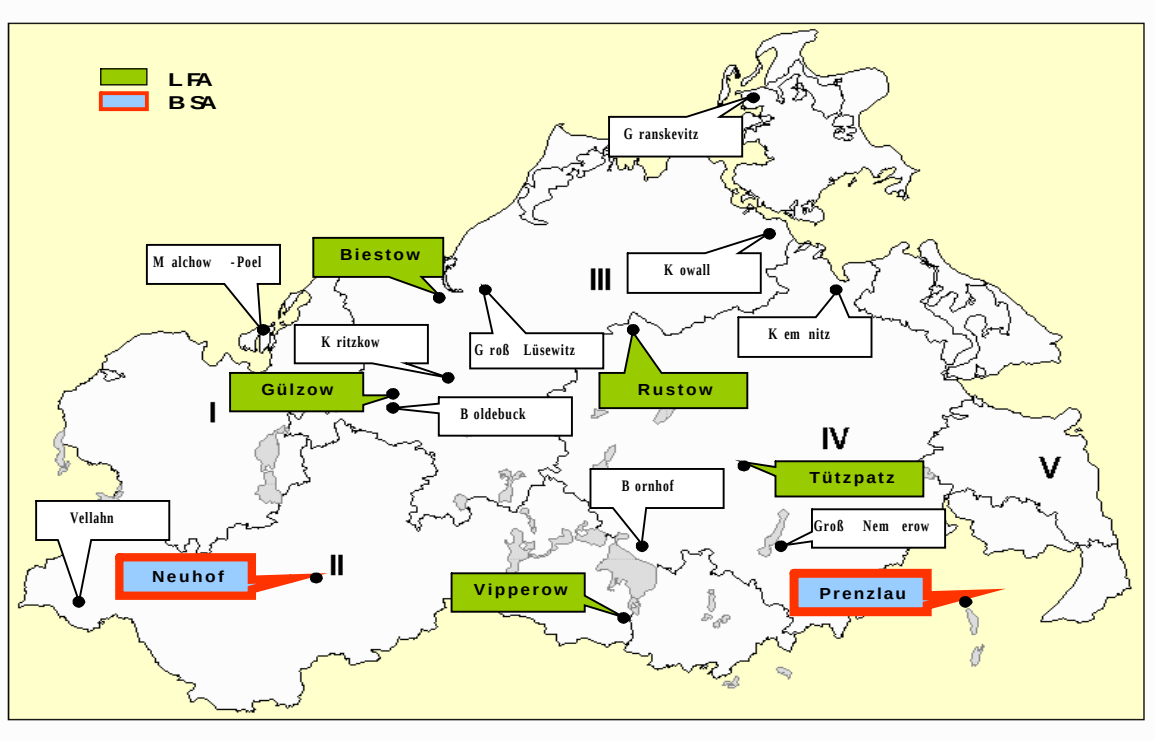


Abb. 2: Versuchsstandorte Oktober 1990

Im Erlass des Bundesministeriums für Landwirtschaft vom 28. September 1990 wurde mit Wirkung vom 3. Oktober 1990 die Auflösung der Zentralstelle für Sortenwesen festgelegt.

Die Landesregierung in Mecklenburg-Vorpommern hatte sich für die Erhaltung eines effizienten Versuchsnetzes ausgesprochen. Neben den ZfS-Stationen standen noch die Versuchsbereiche der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zur Disposition (Abb. 2). Die Versuchsstationen Neuhof und Prenzlau wurden als Prüfstellen in das BSA übernommen. Die Versuchsstationen Kemnitz, Kowall, Kritzkow, Vellahn und Groß-Nemerow wurden aus strukturellen Gründen bis zum 3. Oktober 1990 zur Auflösung bzw. zur Abgabe an andere Partner vorgesehen.

Am 30. Juni 1991 wurden die Versuchsstationen Vipperow und Tützpatz vom Bundessortenamt an die Länder übergeben. Zwischenzeitlich bei der LMS-Beratungs GmbH angesiedelt, wurden diese ehemaligen ZfS-Versuchsstationen 1992 der neu gegründeten Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA) zugeordnet.
Damit setzt sich das neue Versuchsortsnetz der LFA aus den Versuchsstandorten Gülzow, Tützpatz, Vipperow und Rostock-Biestow zusammen (Abb. 3).

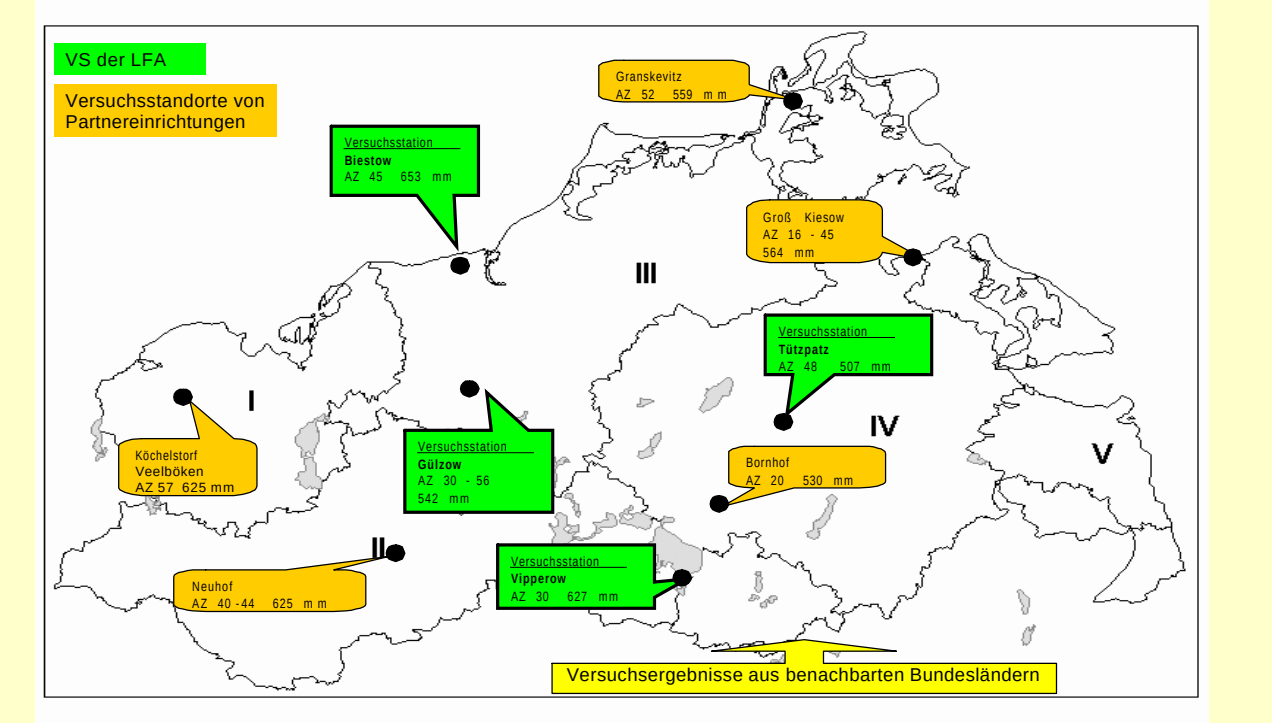


Abb. 3: Aktuelle Standortbasis der LFA für Parzellenversuche in MV

Alle Agrarregionen Mecklenburg-Vorpommerns sind standortmäßig erfasst. Die Agrarregion I Nordwestmecklenburg wird durch Exaktversuche in Praxisbetrieben und ein mobiles Versuchssystem abgedeckt (siehe Tab. 4 im Beitrag: PIENZ, BOMBOWSKY, MICHEL).

Mit der Übernahme der vier Versuchsstationen war die Möglichkeit geschaffen, ein flächendeckendes Versuchsortsnetz über das Land zu legen und sie als Grundlage für den Aufbau eines **öffentlichen Feldversuchswesens** zu nutzen. Die bisherigen Aufgaben der Versuchsstationen wurden mit der Übernahme durch die LFA grundlegend erweitert:

- Ermittlung der **optimalen Produktionsintensität** durch fortlaufende Prüfung der Weiter- und Neuentwicklungen im Bereich Sortiment, Pflanzenschutz und Düngung,
- Klärung **langfristiger Fragestellungen** im Bereich des Acker- und Pflanzenbaues wie Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Schutz der natürlichen Lebensräume, ökologischer Landbau,
- Entwicklung von Anbausystemen des **integrierten Pflanzenbaues,**
- Entwicklung alternativer Produktionsverfahren für die Biomasseerzeugung im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe.

Mit diesem Versuchsstandortsnetz wird die Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei in Kooperation mit dem Landesversuchswesen und den Ländergrenzen überschreitenden

Auswertungen nach Boden - Klima – Räumen auch die zukünftigen Aufgaben erfüllen können, die Landwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern nachhaltig und wettbewerbsfähig zu gestalten.

Chronik der Versuchsstationen der Landesforschungsanstalt:

Tützpatz ist ein typischer Standort im dem ostmecklenburgischen Höhenrücken vorgelagerten mecklenburgisch-vorpommerschen Grundmoränengebiet. Die klimatischen Verhältnisse sind gegenüber den westlichen Gebieten Mecklenburgs schon von stärkeren kontinentalen Einflüssen geprägt. Der vorherrschende Bodentyp ist Parabraunerde und die Bodenart der Krume lehmiger Sand bis sandiger Lehm.

01.08.1956	Beginn der Versuchsarbeiten mit Winterweizen und Kartoffeln auf dem Prüffeld der ZfS
01.10.1956	Vertragsabschluss über 20 ha Versuchs- und Ausgleichsflächen (Versuche rotieren mit den Wirtschaftsschlägen des VEG Tützpatz)
01.10.1956 – 03.10.1990	Versuchstation der Zentralstelle für Sortenwesen der DDR
15.03.1960	Einrichtung eines festen Versuchsfeldes
April 1961	Baubeginn des Stationsgebäudes
01.08.1962	Nutzungsvertrag über 6 ha Versuchsfläche und 14 ha Ausgleichsfläche
1968	Bau des Wirtschaftsgebäudes mit Kartoffelkeller
1972	Ausgliederung von 20 ha Versuchs- und Ausgleichsfläche aus LPG
1973	Spezialisierung auf Kartoffeln, Rotklee und Zuckerrüben (ab 1980 auch Erdbeeren)
01.01.1980	Eigenbewirtschaftung der Gesamtfläche (vorher teilweise durch KAP Tützpatz)
1982	Flächenreduzierung auf 14 ha (Bau- und Gartenland)
1987	Bau der Unterstellhalle
04.10.1990 – 30.06.1991	zugehörig zum Bundessortenamt (BSA) in Hannover
01.07.1991 – 31.12.1991	zugehörig zur Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern/ Schleswig-Holstein (LMS) in Bad Doberan
seit 01.01.1992	Versuchsstation der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Abteilung Versuchswesen Versuchsfläche 14 ha

Stationsleiter:

1956 – 1958	Herr Matz
1958 – 1960	Herr Deppe
1960 – 2001	Wolfgang Jacob
seit 2001	Rudolf Kohls

Aktuelle personelle Besetzung:

Rudolf Kohls, Herbert Manthey, Lothar Behtke; als Saisonkräfte Ute Manthey und Regina Raude

Vipperow liegt an der Südspitze der Müritz im Sandergebiet südlich der Endmoränenzüge. Das Gebiet ist überwiegend eben bis leicht wellig. Die Witterung in Vipperow ist von der Müritz beeinflusst. Mit einer mittleren Niederschlagsmenge von 627 mm sind die Wasserverhältnisse etwas bevorzugt. Braunerde ist hier der vorherrschende Bodentyp und anlehmiger Sand die Bodenart der Krume.

02.08.1956 – 31.12.1962	Beginn der Versuchsarbeiten, Außenstelle von Groß Nemerow, zugehörig zum LVU (**L**andwirtschaftliches **V**ersuchs- und **U**ntersuchungswesen Rostock), wechselnde Versuchsflächen
01.01.1963 – 31.12.1968	Versuchsarbeiten, zugehörig zum LBI (**L**andwirtschaftliches **B**ezirks**i**nstitut Hohenzieritz), wechselnde Versuchsflächen
ab 1968	Einrichtung eines stationären Versuchsfeldes
01.01.1969 – 03.10.1990	Versuchsstation der Zentralstelle für Sortenwesen der DDR
1977	Umbau und Modernisierung des Stationsgebäudes
1987	Bau der Mehrzweckhalle
04.10.1990 – 30.06.1991	zugehörig zum Bundessortenamt (BSA) in Hannover
01.07.1991 – 31.03.1992	zugehörig zur Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern/ Schleswig-Holstein (LMS) in Bad Doberan
seit 01.04.1992	Versuchsstation der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Abteilung Versuchswesen Versuchsfläche 15 ha

Stationsleiter:

1956 – 1981	Hans-Dieter Kugel
1982 – 1996	Gernot Fabisch
1996 – 1998	Dr. Eckhard Lehmann
1998 – 2002	Dr. Andreas Gurgel
seit 2002	Wolf-Burckhardt Pajunk

Aktuelle personelle Besetzung:

Wolf-Burckhardt Pajunk, Christina Fritz, Ingbert Schulz; als Saisonkraft Gisela Haack

Gülzow liegt im Bützow-Güstrower Becken und ist ein typischer Standort im norddeutschen Moränengebiet. Das Bodenrelief ist leicht wellig in einer Höhenlage von ca. 10 m über NN. Ein maritim beeinflusstes Binnentieflandklima ist vorherrschend. Der Grundwasserstand beträgt bei reliefbedingten Schwankungen zwei bis drei Meter. Gülzow weist langjährig eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 8,2 °C und eine durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge von 542 mm auf.

1939	Erwerb des 798 ha großen ritterschaftlichen Gutes Gülzow bei Güstrow aus dem Besitz derer von Schaumburg – Lippe durch die von Lochow – Petkus GmbH.
1940	Aufbau des landwirtschaftlichen Betriebes und Beginn der Pflanzenzüchtung unter Leitung von Dr. Heinz Kress.
1945	Übernahme als Zuchtfiliale der Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern
1951	Forschungsstelle für Agrobiologie und Pflanzenzüchtung mit dem Lehr- und Versuchsgut Gülzow, Ausgliederung an die Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin
1962	Umbenennung zum Institut für Pflanzenzüchtung Gülzow – Güstrow der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Leiter Prof. Dr. Heinz Kress
1968	Übernahme der Leitung des Institutes durch Prof. Dr. Arno Winkel
1970	Übernahme des Versuchsbetriebes Rostock – Biestow der Universität Rostock für spezielle Aufgaben der Produktionsforschung
1975	Übernahme der Saatzuchtstation Boldebuck der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg
01.01.1992	Gründung der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Direktor Prof. Dr. Dr. Christian Gienapp Einbindung der Versuchsstation in die LFA

landwirtschaftliche Versuchsfläche	87 ha
ökologisches Versuchsfeld	7 ha
gartenbauliches Versuchsfeld (seit 2005)	
Obstbau	3 ha
Gemüsebau	4 ha

Stationsleiter:

1991 – 1999	Fritz Möller
1999 – 2005	Michael Austen
seit 2005	Wolf-Burckhardt Pajunk

Aktuelle personelle Besetzung:

Wolf-Burckhardt Pajunk, Michael Austen, Raiko Angeli, Dieter Thode

Regionales Sortenwesen

Die Rolle des Züchtungsfortschrittes und des öffentlichen Sortenversuchswesens für Gesellschaft und Landwirtschaft

Volker Michel, Gabriele Pienz

Die Landwirtschaft arbeitet mit Organismen, deren Eigenschaften in hohem Maße genetisch determiniert sind. Bei allen wirtschaftlich bedeutsamen Kulturpflanzenarten (und Nutztieren) gibt es umfangreiche Bemühungen zur Erhöhung des genetischen Potenzials durch gezielte Züchtung. Im Ergebnis von Pflanzenzüchtung und Sortenprüfung gelangen neue Sorten in die landwirtschaftliche Produktion. Das Produktionsmittel Sorte und Saatgut hat eine herausragende betriebliche und gesamtgesellschaftliche - regionale und globale – Bedeutung. Weltweit ist der Faktor Sorte der wichtigste Intensivierungsfaktor in der Pflanzenproduktion, etwa 60 % des erforderlichen Anstiegs der weltweiten Nahrungsmittelproduktion wird vom Faktor Sorte / Genotyp erbracht werden müssen. Auch national ist Züchtung der beständigste wirksamste und nachhaltigste Intensivierunsfaktor. Eine Abflachung des Aufwärtstrends im jährlichen Züchtungsfortschritt ist bislang nicht zu erkennen.

Die Frage der richtigen Sortenwahl erhält durch die für die Landwirtschaft gegebenen Rahmenbedingungen und dem sich daraus ergebenden ökonomischen Zwang zu marktgerechter, kostengünstiger und umweltverträglicher Produktion ein immer größeres Gewicht. Dieser Bedeutung trägt in Deutschland das Saatgutverkehrsgesetz umfassend Rechnung. Es dient dem Schutz des Verbrauchers und der Versorgung der Landwirtschaft mit hochwertigem Saatgut resistenter, qualitativ hochwertiger und leistungsfähiger Sorten. Deswegen werden nur Sorten zugelassen, die die Voraussetzung des landeskulturellen Wertes erfüllen. Er wird im Gesetz wie folgt definiert: „Eine Sorte besitzt landeskulturellen Wert, wenn sie nach der Gesamtheit der wertbestimmenden Eigenschaften gegenüber den zugelassenen vergleichbaren Sorten eine deutliche Verbesserung für den Pflanzenbau (z.B. Resistenz) oder für die Verwertung des Erntegutes (z.B. Speisekartoffeln) oder für aus dem Erntegut gewonnener Erzeugnisse (z.B. Backwaren) erwarten lässt."

Die Agrarministerkonferenz vom 7.10.2004 hebt die Bedeutung des Züchtungsforschrittes und des öffentlichen, regionalen Sortenversuchswesens hervor: „Die Agrarministerkonferenz stimmt darin überein, dass eine umweltgerechte Landwirtschaft leistungsfähige, qualitativ hochwertige und gesunde Sorten mit ausgeprägten Qualitätseigenschaften und guter Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und abiotische Schadfaktoren braucht. Der mit neuen Sorten verbundene Züchtungsfortschritt sollte daher schnell in die landwirtschaftliche Praxis eingeführt werden. Ein standortangepasstes und auf die Praxisbelange ausgerichtetes Sortenversuchswesen trägt dazu bei, eine nachhaltige und ökologisch verträgliche Pflanzenproduktion zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit der Landwirtschaft zu stärken. Die Verbraucher profitieren von verbesserten Wert gebenden Inhaltsstoffen, äußeren Qualitätseigenschaften, Verarbeitungseigenschaften und einer höheren Nahrungsmittelsicherheit."

Die Ergebnisse pflanzenzüchterischer Arbeit in Form von leistungsfähigeren Sorten bedürfen der schnellen Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis. Dabei ist die Sortenwahl im Vergleich zu anderen Faktoren besonders stark erschwert durch die nicht standardisierbaren Faktoren des Standortes (Boden und Klima), die in starkem Maße die Ausprägung von Sorteneigenschaften beeinflussen. Ein durchgängiges Sortenversuchswesen von der Wertprüfung in Zuständigkeit des Bundessortenamtes über die Sortenzulassung bis zu den regionalen Landessortenversuchen stellt die wesentliche Grundlage für die Beratung und die Entscheidungsfindung der Landwirte dar (Abb. 1). Im Hinblick auf das agrarpolitische Ziel, der Landwirtschaft das Produktionsmittel Saatgut in garantierter Qualität zur Verfügung zu stellen und den Züchtungsfortschritt schnell überzuleiten, haben sich Bund und Länder auf ein kostengünstiges Versuchs- und Prüfsystem geeinigt, das in weiten Bereichen eng verzahnt ist. Dieses arbeitsteilige System von Bund und Ländern ist nur aufrechtzuerhalten, wenn auf beiden Seiten ausreichend Prüfkapazität zur Verfügung gestellt wird.

Nutzeffekte des Sortenwesens für den Landwirt, Beispiel Winterweizen:

- Überleitung von bis zu 2 % Ertragssteigerung jährlich;
- über 5 dt/ha kostenfreie Mehrerträge der Empfehlungssorten zum Mittel der vertriebsfähigen Sorten;
- Kostensparung durch verringerten Betriebsmitteleinsatz;
- höhere Ertragsstabilität und Elastizität des Verfahrens
- geringere fundamentale Risiken wie z.B. Auswinterung, Mykotoxinbelastung, Fallzahl / Auswuchs, Starklager;
- sicherere Vermarktungsqualität;
- Hinweise zur Einbindung in das Produktionsverfahrens (z.B. sortenspezifische Intensität, optimierte Plazierung der Sorten nach Standort, Vorfrucht, Saatzeit, Bodenbearbeitungsintensität u.ä.).

Für viele Betriebe stellen diese Effekte die Sicherung der Rentabilität und Wettbewerbsfähigkeit dar. Der mit der richtigen Sortenwahl verbundene ökonomische Vorteil wiegt umso schwerer, als er für den Betrieb quasi ein kostenfreier Gratisfaktor ist.

Nutzeffekte des Sortenwesens für Gesellschaft und Verbraucher:

- verbesserte Nachhaltigkeit des Produktionsverfahrens;
- verbesserte ökologische Verträglichkeit z.B. durch günstige N-Bilanzen (Entzug – Düngung) oder geringerer Pflanzenschutzmitteleinsatz durch Nutzung von Resistenzen
- verbesserte Wert gebende Inhaltsstoffe, äußere Qualitätseigenschaften, Verarbeitungseigenschaften und höhere Nahrungsmittelsicherheit;
- rentable Produktion bewirkt Wertschöpfung, Arbeitsbindung, Wettbewerbsfähigkeit, Steuereinnahmen u.ä.

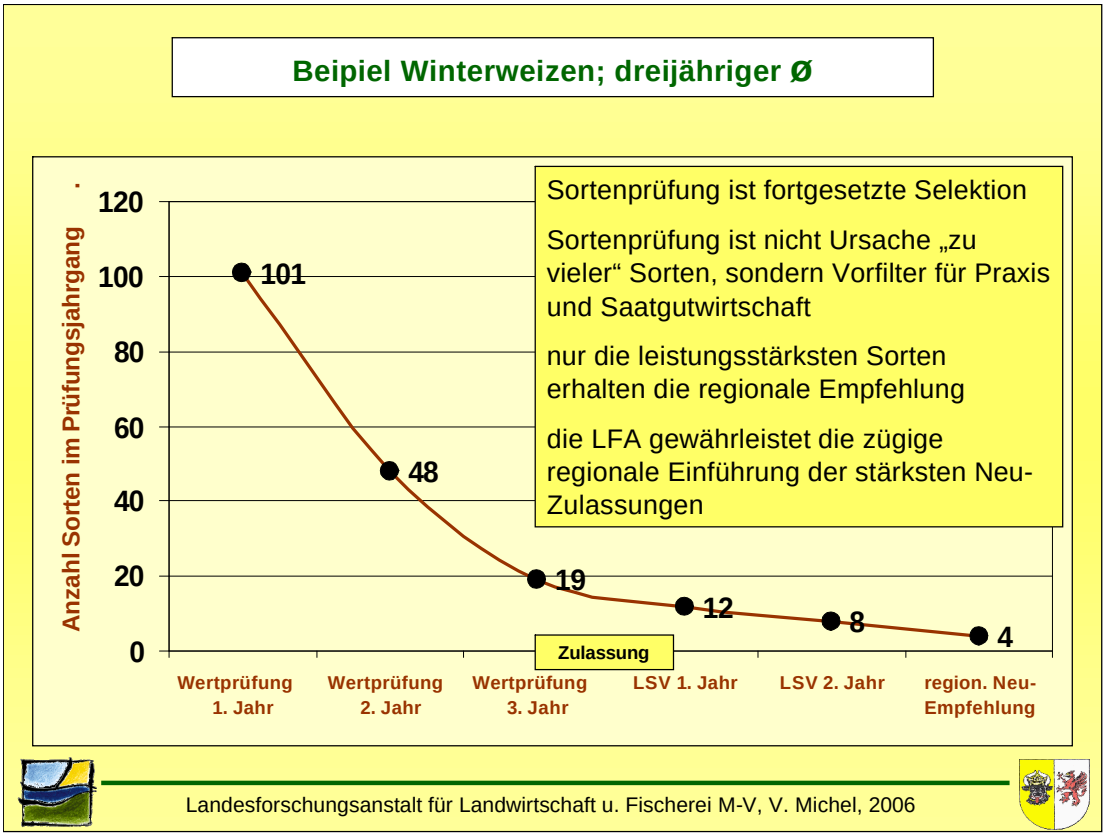


Abb. 1: Selektionsprozess in der Sortenprüfung von der Anmeldung zur Wertprüfung bis zur regionalen Zulassung

Boden-Klima-Räume und Anbaugebiete als Basis des regionalisierten Sortenwesens in Deutschland

Dietmar Roßberg[1], Volker Michel, Rudolf Graf[2], Ralf Neukampf[1]

Einleitung

Für die Bundesrepublik Deutschland existiert eine Vielzahl von Gebietsgliederungen. Die bekannteste und wohl auch am häufigsten genutzte ist die Einteilung in Bundesländer, Regierungsbezirke, Kreise und Gemeinden. Es gibt aber auch Gebietsgliederungen ohne jeden Bezug auf solche administrative Gesichtspunkte (z. B. geologische Karten, Naturraumgliederungen und ähnliches).
Grundsätzlich gilt: Jede Definition von Teilgebieten ist abhängig von der konkreten Zielstellung, den verfügbaren Daten bzgl. der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren und der dafür verwendeten Methodik. In der Regel entsteht also immer eine neue eigenständige Karte.
Das gilt natürlich auch für den Bereich „Landwirtschaft". So wurde in den vergangenen Jahren vom Arbeitskreis „Koordinierung im Versuchswesen" beim Verband der Landwirtschaftskammern, in dem u. a. alle für das Sortenversuchswesen zuständigen Länderdienststellen vertreten sind, eine Einteilung der Bundesrepublik in Boden-Klima-**Räume** mit dem Ziel erarbeitet, die Durchführung und Auswertung von Sortenversuchen und die Sortenberatung zu optimieren. Parallel dazu definierte die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Boden-Klima-**Regionen** für ihre statistischen Erhebungen zum Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau (NEPTUN-Projekt). Letztere wurde den Amtlichen Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer zu einer Stellungnahme vorgelegt. Da in der Mehrzahl der Bundesländer Pflanzenschutzdienst und Sortenversuchswesen unter dem gemeinsamen Dach einer Landesanstalt für Landwirtschaft oder einer Landwirtschaftskammer organisiert sind, ergaben sich aus der Existenz von zwei verschiedenen Gebietsgliederungen (dazu noch mit sehr ähnlichen Bezeichnungen) zum einen gewisse Irritationen und zum anderen der Wunsch, die entsprechenden Karten miteinander abzustimmen.
In einer aus diesem Grund einberufenen Arbeitssitzung wurde beschlossen:

- Eine Abstimmung zwischen den verschiedenen Institutionen wird befürwortet.
- Ziel ist es, Gebiete mit relativ homogenen Standortbedingungen für die landwirtschaftliche Produktion abzugrenzen. Dabei gilt es, vor allem die unterschiedlichen Einflüsse von Bodengüte und Klima zu berücksichtigen. Deshalb sollen diese Teilgebiete auch als Boden-Klima-Räume (BKR) bezeichnet werden.
- Die Anzahl der zu definierenden Boden-Klima-Räume soll zwischen 50 und maximal 80 liegen.
- Diese BKR stellen dann die Einheiten dar, aus denen größere, dem jeweiligen Verwendungszweck angepasste Teilgebiete (Regionen) zusammengesetzt werden (im Sortenversuchswesen z. B. fruchtartspezifische Anbau- oder Beratungsgebiete; im Pflanzenschutz NEPTUN-Erhebungsregionen Ackerbau).

Methodik und Ergebnisse

Auf die in wissenschaftlichen Veröffentlichungen übliche Trennung von Methodik und Ergebnissen wird hier bewusst verzichtet, weil dadurch die einzelnen Arbeitsschritte und die daraus resultierenden Teilergebnisse viel klarer herausgearbeitet bzw. dargestellt werden können und der gesamte Entwicklungsprozess für den Leser besser nachvollziehbar ist.

Flächenbezug

In Hinblick auf die späteren Verwendungszwecke der zu erarbeitenden Gebietsgliederung wurde entschieden, die Boden-Klima-Räume auf der Basis von Gemeindegrenzen zu definieren. Nur so kann die praktische Nutzung dieser Gebietsgliederung für die verschiedenen Aufgaben gewährleistet werden. Zusätzlich erleichtert dieses Vorgehen die verwaltungstechnische Umsetzung (Zuordnung von landwirtschaftlichen Betrieben zu den BKR, Erhebung und Verwaltung BKR-bezogener Daten usw.).

[1] Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz
[2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Außerdem entsprach diese Festlegung auch den Gegebenheiten bzgl. der zur Verfügung stehenden, digitalisierten Geometriedaten (GEM 2000; ein Produkt der Firma ESRI[1]).
Auch für alle weiteren, in der Folge beschriebenen GIS-bezogenen Arbeiten wurden Software-Werkzeuge (ArcGIS, ArcInfo, ArcMap[2]) der Firma ESRI genutzt.

Einflussfaktoren

Die zwei wesentlichsten Einflussfaktoren des Standortes auf die landwirtschaftliche Produktion sind Boden und Witterung.
Für die Quantifizierung des Einflussfaktors „Boden" wurde die Karte „Leitbodenarten Deutschlands" (Abb. 1), die von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe erstellt wurde, genutzt. Jedem dieser Leitböden wurde anhand einer Tabelle (SCHULZKE, unveröffentlicht) eine Bodenwertzahl zugeordnet. Der damit verbundene, teilweise erhebliche „Informationsverlust" war leider nicht zu vermeiden. Durch einen Verschnitt der Daten mit den Gemeindegrenzen konnte für jede Gemeinde eine gewichtete mittlere Bodengüte berechnet werden (Abb. 2).
Die Quantifizierung des Einflussfaktors „Witterung" erfolgte durch klimatologische Werte. Dadurch wurden Auswirkungen von zufälligen, jahresspezifischen Besonderheiten des Wetters bei der Definition der BKR vermieden. Es standen Daten von 401 meteorologischen Stationen (im weiteren Klimastationen genannt) zur Verfügung. Jeder Gemeinde wurde eine für die jeweilige Gemeinde repräsentative Klimastation zugeordnet.
Da die Ansprüche an Temperatur und Wasserversorgung (Niederschlag) sowohl quantitativ als auch terminlich fruchtartspezifisch variieren, musste ein Kompromiss für die Einbeziehung dieser beiden meteorologischen Einflussgrößen getroffen werden. Es wurde entschieden die mittlere Monatstemperaturen und die mittleren monatlichen Niederschlagssummen bezogen auf den Zeitraum von März bis August zu nutzen (Abb. 3 und 4).

Clusterbildung

Im nächsten Arbeitsschritt wurden mit Hilfe eines Clusterungsverfahrens (SAS[3]; proc cluster; method=ward) die Gemeinden mit ähnlichen Eigenschaften bzgl. Bodengüte, Temperatur und Niederschlag zu größeren Gebieten (Cluster) zusammengefasst. Voraussetzung für eine nachvollziehbare Gruppierung war die Beschränkung auf die drei weitgehend unkorrelierten Variablen. Zum Abgleich des unterschiedlichen Skalenniveaus und als Voraussetzung für die Gleichgewichtung der Variablen erfolgte eine Standardisierung. Die Auswertung verschiedener Gütekriterien (Cubic Clustering Criterion [CCC]; Root Mean Square Standard Deviation [RMSSTD]) ergab unter Beachtung der Vorgabe, „so wenig wie möglich, aber so viel wie nötig" Cluster zu bilden, dass eine Zusammenfassung zu 70 Clustern den Rahmenbedingungen am besten entspricht. Diese 70 Cluster bildeten aber erwartungsgemäß keine zusammenhängenden Gebiete sondern setzten sich jeweils aus einer Vielzahl von Teilflächen (2131 Patches) zusammen. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen und ohne dadurch die Zielstellung für die Gebietsgliederung zu beeinträchtigen, wurden anschließend alle Patches, die kleiner als 20.000 ha waren, mit der Nachbarfläche vereinigt, die bzgl. der Kennziffer „mittlere Bodengüte" am ähnlichsten war. Damit wurde die Anzahl der Patches auf 439 verringert.

„vorläufige" Definition der Boden-Klima-Räume

Die Gebietsgliederung in diese 439 Teilflächen (Patches) gleicht allerdings noch immer einem „Flickenteppich" und kann in dieser Form nicht in der Praxis genutzt werden. Es galt also, die abgegrenzten Teilflächen noch weiter zusammenzufassen. Hierfür waren aber ausschließlich mathematisch orientierte Verfahren nur bedingt bzw. nicht geeignet. An dieser Stelle war es notwendig, „Experten-Wissen" und „Vor-Ort-Kenntnisse" zusätzlich in das Verfahren einfließen zu lassen. Eine entsprechend kartierte Grundlage wurde vom Arbeitskreis „Koordinierung im Versuchswesen" erstellt. Auf diese Karte wurde in einem Beschluss der Agrarministerkonferenz vom 7.10.2004 zur Neuordnung des Sortenversuchswesens Bezug genommen. Leider wurden für die Erarbeitung der in dieser Karte dargestellten Gebietsgliederung keine einheitlichen Parameter für die Definition der Boden-Klima-Räume vereinbart. Ebenfalls fehlten Vorgaben bzgl. der anzustre-

[1] ESRI Geoinformatik GmbH, Kranzberg
[2] ArcGIS, ArcInfo, ArcMap Copyright © 1995-2005 ESRI
[3] SAS (Version 9.1), SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

benden Größe von Teilgebieten und für die maximal tolerierbare Heterogenität innerhalb der Teilgebiete. Andererseits werden aber regionale Besonderheiten angemessen widergespiegelt.
Die zweite Vorlage (Abb. 5) entstand unter Ausnutzung der Tatsache, dass das gewählte Verfahren für die Clusterbildung bei weiterer Verringerung der Clusteranzahl schrittweise jeweils „sich ähnelnde“ Cluster zusammenfasste. Unter Beachtung der oben erwähnten Gütekriterien wurde entschieden, die 70 Cluster in 11 Cluster-Gruppen einzuordnen und alle zu einer Cluster-Gruppe gehörenden Patches einheitlich „einzufärben“. Zusätzlich wurde die Farbgebung so gestaltet, dass „sich ähnelnde“ Clustergruppen mit gleicher Grundfarbe in unterschiedlichen Tönungen dargestellt werden (z. B. drei Grüntöne). Diese Herangehensweise führte zu einer weitaus nachvollziehbaren Visualisierung der standortkundlichen Gegebenheiten in Deutschland. Übereinstimmungen zu der vorwiegend auf der Kenntnis regionaler Gegebenheiten basierenden Gebietsgliederung wurden augenscheinlich.

„endgültige“ Definition der Boden-Klima-Räume
Im letzten Arbeitsschritt wurde der bis hierher erarbeitete Vorschlag zur Definition der Boden-Klima-Räume sowohl als Karte als auch als Liste (Tab. 1) mit der entsprechenden Zuordnung der einzelnen Gemeinden zu den BKR den zuständigen Behörden der Bundesländer übermittelt. Die entsprechenden Fachleute „vor Ort“ wurden gebeten, diese Gebietsgliederung mit Ihren eigenen Erfahrungen und regionalspezifischen Standortparametern abzugleichen und ggf. Vorschläge für aus Ihrer Sicht sinnvolle Änderungen zu formulieren.
Auf dieser Grundlage wurden schließlich die Grenzen der neu zu definierenden Boden-Klima-Räume (Abb. 6, Tab. 1) festgelegt. Diese Abbildung repräsentiert somit eine Gebietsgliederung die auf messbaren, deutschlandweit einheitlichen Einflussfaktoren beruht und mit objektiven mathematischen Verfahren hergeleitet wurde; ergänzt mit einer auf Expertenwissen begründeten regionalen Feinjustierung.

Aggregation von Anbaugebieten im Sortenwesen
Der Beschluss der Agrarministerkonferenz vom 7.10.2004 verpflichtet die zuständigen Länderdienststellen für das Sortenwesen zur Bereitstellung von Sorteninformationen und Sortenempfehlungen auf „regionalisierter“ bzw. „anbaugebietsspezifischer“ Basis. Die Boden-Klima-Räume bilden dafür unabhängig von der Nutzungsrichtung die kleinste Einheit. Sie sind die Grundlage für die Aggregation von fruchtartspezifischen Anbaugebieten. Je nach Verbreitung und wirtschaftlicher Bedeutung der Pflanzenart sowie unter Berücksichtigung der jeweils differenzierten Wechselwirkungen zwischen Sorte und Umwelt setzt sich ein Anbaugebiet aus einem oder mehreren Boden-Klima-Räumen zusammen. Über das neue biometrische Verfahren der „Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung“ soll die regionale Auswertung der Sortenversuchsergebnisse in dynamisch überlappenden Anbaugebieten weiter verbessert werden.
Aufgrund der zwischen den Pflanzenarten sehr unterschiedlichen Aggregation der Anbaugebiete und der zusätzlichen Komponente von gegenseitigen Überlappungsgebieten wird auf eine Darstellung dieser Anbaugebiete hier Stelle verzichtet.

Diskussion
Die vorliegende Gebietsgliederung „Boden-Klima-Räume der Bundesrepublik Deutschland“ stellt einen Konsens zwischen den Anstalten für Landwirtschaft bzw. den Landwirtschaftskammern der Bundesländer und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft dar. Die beteiligten Behörden werden die darin definierten Boden-Klima-Räume (BKR) als Bausteine für die Erstellung weiterer, speziellen Zielstellungen genügenden, „gröberen“ Gebietsgliederungen (siehe Einleitung) verwenden. Aufgrund der eindeutigen Abgrenzung der BKR auf der Basis von Gemeindegrenzen wird auch eine eindeutige Zuordnung jedes landwirtschaftlichen Betriebes ermöglicht und damit die administrative Verwaltung und Handhabung dieser Gebietsgliederung erleichtert bzw. überhaupt erst ermöglicht. Insbesondere gilt dies auch für Anwendungen im Zusammenhang mit geographischen Informationssystemen (z. B. Präsentation von BKR-bezogenen Kennziffern als Karten). „Last but not least“ konnte somit eine die praktische Arbeit erschwerende Parallelentwicklung bzgl. landwirtschaftlicher Gebietsgliederungen vermieden werden.
Im Sortenversuchswesen der Länderdienststellen werden die BKR unabhängig von der Nutzungsform als kleinste Einheit für die Bildung pflanzenartspezifischer Anbaugebiete für die regio-

nale Sortenprüfung und –beratung verwendet. Über das neue biometrische Verfahren der „Hohenheim-Gülzower Serienauswertung“ soll zukünftig die regionale Auswertung der Sortenprüfergebnisse in dynamisch überlappenden Anbaugebieten weiter verbessert werden.
Aufgrund der wissenschaftlichen Herangehensweise bei der Definition der BKR unter Einbeziehung von regionalem Expertenwissen erhoffen sich die Autoren eine hohe Akzeptanz für die vorgestellte Gebietsgliederung.

Tab.1: Boden-Klima-Räume

BKR-Nr.	BKR-Bezeichnung
1	mittlere diluviale Böden MV und Uckermark
2	sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentieflandes
4	trocken-warme diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes
5	vorpommersche Sandböden im Uecker-Randow-Gebiet
6	Oderbruch
7	Lößböden in der Ackerebene (Ost)
8	Lößböden in den Übergangslagen (Ost)
9	diluviale Böden der Altmark und Überlappung nördliches Niedersachsen
11	Verwitterungsböden in den Übergangslagen (Ost)
12	Verwitterungsböden in den Höhenlagen (Ost)
13	Nordwestbayern-Franken
14	Albflächen und Ostbayerisches Hügelland
15	Tertiär-Hügelland Donau-Süd
16	Gäu, Donau- und Inntal
17	Moränen-Hügelland und Voralpenland
20	Hochrhein-Bodensee
21	Rheinebene und Nebentäler
22	Schwäbische Alb, Baar
23	Oberes Gäu und körnermaisfähige Übergangslagen
27	Mittellagen Rheinland-Pfalz und Saarland
28	Hunsrück, Westerwald
29	Hocheifel / Höhenlagen
30	Odenwald, Spessart
32	Osthessische Mittelgebirgslagen
33	Zentralhessische Ackerbaugebiete, Warburger Börde
34	Sauerland, Briloner Höhen
41	Jülicher Börde, Zülpicher Börde / Niederungslagen, feucht
42	oberer Mittelrhein, Niederrhein, südliches Münsterland
43	Ost-Westfalen, Lippe, Haarstrang, Bergisches Land / Übergangslagen mäßig feucht
44	Münsterland / Niederungslagen, trocken
45	Südhannover / Lehmböden
46	Lüneburger Heide / Sandige Böden
47	mittleres Niedersachsen / leichte Lehmböden
48	südwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden
50	nordwestliches Weser-Ems-Gebiet / sandige Böden
51	Elbe-Weser-Dreieck / sandige Böden
52	Niedersächsische Küsten- und Elbmarsch
53	Geest - Süd
54	südliches schleswig-holsteinisches Hügelland
55	Marsch - Nord
56	Geest - Nord
57	nördliches schleswig-holsteinisches Hügelland
58	NW-Mecklenburg und Küstengebiet / bessere diluviale Böden
91	Teutoburger Wald
92	Harz
93	Rhön
94	Thüringer Wald
95	Erzgebirge
96	Bayrischer Wald
98	Schwarzwald
99	Alpen
03	Niederungsstandorte NO-Deutschland (überwiegend Moore)
60	Moore Nordwest-Deutschland

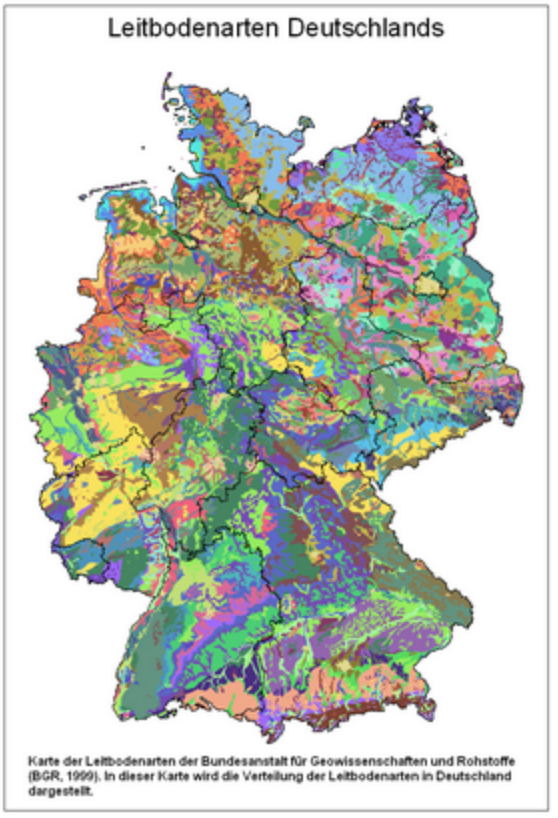


Abb.1: Leitbodenarten

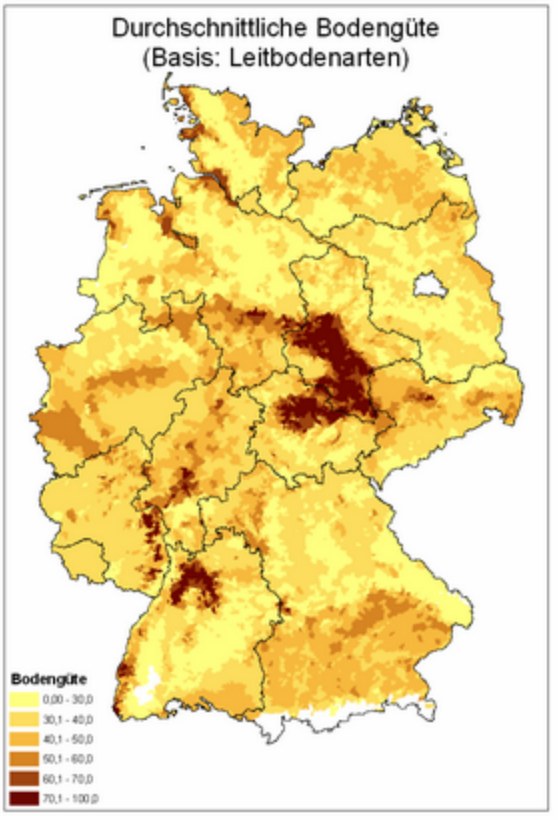


Abb. 2: Bodengüte

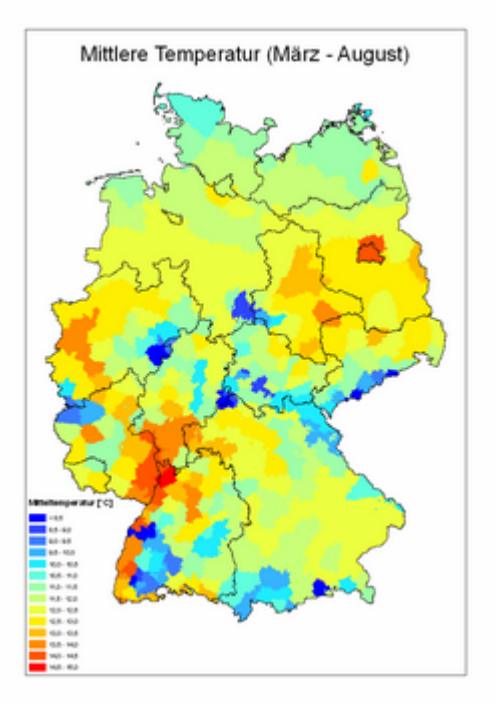


Abb. 3: Temperatur

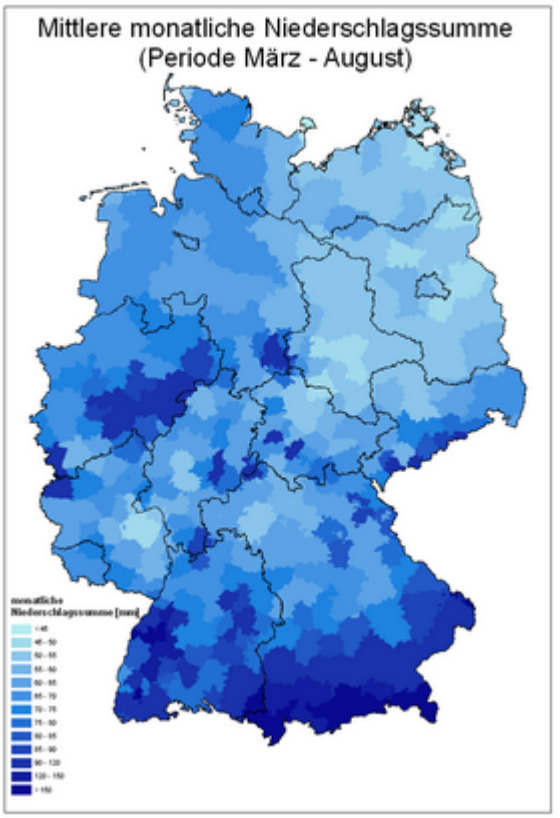


Abb. 4: Niederschlag

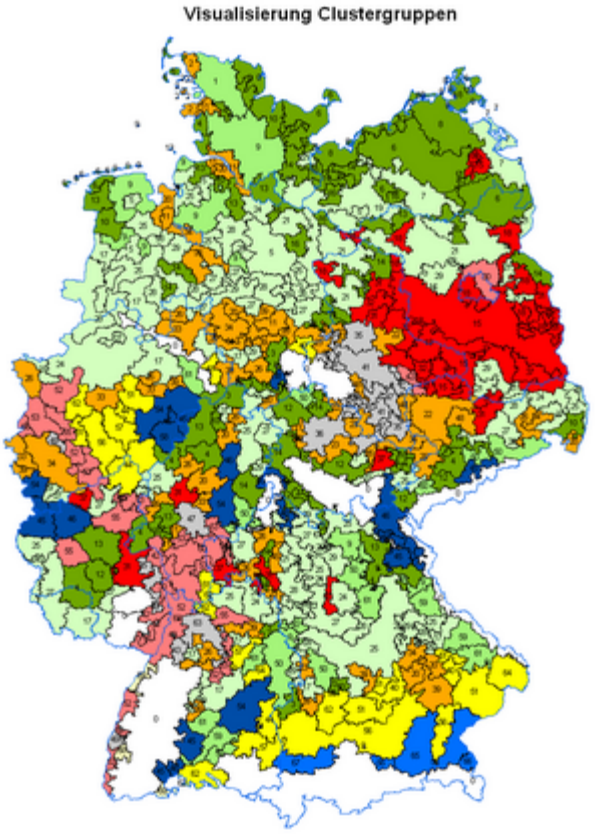


Abb. 5: Ergebnis der Clusteranalyse



Abb. 6: Boden-Klima- Räume

Das Informationsangebot der LFA zur Unterstützung bei der Sortenwahl in der Land- und Saatgutwirtschaft

Gabriele Pienz, Ralf-Rainer Schulz, Harriet Gruber, Volker Michel

Sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau ist der Faktor Sorte einer der wichtigsten Intensivierungsfaktoren überhaupt. Erschwerend wirken bei der Sortenwahl für den Landwirt die nicht standardisierbaren Standortfaktoren Boden und Klima. Sie beeinflussen wesentlich die Sortenrelationen. Eine regionale Sortenprüfung, sowohl unter konventionellen als auch unter den Produktionsbedingungen des ökologischen Landbaus, ist daher zwingend notwendig.
Aufgabe der Länderdienststellen für das Sortenwesen, in Mecklenburg-Vorpommern überwiegend wahrgenommen durch das Sachgebiet Sortenprüfung und Biostatistik der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV (LFA) ist es, die Landwirte bei der Sortenwahl wettbewerbsneutral zu unterstützen. Hierzu werden durch die LFA standortangepasste und auf die Praxisbelange ausgerichtete Sortenversuche angelegt, koordiniert und ausgewertet. Die Ergebnisse und Empfehlungen werden veröffentlicht, im Internet bereitgestellt sowie auf Fachveranstaltungen vorgetragen.
Die Empfehlungen werden nicht allein aus der regionalen Ertragsfähigkeit, sondern unter Einbeziehung der Qualität, Krankheitsresistenz und der produktionstechnischen Eigenschaften hergeleitet. Mit dem Anbau der leistungsfähigen, empfohlenen Sorten werden Mehrerlöse weitgehend kostenfrei erwirtschaftet. Insofern ist die Sortenwahl ein besonders effizientes Mittel zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Landessortenversuche werden mit den wirtschaftlich bedeutenderen Fruchtarten durchgeführt. Gegenwärtig sind dies Winterweizen, Winterraps, Wintergerste, Winterroggen, Triticale, Sommergerste, Sommerweizen, Hafer, Mais (Silo-, Körner- und Energiemais), Körnererbsen, Blaue Lupinen und Wirtschaftskartoffeln.

Zur Sortenwahl bietet die Landesforschungsanstalt für konventionell und ökologisch wirtschaftende Landwirte umfangreiche Unterstützung an. Im Folgenden soll die Angebotspalette während eines Vegetationsjahres vorgestellt werden:

Während der Vegetation, vorrangig im Juni, finden die jährlichen **Feldtage** statt. Hier erfolgt die Vorstellung der aktuellen Prüfsortimente an den Versuchsorten (siehe Abb. 1 und 2). Junge Sorten und Neuzulassungen stehen im unmittelbaren Vergleich zum Standardsortiment, welches vorrangig die Empfehlungssorten enthält. Der Besucher erhält erste Informationen zu diesen neueren Sorten und kann sie sich im Bestand vor Ort ansehen. Wichtig ist auch der Erfahrungsaustausch vor Ort mit den Mitarbeitern der Landesforschungsanstalt und anderen Landwirten.



Abb.1: Sortenversuche mit Kartoffeln im ökologischen Anbau *(Foto Thamm)*



Abb.2: Vorstellung des aktuellen Weizensortimentes zum Feldtag *(Foto Schulz)*

Nach der Ernte der Versuche erfolgt die rasche Darstellung der vorläufigen Ertragsergebnisse des aktuellen Jahres im Internet. Die **Vorinformationen** werden sofort nach der Ernte unter www.agrarnet-mv.de bereitgestellt und ständig aktualisiert (Abb. 3). Bei der Ansicht dieser Ergebnisse ist zu beachten, dass diese einjährigen Vorinformationen nur einen orientierenden Charakter haben. Die Ertragsergebnisse des aktuellen Jahres allein sind kein hinreichendes Kriterium zur Sortenwahl.

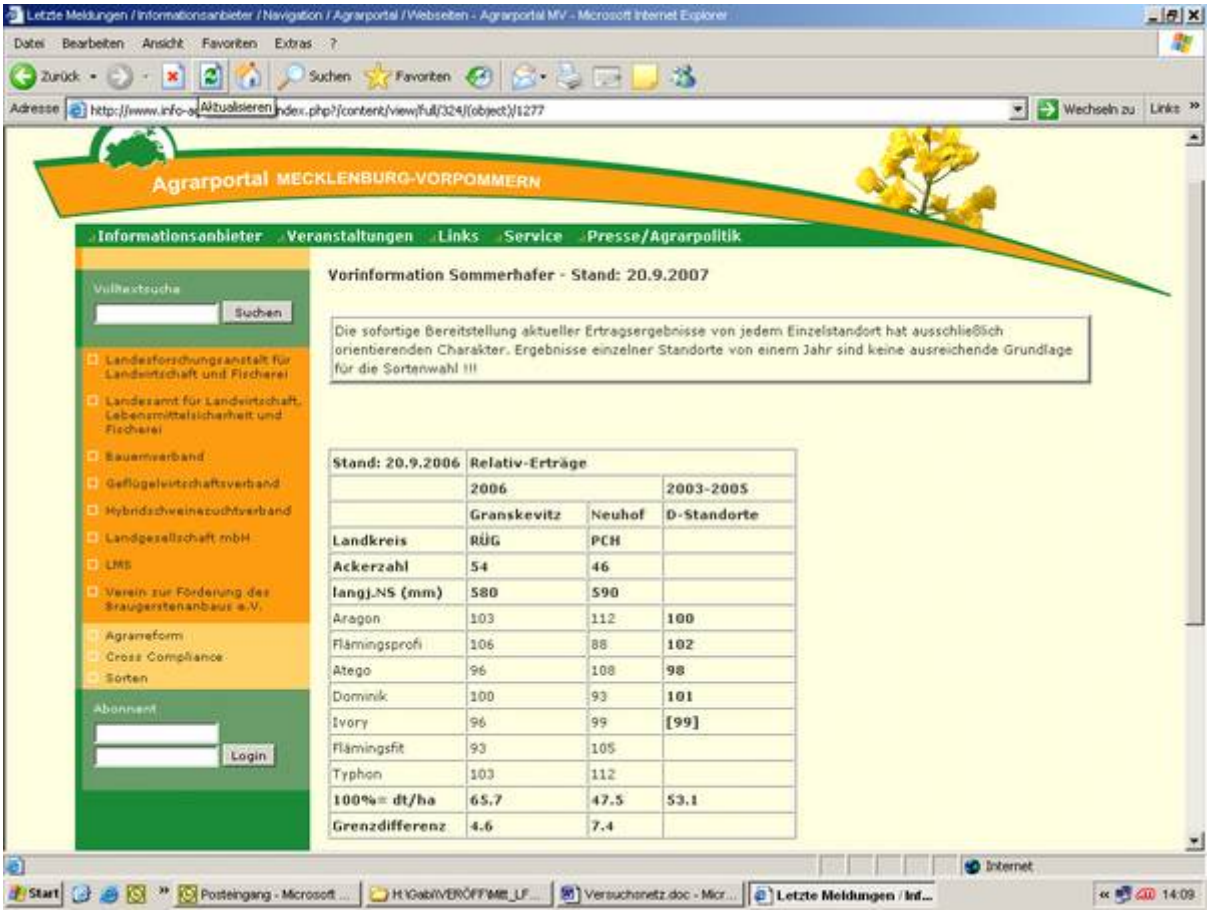


Abb. 3:Vorinformation zu den LSV Sommerhafer aus dem Versuchsjahr 2006

Nach Vorliegen der meisten Ergebnisse und Bonituren, einschließlich der Qualitätsergebnisse, werden die **Sortenempfehlungen**, siehe Abb. 4, bekannt gegeben. Dies erfolgt für die Winterungen zeitnah vor der Aussaat, bei den Sommerungen im Spätherbst zur Aussaatplanung für das kommende Jahr. Sie werden in Form von Faltblättern versendet und für einige Landwirte auch über den Verteiler der Abteilung Pflanzenschutzdienst des LALFF bereitgestellt. Die Sortenempfehlung enthält nicht nur die mehrjährigen Ertragsergebnisse sondern auch eine Bewertung der ertragsbestimmenden Merkmale. Aus diesen lassen sich wichtige Hinweise zur Aussaat und Bestandesführung ableiten. In flankierenden agrotechnischen Versuchen werden vorrangig für die empfohlenen Sorten Fragen zur Saatzeit- und Standorteignung sowie zur Pflanzenschutz- und Düngungsintensität bearbeitet. Ein unverzichtbarer Bestandteil der Sortenempfehlungen sind die Ergebnisse zur Qualität. Durch die Landesforschungsanstalt wird sichergestellt, dass die Qualitätsergebnisse termingerecht zur aktuellen Aussaat verfügbar sind.

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Acker-, Pflanzen – und Gartenbau
18276 Gülzow, Dorfplatz 1

Sortenempfehlung 2006/07 Winterweizen

Elitesorten

Die Sortenwahl sollte mit der aufnehmenden Hand abgestimmt sein !

Akteur: ertragsstark, sichere Qualität, hohe Blattseptoria-Anfälligkeit, Mehltauresistenz nicht mehr durchgehend wirksam, Saattermin: mittel - spät, auch für schwächere Weizenstandorte geeignet

Bei guten betrieblichen Erfahrungen können weiterhin die Sorten **Bussard, Enorm** und **Privileg** empfohlen werden.

Abb. 4: Auszug aus der Sortenempfehlung 2006/07 für Winterweizen

Die Beurteilung der Anbaueigenschaften und Qualität einer Sorte spielt bereits bei der Festlegung der Sortimente eine wichtige Rolle und kann ein Ausschlusskriterium für die Prüfung darstellen. So werden beispielsweise in den Landessortenversuchen Rapssorten mit einem Glukosinolatgehalt von mehr als 18 µmol/g lufttrockene Saat nicht berücksichtigt. Bei Winterweizen sind z.B. Schwächen in der Fallzahlstabilität und eine BSL - Note > 5 in der Anfälligkeit für Ährenfusarium Ausschlusskriterien. Im ökologischen Landbau werden Sorten mit geringer Krankheitsresistenz nicht geprüft.
Zeitgleich zum Versand der Faltblätter werden die Sortenempfehlungen im Internet unter www.agrarnet-mv.de eingestellt. Des Weiteren erfolgen Veröffentlichungen in der regionalen Fachpresse, vorrangig auf den Landesseiten der Bauernzeitung und den Verbandsnachrichten des Bauernverbandes.

Mecklenburg-Vorpommern

Landessortenversuche

Winterraps

2006

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei
Mecklenburg-Vorpommern
Institut für Acker- und Pflanzenbau
18276 Gülzow

Mecklenburg-Vorpommern

Landessortenversuche
Ökologischer Landbau

Wintergetreide
Sommergetreide
Körnerleguminosen
Kartoffeln

2005

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei
Mecklenburg-Vorpommern
Koordinierungsstelle ökologischer Landbau
18 276 Gülzow

Abb. 5: Deckblätter von Berichtsheften

Wenn alle Ergebnisse vorliegen, z.B. auch von Versuchen aus benachbarten Bundesländern die in die Auswertung zur Absicherung der eigenen Ergebnisse einfließen, wird der **Bericht** erstellt. Er steht ca. 2 Wochen nach Erscheinen der Sortenempfehlung im Internet zum Download zur Verfügung. Im Bericht sind neben den ein- und mehrjährigen Ertragsergebnissen auch die Boniturен an den Einzelstandorten des aktuellen Jahres (Abb. 6), die mehrjährigen Zusammenstellungen von Boniturен und Qualitätsmerkmalen sowie die Charakterisierung der Sorten hinsichtlich ihrer wichtigsten Anbaueigenschaften zu finden. Weiterhin enthält der Bericht allgemeine Angaben zur Standortcharakteristik der Versuchsorte, zum Witterungsverlauf und zur Versuchsdurchführung. Der speziell für den ökologischen Landbau bereitgestellte Sortenbericht wird nach gleicher Vorgehensweise erarbeitet.

3.2 Wachstumsbeobachtungen, Krankheitsboniturен und Qualitäten
3.2.1 Ergebnisse 2006

Tab. 10.1 a: Vipperow 2006

	AEHR	GREI	AUS_	PFLA	LAG_	HALM	AEHR	ZWIE	TYPH	MEHL	NETZ	RHYN	ZWER	BLAT	HLG	SORT	TKG_
	SCHI	DAT	WINT	LANG	VERN	KNIK	KNIK	WU	ULA	TAU	FLEK	CHO	ROST	FLEK		GR22	86
BBCH	59	87	31	83	89	89	89	.	25	61	73	73	73	73	89	89	.
Datum	23. 05.	01. 07.	03. 05.	26. 06.	12. 07.	12. 07.	12. 07.	.	10. 04.	01. 06.	14. 06.	12. 06.	12. 06.	14. 06.	13. 07.	13. 07.	.
Intensität ohne Fungizid																	
Lomerit	.	29. 06.	2,5	109	3,0	3,0	2,5	.	1	4,0	4,0	2,5	1	2,0	.	.	.
Merlot	.	01. 07.	3,5	118	1,5	2,0	3,0	.	1	1,5	3,5	3,0	1	3,0	.	.	.
Naomie	.	01. 07.	2,0	117	2,0	3,0	3,0	.	1	2,5	2,0	2,5	1	2,0	.	.	.
Laverda	.	30. 06.	2,0	104	2,0	3,0	2,5	.	1	1,5	2,5	2,0	1	2,0	.	.	.
Candesse	.	01. 07.	3,5	103	2,5	3,0	2,0	.	1	2,0	5,0	3,0	1	3,5	.	.	.
Action	.	01. 07.	2,5	114	1,5	2,0	3,0	.	1	3,5	3,0	2,0	1	2,0	.	.	.
Mercedes	.	02. 07.	2,5	116	2,5	2,0	2,0	.	1	2,5	3,0	2,0	1	3,5	.	.	.
Merilyn	.	03. 07.	2,5	114	1,5	2,0	2,0	.	1	3,5	3,0	3,0	1	2,0	.	.	.
Alinghi	.	02. 07.	2,5	112	2,0	2,0	1,5	.	1	3,0	2,5	2,0	1	2,0	.	.	.
Fridericus	.	30. 06.	2,0	115	1,5	2,0	1,0	.	1	3,5	3,0	2,0	1	2,0	.	.	.
Passion	.	01. 07.	3,0	106	2,5	2,5	1,0	.	1	1,5	3,0	1,0	1	3,0	.	.	.
Verticale	.	30. 06.	4,0	102	1,0	2,0	1,0	.	1	4,0	4,0	2,5	1	2,5	.	.	.
Campanile	.	01. 07.	3,0	107	2,0	2,5	1,0	.	1	3,0	3,5	2,5	1	3,0	.	.	.
Duet	.	01. 07.	3,5	115	1,5	2,5	1,5	.	1	1,5	2,0	4,0	1	2,5	.	.	.
Finita	.	30. 06.	2,0	99	3,0	2,0	1,0	.	1	2,0	3,0	2,5	1	2,5	.	.	.
Spectrum	.	01. 07.	5,0	95	2,0	2,0	1,0	.	1	3,0	3,0	3,5	1	3,0	.	.	.
Jorinde	.	02. 07.	3,5	109	2,0	2,0	1,0	.	1	2,5	3,0	2,0	1	2,0	.	.	.
Queen	.	01. 07.	2,0	105	2,5	2,0	2,0	.	1	3,0	3,0	2,5	1	2,0	.	.	.
Cantare	.	30. 06.	3,0	97	1,0	2,5	1,0	.	1	3,0	3,5	2,0	1	4,0	.	.	.
Emily	.	02. 07.	3,0	105	2,0	2,0	1,0	.	1	2,0	3,0	2,0	1	2,5	.	.	.
Finesse	.	02. 07.	2,5	102	2,0	2,5	1,0	.	1	3,0	3,5	2,5	1	3,0	.	.	.
Malwinta	.	02. 07.	3,0	104	2,0	2,0	1,5	.	1	2,5	3,0	2,5	1	2,5	.	.	.
GW 2370	.	03. 07.	3,0	108	1,5	2,0	1,0	.	1	1,5	3,0	3,5	1	2,5	.	.	.
Escape	.	30. 06.	3,0	107	1,5	2,0	1,0	.	1	2,5	4,0	2,0	1	3,5	.	.	.
Ges.MW	**.**	**01. 07.**	**2,9**	**107**	**1,9**	**2,3**	**1,6**	**.**	**1**	**2,6**	**3,2**	**2,5**	**1**	**2,6**	**.**	**.**	**.**

Abb. 6: Auszug aus dem Berichtsheft LSV Wintergerste 2006

Um einen schnellen Vergleich der aktuellen Ertragsergebnisse zu den Vorjahren zu ermöglichen, sind die **Ertragsniveaus der Landessortenversuche** in einer eigenen Rubrik im Internet wie alle Sorteninformationen unter www.agrarnet-mv.de zu finden.

Auf Grundlage der Ergebnisse aus den Landessortenversuchen und in Abstimmung mit den Länderdienststellen der benachbarten Bundesländer Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein werden die Sortimente für die Landessortenversuche sowohl für den konventionellen als auch für den ökologischen Anbau des kommenden Jahres gebildet. Hier erfolgt auch eine intensive Diskussion mit den Züchterhäusern, vor allem im Hinblick auf die Aufnahme von zur Zulassung anstehenden Stämmen der Winterungen, da die Sortenzulassung bei diesen erst im Frühjahr des folgenden Jahres erfolgt. Die **aktuellen Sortimente** für das kommende Erntejahr werden ebenfalls unter www.agrarnet-mv.de bereitgestellt.

Zum 10-jährigen Bestehen des Agrarportals MV wurde zur Landwirtschaftsausstellung MeLa 2006 ein neues Layout vorgestellt. In den folgenden Abbildungen 7 und 8 ist die neue Struktur des Internetangebotes für die Sorteninformationen dargestellt. Zum einen findet man alle Sorteninformationen unter der Rubrik Sorten auf den Internetseiten der LFA. Diese ist, wie bekannt, unter www.agrarnet-mv.de und dann weiter zur Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei zu finden (Abb. 7). Die neuesten Meldungen zu den Sorten sind außerdem im Internetforum Sorten auf der Startseite des Agrarportals schnell zugriffsbereit (Abb. 8).

Nutzen Sie die offizielle Sortenberatung der Landesforschungsanstalt!



Abb. 7: Internetangebot der LFA in der Rubrik Sorten

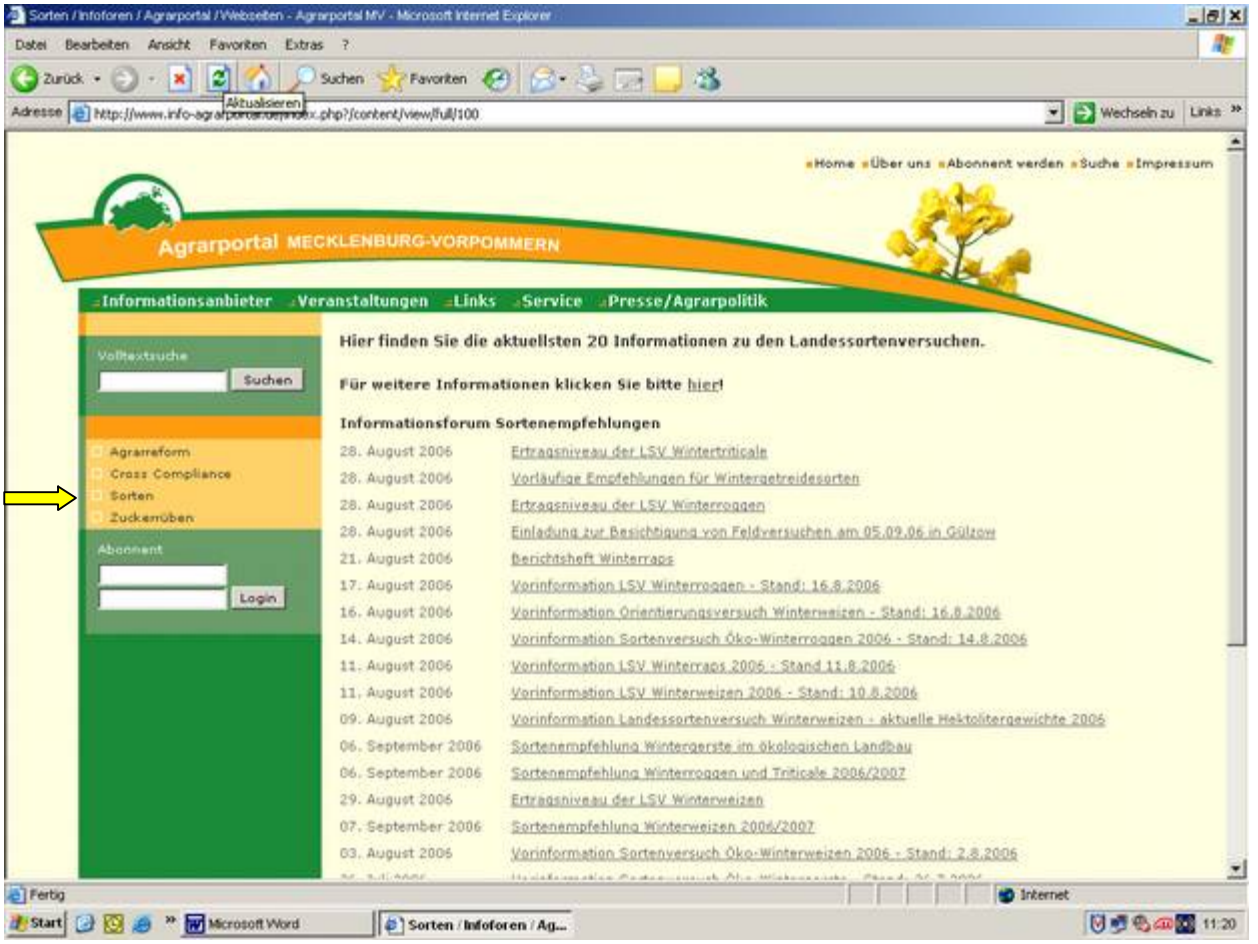


Abb. 8: Internetforum Sorten im Agrarportal

Die Unterstützung der Saatgutwirtschaft in Mecklenburg - Vorpommern durch die Landesforschungsanstalt

Einer der wichtigsten Partner im Zusammenhang mit der Überleitung des Züchtungsfortschrittes in die Praxis ist der Saatgutverband MV mit den ansässigen VO-Firmen. In den letzten Jahren hat sich die Kooperation zwischen LFA und Saatgutverband weiter zum Nutzen für die gesamte Branche vertieft.

Die LFA leistet umfangreiche Unterstützung für die Vermehrungsstrategien in den VO-Firmen. In gezielten Sortimentsberatungen mit den VO-Firmen werden Informationen insbesondere zu den Neuzulassungen und sehr jungen Sorten bereitgestellt, die noch nicht zur Empfehlung für die Praxis anstehen. Diese Exklusiv-Unterstützung ist erforderlich, weil die Vermehrungsentscheidungen je nach Vermehrungsstufe z.T. mehrere Jahre vor dem Praxisanbau getroffen werden müssen. Während sich die Empfehlung für die Praxis auf mehrjährige gefestigte Versuchsergebnisse der LFA stützt, erfolgen die Vermehrungsentscheidungen oft im Frühstadium der Sortenprüfung mit erheblichen marktwirtschaftlichen Risiken. Trotz der zu diesem Zeitpunkt noch nicht völlig gefestigten Sorteneinschätzungen und des damit verbundenen betrieblichen Risikos von Fehlentscheidungen hat sich diese Unterstützung bewährt. Voraussetzung für solide Früheinschätzungen ist u.a. eine in der LFA in Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim entwickelte innovative Auswertungsmethode, die nach einem Agrarministerbeschluss nun deutschlandweit in allen Regionen übernommen werden soll.

Es ist außerordentlich produktiv, wenn die Sortenempfehlungen der LFA in den VO-Firmen nachvollzogen und mitgetragen werden. Die leistungsstarke Saatgutwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern ist neben der eigenen Öffentlichkeitsarbeit der LFA ein wichtiger Übermittler der Sortenempfehlungen in die landwirtschaftliche Praxis. Insbesondere bei den Mähdruschfrüchten konnte durch diese Zusammenarbeit eine sehr weitgehende Übereinstimmung zwischen den Sortenempfehlungen der LFA, den Vermehrungsentscheidungen der VO-Firmen und der Sortenwahl in der Praxis erzielt werden. Gegenwärtig sind hier z.B. beim Getreide über 80% der in der Praxis angebauten Sorten Empfehlungssorten der LFA. Dem Landwirt steht aufgrund dieses Zusammenwirkens neben den etablierten Leistungsträgern auch frühstmöglich Saatgut aussichtsreicher neuer Sorten zur Verfügung.

Besonders bewährt haben sich abgestimmte Strategien zu speziellen Problem- und Risikobereichen. Beispielhaft ist das abgestimmte Vorgehen zur flächendeckenden Minimierung des Anbaus fusariumanfälliger Weizensorten. Die bundesweit abgestimmte Entscheidung der LFA, Weizensorten mit einer Fusariumeinstufung > 5 grundsätzlich nicht weiter zu prüfen, ist mit den VO-Firmen abgestimmt und wird auch bei ökonomisch interessanten Sorten mitgetragen. Damit wurde ein entscheidender Beitrag aus dem Sortenwesen und der Saatgutwirtschaft geleistet, um das Risiko der Mykotoxinbelastung in Nahrungs- und Futtergetreide im gesamten Bundesland zu senken. Risiken für die landwirtschaftliche Praxis, für die aufnehmende Hand und für die Verbraucher werden damit erheblich verringert und die gesellschaftliche Akzeptanz von Produkten aus der Landwirtschaft wird gefestigt.

Sortenwahl in der Praxis – eine komplexe Abwägung. Welchen Anteil hat die Resistenz?

Volker Michel, Gabriele Pienz

Aspekte der Sortenwahl

Viele Neuzulassungen der letzten Jahre zeichnen sich beim Winterweizen durch verbesserte Resistenzen aus. Bezüglich Ährenfusarium gibt es eine Vielzahl an Neuzulassungen mit verringerter Anfälligkeit. Eine gute bis mittlere Einstufung wird hier zunehmend zur Grundvoraussetzung für den sicheren, erfolgreichen Weizenanbau. Aber auch die Resistenzeinstufungen bei Blattkrankheiten und insbesondere auch bei Cercosporella sind tendenziell weiter verbessert.

Daraus ergibt sich die Frage, ob sich resistentere Sorten im Anbau durchsetzen können. Vorbehalte wie „Resistenz kostet Ertrag“ sind noch verbreitet. Resistenz kann aber die Produktionskosten deutlich senken (Spritzhäufigkeit, Mittelwahl, Aufwandmengen). Zudem wird das Produktionsverfahren robuster und sicherer, denn ein punktgenauer Fungizideinsatz wird nicht immer auf allen Schlägen und bei jeder Witterung gelingen. Anfällige Sorten tolerieren Abweichungen von der optimalen Behandlung weniger als resistente. Ein zunehmender Anteil resistenter Sorten im breiten Anbau führt letztlich auch zur Senkung des allgemeinen Infektionspotentials. Das Empfehlungssortiment der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA) hat sich innerhalb der letzten Jahre deutlich in Richtung resistenterer Sorten gewandelt.

Warum sinkt trotz Zunahme des Anbaus resistenter Sorten der Pflanzenschutzmitteleinsatz nicht adäquat? Eine Erklärung hierfür liegt darin, dass Resistenz gezielt genutzt wurde, um Produktionsweisen, die einem erhöhten Befallsdruck ausgesetzt sind, zu flankieren: höhere Anbauanteile, Selbstfolge und Frühsaat. Dadurch wurden Einsparpotentiale bei Pflanzenschutzmitteln anteilig wieder aufgezehrt.

Im Einzelfall sind Kompromisse auch bezüglich Resistenz allerdings unvermeidlich. Letztlich ist Sortenwahl immer eine komplexe Abwägung zwischen einer Vielzahl wertbestimmender Eigenschaften. Die Frage für den Landwirt ist, welche Sorte in ihrer Kombination aus Ertrag, Resistenz und anderen wertbestimmenden Eigenschaften unter Berücksichtigung vieler Rahmenbedingungen das beste ökonomische Ergebnis erwarten lässt (Abb. 1).

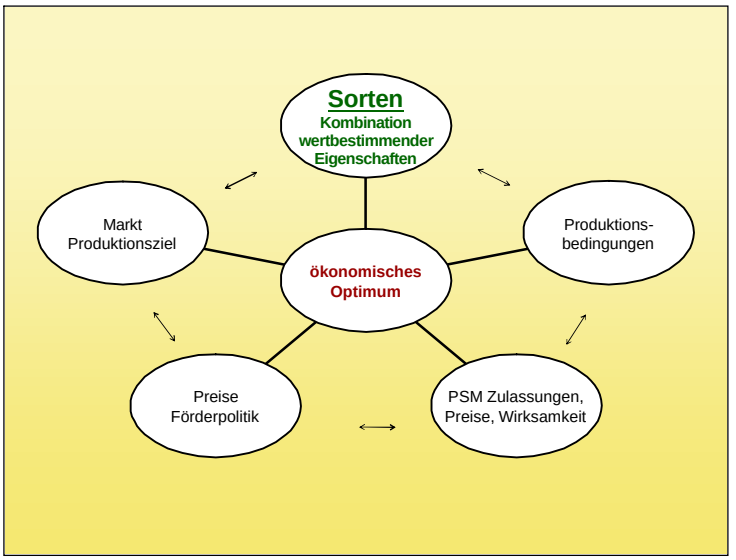


Abb. 1: Sortenwahl - eine komplexe Abwägung

Insofern sind äußere Eingriffe in die Sortenwahl - z.B. Mindesteinstufung bei Resistenzen als Förderbedingung - bezüglich ihrer Wirkung auf Märkte, Wirtschaftlichkeit etc. kaum kalkulierbar. Resistenz hat das Potential, sich „aus eigener Kraft“ auf Grund der wirtschaftlichen Vorteilswirkungen durchzusetzen.

Analysen zur betriebswirtschaftlichen Relevanz der Resistenz
In den Landessortenversuchen in Mecklenburg-Vorpommern wurde das Ertragsniveau aller Sorten sowohl bei einem ortsüblichen Niveau des Fungizideinsatzes (Stufe 2) als auch ohne Fungizideinsatz (Stufe 1) ermittelt. Wenn auch die Stufe 1 kaum praxisüblich ist, so liefert doch die Ertragsdifferenz zwischen beiden Stufen (Fungizideffekt) wichtige Hinweise über die Ertragswirksamkeit von Resistenzen (Abb.2).

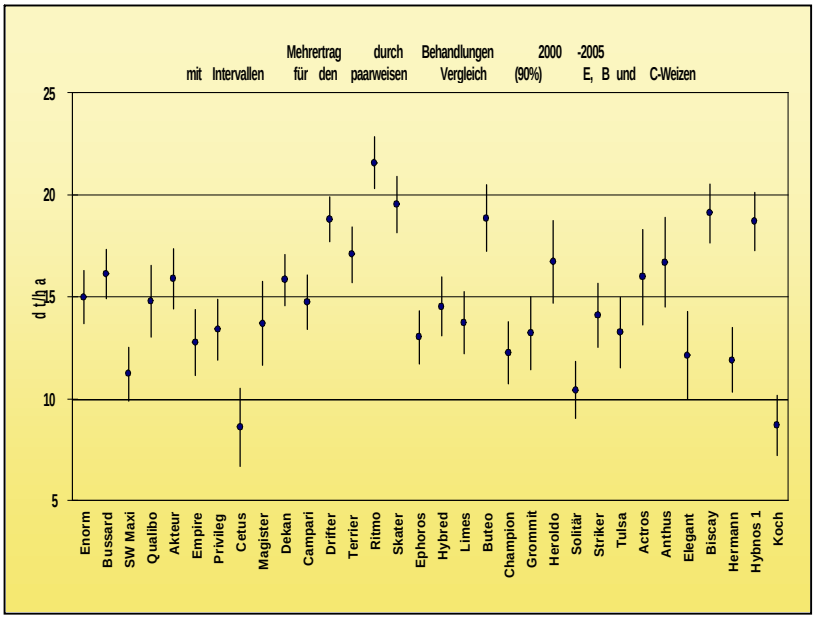


Abb. 2: Ertragswirkung des Fungizideinsatzes [dt/ha] *(langjähriges regionales Mittel)*

Die Differenzen im Fungizideffekt sind so erheblich, dass der optimale Fungizideinsatz sortenspezifisch sehr unterschiedlich ist. Das Einsparpotential an Pflanzenschutzmitteln durch gezielte Nutzung von Resistenzen ist entsprechend erheblich. Während anfällige Sorten häufig nur mit über 100 €/ha Fungizidaufwendungen optimal zu führen sind, gibt es moderne Sorten, die mit einem deutlich geringeren durchschnittlichen monetären Aufwand geführt werden sollten. Die Ertragsminderung aufgrund eines tolerierten Krankheitsbefalls im wirtschaftlichen Optimum wird durch die Einsparungen beim Fungizideinsatz kompensiert (Abb. 3).

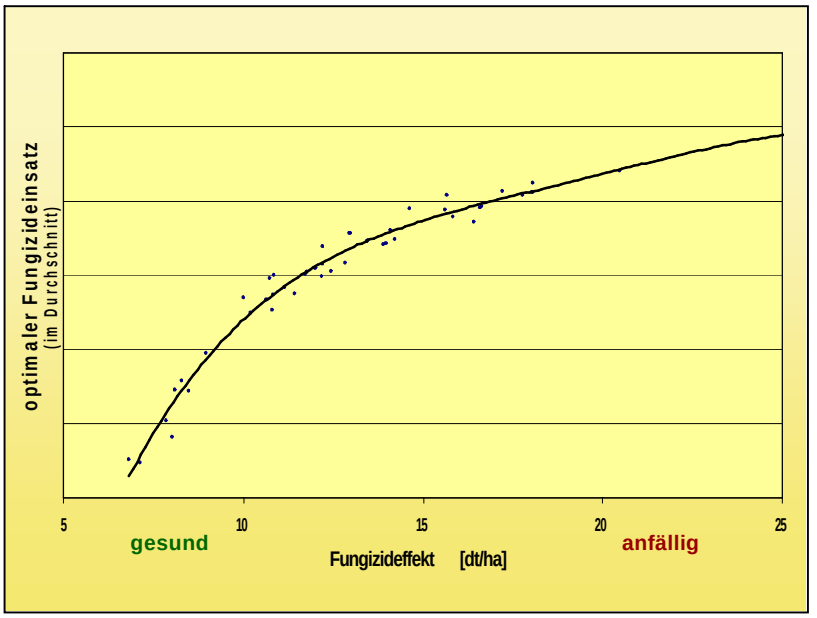


Abb. 3: Sortenspezifisch optimaler Fungizideinsatz *(Ordinate unskaliert)*

Bewertung in Landessortenversuchen (LSV)
Im Sortenversuch mit umfangreichen Sortimenten (Neuzulassungen) lässt sich allerdings nicht jede Sorte einzeln nach ihrem - vermeintlichen (!) - Optimum führen. Die abschließende Klärung der Fragen zur sortenspezifischen Führung bleibt nachfolgenden Intensitätsversuchen mit ausgewählten Sorten vorbehalten. Trotzdem soll die Auswertung und Interpretation der Landessortenversuche allen Sorten gerecht werden, nicht nur aus pflanzenbaulicher, sondern besonders auch aus ökonomischer Sicht. Unter diesem Blickwinkel reicht die bisher gebräuchliche isolierte Bewertung des Ertragsniveaus in der LSV - Stufe 2 nicht mehr aus. Die wirtschaftlich relevante Resistenzleistung wird dabei unterbewertet. Der Fungizideffekt sollte ergänzend zur Bewertung einer Sorte herangezogen werden. Nachfolgend ist ein Verfahren dargestellt, in dem der Relativertrag einer Sorte in Stufe 2 einen Zu- oder Abschlag aufgrund des Fungizideffektes erhält. Im Ergebnis erhält man einen bereinigten Relativertrag, der den unmittelbaren, wirtschaftlich relevanten Ertragsvergleich zwischen Sorten unterschiedlichen Resistenzniveaus ermöglicht {gewichtete Ertragskennzahl} (Abb. 4).

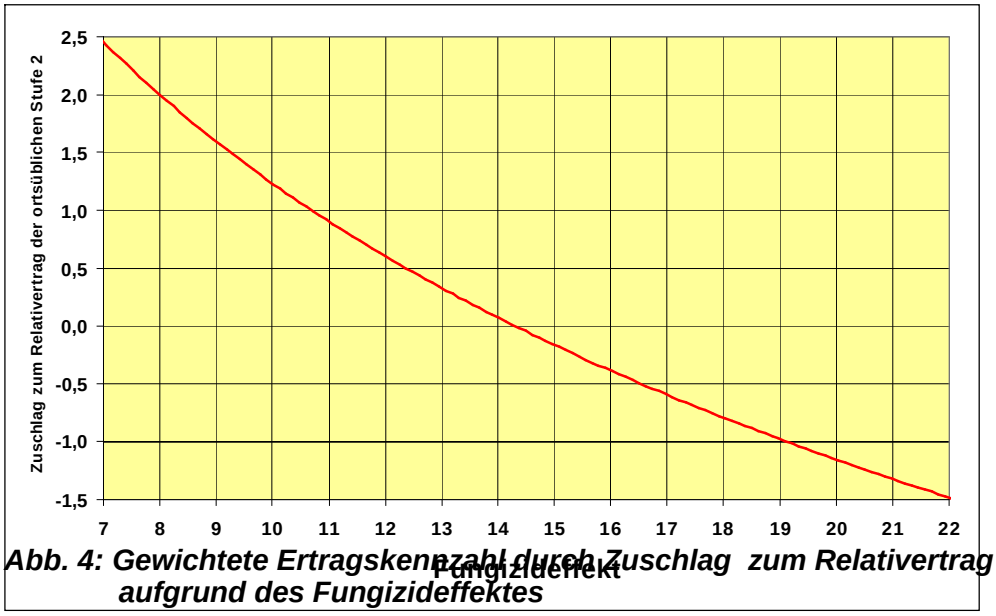


Abb. 4: Gewichtete Ertragskennzahl durch Zuschlag zum Relativertrag aufgrund des Fungizideffektes

Betrachtet man das aktuell vertriebsfähige Sortiment, so lassen sich folgende Aussagen treffen (Abb. 5):

- Anfälligere Sorten reagieren mit sehr deutlichen Einbußen, wenn der Fungizideinsatz nicht optimal erfolgt. Bei optimaler Führung liegen Vertreter dieser Gruppe nach wie vor auf hohem ökonomischem Niveau.
- Bei modernen resistenteren Sorten liegt das sortenspezifische Optimum bei einem deutlich geringeren Fungizidaufwand. Zudem tolerieren diese Sorten Abweichungen vom optimalen Fungizideinsatz besser. Bei sortenspezifisch angepasstem Fungizideinsatz lagen Vertreter dieser Gruppe ebenso auf ökonomischem Spitzenniveau.
- Bei den neuen weniger anfälligen Sorten war ein völliger Fungizidverzicht einer traditionellen Mehrfachbehandlung mit einem monetären Fungizidaufwand um 130 €/ha überlegen. Bei diesen Sorten sollte die Notwendigkeit von Fungizidmaßnahmen situationsbezogen genau abgewogen werden. Im Einzelfall kann ein Fungizidverzicht optimal sein. Weitere Versuche müssen zeigen, ob solche Sorten mit einem Fungizideffekt unter 10 dt/ha sich durchsetzen können.

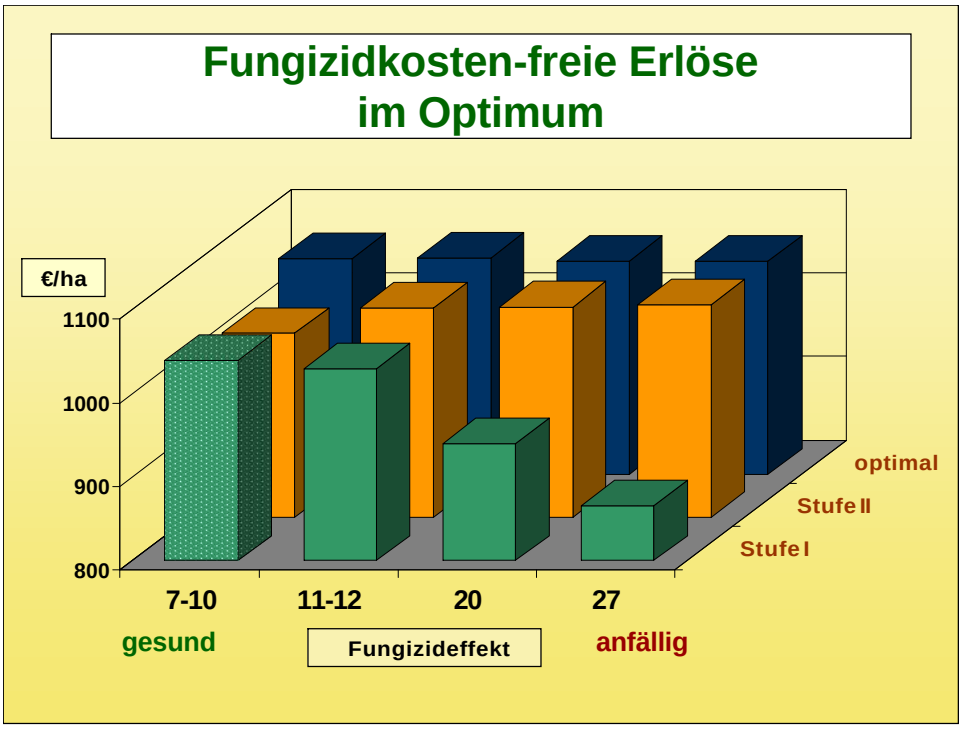


Abb. 5: ökonomischer Vergleich von Sortentypen auf differenziertem Intensitätsniveau

Diskussion und Schlussfolgerungen

- Das Weizen-Sortiment wird zunehmend von resistenteren Sorten dominiert.
- Resistenz ist ertragswirksam und wirtschaftlich relevant.
- Resistenz kann gezielt und sortenspezifisch genutzt werden.
- Resistenz beinhaltet ein reales Potential zur Reduktion des PSM-Einsatzes
- Aber: Resistenz flankiert die Ausdehnung der Selbstfolge, des Anbauanteils, der Frühsaat etc. → Einsparpotentiale bei PSM werden z.T. „aufgezehrt".
- Sortenwahl ist komplex - Eingriffe sind problematisch (Ausnahme z.B. Ährenfusarium aus Gründen der prinzipiellen Vermarktungsfähigkeit und des vorbeugenden Verbraucherschutzes).
- Die Sortenberatung berücksichtigt derzeit die Resistenz / den Fungizideffekt z.T. noch zu wenig.
- In LSV ermöglichen gewichtete Ertragskennzahlen unter Berücksichtigung des Fungizideffektes den wirtschaftlich relevanten Vergleich zwischen Sorten unterschiedlichen Resistenzniveaus.
- Die regionalen Sortenversuche der Länderdienststellen (LSV) mit abgestufter Fungizidintensität bilden eine geeignete Basis für die Sortenberatung, insbesondere auch unter dem Gesichtspunkt der Reduktion der Pflanzenschutzintensität bei gleichzeitiger wirtschaftlicher Optimierung.

Bioenergie aus der Landwirtschaft eine neue Herausforderung an das regionale Sortenwesen

I. Zur Sortenfrage schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb

Barbara Boelcke

Einleitung

Das strategische Ziel der EU zur Bioenergie ist in dem Weißbuch „Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger“ formuliert. Regenerative Energien sollen bis zum Jahr 2010 einen Anteil von 12 % am Primärenergieverbrauch der EU-Länder erreicht haben. Steigende Preise für Energieträger auf dem Weltmarkt und nationale Förderprogramme aufgrund des o. g. Weißbuches haben die Nutzung erneuerbarer Energien stark forciert. Dazu zählen neben der Bioenergie die Windenergie, Wasserkraft, Solar- und Geothermie sowie die Photovoltaik. In Deutschland erbringen sie bisher einen Anteil von 4,6 % des Primärenergieverbrauches (2005). Die Biomasse hat dabei für den Wärmemarkt und die Kraftstoffversorgung die größte Bedeutung. Aufgrund der Vorteile der Bioenergie, sie ist speicherbar, variabel nutzbar und besitzt ein großes Potenzial, ist insbesondere bis 2020 eine deutliche Zunahme des Biomasseanteils an der Energieerzeugung in Deutschland vorgesehen. Stillgelegte Ackerflächen können durch den Anbau von Energiepflanzen wieder für die Produktion genutzt werden und Kulturen mit geringen Vermarktungschancen könnten durch Energiepflanzen verdrängt werden. Nach Experteneinschätzungen stehen bis zu 30 % der Ackerfläche u. a. in Mecklenburg-Vorpommern potenziell für den Anbau von Energie- und Industriepflanzen zur Verfügung. Damit entwickelt sich ein neuer Betriebszweig in der landwirtschaftlichen Produktion, für den effiziente Produktionsverfahren von der Sortenwahl bis zur Verwertung benötigt werden.

Im Falle der schnellwachsenden Baumarten, die als Dauerkultur im Kurzumtrieb bewirtschaftet werden, gibt es bisher kein bewährtes, ausgefeiltes Anbauverfahren. Das betrifft im besonderen Maße verfahrenstechnische Lösungen, aber auch die Wahl der Baumart (mit Einschränkung), der Sorte und der Umtriebszeit. In der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei wurden daher zu Beginn der 1990er Jahre Experimente mit den Prüffaktoren Baumart, Sorte, Umtriebszeit und Standort begonnen.

Die Ergebnisse der bisher 12-jährigen Untersuchungen werden für vorläufige Empfehlungen zur Baumarten- und Sortenwahl in Abhängigkeit von der Umtriebszeit genutzt (Boelcke, 2006). Die Gültigkeit der Aussagen ist begrenzt auf den Nordosten Deutschlands. In Mecklenburg-Vorpommern wurden sie bisher genutzt bei der Anbauplanung für Produktionsflächen und der Einrichtung eines Mutterquartiers zur Bereitstellung von Steckhölzern.

Zum Thema Sortenwesen wurden nachfolgende Probleme bei der Untersuchung und Einführung des Anbaus schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen deutlich. Sie berühren die Bereiche Sortenrecht und Prüfwesen.

Sortenrecht

In Deutschland ist beim Einsatz von Saat- und Pflanzgut der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten Nachzucht nur aus zugelassenen Waldbeständen erlaubt. Seit 1934 gilt eine entsprechende gesetzliche Regelung, da in der Zeit des Waldaufbaus im 19. Jahrhundert oft ungeeignetes fremdes Vermehrungsgut eingesetzt worden ist.

Derzeit wird durch das Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut“ (FoVG) die Zulassung und das „In-Verkehr-Bringen“ geregelt.

Im Falle der Baumarten, die für den Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen potenziell geeignet sind, gilt das Gesetz für Pappeln, Erlen und Robinien, jedoch nicht für Weiden. Beim Anbau der Pappeln und Weiden für die energetische Nutzung wird die Möglichkeit der vegetativen Vermehrung als kostengünstigste Variante der Bestandesetablierung empfohlen. Der beschriebene rechtliche Rahmen hat aber zur Folge, dass für Steckhölzer oder Setzstangen von Pappeln

ein Zertifikat für die Erzeugung und das „In-Verkehr-Bringen“ notwendig ist. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt sein:

- Das Vermehrungsgut stammt von zugelassenen Sorten (Zentrale Registrierstelle „Populus spec.“, Regierungspräsidium Kassel).
- Der Vermehrungsbetrieb (z. B. Baumschule) ist als Forstsamen-/Forstpflanzenbetrieb angemeldet.
- Die Vermehrungsfläche (Mutterquartier) ist im Erntezulassungsregister „Populus spec.“ (zuständige Stelle entsp. FoVG für Deutschland im Regierungspräsidium Kassel) eingetragen.
- Hofeigene Vermehrung ist möglich, wenn das Ausgangsmaterial die Festlegungen des FoVG erfüllt.

Bei Weidenpflanzgut ist dagegen lediglich das deutsche Sortenschutzgesetz (1997) bzw. die EU-Verordnung EC Council Regulation No. 2100/94 zu beachten. Danach ist die Genehmigung des Sortenschutzinhabers zur Erzeugung und zum Vertrieb von Pflanzgut geschützter Sorten erforderlich (Scholz u. a., 2006).
Mit der beginnenden Nachfrage nach Pappel- und Weidensteckhölzern für den Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen hat sich gezeigt, dass Vermehrungsgut von geeigneten Weidensorten zur Verfügung steht. Bei Pappeln dagegen ist derzeit die Bereitstellung von Steckholz geeigneter Sorten erschwert. Einerseits mangelt es an der Zulassung von aussichtsreichen Sorten in Deutschland und andererseits sind eingetragene Vermehrungsflächen mit geeigneten Sorten nicht vorhanden.
Es zeichnet sich ab, dass ohne eine Novellierung des FoVG im Falle der Pappel das Problem der Steckholzerzeugung für den Kurzumtrieb in den nächsten Jahren nicht gelöst werden kann. Da es sich bei dieser Bewirtschaftungsform um den Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen handelt, entfällt das Ziel des FoVG zur Sicherung der Nachzucht des Waldbestandes. Es bleibt die Frage, ob die forstliche Gesetzgebung auch für Baumbestände auf landwirtschaftlichen Flächen Gültigkeit behalten muss.

Prüfwesen

Ziel der Forstpflanzenzüchtung ist die Verbesserung der Eigenschaften von Waldbäumen bei gleichzeitigem Erhalt des Ökosystems Wald. Zur Feststellung der Eigenschaften von Neuzüchtungen, ihrer Resistenz gegenüber Pilzkrankheiten (Melampsora z. B.) und ihrer Anbauwürdigkeit sollte die Prüfdauer 8-10 Jahre nicht unterschritten werden (Hofmann, 2005). Unter den Baumarten für deutsche Anbaugebiete sind für Pappeln und Weiden relativ unfangreiche Prüfergebnisse vorhanden. So werden von den für die Bewirtschaftung im Kurzumtrieb interessanten Balsampappeln 9 Sorten im Pappelregister geführt und entsprechend liegen Informationen über ihre Eigenschaften vor. Die Eignung für den Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen wird derzeit mehrortig geprüft. Allerdings handelt es sich dabei nicht um abgestimmte, orthogonale Versuche im Sinne des Sortenprüfwesens. Neben den Sorten und Klonen variieren bei diesen Anlagen der Versuchsbeginn, die Umtriebszeit, die Anbautechnik und auch der Faktor Baumart. Eine Einbeziehung von Standards in das Prüfsortiment, die es ohnehin nur für den forstlichen Zweck gibt, ist in der Regel nicht erfolgt. So kann auch die Nutzung moderner biostatistischer Methoden „Mängel“ der Versuchsplanung nicht aufheben.
Die bisher erzielten Ertragsleistungen in der Gülzower Versuchsanlage mit Pappeln und Weiden weisen deutliche Sortenunterschiede auf. Diese mehrjährigen Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, den Sorteneffekt bei der Optimierung des Produktionsverfahrens durch Sortenempfehlungen für entsprechende Anbaugebiete zu nutzen. Eine Sortenprüfung, analog der bei landwirtschaftlichen Kulturen, könnte sowohl notwendige Daten für die Sortenzulassung als auch für die Sortenempfehlung bei Pappeln und Weiden liefern.
Im Folgenden werden Ergebnisse des Sortenvergleiches Pappeln mitgeteilt. Auf besondere Aspekte der Prüfung, die sich aus der Bewirtschaftungsform ergeben, wird hingewiesen.

Vergleich der Sortenleistung Populus am Standort Gülzow

Mit dem Ziel, gemeinsam mit dem Institut für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden eine Zulassung aussichtsreicher Pappelklone nach den Bestimmungen des Forstvermehrungsgesetzes zu erwirken, wurde das bisher vorliegende Datenmaterial der Versuchsanlage schnellwach-

sender Baumarten in Gülzow ausgewertet. Unter den geprüften Pappelsorten befindet sich als einziger Standard die Sorte *Rochester* (Tab. 1).

Tabelle 1: Geprüftes Pappelsortiment

Botanische Gruppen	**Sorte/Klon**
P. trichocarpa x *P. deltoides*	Beaupré; Raspalje; Rap; Unal
P. maximowiczii x *P. nigra*	Max 1; 2; 3; 4; **Rochester**
P. maximowiczii x *P. trichocarpa*	NE 42; Androscoggin; 10/85 (49); 10/85 (24)
P. szechuanica x *P. trichocarpa*	31/84; 30/84; 22/84
P. trichocarpa x *P. koreana* x *P. maximowiczii*	Koreana
P. trichocarpa	Muhle Larsen; 267/63 (3)

Ergebnisse 3-jähriger Umtrieb

Die Biomasseerträge/Jahr im ersten 3-jährigen Umtrieb lagen zwischen 1,4 und 7,6 t/ha TM, im Sortimentsmittel wurden 5 t/ha Jahreszuwachs erreicht. In der ersten Rotation schnitt *Rochester* am schlechtesten ab, die beste Leistung weist *Muhle Larsen* mit rel. 153 auf, gemessen am Sortimentsmittel. Die Darstellung der Erträge mit dem Vertrauensintervall 90 % zeigt bei einigen Sorten eine hohe Streuung insbesondere in der 1. Rotation (Abb. 1). Diese Ergebnislage veranlasst zu der Aussage, dass *Muhle Larsen*, *Raspalje*, *Max*-Klone und *10/85 (49)* das Sortiment anführen.

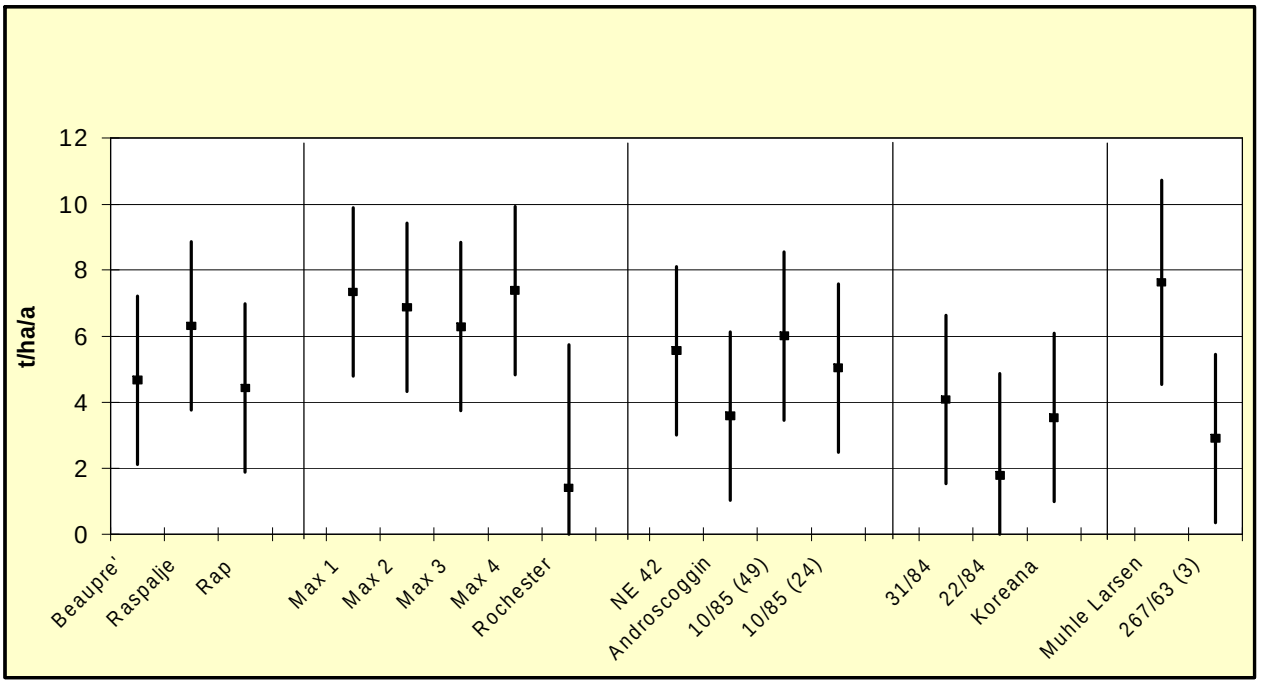


Abbildung 1: Holztrockenmasseertrag und Vertrauensintervall (90 %) des Pappelsortiments, 3-jähriger Umtrieb, 1. Ernte 1995

Im zweiten 3-jährigen Umtrieb lag der durchschnittliche Jahreszuwachs zwischen 10,1 und 16,7 t/ha TM. *Rochester* erreichte mit 11,6 t/ha 87 % des Sortimentsmittels und lag damit im unteren Drittel aller geprüften Sorten. Unter Beachtung des Vertrauensintervalls 90 % können als Spitzensorten in der 2. Rotation *Beaupré*, *Raspalje*, *NE 42*, *10/85 (49)* und *10/85 (24)* angesehen werden.

Die bisher höchste durchschnittliche Jahresleistung wurde in der 3. Rotation festgestellt. Die Leistung der Sorten schwankt zwischen 14,9 und 28,5 t/ha TM. Die festgestellte Streuung der

ermittelten Erträge ist gegenüber der 1. Rotation innerhalb des Sortiments deutlich geringer (vergl. Abb. 1 und 2). *Rochester* liegt mit 21,7 t/ha über dem Durchschnitt der geprüften Sorten (rel. 110), wird aber um bis zu 30 % von den besten Sorten übertroffen. Das Sortiment wird angeführt von den Sorten *NE 42*, *10/85 (49)* und *10/85 (24)*, es folgen mit > 20 t/ha *Rochester*, *Beaupré* und *Raspalje*.

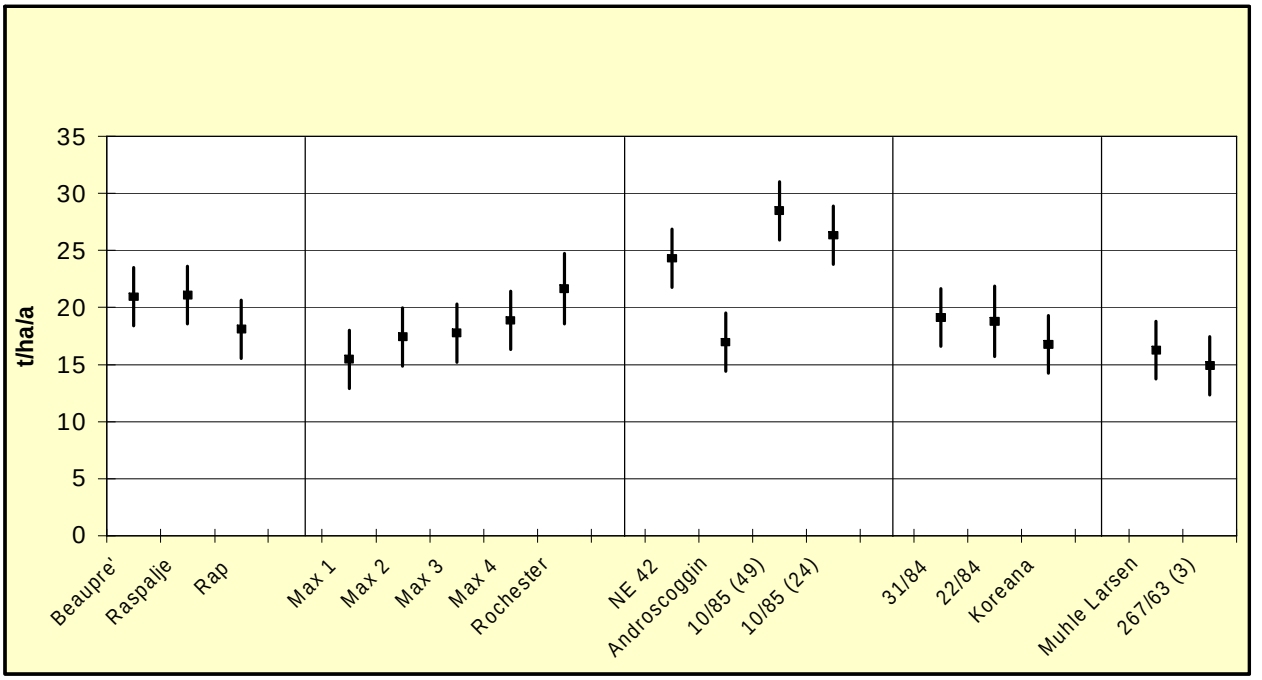


Abbildung 2: Holztrockenmasseertrag und Vertrauensintervall (90 %) des Pappelsortiments 3-jähriger Umtrieb, 3. Ernte 2001

Der Ertragsrückgang um 4,4 t/ha im Sortimentsmittel in der 4. Rotation ist sehr deutlich ausgefallen und trifft außer *Max 2* und *Koreana* alle Sorten.
Rochester hat mit rel. 96 nahezu das Sortimentsmittel (ohne *Beaupré*, *Raspalje*, *Rap*) erreicht. Wiederum führt *10/85 (49)* das Sortiment an. Der Unterschied zu den bisher im oberen Ertragsbereich des Sortiments liegenden Sorten *NE 42*, *10/85 (24)* ist in dieser Rotation deutlicher. Auffällig ist der geringe durchschnittliche Jahresertrag bei *Muhle Larsen*. Die geringe Niederschlagsmenge im Jahre 2003 wird als Hauptursache für den Ertragsrückgang angesehen. Die Frage, ob es auch bereits einen Ertragsabfall aufgrund der Nutzungsdauer gegeben hat, könnte nach Vorliegen der Ergebnisse aus der 5. Ernte beantwortet werden.
Die Sorten *Beaupré*, *Raspalje* und *Rap* waren nach dem ersten Jahr in der 4. Rotation nicht wieder ausgetrieben. Trocknis der einjährigen Triebe war festzustellen und die zu dem Zeitpunkt zehn Jahre alten Stöcke haben keine neuen Triebe gebildet. Ergebnisse zur Mortalität, hier nicht dargestellt, veranlassten uns, keine weiteren Ertragsermittlungen im 3-jährigen Umtrieb bei diesen Sorten vorzunehmen. Insgesamt wird an diesem Beispiel deutlich, dass die Prüfung für eine Sortenzulassung oder auch regionale Sortenempfehlung im Falle des 3-jährigen Umtriebs der Pappeln frühestens nach der 2. Rotation abgeschlossen werden kann. Allerdings traten erst nach der 3. Rotation Probleme der Pflanzengesundheit auf, die für die Ertragsbildung bei den Sorten *Beaupré*, *Raspalje* und *Rap* relevant waren. Die Forderung nach Pappel- und Weidensorten mit Melampsoraresistenz, Melampsora-Blattrost hatte zu dem Totalausfall geführt, gibt es bereits seit längerem. In der Weidenzüchtung Schwedens sind Erfolge diesbezüglich zu verzeichnen. Beim Pappelanbau muss gegenwärtig auch auf anfällige Sorten zurückgegriffen werden. Umso wichtiger ist es daher, dass über die Befallssituationen in den Anbaugebieten Informationen vorliegen.

Ergebnisse 6-jähriger Umtrieb
Im 6-jährigen Umtrieb erreichten die Pappeln höhere Jahresleistungen als im 3-jährigen Umtrieb. So lag der Jahresertrag im Mittel des Sortiments bereits in den ersten 6 Jahren bei 15 t/ha TM

(Tab. 5). Herausragend ist der Ertrag bei *Raspalje* mit einer durchschnittlichen Jahresleistung von 31,7 t/ha. *Rochester* und *10/85 (49)* liegen geringfügig über dem Gros des Sortimentes und unter Beachtung des Vertrauensintervalls 90 % fallen lediglich *Androscoggin* und *Koreana* deutlicher in der Leistung ab (Abb. 3).

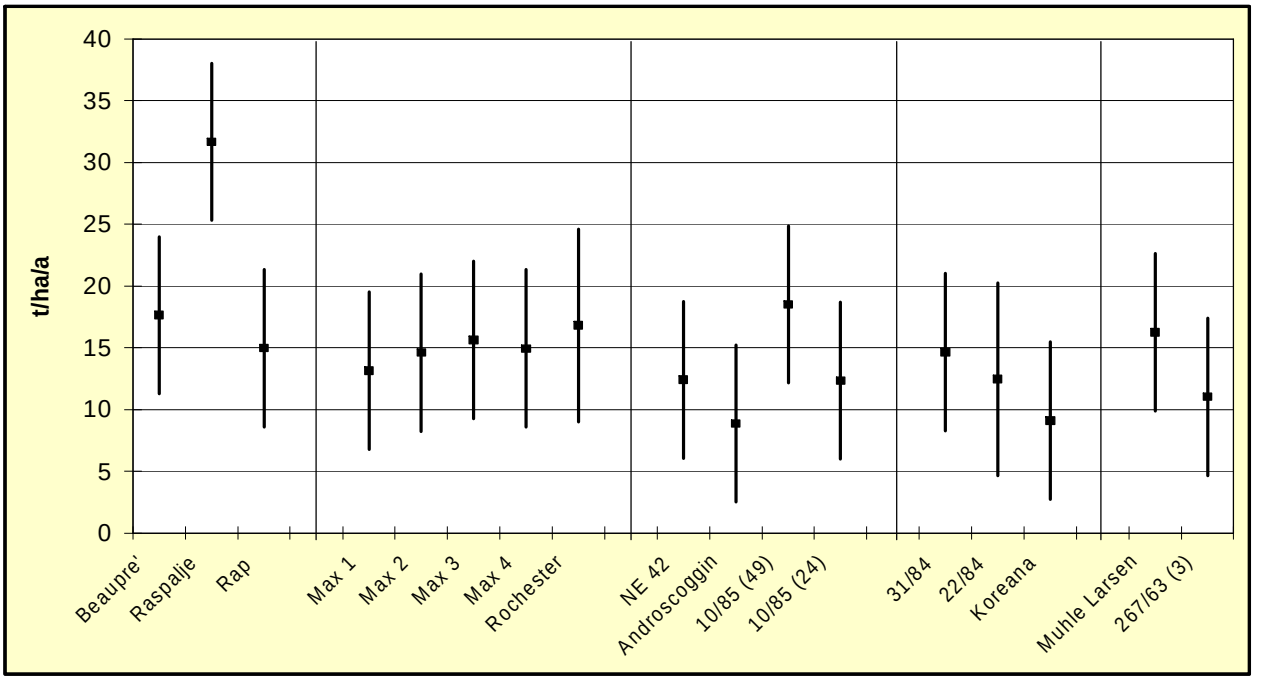


Abbildung 3: Holztrockenmasseertrag und Vertrauensintervall (90 %) des Pappelsortiments, 6-jähriger Umtrieb, 1. Ernte 1998

Die Ertragsleistung je Jahr im zweiten Umtrieb hat im Sortimentsmittel im Vergleich zur 1. Ernte um 67 % zugenommen (Abb. 4). Höhere ertragswirksame Bestockungszahl nach dem ersten Rückschnitt und das Alter der Stöcke in Kombination mit einem leistungsfähigeren Wurzelsystem werden als Ursache angesehen. Die Sorten *Raspalje*, *Rochester*, *10/85 (49)* und *22/84* führen das Sortiment an. *Max*-Klone, *Androscoggin* sowie die reinen *P. trichocarpa*-Sorten fallen in der Leistung zurück, wobei auch bei diesen Sorten zwischen 15 und 20 t/ha TM mittlere Jahreserträge erreicht worden sind und damit der Anbau dieser Sorten im 6-jährigen Umtrieb durchaus lohnend ist.

Die Untersuchungsergebnisse bei 6-jährigem Umtrieb zeigen, dass Raspalje, Rochester und 10/85 in beiden Rotationen an der Spitze des geprüften Sortimentes liegen. Mit den Ergebnissen der Gülzower Versuchsanlage wird die von Hofmann (2005) festgestellte herausragende Leistung der neueren Klone von P. maximowiczii x P. trichocarpa (Klongruppe 10/85) unterstrichen.

Allerdings gibt es Unterschiede zur Rangfolge in der Sortenleistung bei 3-jährigem Umtrieb. Der Bewirtschaftungsfaktor Umtriebszeit sollte demnach bei der Sortenempfehlung und Sortenprüfung eine Rolle spielen.

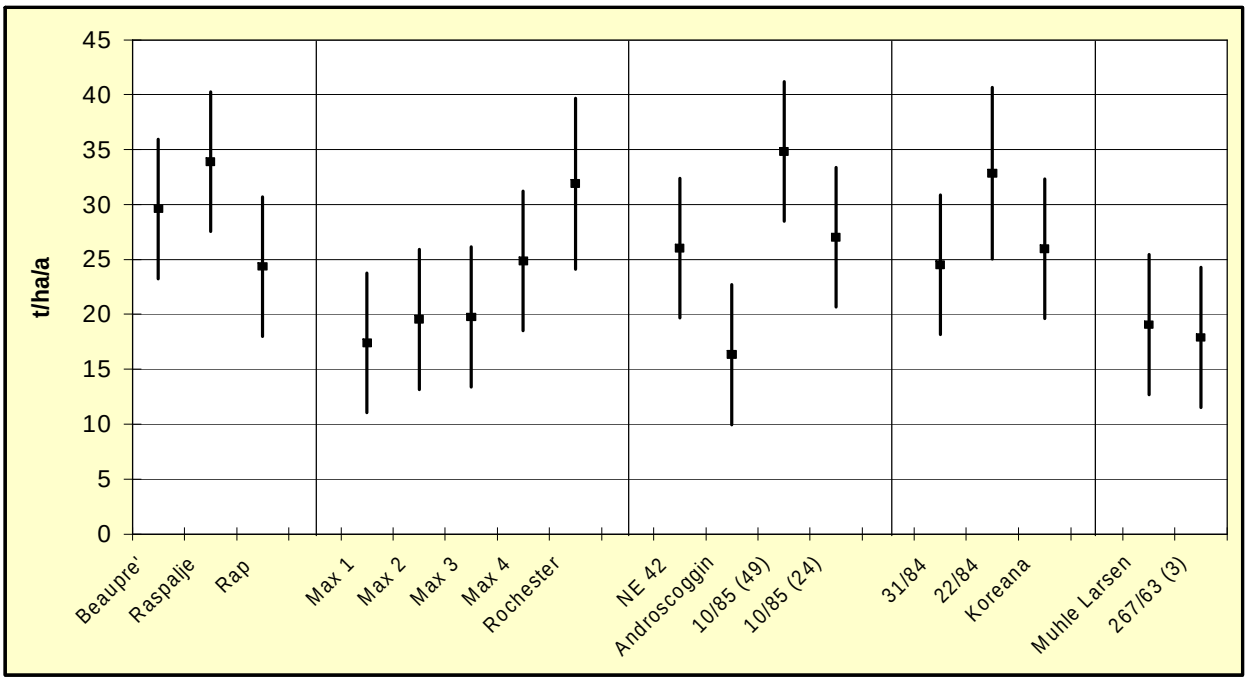


Abbildung 4: Holztrockenmasseertrag und Vertrauensintervall (90 %) des Pappelsortiments 6-jähriger Umtrieb, 2. Ernte 2004

Schlussbetrachtung

Bei der Bewirtschaftung von Energieholzflächen spielt neben einem hohen Ertragsniveau die Ertragssicherheit eine Rolle. Ein ausreichend breites Spektrum geeigneter Sorten bietet dafür die entscheidende Grundlage.

Eine Bereitstellung von Weidensteckhölzern erfolgt derzeit dank Importen aus Schweden, Dänemark und Polen in ausreichendem Maße. Probleme gibt es bei Pappeln hinsichtlich

- Zulassung geeigneter Sorten in Deutschland für den extremen Kurzumtrieb ab 3 bis 6, ggf. 10 Jahre Umtriebszeit
- Erzeugung, Vertrieb und In-Verkehr-Bringen der Steckhölzer.

Die Pappeln im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen stehen unter den natürlichen Anbaubedingungen im Nordosten Deutschlands an der Spitze der potenziell möglichen Energiepflanzen im Festbrennstoffbereich. Im Ergebnis der 12-jährigen Prüfung hat sich gezeigt, dass die Sorten *Raspalje* und *Beaupré* zwar über ein sehr hohes Ertragsniveau verfügen, jedoch ist die Ertragssicherheit unbefriedigend. Mit den Neuzüchtungen *10/85* (2 Klone), *31/84* und *22/84* sowie der Sorte *NE 42* kann die sehr kleine Palette der zugelassenen geeigneten Sorten *Muhle Larsen* und *Max* (Mehrklonsorte) erweitert werden.

Literatur

Anonym (2005): Erntezulassungsregister „Populus spec.“ Hrsg.: Zuständige Stelle nach § 18 FoVG Zentrale Registrierstelle „Populus spec.“ Regierungspräsidium Kassel

Boelcke, B. (2006): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen - Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz. Hrsg.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Hofmann, M. (2005): Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten - Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl. Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden, Band 8, 143 S.

Scholz, V., Boelcke, B., Bürger, F., Hofmann, M. und A. Vetter (2006): KTBL-Datensammlung Energiepflanzen. Merkblatt Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen. (Im Druck)

II. Silomais bzw. Energiemais für Biogasanlagen

Volker Michel

Zur Produktion von Biomasse aus der Landwirtschaft als Kosubstrat für Biogasanlagen laufen derzeit deutschlandweit viele regionale und überregionale Forschungsaktivitäten, die die massive Ausweitung der Energieerzeugung in Biogasanlagen begleiten. Die Produktion von Silomais wird hierbei immer eine herausragende Stellung einnehmen, wenngleich es insbesondere forschungsseitig vielfältige Bemühungen gibt, das Artenspektrum und die Fruchtfolgen in der Biomasseproduktion zu diversifizieren. Vorzüge der Silomaisproduktion insbesondere auch in den maritimeren, kühleren Anbaugebieten sind z.B.:

- hohe Masseerträge bei relativ guter Ertragssicherheit ,
- vergleichsweise geringe Produktionskosten,
- Produktion mit vorhandener Technik,
- gute Konservierbarkeit durch sichere Abreife bei geeigneter regionalspezifischer Reifegruppenwahl und –staffelung,
- gute Kenntnisse zur regionalen Reifegruppen- und Sorteneignung aus dem herkömmlichen Prüfsystem der Silomaisprüfung zu Futterzwecken,
- kontinuierliche Überleitung von Züchtungsfortschritt aufgrund umfangreicher Züchtungsaktivität und Sortenprüfung,
- geringe Probleme mit Schwimmschichten und Entmischungen im Fermenter..

Aus Sicht der Biogaserzeugung und damit im Zusammenhang stehender Vertragsbindungen wird derzeit das regionale Ertragspotential intensiv diskutiert. Zieht man aufgrund langjähriger Erfahrungswerte von den Trockenmasseerträgen im Parzellenversuch ca. 20% ab, so sind - im mehrjährigen Durchschnitt – in Mecklenburg-Vorpommern ca. 120 dt/ha auf trockeneren Standorten und bis ca. 150 dt/ha bei günstigeren Bedingungen realistisch (350 - 450 dt/ha Grünmasse). Bei optimaler Reifegruppen- und Sortenwahl ist dies steigerungsfähig. Die Silierverluste (10-15 %) sind hier allerdings noch nicht eingerechnet! Ob einzelne später reifende Sorten ein noch höheres Ertragspotential mit mehrjährig sicherer Abreife verbinden können, wird nachfolgend diskutiert.

Die Ausweitung des Anbaus von Mais zur Biogaserzeugung (Energiemais) führt zwangsläufig zu einer Erweiterung des Sortenspektrums in der Region und zu einer Erhöhung des Anteils von Sorten mit einer Siloreifezahl über S240. Eine gezielte Sortenwahl und Sortendifferenzierung nach dem Verwendungszweck ist dabei dringend anzuraten. Nachdem seit 2004 im Rahmen der Forschungsaktivitäten der Landesforschungsanstalt (LFA) zur Biomasseproduktion auch Mais-Sichtungssortimente im Feldversuch standen, prüft die LFA seit diesem Jahr gezielt umfassende Sortimente auf regionale Eignung für die Biogaserzeugung. Damit gibt es beim Mais inzwischen Landessortenversuche für die drei Verwendungszwecke Silomais (Futter), Körnermais und Energiemais. Für Körner- und Silomais gibt die LFA jährlich aktualisierte offizielle Sortenempfehlungen für die Praxis heraus. Grundlage ist ein etabliertes Bewertungssystem der Sorteneigenschaften. Beim Energiemais gibt es noch viele offene Fragen hinsichtlich der Sortenbewertung (Tab. 1). Zudem liegen noch keine mehrjährigen Versuchsergebnisse vor, die aber wegen den großen Sorte x Jahr-Wechselwirkungen für eine fundierte Sorteneinschätzung unentbehrlich sind („*Ein Jahr ist kein Jahr*."). Trotzdem hat die LFA nach dem aktuellen Wissensstand eine Bewertung der Sorteneigenschaften und der Sorten auch für die Biogaserzeugung vorgenommen und vorläufige Empfehlungen für die Aussaat 2007 gegeben.

Welche Eigenschaften sollte eine Sorte für die Biogaserzeugung mitbringen? Lassen sich diese Eigenschaften aus der etablierten Silomaisprüfung herleiten?

Hierzu ist vorab festzustellen, dass derzeit zugelassene Sorten noch durchweg aus Silo- oder Körnermais- Züchtungsprogrammen hervorgegangen sind. Die Umsetzung völlig neuer auf Biogasausbeute und –ertrag ausgerichtete Zuchtziele benötigt Zeit.

Tab. 1: Sorteneigenschaften und Verwendungszweck, offene Fragen

Merkmal	**KÖRNERMAIS**	**SILOMAIS**	**ENERGIEMAIS**
frühe Reife	X X X	X X	X
TM-Ertrag	-	X X	X X X[?]
Mais-Körner als Kraftfutter (auch in Silage !)			
Korn-, Stärke- Ertrag	X X X	X X	X[?]
Mais-Restpflanze als Grobfutter			
Strukturwirksamkeit	-	X X[?]	-
Verdaulichkeit	-	X X	X X[?]

Abreife und Reifestaffelung

Das Abreifeverhalten lässt sich durch die Siloreifezahl und die in den Landessortenversuchen ermittelten Trockensubstanzgehalte einschätzen (Tab. 2 und Abb. 1). Im Interesse der Ertragsmaximierung wird zur Ausschöpfung der Vegetationszeit oft auf etwas spätere Sorten als beim Silomaisanbau orientiert.

Faustzahl: die Siloreifezahl der Energiemais-Sorten sollte um höchstens 30 Punkte höher liegen, als die der in der jeweiligen Region vorrangig angebauten Silomais-Sorten. Begrenzend sind aber:

a) Für eine optimale Silierbarkeit muss auch der Energiemais sicher, d.h. auch in ungünstigen Jahren, einen Trockensubstanzgehalt von 28% überschreiten.

b) Mit späterer Ernte verschlechtern sich die Bedingungen für die nachfolgenden Arbeiten (z.B. Bodenbearbeitung, Weizenbestellung usw.).

c) Ob in unserer Region (trocken, kühl) eine Verlängerung der Vegetationszeit mit Sorten der Siloreife deutlich über S240 stabil zu höheren Erträgen führt, müssen mehrjährige Versuche erst nachweisen. In Abb. 1 zeigt nur die späte Sorte Atletico (S280) einen deutlichen Mehrertrag im Vergleich zur empfohlenen mittelfrühen Silomaissorte Nathan (S240) – und dies bei einem erheblichen Unterschied in der Abreife.

d) Viele Betriebe sehen die Nutzung des gleichen Silos für den Stall und für die Biogasanlage als so vorteilhaft an, dass oft auch aus diesem Grund auf die Energiepflanzenprämien verzichtet wird (bürokratische Hürden kommen hinzu). Hier sind Kombinationstypen mit sicherer Abreife gefragt.

Derzeit kann davon ausgegangen werden, dass die ertragreichsten, empfohlenen Silomaissorten auch für den Anbau als Energiemais geeignet sind.

Insbesondere in Betrieben mit sehr hohem Maisanteil kommt auch der Reifestaffelung eine zunehmende Bedeutung zu. Dabei wird es sinnvoll sein, für die Biogaserzeugung einen gewissen Anteil früher Sorten (S220; auch als Kombinationstypen) für den Anfang der Ernteperiode anzubauen. Den Schwerpunkt sollten dann mittelfrühe Sorten bilden. Zusätzlich kann ein beherrsch-

barer Anteil später Sorten (um S260) eingeordnet werden. Im LSV Energiemais Mecklenburg-Vorpommerns ist die Siloreifzahl 280 die derzeitige Obergrenze.
Bei der Wahl des Erntetermins ist zu beachten, das ein zu hoher Trockensubstanzgehalt (>35%) nicht nur zu Problemen bei der Siloverdichtung führt, sondern dass auch eine fortschreitende Lignifizierung die Gasausbeute erheblich senken kann.

Trockenmasseertrag

Derzeit ist die Vorstellung verbreitet, dass es beim Energiemais fast ausschließlich auf die Maximierung des Gesamttrockenmasseertrages ankommt. Auch der Handel auf Kontraktbasis wird überwiegend auf Basis der Trockenmasse vollzogen. In diesem Fall steht neben der Abreife und den agronomischen Eigenschaften tatsächlich das regionale Ertragspotential im Vordergrund (Abb. 1). Bei Betrachtung des Gesamtsystems von Anbau bis Verwertung bzw. der dezentralen Anlagen im Landwirtschaftsbetrieb ist jedoch eine einseitige Fixierung auf Biomasse nicht uneingeschränkt zu empfehlen. Man kommt mit der Größe **Energieertrag** (=TM-Ertrag x Energiekonzentration (Tab. 2) dem Ziel „hoher **Biogasertrag**“ sehr viel näher, denn es bringt keinen Nutzen, verursacht Kosten und senkt die Effizienz der Anlage, wenn diese mit zu stark lignifizierter Biomasse versorgt wird.

Stärkegehalt und Stärkeertrag

Stärke wird beim Energiemais derzeit nicht so intensiv diskutiert wie bei der Silage zur Fütterung von Milchrindern im Hochleistungsbereich. Dort haben die Maiskörner in der Silage die Wertigkeit und die Funktion von Kraftfutter.
Allerdings zählt Stärke im Gegensatz zur Cellulose zu den **leicht verdaulichen Kohlenhydraten** und es ist zu erwarten, dass auch in der Biogasanlage die Abbaurate und Abbaugeschwindigkeit der Stärke überdurchschnittlich ist (siehe auch Verdaulichkeit bzw. Energiekonzentration). Eine exakte Bewertung der Stärke für die Biogaserzeugung steht noch aus, sie sollte aber durchaus bereits jetzt bei der Sorteneinschätzung nicht vernachlässigt werden (Tab. 2). Ein Mindestanteil von 20% in der Maissilage wird diskutiert (wobei dieser auch extern zugemischt werden könnte). Aufgrund der o.g. Zusammenhänge bezüglich Aufschließbarkeit ist aber zu erwarten, dass auch ein Anstieg über 20% hinaus eine weitere Erhöhung von Gasausbeute und Abbaugeschwindigkeit bewirkt. Nach eigenen Grobkalkulationen und Analogieschlüssen, die auf Literaturangaben zur Ausbeute verschiedener Substrate [l/kg oTM] basieren, liegt die Methanausbeute aus der Maisrestpflanze unter 60 % gegenüber der Ausbeute aus Stärke.
Hohe Stärkegehalte dürfen allerdings nicht durch eine zu weit fortgeschrittene Reife der Restpflanze (Lignifizierung) „erkauft“ werden. Außerdem darf ein hoher Stärkegehalt nicht das rechnerische Resultat geringer Gesamttrockenmasseerträge sein, sondern er soll mit hohem Stärke- und Gesamtertrag einhergehen.

Strukturwirksamkeit der Restpflanze

Die Strukturwirksamkeit ist eine wesentliche Anforderung an das Grobfutter in der Rinderfütterung. Optimal ist hier die Kombination aus guter Strukturwirksamkeit bei gleichzeitig hoher Verdaulichkeit. Für die Biogasproduktion ist Strukturwirksamkeit aber keine Anforderung. Darin liegt ein wesentlicher Unterschied in der Bewertung von Maissilage für die Rinderfütterung gegenüber der Nutzung in Biogasanlagen. Bei der spezialisierten Maisernte für Biogasanlagen sind daher extrem kurze Häckselllängen möglich und auch anzustreben, denn die Vergrößerung der Oberfläche kann zur erheblichen Erhöhung von Abbaurate und –geschwindigkeit beitragen.

Verdaulichkeit bzw. Energiekonzentration:

„Da es sich beim Abbau der organischen Masse im Fermenter um ähnliche Prozesse handelt wie im Pansen einer Milchkuh, haben Sorten mit hoher Verdaulichkeit auch in der Biogasanlage die Nase vorn.“ (Eder, J.; Die richtige Maissorte für Biogas; top agrar).
Die direkte Analyse der Sortenunterschiede durch Kleinst-Fermenter ist aufgrund der hohen Sortenanzahl, des schnellen Sortenwechsels und der erforderlichen Mehrortigkeit und Mehrjährigkeit (Sorte*Umwelt-Wechselwirkungen) nicht praktikabel bzw. finanzierbar. Kleinst-Fermentationen müssen allerdings in der Vorlaufforschung herangezogen werden, um indirekte Ana-

lysenverfahren für die praktische Sortenprüfung zu validieren. Von einem standardisierten Verfahren sowohl bei der Kleinstfermentation als auch in der Entwicklung eines indirekten Verfahrens z.B. mittels NIRS ist man derzeit noch weit entfernt.
In der Silomaisprüfung wird die Verdaulichkeit bzw. Energiekonzentration derzeit mittels NIRS für die Gesamtpflanze ermittelt (leider noch nicht explizit für die Restpflanze). Für den Vergleich von Genotypen/Sorten der gleichen Pflanzenart ist dieses Vorgehen erheblich präziser, als z.B. die Schätzung aus den Anteilen der 3 Rohnährstoffgruppen Fette, Eiweiße und Kohlenhydrate. Letzteres dient eher einer Groborientierung beim Vergleich völlig unterschiedlicher Substrate bzw. Pflanzenarten. Da Verdaulichkeit und Energiekonzentration in einem eindeutigen Verhältnis zueinander stehen, wird hier im Weiteren nur auf die Energiekonzentration eingegangen. Sie wird beim Mais durch den Stärkegehalt und durch die Verdaulichkeit der Restpflanze beeinflusst.
Die aktuellen NIRS-Kalibrierungen sind speziell für die Rinderfütterung erstellt und können nicht a priori auf Biogasanlagen übertragen werden. An Kalibrierungen für Energiemais wird forschungsseitig intensiv gearbeitet. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird aber davon ausgegangen, dass zwischen Energiekonzentration für die Rinderfütterung und für die Biogasanlagen eine relevante Korrelation besteht. Daher sind hohe Werte in der Energiekonzentration, wie sie für Silomaissorten ausgewiesen werden auch für Energiemais als vorteilhaft zu bewerten (Tab. 2). Es wird damit nicht nur der Energieertrag je ha erhöht, sondern es werden auch **Rentabilität und Amortisation der Anlagen** verbessert und **Transport-, Lagerungs- und Ausbringungskosten** für Silage bzw. Gärreste gesenkt.
Bei nur kurzer mittlerer Verweildauer sowie in nur einstufigen Fermentern steigt die Bedeutung leicht und schnell abbaubarer Substrate und damit die der Energiekonzentration. Im Umkehrschluss ermöglicht eine hohe Energiekonzentration eine geringere Verweildauer.

Weitere wertbestimmende Eigenschaften

Die **regionale Adaption** der Sorten an die Anbaubedingungen in unserer Region wird u.a. durch Trockenheits-Toleranz und geringe Kälteempfindlichkeit beeinflusst. Von der LFA empfohlene Sorten haben mehrjährig unter unterschiedlichen Witterungsbedingungen ihre regionale Überlegenheit in der Kombination von Ertrag, Anbaueigenschaften, Abreife und Qualität gezeigt.
Eine geringe **Stängelfäuleanfälligkeit** (Fusarium; Tab. 2) wird bei steigendem betrieblichen und regionalen Anteil von Mais-Mais- und Mais-Weizen-Fruchtfolgen zunehmend bedeutsam für den Mais- und den Weizenanbau. Die **Standfestigkeit** (Tab. 2) spielt besonders in windexponierten Lagen (Küste) und bei später Ernte eine Rolle. Bezüglich des Lagerrisikos sollten beide Eigenschaften auch im Zusammenhang betrachtet werden.

Energiemais – Sortenempfehlungen für das Anbaugebiet D-Nord

Im Jahr 2006 wurde in Mecklenburg-Vorpommern die erste regionale Versuchsserie eines kompletten Landessortenversuches „Energiemais“ geerntet und ausgewertet. Um eine Einschätzung dieses Sortimentes in den wesentlichen Kriterien zu ermöglichen, wurde eine umfangreiche, mehrjährige Auswertung des Großraumes Nord-Ost vorgenommen. Dazu wurden Landessortenversuche und Wertprüfungen mit Silomais in den Reifegruppen mittelfrüh und mittelspätspät sowie Screening- und produktionstechnische Versuche mit Energiemais einbezogen. Versuche auf diluvialen Standorten der benachbarten Länderdienststellen in Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Schleswig-Holstein wurden hinzugezogen, soweit sie in Boden-Klima-Räumen mit Relevanz für Mecklenburg-Vorpommern lagen (Überlappungsraum). Die Auswertung erfolgte mit den PIAFStat-Verfahren „Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung“, die zum einen die Auswertung derart lückiger Daten ermöglichen und zum anderen Versuchsergebnisse des Zielgebiets gegenüber den Ergebnissen aus Nachbargebieten in optimierter Weise höher gewichten.

mittelfrühe Sorten

Auf den D-Nord - Standorten sollte der Anbauschwerpunkt beim Energiemais in der mittelfrühen Reifegruppe liegen. Geeignete Sorten dieser Reifegruppe verbinden hohes Ertragspotential mit sicherem Erreichen der Silierfähigkeit (ab ca. 28 % TM). Bei Verwertung im eigenen Betrieb sollte auch die Sortenspezifik in der Stärkeeinlagerung Beachtung finden, da die Stärke (aus dem Korn) gegenüber der Restpflanze höhere Gasausbeuten je Zeiteinheit gewährleistet.

Agro Max (S 240) verbindet ein sehr hohes Ertragspotential mit einem für die Reifezahl überdurchschnittlichen Stärkeertrag. **LG 3226 / Lukas (S 240)** zeichnet sich durch hohe Stärke- und Energieerträge bei hohem Stärkegehalt und mittlerem Trockenmasseertrag aus. Auch bei Trockenheit schnitt diese Sorte gut ab. **Nathan (S 240)** und **PR39A98 (S 240)** bringen sehr hohe Trockenmasse- und Energieerträge je Hektar. Dieses Ertragspotential schöpfen sie nur auf Standorten mit ausreichender Wasserversorgung voll aus.

frühe Sorten

Zur Reife- und Erntestaffelung bei einem sehr hohen betrieblichen Maisanteil, in kühlen Lagen sowie bei späteren Bestellterminen z.B. im Zweitfruchtanbau können anteilig auch ertragsstarke Silomaissorten der frühen Reifegruppe zum Einsatz kommen. Bei betriebseigener Verwertung wirken sich die höheren Stärkegehalte positiv auf Ausbeute und Anlageneffizienz aus. Die optimale Bestellung der Winterungen ist gesichert. Auch die Doppelnutzung in Stall und Fermenter (bei Verzicht auf die Energiepflanzenprämie) ist möglich.

Amadeo (S 220) bietet hinsichtlich Ertrag, Reife und Qualität eine sehr gute Eigenschaftskombination und überzeugt besonders auf Standorten mit mittlerer bis besserer Wasserversorgung.

Delitop (S220) ist eine sehr ausgewogene Kombinations-Sorte mit guten Erträgen und hohem Stärkegehalt. Auch unter Trockenstressbedingungen erzielte Delitop gute Ergebnisse.

mittelspäte Sorten

Für Sorten dieser Reifegruppe liegen zu diesem Zeitpunkt mehrjährige Versuchsergebnisse nur in eingeschränktem Umfang vor. Die Empfehlungen gelten noch als vorläufig.

Die Energieerträge lagen i.d.R. nur bei sehr günstigen Wachstumsbedingungen über denen der mittelfrühen Sorten. Dagegen stehen als Nachteil spätere Erntetermine, geringere Energiekonzentrationen, geringe Stärkeerträge und sehr geringe Stärkegehalte. Aufgrund der unkalkulierbaren Jahreswitterung sollte der betriebliche Anteil dieser Reifegruppe daher vorsichtig bemessen werden. Dieser Anteil kann auf wärmeren (südlichen) Standorten und entsprechender Bodengüte und Wasserversorgung tendenziell erhöht werden.

PR39F58 (S 260) weist hohe Energie- und Stärkeerträge auf. **Atletico (S 280)** besitzt unter sehr günstigen Standortverhältnissen ein herausragendes Ertragspotential. Eine deutlich späte Siloreife und ein geringer Stärkegehalt müssen einkalkuliert werden.

Abb. 1 zeigt, dass die empfohlenen ertragsstarken mittelfrühen Sorten nur durch eine einzige späte Sorte - Atletico (S280) - im Ertrag deutlich übertroffen werden. Gleichzeitig zeigen die mittelfrühen Sorten aber deutliche Vorteile in der Abreife. Im Ergebnis kann noch nicht davon ausgegangen werden, dass eine erhebliche Ausweitung des Anbaus auf Sorten deutlich über S240 sinnvoll ist. Die Einbeziehung von besonders ertragsstarken späten Sorten wie Atletico ist insbesondere in Betrieben mit sehr hohem Energiemaisanbau zur gezielten Erntestaffelung und Risikostreuung (nicht planbare Jahreseffekte) und dies vorrangig in den wärmeren Gebieten im Süden des Landes Mecklenburg-Vorpommern sinnvoll.

Tab. 2: Silomais - Charakteristik ausgewählter mehrjährig geprüften Sorten

Sorte	Siloreifezahl *		TM-Ertrag		Energiekonz./ Verdaulichk.		Stärkegehalt		Stand-festig-keit	Stän-gel-fäule
	BSL (offi-ziell)	*D-Nord reali-siert*	*BSL*	D-Nord	*BSL*	D-Nord	*BSL*	D-Nord		
			1 - 9	rel.	*1 - 9*	rel.	*1 - 9*	rel.		
Delitop	**220**	*221*	7	98	6	101	6	104	+	o
Amadeo	**220**	*224*	8	100	5	99	6	99	o	+
LG 3226/Lukas	**240**	*231*	7	101	5	100	5	98	++	+
Nathan	**240**	*232*	8	105	5	99	4	90	++	++
PR39A98	**240**	*232*	8	103	5	98	4	91	++	
Agro Max	**240**	*234*	8	103	5	99	4	96	+	
Maibi	**250**	[*243*]	8	[101]	4	[98]	3	[88]	+	
Fantastic	**250**	[*246*]	7	[100]	5	[98]	4	[89]	++	+
Taxxoa	**250**	[*246*]		[102]		[96]		[ ]		
Flavi	**250**	[*271*]	8	[104]	4	[98]	3	[87]	++	o
Atfields	**260**	[*254*]	8	[103]	5	[ ]	3	[ ]	o	++
PR39F58	**260**	*255*	8	104	5	101	4	97	o	+
ES Charles	**260**	[*262*]	8	[101]	5	[ ]	4	[ ]	+	+
Atletico	**280**	*266*	9	114	4	[ ]	2	81	-	
Benicia	**280**	[*267*]	8	[104]	4	[ ]	3	[87]	++	+
zusätzlich einbezogene Sorten										
NK Magitop	**240**	[*236*]	8	[105]	6	[99]	3	[87]	++	
Gavott	**250**	*244*	8	102	5	[ ]	4	89	++	.
100 % =				**175.8 dt/ha**		**6.5 MJ/kg**		**32.9 %**		

Anmerkungen zu Tab. 2

* Siloreifezahl: offizielle Einstufung nach BSL; daneben zur Orientierung eine inoffizielle regionale Vergleichszahl, aus Trockensubstanzgehalten in LSV abgeleitet

D-Nord Anbaugebiet: diluviale Böden des nordostdeutschen Tieflandes (überwiegend MV)

BSL Beschreibende Sortenliste

[ ] geringere Datenbasis → vorläufige oder fehlende Einstufung

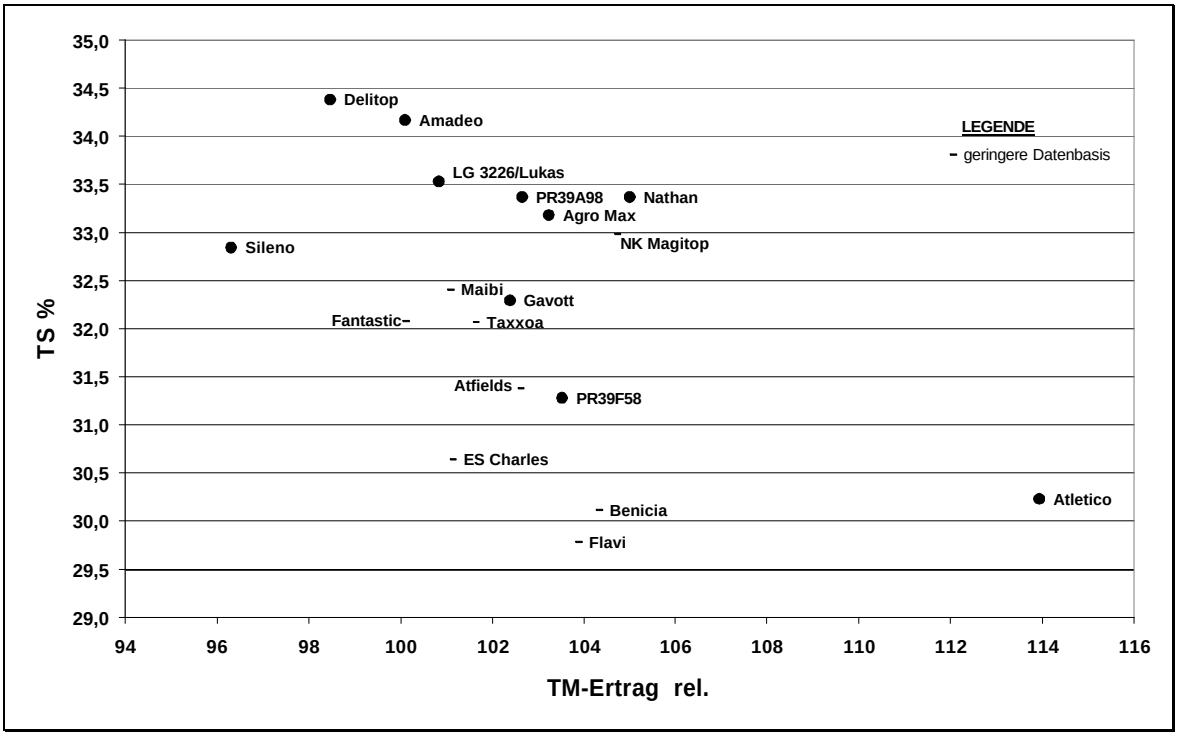


Abb. 1: Energiemais 2001-2006 (mehrjährig geprüfte Sorten), Abreife und Ertrag

III. Getreide für die Ethanolproduktion

Bodo Stölken, Volker Michel, Gabriele Pienz

Einleitung

Mit der Richtlinie 2003/20/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur „Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor“ wurden Richtwerte für Mindestanteile an Biokraftstoffen im Kraftstoffmarkt beschlossen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt werden etwa 2 % eingesetzt. Bis zum Jahr 2010 soll dieser Anteil auf 5,75 % und darüber hinaus bis zum Jahr 2020 auf 20 % ansteigen. Mit der Umsetzung der Richtlinie wird neben der europaweiten Markteinführung von Biokraftstoffen und der Reduzierung von Treibhausgasen im Bereich des Verkehrs, auch ein neuer Absatzmarkt für landwirtschaftliche Rohstoffe geschaffen.
Für dieses ehrgeizige Ziel ist es notwendig, neben Pflanzenölen und Biodiesel auch Bioethanol zu verwenden. Der aus Pflanzenöl gewonnene Biodiesel sowie reines Pflanzenöl werden in Dieselmotoren eingesetzt, während Ethanol als Ottokraftstoff Verwendung findet.
Mittlerweile arbeiten in Deutschland drei große Bioethanolanlagen in Zeitz, Zörbig und Schwedt. Sie haben zusammen eine jährliche Produktionskapazität von 560.000 m³ Ethanol (Tab. 1). Weitere Anlagen sind im Bau bzw. in der Planung. Rohstoff für diese Anlagen ist Getreide, zukünftig werden aber auch Zuckerrüben zum Einsatz kommen (Klein Wanzleben, Zeitz und Anklam). In Brasilien, dem Hauptproduzenten von Bioethanol, wird Zuckerrohr genutzt und in den USA ist es vor allem Mais.

Tab. 1: Bioethanolproduktion aus Getreide in Zeitz, Zörbig und Schwedt

	Rohstoffe	**Menge** (t/a)	**Bioethanol** (m³/a)	**Futtermittel** (t/a)
Südzucker AG Zeitz	Weizen	700.000	260.000	260.000
Mitteldeutsche BioEnergie GmbH Zörbig	Roggen, Triticale, Weizen, Mais	300.000	100.000	100.000
Nordbrandenburgische BioEnergie GmbH Schwedt	Roggen, Triticale, Weizen, Mais	600.000	200.000	200.000
		1.600.000	560.000	560.000

Anforderungen an den Rohstoff Getreide

An den Rohstoff Getreide für die Ethanolproduktion werden andere Anforderungen gestellt, als in der Produktion von Nahrungs- oder Futtermitteln (Tab. 2). Getreide für die Ethanolerzeugung muss vor allem Stärke und weniger Protein und Zellwandbestandteile enthalten. So eignen sich für diese Produktionsrichtung vor allem die Getreidearten Weizen, Triticale, Roggen und Mais, weniger die bespelzten Arten Gerste und Hafer. Stärke liefert auf dem Wege der enzymatischen Verzuckerung und der anschließenden Vergärung Ethanol, ist selbst aber nicht direkt vergärbar. Hohe Stärkegehalte liefern in der Regel auch hohe Ethanolausbeuten. Aber auch weitere Inhaltstoffe des Getreidekornes können teilweise abgebaut werden und so zur Ethanolausbeute beitragen. Cellulose kann zurzeit noch nicht genutzt werden, dies ist aber weltweit ein Forschungsziel.

Tab. 2: Qualitätsanforderungen an Getreide für die Ethanolproduktion (MBE Zörbig, NBE Schwedt und Südzucker Bioethanol GmbH Zeitz)

Merkmal		**Weizen**	**Roggen**	**Triticale**
Feuchtegehalt	%	< 15	< 15	< 15
HLG	kg	> 72	> 68	-
Anteil Besatz				
Mutterkorn	%	-	< 0,1	-
Bruchkorn/ Schmachtkorn	%	< 20	< 20	< 20
Mykotoxine				
Deoxinivalenol	mg/kg	< 0,5	< 1	< 1
Zearalenon	mg/kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ochratoxin A	mg/kg	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Stärkegehalt				
MBE Zörbig / NBE Schwedt	% i. 85 % TM	-	> 55	-
Südzucker AG Zeitz	% i. 85 % TM	-	> 58	-
Fallzahl	s	> 175	-	-
TKM	g	-	28-40	-

Eine gute Kornqualität, die z.B. in einem hohen Hektolitergewicht (HLG), einem hohen Tausendkorngewicht (TKG), einer hohen Mehlausbeute (Analyse der Mahleigenschaften) und/oder einer guten Siebsortierung zum Ausdruck kommt, ist ein relativ gut handhabbares indirektes Kriterium für hohe Stärke- und geringe Rohproteingehalte und fließt daher im Handel teilweise in die Bewertung von Getreidepartien ein.

Weizenpartien für die Ethanolproduktion sollten in der Regel nicht mehr als 12 % Rohprotein enthalten, also deutlich weniger als Back- und Futterweizen. Bei Roggen sollten sowohl Back- als auch Ethanolroggen nicht mehr als 11 % Rohprotein aufweisen, da höhere Gehalte eine geringere Mehlausbeute zur Folge haben.

Eine weitere wesentliche Anforderung an Ethanolgetreide ist eine geringe Belastung mit Mykotoxinen und mit tierischen Schädlingen oder Konservierungsstoffen aus der Lagerung. Da das Koppelprodukt Schlempe in der Tierernährung zum Einsatz kommt, sind hier geltende Richtwerte einzuhalten. Eingesetzte Roggenpartien sollten daher einen geringen Mutterkornbefall, Weizen und Triticale eine geringe Mykotoxinbelastung aufweisen.

Der Landwirt, der gezielt Bioethanolgetreide anbauen möchte, muss neben seiner Arten- und Sortenwahl auch die produktionstechnischen Besonderheiten beim Anbau von Getreide für die Bioethanolproduktion beachten. Weizen ist so zu führen, dass er bei hohen Erträgen niedrige Proteingehalte erreicht. Dies kann insbesondere durch eine ertragsbetonte frühe Stickstoffdüngung ohne späte Qualitätsgabe erreicht werden (s. auch Tab. 5). Bei Roggen und Triticale spielt die Qualitätsbeeinflussung durch eine veränderte Produktionstechnik eine deutlich geringere Rolle als beim Weizen. Gesunde Pflanzenbestände zur und nach der Blüte fördern bei allen Arten durch Verlängerung der Kornfüllungsphase hohe Stärke- und geringe Rohproteingehalte sowie eine gute Kornqualität.

In der industriellen Erzeugung von Ethanol kommt es vor allem auf die Alkoholergiebigkeit des Rohstoffes an, also auf eine hohe Stärkemenge pro Maischansatz als Voraussetzung für eine hohe Ethanolausbeute je Tonne eingesetzten Getreides. Stärkegehalt und Ethanolausbeute sind eng korreliert. Bei der Bewertung des Stärkeertrages ist aber zu berücksichtigen, dass Getreidepartien mit gleichen Stärkegehalten in gewissen Grenzen zu unterschiedlichen Ethanolausbeuten führen können.

Weizen und Triticale haben mit 65 – 70 % Stärke i.TM höhere Gehalte als Roggen, der in der Regel um etwa 4-5 % niedriger liegt (Tab.3). Dies korrespondiert mit höheren Pentosangehalten beim Roggen. Pentosan, ein Nichtstärkepolysaccharid (NSP), ist Bestandteil der Zellmembran und der Samenschale.

Tab. 3: Stärke- und Pentosangehalte von Getreide** (nach Stölken u.a. 1996**)

Merkmal	**Weizen** (% i.TM)		**Roggen** (% i.TM)		**Triticale** (% i.TM)	
	Ø	Spanne	Ø	Spanne	Ø	Spanne
Stärkegehalt	66,5	63,2 – 68,1	62,9	62,3 – 63,8	67,6	63,1 – 69,5
Pentosangehalt	6,0	5,3 – 7,3	8,5	8,1 – 8,9	6,3	6,0 – 6,6

Beim Weizen und besonders beim Roggen und Triticale, ist die Ethanolausbeute auch vom Gehalt und der Viskosität der NSP abhängig. Sie sollten beide gering sein. Für eine effektive Ethanolproduktion ist daher auch die Kenntnis über die Enzymaktivität des Getreides und den Zustand der Stärke wichtig. Günstig können höhere Hydrolaseaktivitäten bei einer geringeren Fallzahl sein.
Insbesondere feuchte Witterung während der Samenbildung und Samenreife führt zu einer Erhöhung der Enzymaktivität und einem damit verbundenen Stärkeabbau (versteckter Auswuchs). Dieser Vorgang kann bis zum sichtbaren Auswuchs führen, der dann mit Ertrags- und Stärkeverlusten verbunden ist. Es gibt unterschiedliche Intensitätsgrade des Stärkeabbaus, die mittels der Verkleisterungseigenschaften der Stärke im Amylographen bestimmt werden können. Infolge einer beginnenden Keimung können schnell 4-5 % Stärke verloren gehen.
Enzymarmes Getreide, dass bei sehr trockenem und sonnenscheinreichem Wetter heranwächst, mit einer hohen Agglomerisation der Stärke und der NSP und damit hohen Werten in der Fallzahl und im Amylogramm, ist weniger gut für das vorherrschende Kaltmaischverfahren geeignet.
Insgesamt sind ein hoher Gehalt an vergärbaren Kohlenhydraten, eine hohe Aktivität der Hydrolasen, ein geringer Anteil an NSP mit niedriger Viskosität und ein niedriger Proteingehalt anzustreben.

Bewertungskriterien bei der Sortenwahl

In Tab. 4 sind die derzeit von der LFA herangezogenen Eigenschaften und Parameter für die Sortenbewertung zur Ethanolproduktion aufgeführt. Es handelt sich dabei z.T. um Parameter, die besonders regionalspezifisch reagieren und daher in den regional angelegten LSV erfasst werden. Für andere Parameter mit weniger ausgeprägter Regionalspezifik oder mit geringerer Relevanz werden bundesweite Beschreibungen z.B. aus der Beschreibenden Sortenliste herangezogen.
Da die relative Sortendifferenzierung beim Kornertrag größer als beim Stärkegehalt ist, wird der Stärkeertrag maßgeblich durch den Kornertrag bestimmt.
Neben den im oberen Teil genannten spezifischen Anforderungen an Sorten für die Ethanolerzeugung ist die allgemeine Anbaueignung der Sorten im Anbaugebiet Voraussetzung. Dabei geht es neben dem regionalen Ertragspotential um weitere Anbaueigenschaften wie Standfestigkeit, Winterfestigkeit, Krankheitsresistenzen sowie wertbestimmende Qualitätsmerkmale. Diese Eigenschaften sind mit den Ergebnissen der Landessortenversuche hinreichend sorten- und regionalspezifisch beschrieben und münden in regionalen Sortenempfehlungen (www.agrarnet-mv.de).
Aufgrund der vergleichsweise geringeren Differenzierung in den nachfolgend beschriebenen Parametern bei **Winterroggen** und **Wintertriticale** sind die unter der o.g. Adresse abrufbaren allgemeinen Sortenempfehlungen auch für die Ethanolproduktion anzuwenden. Nur beim **Winterweizen** wurden bereits in 2006 spezielle Sortenempfehlungen für die Ethanolproduktion gegeben (siehe auch Tab. 6).

Tab. 4: Parameter der LFA zur Sortenbewertung von Getreide für die Ethanolproduktion

Eigenschaft / Parameter	Winterweizen	Winterroggen	Wintertriticale
Kornertrag und allgemeine regionale Eignung	LSV	LSV	LSV
Ethanolausbeute	In Vorbereitung	In Vorbereitung	In Vorbereitung
Stärkegehalt	LSV	LSV	LSV
Rohproteingehalt	LSV	BSL (LSV)	- (LSV)
Parameter für die Kornqualität Hektolitergewicht (HLG) Tausendkornmasse (TKM) Mehlausbeute	 LSV BSL BSL	 LSV BSL -	 LSV BSL -
Mykotoxinbildner Ährenfusarium	 BSL	 -	 -
Mutterkorn	-	BBA	-
Fallzahl	LSV	LSV	- (LSV)

LSV – regionale Bewertung für Anbaugebiete in MV durch Landessortenversuche
BSL – Ausprägungsstufen (1-9) in Beschreibender Sortenliste des BSA (nicht regional)
BBA – Sonderuntersuchung der Biologischen Bundesanstalt (nicht regional)

Die Ethanolausbeute ist das unmittelbare und wesentlichste Qualitätskriterium. Ausgewählte Sortimente aus Landessortenversuchen 2006 in Mecklenburg-Vorpommern werden derzeit analysiert. Die Ergebnisse werden demnächst vorgestellt. Die Sortenbewertung wird allerdings nicht ausschließlich auf der unmittelbaren Analyse der Ethanolausbeute beruhen können, sondern es sind indirekte, massenanalytisch beherrschbare Parameter einzubeziehen. Gründe dafür sind:

- Die Sortimente sind umfangreiche, Zuchtfortschritt und Sortenwechsel verläuft schnell.
- Je Sorte sind mehrjährige und mehrortige Daten aufgrund der zu erwartenden Interaktionen zwischen Sorte und Umwelt erforderlich.
- Die sehr differenzierte technologische und gärungstechnische Führung in unterschiedlichen Brennereien lässt sich nur unvollkommen in einem standardisierten Analyseverfahren nachvollziehen.

Trotzdem besteht auch im Sortenwesen die Notwendigkeit, indirekte Parameter durch die direkte Bestimmung der Ethanolausbeute zu begleiten und zu validieren.

Die mehrortige Analyse der Stärkegehalte in den Landessortenversuchen mit Weizen, Roggen und Triticale ist seit 2006 fester Bestandteil der Sortenprüfung in der Landesforschungsanstalt (LFA). Aufgrund der ausreichenden Anzahl Daten je Sorte war beim Winterweizen bereits 2006 eine relativ stabile regionale Einschätzung der Sortenrelationen möglich (Tab. 6). Bei Winterroggen und Triticale wird 2007 ein entsprechender Stand erreicht sein. Aus der Analyse in benachbarten Anbaugebieten ist aber bekannt, dass die Sortendifferenzierung relativ gering ist.

Die aus den aktuellen Sortenprüfungen hergeleiteten Abstufungen im Rohproteingehalt sind nicht aus Versuchen mit einem Düngungsregime für die Ethanolerzeugung gewonnen. Die Sortenrangfolge wird in der Regel davon aber weitgehend unbeeinflusst bleiben, wie erste Versuche mit den Sorten Hermann und Tommi zeigen (Tab. 5). Beide Sorten reagieren auf die Änderung des N-Düngungsregimes in gleicher Weise.

Tab. 5: Einfluss unterschiedlicher N-Düngungs-Strategien auf Ertrag und Rohproteingehalt bei Winterweizensorten
(Versuche zu N-Düngeverfahren 2005-06, LFA, Dr. B. Boelcke)

Var.	Beschreibung	Ertrag (dt/ha)		RP-Gehalt (%)	
	Sorte	Hermann	Tommi	Hermann	Tommi
2	200/220 in 4 Gaben	94,4	92,6	13,8	14,8
3	200/220 NTS zu Vegetationsbeginn	94,4	90,5	12,8	14,0
4	200/220 NPK zu Vegetationsbeginn	94,6	89,7	12,3	13,6

Die Parameter der Kornausbildung HLG, TKM und Mehlausbeute sind im aktuellen Weizensortiment positiv, allerdings nicht ausgesprochen eng korreliert. Beim HLG und bei der Mehlausbeute sind höhere Korrelationen zum Stärkegehalt festzustellen. Die Parameter der Kornqualität werden in der LFA derzeit für die Sortenbewertung zur Ethanolproduktion nur in dem Maße herangezogen, wie sie in sonstigen Qualitätsanalysen ohnehin anfallen.

In den Landessortenversuchen mit Winterweizen werden derzeit nur Sorten geprüft, die in der Anfälligkeit für Ährenfusarium mit der Note 5 oder besser eingestuft sind. Damit ist aus der Sicht der Sortenwahl ein entscheidender Beitrag zur Risikominimierung hinsichtlich der Belastung mit Fusariumtoxinen gegeben, der auch für die Ethanolproduktion uneingeschränkt relevant ist. Beim Winterroggen sollten Sorten mit mittlerer bis geringer Mutterkornanfälligkeit bevorzugt werden. Für Triticale liegen derzeit leider noch keine offiziellen Sortenbeschreibungen hinsichtlich Mutterkorn und Ährenfusarium vor.

Eine gewisse Schwäche von Weizensorten in der Fallzahl, die bei Brotweizen in den maritim beeinflussten Gebieten Mecklenburg-Vorpommerns nicht toleriert wird, kann beim Ethanolweizen in gewissen Grenzen förderlich sein, solange die geringen Fallzahlen nicht mit sichtbarem Auswuchs einhergehen. So wird zum Beispiel die Sorte Ephoros nicht für den Brotweizenanbau empfohlen, könnte aber durchaus gute Voraussetzungen für die Ethanolproduktion besitzen.

Gruppierung des aktuellen LSV-Sortimentes Winterweizen

Beim Winterweizen kann allgemein die Aussage getroffen werden, dass sich für die Ethanolproduktion ertragsstarke Sorten mit hohem Stärke- und geringem Rohproteingehalt, guter Kornausbildung und geringer Fusariumanfälligkeit eignen.
Für die Gruppierung der Sorten (Tab. 6) wurden die Eigenschaften der Kornausbildung TKM, HLG und Mehlausbeute mittels Faktorenanalyse zu einem Komplex-Merkmal „Faktor_Korn“ verdichtet. Dieses Merkmal wurde daraufhin gemeinsam mit den Parametern Stärkegehalt und Rohproteingehalt einer Clusteranalyse unterzogen. Dadurch konnten Gruppen gebildet werden, die hinsichtlich ihrer Eignung für die Ethanolproduktion unterschiedlichen zu bewerten sind

Tab. 6: Gruppierung von Weizensorten nach Eignung für die Ethanolproduktion nach Faktoren- und Clusteranalyse; Sortiment der LSV in MV 2006

Sorten	Qualitäts-gruppe	Ähren-fusarium Resistenz	Korn-ertrag* (relativ)	Stärke-gehalt* (% in TM)	Stärke-ertrag (relativ)	Roh-protein-gehalt* (%)	Kornausbildung: TKM (1-9)	Kornausbildung: HLG* (kg/hl)	Kornausbildung: Mehlaus-beute (1-9)	Faktor_ Korn
GESAMT			**100**	**65,5**	**100**	**13,8**	**5,2**	**77,4**	**6,8**	**0,0**
sehr gute Voraussetzungen										
MITTEL			**101**	**66,8**	**104**	**13,1**	**4,8**	**78,8**	**7,0**	**0,6**
Skalmeje	C	+	103	67,6	107	13,1	4	77,6	8	0,5
Buteo	B	+	101	66,6	103	13,0	6	78,7	6	0,3
Anthus	B	+	101	66,8	103	13,2	5	79,2	7	0,8
Potenzial	A	+	101	66,3	103	13,2	4	79,6	7	0,7
*Ephoros***	*(B)*		*101*	*65,8*	*102*	*13,0*	*6*	*78,7*	*7*	
gute Voraussetzungen, schwächer in der Kornausbildung (HLG)										
MITTEL			**103**	**65,4**	**103**	**13,2**	**5,3**	**75,7**	**6,7**	**-0,7**
Hermann	C	++	103	65,3	103	13,0	5	74,4	7	-1,1
Mulan	B	+	102	65,5	102	13,2	6	77,1	6	-0,4
Hybred	BH	+	104	65,4	104	13,3	5	75,6	7	-0,6
bedingte Eignung, breites A- und B-Sortiment, z.T. hoher RP-Gehalt										
MITTEL			**99**	**65,7**	**100**	**13,6**	**5,2**	**78,2**	**7,1**	**0,5**
Akratos	A	+	100	65,6	100	13,1	6	77,6	7	0,5
Dekan	B	+	100	66,0	101	13,2	4	77,8	7	0,0
Boomer	A	o	101	65,7	101	13,4	5	77,4	7	0,1
Cubus	A	+	99	66,1	100	13,5	5	77,6	7	0,2
Impression	A		100	66,2	101	13,8	5	78,6	7	0,6
Türkis	A	+	100	65,2	100	13,7	5	77,6	7	0,2
Tommi	A		100	65,4	100	13,9	5	77,4	8	0,8
Alitis	A	+	99	65,9	99	13,4	5	79,1	8	1,5
Brilliant	A	+	99	65,5	99	13,4	4	79,3	7	0,6
Striker	B	+	99	65,6	99	13,5	5	77,7	7	0,2
Pegassos	A	+	96	66,4	98	13,4	7	78,3	7	1,1
Sobi	A	++	99	65,2	98	13,9	7	79,5	6	0,9
Leiffer	A	+	98	65,3	98	14,0	5	78,2	7	0,5
bedingte Eignung, schwächere Kornausbildung, z.T. hoher RP-Gehalt										
MITTEL			**101**	**65,0**	**101**	**13,7**	**4,0**	**75,8**	**5,3**	**-2,0**
Paroli	A	-	102	64,8	101	13,5	6	76,0	5	-1,4
Carenius	B	o	102	64,5	101	13,5	2	74,8	5	-3,2
Campari	B	o	102	65,0	101	13,9	4	75,9	5	-2,1
Meteor	A	+	100	65,6	100	13,8	4	76,5	6	-1,2
zu hoher RP-Gehalt bei guter Kornausbildung										
MITTEL			**98**	**65,7**	**98**	**14,4**	**5,7**	**78,2**	**7,0**	**0,6**
Tiger	A	+	99	65,6	99	14,7	8	78,6	7	1,5
Toras	A	+++	98	66,0	99	14,3	5	77,2	7	0,0
Torrild	A	o	96	65,6	97	14,3	4	78,8	7	0,4
zu hoher RP-Gehalt										
MITTEL			**99**	**64,6**	**98**	**14,3**	**4,8**	**76,2**	**6,4**	**-0,8**
Schamane	A	o	101	64,5	100	14,5	6	76,8	6	-0,5
Ellvis	A	o	100	64,8	99	13,9	4	76,2	7	-0,7
Manager	B	+	100	64,6	98	14,1	4	77,0	6	-1,0
Solitär	B	+++	99	64,6	98	14,8	4	76,0	7	-0,8
Drifter	B	o	97	64,3	96	14,0	6	75,0	6	-1,2
nicht für Ethanolproduktion geeignet (E-Weizen)										
MITTEL			**93**	**65,0**	**93**	**14,6**	**6,2**	**77,3**	**7,2**	**0,6**
Privileg	E	+	95	65,2	94	14,3	5	78,2	7	0,4
Magister	E	++	95	65,1	94	14,4	7	78,0	7	1,0
Akteur	E	+	95	64,6	93	15,2	6	77,1	7	0,3
Enorm	E	++	92	65,3	92	14,1	6	76,2	8	0,6
Cetus	E	o	91	64,7	90	15,0	7	77,2	7	0,6

* mehrjähriges regionales Mittel im Anbaugebiet D-Nord (überwiegend Mecklenburg-Vorpommern)

** nicht in der Faktorenanalyse zur Kornausbildung einbezogen

Biostatistik

Konzipierung, Entwicklung und Einführung von PIAF

(Planungs-, Informations- und Auswertungssystem für das Feldversuchswesen)

Volker Michel, Andrea Zenk

Ausgangssituation und Zielstellung

Aufgrund der großen Veränderungen im IT-Bereich wurde in MV wie auch in den anderen Bundesländern ein Wechsel im EDV-System für das Feldversuchswesen erforderlich. Vor PIAF hatten die Bundesländer unterschiedlichste Systeme etabliert. Der Datenaustausch war erschwert, die Datenverarbeitung uneffizient und das Niveau der Versuchsauswertung z.T. auf niedrigem Niveau. Die Umstellung bestehender Systeme konnte durch einzelne Länder nicht mehr finanziert werden.
Ziel war eine für den Routineeinsatz geeignete, kompatible IT-Lösung für alle Bundesländer sowie die Gewährleistung des Datenaustausches. Dabei sollten Synergieeffekte durch bundesweite Bündelung des Know-hows und der Finanzierung genutzt werden. PIAF wurde als Komplettsystem für alle Phasen eines Versuchs konzipiert: von der Planung bis zur Auswertung, für die Zentrale (Planung und Auswertung) und für die versuchsdurchführenden Stellen (Datenerfassung). Unterschiedliche Versuchsanlagen mit einer beliebigen Anzahl an Versuchsfaktoren sollten Berücksichtigung finden. Insgesamt war die Verwaltung großer Datenmengen dabei optimal zu gewährleisten.

Projekt-Verlauf

Eine Gruppe von Fachleuten der Länder und des Bundes hat das Projekt vorbereitet und begleitet. Mit der Umsetzung wurde im Rahmen des bundesfinanzierten Modellvorhabens “PIAF” (1995–97) begonnen. Nach Abschluss des Modellvorhabens haben alle Bundesländer und der Bund den Willen zur Fortführung des Projektes durch eine Bund-Länder-Vereinbarung (BLV) manifestiert. Im Rahmen der BLV wurden die notwendigen Module entwickelt, die das Projekt zur Praxisreife geführt haben. Hier sind besonders das Planungs- und Erfassungsmodul und das Teilprojekt PIAFStat zur Versuchsauswertung zu nennen. (Abb. 1)
PIAF wird als gemeinsames Projekt aller Bundesländer und von Dienststellen des Bundes auch in den kommenden Jahren kontinuierlich weiterentwickelt.

Das PIAF-System (Abb. 1)

Mit dem Projekt PIAF wurde eine neue einheitliche Daten- und Software-Basis für das landwirtschaftliche Feldversuchswesen der Bundesländer geschaffen. PIAF ist eine Windows-Anwendung, die auf relationale Datenbanksysteme (z.B. Interbase oder Oracle) aufsetzt.
Für extern vorliegende Versuchsdaten, insbesondere solche von mobilen Datenerfassungsgeräten, existiert eine entsprechende „Mobidat“- Schnittstelle. PIAF kommt sowohl an den zentralen Stellen der Länder – hier vor allem im Rahmen der Versuchsplanung und Auswertung – als auch bei den versuchsdurchführenden Außenstellen zum Einsatz.
Für die biostatistische Auswertung findet das SAS-System Verwendung. Eine entsprechende Schnittstelle zwischen diesen Systemen (PIAF uns SAS) wird durch PIAFStat bereitgestellt. Mit PIAFStat können SAS-Verfahren auch durch nicht routinierte SAS-Anwender unter den PIAF-Nutzern in maximaler Flexibilität und nutzerfreundlich eingesetzt werden.

Stand der Einführung

PIAF ist in MV seit 2001 in der Landesforschungsanstalt und im Pflanzenschutzamt (jetzt LALLF) im Einsatz. Damit werden nahezu alle öffentlichen Versuche des Landes MV über PIAF abgewickelt. Auch in den anderen Bundesländern ist PIAF etabliert. Der Datenaustausch im Land, mit benachbarten Bundesländern, dem Bundessortenamt und anderen Partnern erfolgt umfangreich und reibungslos. Auf diese Weise werden Versuchsergebnisse aus benachbarten Regionen in Auswertungen der LFA, so z.B. bei der Umsetzung der Hohenheim-Gülzower Serienauswertung, einbezogen. In PIAFStat stehen leistungsfähige Verfahren auf neuestem wissenschaftlichem

Stand für die biometrische und fachliche Auswertung von Versuchen und Versuchsserien zur Verfügung. Mit modernsten Verrechnungsansätzen der LFA konnte ein völlig neues Niveau in der Effizienz, Reproduzierbarkeit und Schnelligkeit bei der Erarbeitung von Beratungsgrundlagen für Landwirtschaft und Politik erreicht werden.

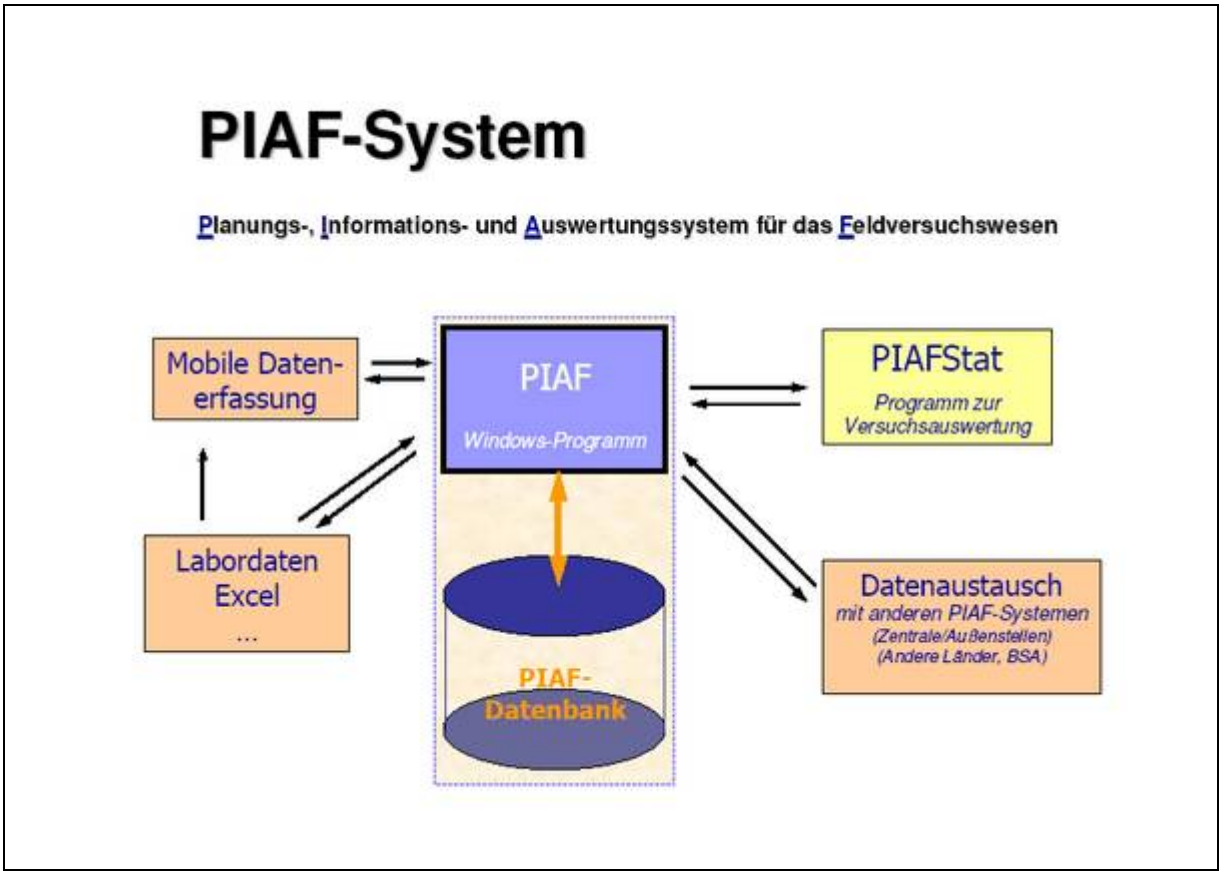


Abb. 1: Das PIAF-System

Leistungen der LFA

PIAF ist unter maßgeblichem Anteil durch Mitarbeiter der LFA konzipiert, geprägt, entwickelt und eingeführt worden. Seit dem Beginn arbeiten die Autoren (LFA) im kleinen Kreis der Konzept-Entwickler mit. Mit dem Abschluss der BLV hat Herr Michel 1998 die Leitung des Projektes übernommen. In diesen Jahren - einer für PIAF äußerst kritischen Phase - gelang es, das Projekt zu stabilisieren und durch Entwicklung entscheidender Module die Praxistauglichkeit herbeizuführen. Nach Abgabe der Gesamt-Projektleitung im Jahre 2000 wurde durch die LFA die zu PIAF passfähige Software PIAFStat für die statistische Auswertung konzipiert und eingeführt. Auch die in PIAFStat derzeit verfügbaren Auswertungsverfahren wurden überwiegend in der LFA konzipiert und programmiert. Bei der LFA ist die Leitung der bundesweiten AG PIAF-Auswertung angesiedelt.

Fazit

PIAF hat sich zu einem universell einsetzbaren Planungs-, Auswertungs- und Informationssystem für Feldversuche entwickelt. Durch den mehrjährigen bundesweiten Einsatz hat PIAF die Praxistauglichkeit bewiesen. Allein in der PIAF-Datenbank der LFA wurden seit 2001 bis heute 1734 Versuche erfasst. Abstimmungen aller PIAF-Anwender im Stammdatenbereich ermöglichen einen hohen Standardisierungsgrad, Kompatibilität und unkomplizierten Datenaustausch. Die kontinuierliche Weiterentwicklung von PIAF und PIAFStat durch die finanzielle Beteiligung aller Bundesländer geben den Anwendern Sicherheit für die Zukunft.

Gülzower PIAFStat-Verfahren – Standard der Versuchsauswertung in Deutschland

Volker Michel, Andrea Zenk, Jörg Schmidtke [1)]

PIAFStat

PIAFStat ist Bestandteil des Gesamtkonzeptes PIAF (Planungs- Informations- und Auswertungssystem für Feldversuche) und dient zur Datenanalyse und biostatistischen Auswertung sowohl von Einzelversuchen als auch von Versuchsserien. Die Basis bildet die Statistik-Software SAS mit ihren vielfältigen Möglichkeiten und weltweiten Akzeptanz der biometrischen Prozeduren.
PIAFStat verbindet die Systeme PIAF und SAS (Abb.1) über eine Verfahrensbibliothek, die die Algorithmen zur Auswertung verwaltet.
Die einzelnen Verfahren der Bibliothek sind SAS-Programme, die um syntaktische Elemente erweitert wurden. Durch die Einführung dieser Elemente können die Verfahren unabhängig von den konkreten Daten entwickelt werden. Erst bei der Zuordnung der Daten zu einem Verfahren werden die vordefinierten Platzhalter dynamisch an die PIAF-Daten gebunden. Dadurch wird ein lauffähiges SAS-Programm generiert. PIAFStat steuert danach das SAS-System und stellt die Ergebnisse für eine weitere Bearbeitung zur Verfügung.



Abb.1: PIAFStat als Verbindung zwischen PIAF und SAS

Die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt über zwei ASCII-Schnittstellen:

ADS = Anforderungs-Daten-Schnittstelle:
Alle notwendigen Informationen zu Einzelversuchen bzw. zu einer Versuchsserie (z.B. Versuchsanlage, Definition der Faktoren und Stufen, Beschreibung der Merkmale ...) und die eigentlichen Versuchsdaten werden in mehreren Dateien hinterlegt.

RES = Rücklieferungs-Ergebnis-Schnittstelle:
Sie dient dazu, dem PIAF-Programm normierte Analyse-Resultate (z.B. adjustierte Mittelwerte, sonstige statistische Maßzahlen) zur Verfügung zu stellen, so dass diese dort weiter verwendet werden können (z.B. zur Rückspeicherung in die PIAF-Datenbank oder im PIAF-internen Tabellierungsmodul).

PIAFStat kann grundsätzlich auf zwei Arten zum Einsatz kommen. Einerseits im so genannten **Hintergrund-Modus**, also initiiert vom Programm PIAF und ohne eigene Benutzer-Interaktion. Zum anderen im **Dialog-Modus**, wo PIAFStat als eigenständige, vom Benutzer geführte Anwendung abläuft.

Verfahrensbibliothek

Die Bibliothek wird in einer Datenbank verwaltet. Jedes Verfahren wird in die Abschnitte Deklaration und Programm unterteilt (Abb. 2). Im Abschnitt Deklaration sind PIAFStat-Platzhalter definiert. Im Abschnitt Programm wird das eigentliche SAS-Programm hinterlegt.
Die in das SAS-Programm eingefügten Platzhalter werden SAS-Statement-konform platziert. Die Platzhalter sind in eckigen Klammern ([...]) eingeschlossen.
ausgewählte Platzhalter-Typen:

[1] BioMath GmbH; Gesellschaft für Angewandte Statistik in Biologie und Medizin, Rostock

A:	Analyse-Merkmale	z.B. [**A**MERK]
K:	Klassifizierungs-Merkmale	z.B. [**K**GROSS]
O:	Optionale Abschnitte	z.B. [**O**DATEI]

Jeder Platzhalter ist gekennzeichnet durch eine eindeutige Bezeichnung sowie optional durch Label (L:) und Infotext (I:). Für die Analyse- und Klassifizierungsmerkmale kann außerdem festgelegt werden, wie eine spätere automatische Datenbindung erfolgen soll.
Die Platzhalter für optionale Abschnitte bestehen aus Programmcode und können im Dialogmodus durch den Nutzer ein- oder ausgeschaltet werden. Damit können ganze SAS-Statements optional verwendet werden (siehe Abb. 2: optionaler SAS-Code nach „C: /out=lsm12“ in der Option [ODATEI]). Die Voreinstellung wird mit „ON“ und „OFF“ festgelegt.
Einige in PIAF normierte Klassifizierungs-Variablen können direkt im Programmcode ohne Platzhalter verwendet werden, z.B. WDH (für Wiederholung), Ort und Jahr.

DEKLARATION

KGROSS(L: Großteilstück, I: Wählen Sie den Großteilstücksfaktor!)
KKLEIN(L: Kleinteilstück, I: Wählen Sie den Kleinteilstücksfaktor! , Sorte)
AMERK(L: Merkmal, Methode=MESSEN)
ODATEI(L: Dateiausgabe adj. Mittelwerte, C: /out=lsm12, OFF)

PROGRAMM

```
Proc glm
Class [KGROSS] [KKLEIN] WDH;
Model [AMERK] = [KGROSS] WDH [KGROSS] * WDH [KKLEIN] [KGROSS] * [KKLEIN] /
  SS3 aplha=0.05;
Test h=[KGROSS] WDH e=[KGROSS]*WDH;
lsmeans [KGROSS] [ODATEI];
Run;
```

Abb. 2: Beispiel für den Deklarations- und Programmteil eines Verfahrens zur Auswertung einer zweifaktoriellen Spaltanlage

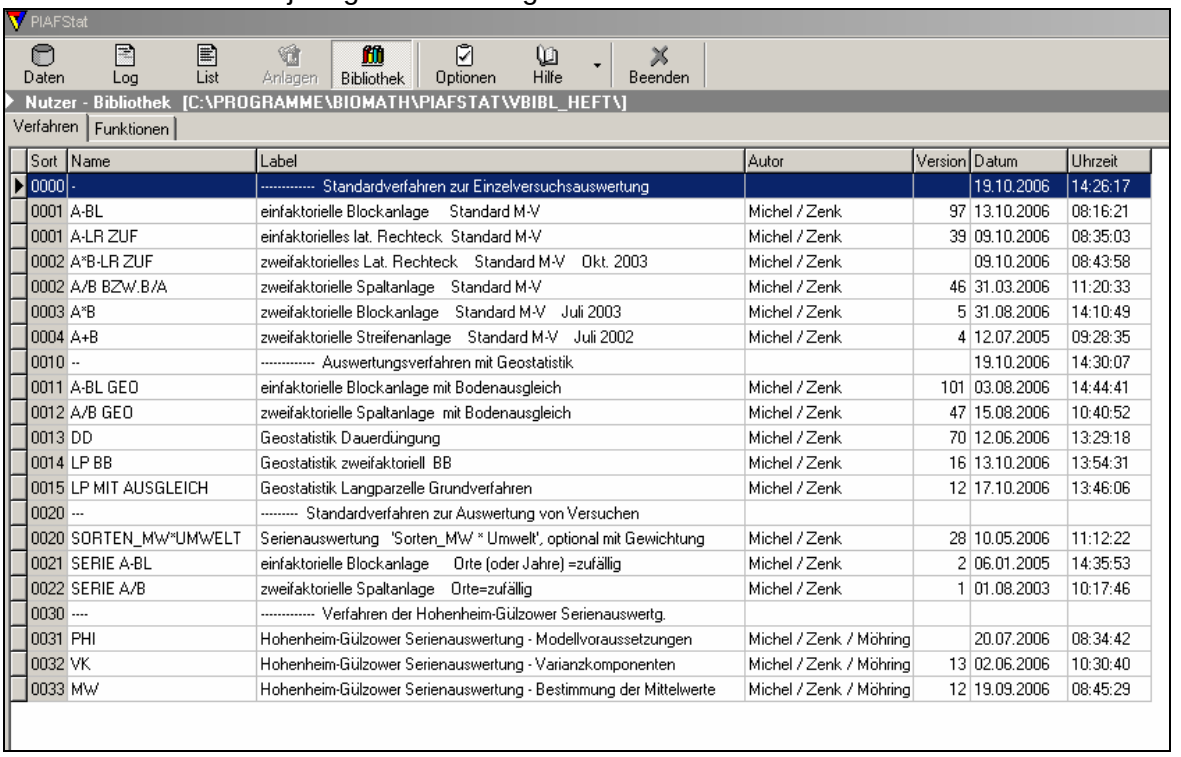
Beispielhafte Erläuterungen zu Abb. 2:
Im Deklarationsabschnitt ist für eine Klassifizierungs-Variable der Platzhalter **[KKLEIN]** definiert. Die Zeichenketten hinter L: und I: werden als Label und Infotext interpretiert und im Programmablauf zur Nutzerunterstützung verwendet. Durch die Vorgabe Sorte erfolgt eine automatische Datenbindung mit einer Variablen vom Typ ‚Klassifizierung', deren Bezeichnung „Sorte“ ist. Diese Variable kann im Programmabschnitt mit der Syntax [KKLEIN] wiederholt verwendet werden. Bei der Analysevariable [AMERK] werden automatisch nur Merkmale verwendet, deren Erfassungs- Methode ‚Messen‘ ist.

Aktuelle Verfahrensbibliothek (Auszug)
In Abb. 3 sind Standard-Auswertungsverfahren, die für die PIAFStat-Verfahrensbibliothek erstellt wurden, dargestellt. Diese Verfahren sind in folgende Verfahrens-Gruppen eingegliedert:

- Standardverfahren zur Einzelversuchsauswertung
- Auswertungsverfahren mit Geostatistik
- Standardverfahren zur Auswertung von Versuchsserien
- Verfahren der „Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung“

Die von der LFA entwickelten Verfahren „einfaktorielle Blockanlage“ und „zweifaktorielle Spaltanlage“ sind in den Länderdienstellen für das Sortenwesen in Deutschland im Einsatz und haben

sich länderübergreifend zu den Standardauswertungsverfahren entwickelt. Auch die Verfahren der „Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung“ sollen sich aufgrund eines Beschlusses der Agrarministerkonferenz (AMK) vom 7.10.2004 zur Neuordnung des Sortenversuchswesens zum Standard für die mehrjährige Auswertung von Sortenversuchen entwickeln.



Sort	Name	Label	Autor	Version	Datum	Uhrzeit
0000	-	---------- Standardverfahren zur Einzelversuchsauswertung			19.10.2006	14:26:17
0001	A-BL	einfaktorielle Blockanlage Standard M-V	Michel / Zenk	97	13.10.2006	08:16:21
0001	A-LR ZUF	einfaktorielles lat. Rechteck Standard M-V	Michel / Zenk	39	09.10.2006	08:35:03
0002	A*B-LR ZUF	zweifaktorielles Lat. Rechteck Standard M-V Okt. 2003	Michel / Zenk		09.10.2006	08:43:58
0002	A/B BZW.B/A	zweifaktorielle Spaltanlage Standard M-V	Michel / Zenk	46	31.03.2006	11:20:33
0003	A*B	zweifaktorielle Blockanlage Standard M-V Juli 2003	Michel / Zenk	5	31.08.2006	14:10:49
0004	A+B	zweifaktorielle Streifenanlage Standard M-V Juli 2002	Michel / Zenk	4	12.07.2005	09:28:35
0010	--	---------- Auswertungsverfahren mit Geostatistik			19.10.2006	14:30:07
0011	A-BL GEO	einfaktorielle Blockanlage mit Bodenausgleich	Michel / Zenk	101	03.08.2006	14:44:41
0012	A/B GEO	zweifaktorielle Spaltanlage mit Bodenausgleich	Michel / Zenk	47	15.08.2006	10:40:52
0013	DD	Geostatistik Dauerdüngung	Michel / Zenk	70	12.06.2006	13:29:18
0014	LP BB	Geostatistik zweifaktoriell BB	Michel / Zenk	16	13.10.2006	13:54:31
0015	LP MIT AUSGLEICH	Geostatistik Langparzelle Grundverfahren	Michel / Zenk	12	17.10.2006	13:46:06
0020	---	--------- Standardverfahren zur Auswertung von Versuchen				
0020	SORTEN_MW*UMWELT	Serienauswertung 'Sorten_MW * Umwelt', optional mit Gewichtung	Michel / Zenk	28	10.05.2006	11:12:22
0021	SERIE A-BL	einfaktorielle Blockanlage Orte (oder Jahre) =zufällig	Michel / Zenk	2	06.01.2005	14:35:53
0022	SERIE A/B	zweifaktorielle Spaltanlage Orte=zufällig	Michel / Zenk	1	01.08.2003	10:17:46
0030	----	---------- Verfahren der Hohenheim-Gülzower Serienauswertg.				
0031	PHI	Hohenheim-Gülzower Serienauswertung - Modellvoraussetzungen	Michel / Zenk / Möhring		20.07.2006	08:34:42
0032	VK	Hohenheim-Gülzower Serienauswertung - Varianzkomponenten	Michel / Zenk / Möhring	13	02.06.2006	10:30:40
0033	MW	Hohenheim-Gülzower Serienauswertung - Bestimmung der Mittelwerte	Michel / Zenk / Möhring	12	19.09.2006	08:45:29

Abb. 3: Auszug aus der aktuellen Verfahrensbibliothek

Das Gülzower PIAFStat-Verfahren „einfaktorielle Blockanlage“ – ein Standardverfahren der Versuchsauswertung in Deutschland

Nachfolgend wird das Verfahren „einfaktorielle Blockanlage“ - das deutschlandweit im Einsatz ist - beispielhaft in Nutzeroberfläche, Output und Interpretation demonstriert:

Allgemeine Informationen

Zielgruppe dieses Verfahrens zur biostatistischen Auswertung einfaktorieller Blockanlagen sind vorrangig die landwirtschaftlichen Institutionen der Länder bzw. Landwirtschaftskammern.

Da hier i.d.R. die Verallgemeinerungsfähigkeit von Versuchsergebnissen in Regionen angestrebt wird, werden überwiegend mehrortige und/oder mehrjährige Versuchsserien im Zentrum der Auswertung stehen. Dabei ist die Auswertung der Einzelversuche nur eine erste Phase. Wir haben daher die Teststatistik einfach gehalten und vorrangig die optimale Schätzung von Prüfgliedeffekten und besonders auch eine umfangreiche Unterstützung bei der fehlerkritischen Auswertung angestrebt.

Das Verfahren ist so konzipiert, dass sowohl Versuche ohne als auch mit Fehlwerten verrechnet werden können, weil Fehlwerte bei exakter Versuchsbetreuung durchaus keine seltene Ausnahme sind. Obergrenzen bezüglich der Anzahl Fehlwerte im Versuch oder je Prüfglied, Block etc. wurden hier bewusst nicht willkürlich eingebaut. Dies muß im Einzelfall vom Bearbeiter eigenverantwortlich beurteilt werden.

Das ‚Auffüllen‘ von geschätzten Ersatzwerten für Fehlwerte in der Datenbank entspricht nicht dem Konzept. Es ist auch nicht nötig, da Fehlwerte im Modell berücksichtigt werden und durch die Adjustierung nicht zu verzerrten Schätzungen führen. Eingetragene Ersatzwerte führen zu (mehr oder weniger) ‚geschönten‘ statistischen Maßzahlen und die Datenbank entspricht dann nicht mehr den tatsächlich erfassten Daten.

Nutzeroberfläche und Nutzerführung

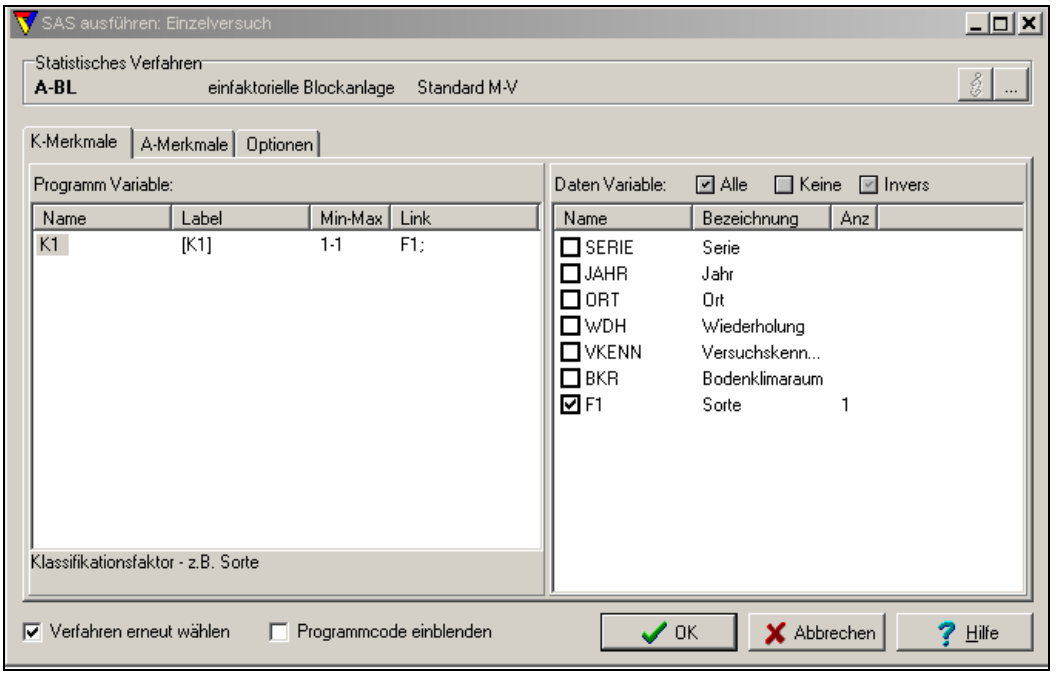


Abb. 4: Zuordnung der Klassifizierungs - Merkmale

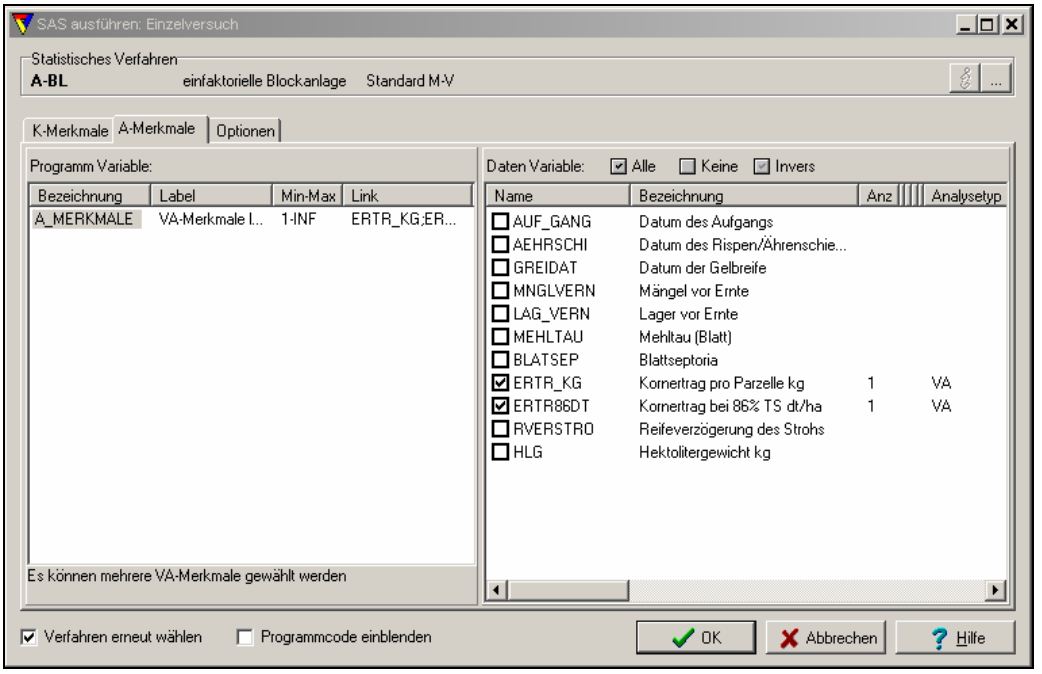


Abb. 4: Zuordnung der Analyse- Merkmale

Klassifikations-**Merkmale** werden durch eindeutige Benennung (WDH, F1 o.ä.) automatisch aktiviert. Zur dauerhaften Änderung können die Voreinstellungen im Deklarationsteil des Programmcodes geändert werden. Für die aktuelle Auswertung können die Merkmale temporär mit der Maus aktiviert bzw. deaktiviert werden. Bei **A**nalyse-**Merkmalen** werden, um die Routinearbeit zu erleichtern, automatisch alle Merkmale ausgewählt, die der Nutzer standardmäßig für die varianzanalytische Auswertung vorsieht. Dafür muß in den Merkmals - Stammdaten von PIAF im 'Feld1' (Analysetyp) ein 'VA' eingetragen sein (Abb.4).

Die einzelnen Optionen sind als Voreinstellung aktiviert bzw. deaktiviert (über ‚ON' bzw. ‚OFF' in der Deklaration). Für die aktuelle Auswertung können die Einstellungen für die einzelnen Optionen temporär mit der Maus oder dauerhaft im Deklarationsteil geändert werden.

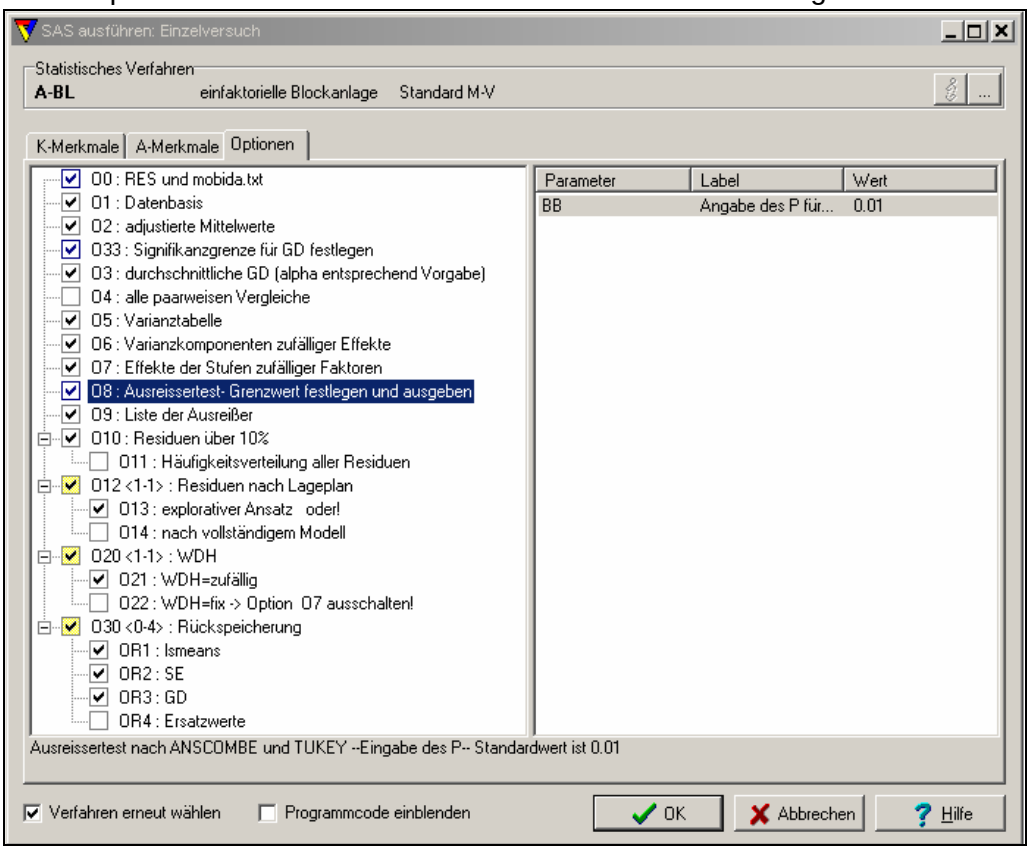


Abb. 5: Übersicht über die Optionen des Verfahrens ‚einfaktorielle Blockanlage'

Output und Interpretation (Erläuterung der Optionen)

Nachfolgend sind weitgehend unverändert der Output des Verfahrens sowie ein Auszug aus dem in PIAFStat abrufbaren Infotext zur Interpretation wiedergegeben.

Versuchs-Kennzeichnung

Output:

```
Versuchsfrage: Landessortenversuch Hafer
Datum der Auswertung:   Donnerstag, 19. Oktober 2006

  Ort       Jahr    Serie

Vipperow    2006    0902
```

Datenbasis: Merkmal: $$$$$$

Output:

```
Datenbasis: Merkmal: Kornertrag bei 86% TS dt/ha

a    blocks     n    Fehlende    Versuchsmittel

3       4      11        1          65.7473
```

Interpretation:
Ausgewiesen werden die Anzahl Prüfglieder, Blocks (Wiederholungen) und Parzellen, sowie die Anzahl Fehlwerte und das Versuchsmittel.
Fehlwerte wirken sich auf die weiteren statistischen Analysen und die Schätzwerte aus. Daher ist bei der weiteren Auswertung besondere Sorgfalt erforderlich.

adjustierte Mittelwerte und Anteil der einzelnen Prüfglieder an der Restvarianz

Output:

F1	Sorte	adjust Mittelw.	s %	N
1	Ivory	66.7248	1.21553	3
2	Flämingsfit	68.8350	1.47338	4
3	Typhon	62.7700	1.99941	4

Interpretation:
Die adjustierten Mittelwerte (lsmeans) sind als optimale Schätzwerte für die Prüfgliedeigenschaften meist das Hauptziel der Versuchsanstellung in der angewandten Forschung. Bei Versuchen ohne Fehlwerte sind die adjustierten Mittelwerte identisch mit den arithmetischen Mittelwerten! Bei Fehlwerten wirken sich die Effekte der Blöcke, in denen die Fehlwerte auftreten, auf die Schätzung der entsprechenden Prüfglieder aus.
Ist der Blockfaktor fix gesetzt (siehe unten bei Option ‚WDH'), so werden die geschätzten Blockeffekte bei der Adjustierung voll zum Ansatz gebracht. Sind die Blöcke zufällig (Standardeinstellung) so kommen diese Effekte sinnvoller Weise nur anteilig in Abhängigkeit von der Relation der Block- zur Restvarianz zum Tragen.
Die Ausgabe des Anteils der Prüfglieder an der Restvarianz (s%) ist ein sehr geeignetes Instrument der fehlerkritischen Auswertung. Dieses s% hat die Dimension des versuchsspezifischen Variationskoeffizienten und erleichtert die Suche nach eventuellen Fehlerquellen innerhalb von Prüfgliedern. Bei auffällig hohen Werten ist eine intensivere Ursachenuntersuchung angeraten, um etwaige Fehler zu finden. Dazu bieten die nachfolgenden Optionen Unterstützung. 10% als Auffälligkeits-Grenze anzusehen, ist eine u.E. brauchbare Faustzahl für viele ‚normale' Versuche (siehe auch bei Option ‚relative Residuen außerhalb +/- 10%'). Der Parameter ist unabhängig von der Anzahl Werte je Prüfglied. Er wirkt sich nicht auf Grenzdifferenzen etc. aus, da - abgesehen von den durch diese Unterstützung evtl. aufzufindenden Fehlern - von Varianzhomogenität ausgegangen wird.
Die Anzahl Werte (N) gibt Aufschluss über die Fehlwerte - Struktur und damit über die Sicherheit der einzelnen Prüfglied-Schätzungen. Entsprechend korrespondiert N mit dem Standardfehler bzw. dem Konfidenzintervall von Prüfgliedern. Letztere sind für die Standardarbeit hier nicht ausgewiesen, lassen sich aber leicht durch Ergänzungen im Programmcode hinzufügen.

Durchschnittliche GD 5% aller paarweisen Vergleiche - t-Test

Output:

arit_MW	MIN	MAX	MEDIAN	N
2.04391	1.89598	2.11787	2.11787	3

Interpretation:

Als Standardverfahren haben wir hier nur den paarweisen t-Test eingebaut, da er für unsere Fragestellungen i.d.R. die gewünschte Interpretation ermöglicht. Für weitere Tests wären spezielle Verfahren vorzubereiten oder hier einzubinden. Bei Tests für simultane Vergleiche ist zu bedenken, dass bei Versuchen in der angewandten Forschung oft nur wenige der oft vielen angelegten Prüfglieder auch tatsächlich miteinander verglichen werden sollen oder können.
In Versuchen ohne Fehlwerte sind alle 4 hier ausgewiesenen Grenzdifferenzen (arith_MW; MIN; MAX; und MEDIAN) identisch und verwendbar, da alle Vergleiche gleiches Präzisionsniveau aufweisen. Treten Fehlwerte auf, trifft dies nicht mehr zu. Da aber bei einzelnen Fehlwerten oft der Wunsch nach einer für den Gesamtversuch näherungsweise gültigen Grenzdifferenz besteht, haben wir die Grenzdifferenzen aller paarweisen N - Vergleiche gemittelt. Wenn Fehlwerte enthalten sind, nutzt man für den exakteren Vergleich der Prüfgliedpaare die Option ‚Liste aller paarweisen Vergleiche mit GD 5% - t-Test' .
Wir nutzen aus pragmatischen Gründen überwiegend das arithmetische Mittel, was u.E. ein geeigneter Kompromiss zwischen den nachfolgend diskutierten Extremen ist und wechselnden Situationen in der Fehlwerte - Struktur am besten gerecht wird.
Der Median hat den Effekt, dass bei sehr wenigen Fehlwerten die Grenzdifferenz der ‚normalen' Vergleiche ausgewiesen wird. Fehlwerte werden dann also quasi ignoriert.
Die maximale Grenzdifferenz wird vom schlechtesten Vergleich, also stark von den Fehlwerten bestimmt. Sie ist angebracht beim streng konservativen Ansatz, wobei für keinen Vergleich eine zu kleine Grenzdifferenz ausgegeben werden soll. Es wird daher für die meisten Vergleiche eine zu große Grenzdifferenz in Kauf genommen.
Die minimale Grenzdifferenz ist hier nur zu beschreibenden Zwecken mit ausgegeben. Sie wird von uns nicht zur globalen Verwendung empfohlen. Ebenso ist unter N die Anzahl paarweiser Vergleiche, über die gemittelt wurde, nur ergänzend ausgewiesen.

Liste aller paarweisen Vergleiche mit GD 5% - t-Test
Output:

```
Liste alle paarweisen Vergleiche mit GD mit alpha=0.05 - t-Test

Effect    F1    _F1    Estimate      lsd      test

  F1       1      2       6.4956    1.39103     *
  F1       1      3       0.1956    1.39103     -
  F1       2      3      -6.3000    1.24439     *
```

Interpretation:
Hier können die exakten Grenzdifferenzen (unter lsd) und die Testergebnisse (unter test) für alle paarweisen Vergleiche ausgegeben werden, was bei Versuchen mit Fehlwerten oder bei unbalancierten Blockstrukturen sinnvoll sein kann. Die Option haben wir für die Routinearbeit ausgeschaltet (OFF).

Varianztabelle der fixen Effekte
Output:

```
            Num      Den
Effect       DF       DF     FValue     ProbF    test

  F1          2        5      34.59    0.0012     *
```

Interpretation:

Ausgegeben wird die übliche Varianztabelle für die fixen Effekte mit den Freiheitsgraden des Prüffaktors und des Rests, dem F-Wert, der Irrtumswahrscheinlichkeit und dem Test - Ergebnis des F-Tests (beachten Sie: 0,05=5%=α). Der Blockfaktor taucht hier nur auf, wenn er fix gesetzt wird (siehe unten bei Option ‚WDH').

Varianzkomponenten zufälliger Effekte und s%

Output:

Cov Parm	Estimate	sRest%
WDH	19.7135	.
Residual	1.0880	1.58650

Interpretation:

Unter ‚Estimate' sind die geschätzten Varianzkomponenten der zufälligen Faktoren und die Restvarianz (Residual) aufgeführt. Die Quadratwurzelwerte der Varianzkomponenten sind in der Mengeneinheit des Merkmals interpretierbar (z.B. dt/ha). Eine hohe Varianzkomponente für den Blockfaktor zeigt hohe Niveauunterschiede zwischen den Blöcken an. Das ist zwar nicht wünschenswert, zeigt aber, dass die Blockbildung für die Verminderung des Versuchsfehlers nützlich war. In diesem Fall ist eine intensivere Ursachenuntersuchung innerhalb der Blöcke angeraten, um etwaige Fehler zu finden. Dazu bieten die nachfolgenden Optionen Unterstützung.
Da wegen SAS-Problemen bei unbalanzierten Daten die Anweisung ‚nobound' im SAS-Code bewusst weggelassen wurde, ist die Blockvarianz im kleinsten Fall =0. Dadurch ist die Teststatistik im balancierten Fall nicht optimal, u.E. aber i.d.R. hinreichend. Alternativ stehen für den balancierten Fall Verfahren von Herrn Dr. Falk Krüger zur Verfügung.
Unter ‚sRest%' ist der versuchsspezifische (mittlere) Variationskoeffizient (s%) als üblicher Parameter zur Einschätzung der Versuchspräzision ausgewiesen.

Effekte der Stufen zufälliger Faktoren und Anteile an der Restvarianz

Output:

Effect	Wdh	Niveau	Block-effekt	s %	N
WDH	1	69.1217	3.3744	0.85115	2
WDH	2	60.6642	-5.0831	1.85182	3
WDH	3	63.5020	-2.2453	0.82754	3
WDH	4	69.7013	3.9540	2.31433	3

Interpretation:

Dieser Bereich ist als Unterstützung bei der Plausibilitätskontrolle und der Suche nach etwaigen Fehlern innerhalb der Blöcke gedacht. Unter ‚Blockeffekt' ist die geschätzte Abweichung des Niveaus der Blöcke vom Versuchsmittel in der Mengeneinheit des Merkmals ausgewiesen. Das ‚Niveau' ist von uns nur zur Verbesserung der Anschaulichkeit eingefügt. Es stellt die Summe aus Blockeffekt und Versuchsmittel dar.
Dabei ist zu beachten, dass dieses Niveau dem arithmetischen Mittel der Parzellen des Blockes nur dann genau entspricht, wenn a) keine Fehlwerte enthalten sind und b) der Blockfaktor ‚fix' gesetzt ist. Ist er ‚zufällig' gesetzt, so nähert sich das Blockniveau dem Versuchsmittel. Diese Annäherung fällt umso größer aus, je kleiner die Blockvarianz im Verhältnis zur Restvarianz ist. Bei Blockvarianz = 0 wird für alle Blöcke das Versuchsmittel als Niveau ausgegeben. Dies mag

auf den ersten Blick zu Verständnisproblemen führen, erspart dem Nutzer aber die fälschliche Annahme von Blockeffekten, die ursächlich nicht im Block, sondern im allgemeinen Versuchsfehler begründet liegen könnten. Daher können kleine MQ(Block)-Werte im fixen Modell, wenn sie allein aus der Restvarianz erklärbar sind, im zufälligen Modell einer Varianzkomponente = 0 entsprechen.
Zur Interpretation des ‚s%' und des ‚N' verweisen wir auf die Option ‚adjustierte Mittelwerte und Anteil der einzelnen Prüfglieder an der Restvarianz'. Diese Parameter sind wiederum sehr hilfreich bei der Plausibilitätskontrolle und der Suche etwaiger Fehler.

Ausreißertest P=0.01 – Grenzwert

Output:

```
Grenzwert für den Ausreissertest nach Anscombe und Tukey P=0.01

   Cs        Rel_Cs

1.13392     1.72467
```

Interpretation:
Ausgewiesen wird die Überschreitungsgrenze für absolute Residuen (Zufallseffekte der Einzelwerte/Parzellen), ab der ein Residuum mit einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit als Ausreißer angesehen wird. Wir haben uns aufgrund unserer Erfahrungen in der Arbeit mit EFDAS für das Niveau 0.01 = 1 % entschieden.
Auf mehrere Grenzen bei unterschiedlichem α haben wir bewusst verzichtet, die Grenze ist aber optional einstellbar (Abb.5). Die Ausreißerbetrachtung soll kein ‚Spiel mit Wahrscheinlichkeiten' werden, sondern wirklich auffällige Werte sollen fachlich intensiv überprüft werden.
Zu beachten ist, dass das Niveau des Grenzwerts vom Niveau der Versuchspräzision abhängig ist. In sehr präzisen Versuchen werden also schon sehr viel kleinere Residuen als Ausreißer ausgewiesen, als in Versuchen mit mittlerer oder unbefriedigender Präzision.

Liste der Ausreißer

Output:

```
F1    WDH    ERTR86DT      Resid     RelResid    Ausreissertest

 3     4       65.47     -1.25399    -1.90729          *
```

Interpretation:
Es werden alle Ausreißer sortiert nach Größe ausgegeben. Treten keine auf, gibt es die Information: ‚Es sind keine Ausreißer vorhanden'.
Ausreißer sollten nicht leichtfertig gestrichen werden. Vielmehr empfehlen wir eine gründliche Nachprüfung (Durchsicht der Versuchsunterlagen wie Textbericht, Skizzen, Mängel-, Lager- und andere Bonituren, Rücksprache mit dem Versuchsbetreuer, Residuen nach Lageplan, Residuen außerhalb +/-10% etc.). Nur in eindeutigen Fällen sollten Streichungen erfolgen. Letzteres muß in der Datenbank oder über die Definition von Ausnahmen in PIAF erfolgen und die Auswertung muss wiederholt werden.
Eine temporäre Streichung zum ‚Probieren' ohne Abspeicherung in der Datenbank haben wir bewusst nicht vorgesehen, da dies u.E. kein fachlich begründetes Vorgehen ist. Die Streichung

der vermeintlich ‚schlechtesten' Werte führt zwangsläufig (per Definition) zu verbesserten statistischen Maßzahlen, was wiederum zur unbegründeten Streichung verleitet.

relative Residuen außerhalb +/- 10%

Output:

```
Es sind keine rel.Residuen ausserhalb +/- 10% vorhanden!
```

Interpretation:
Es werden alle Residuen > +10% bzw. < –10% sortiert nach Größe ausgegeben. Treten keine auf, gibt es die Information: ‚Es sind keine relativen Residuen außerhalb +/- 10% vorhanden'.
10% als Auffälligkeits-Grenze anzusehen, ist eine u.E. brauchbare Faustzahl für viele ‚normale' Versuche. Sie ist statistisch nicht begründbar, stellt aber nach unserer Erfahrung eine gute Ergänzung des Ausreißertests dar, denn im Gegensatz zum Ausreißertest ist diese Auffälligkeitsgrenze unabhängig vom Niveau der Versuchspräzision – wie auch hier zu findende versuchsunspezifische Einzelfehler, wie z.B. einzelne Mäuseschäden etc., unabhängig von der jeweiligen Versuchspräzision sind. Bei Versuchen mit schlechter Präzision ist diese Grenze allerdings kaum hilfreich. Bezüglich der Streichung auffälliger Werte gelten die bei der ‚Liste der Ausreißer' genannten Regeln.

Häufigkeitsverteilung der absoluten Residuen

Output:

```
Häufigkeitsverteilung der absoluten Residuen

Residual                          Cum.             Cum.
Midpoint                  Freq    Freq  Percent  Percent
        ,
 -3.0   ,******              6       9    10.00    15.00
        ,
 -1.5   ,*************       13      19    21.67    31.67
        ,
  0.0   ,******************  18      37    30.00    61.67
        ,
  1.5   ,**************      14      51    23.33    85.00
        ,
  3.0   ,*********           9      60    15.00   100.00
        ,
        Šƒƒƒƒˆƒƒƒƒˆƒƒƒƒˆƒƒƒ
             5    10   15

             Frequency
```

Interpretation:
Eine der Voraussetzungen für varianzanalytische Verfahren ist die Normalverteilung der Residuen. Hierfür haben wir nicht den Test vorgesehen, aber die Häufigkeitsverteilung der Residuen lässt sich optional graphisch darstellen, um die Beurteilung der ‚Auffälligkeit' weiter zu unterstützen. Eine deutliche Asymmetrie oder Mehrgipflichkeit und einzelne Residuen deutlich außerhalb der ‚Normalität' deuten auf Auffälligkeiten hin.
Die Option schalten wir nur bei Versuchen ab etwa 80 Werten an, da nur dann eine optisch stetig wirkende Verteilung zu erwarten ist.

Residuen nach Lageplan

Output:

Die hier dargestellten Residuen dienen nur dem explorativen Ansatz, Auffälligkeiten in der räumlichen Struktur (z.B. Bodentrends, 'Nester' etc) zu erkennen!

	Reihe			
	1	2	3	4
	Residual	Residual	Residual	Residual
Spalte				
1	3.90	-4.10	-2.57	4.35
2	.	-5.51	-1.79	5.03
3	3.03	-5.92	-2.50	2.70

Interpretation:
Die Verteilung der Residuen über die Fläche, also nach Lageplan, kann - insbesondere bei größeren Versuchen - Aufschluss über lokale Nester oder Trends geben. Ursachen sind häufig bodenbürtig. Das Erkennen solcher Situationen erleichtert den weiteren Umgang mit den Daten. Auch hier sei vor leichtfertigen Schlüssen aufgrund weniger Beobachtungswerte gewarnt.
Um sich auf die räumliche Verteilung der Residuen konzentrieren zu können und nicht zu schnell vermeintliche Bezüge z.B. zum Ausreißertest herzustellen, haben wir in der tabellarischen Darstellung auf die Ausgabe der Klassifikation (Prüfglied-Nr. etc.) verzichtet.
Die Zeilen-Spalten-Struktur der Tabelle entspricht dem um 90° gedrehten Lageplan, so dass die Zelle links-oben die linke Parzelle im ersten ‚Beet' ist. Durch diese Drehung passen übliche Anlagen meist ins Hochformat.

WDH

Interpretation:
Hier lässt sich der Block-Faktor fix oder zufällig setzen. Wir haben standardmäßig zufällig eingestellt.
Für große Versuche mit deutlich räumlichem Effekt, die nicht hinreichend durch Blockung erfasst werden, sei hier auf die PIAFStat-Verfahren mit Geostatistik (Bodenausgleich) verwiesen.

Zusammenfassung

PIAFStat ist Bestandteil des Gesamtkonzeptes PIAF. In der Verfahrensbibliothek von PIAFStat stehen SAS- Programme zur Datenanalyse und biostatistischen Auswertung zur Verfügung. Die Verfahren zur Einzelversuchsauswertung und zur Auswertung von Versuchsserien, die in der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern erstellt wurden und inzwischen länderübergreifend als Standardverfahren genutzt werden, werden hier kurz vorgestellt. Am Beispiel des Verfahrens „einfaktorielle Blockanlage" wird ausführlich auf Nutzeroberfläche, Output und Interpretation eingegangen.

Die Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung als bundesweites Basisverfahren im regionalisierten Sortenwesen

Volker Michel, Andrea Zenk, Jens Möhring[1], Andreas Büchse[1], Hans-Peter Piepho[1]

Einleitung

Landessortenversuche sind die Grundlage regionaler Sortenempfehlungen in Deutschland. Eine Schwerpunktaufgabe besteht in der möglichst frühzeitigen und schätzgenauen regionalen Ertragseinstufung von Sorten. Gerade die Bedeutung der Frühzeitigkeit steigt bei derzeit beschleunigtem Sortenwechsel. Die hergebrachte regionale Ertragsauswertung der meisten Bundesländer bezog Versuchsergebnisse der Landessortenversuche (LSV) beschränkt auf die jeweilige Länderdienststelle (LDS) und die letzten drei Jahre ein. Diese Beschränkung auf LSV, auf orthogonale Sortenvergleiche innerhalb eines LSV-Jahrganges sowie auf eine Regelprüfzeit von 3 Jahren ist im Sinne der o.g. Zielstellung nicht prinzipiell begründbar und nicht optimal. Im Interesse der Frühzeitigkeit und Genauigkeit ist es sinnvoll, die Datenbasis weiter zu fassen.
Für eine ausreichende Genauigkeit wird ein entsprechender Versuchsumfang benötigt. Aufgrund der Sparzwänge wurde und wird die Anzahl der Versuche z.T. deutlich reduziert, insbesondere bei den weniger bedeutsamen Pflanzenarten. Über das neue biometrische Verfahren der von der Universität Hohenheim und der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA) entwickelten ‚Hohenheim-Gülzower Serienauswertung' soll die regionale Auswertung verbessert werden.
Dabei wird die Datenbasis in folgender Weise erweitert:

- Durch die umfassende Einbeziehung der vor der Zulassung durchgeführten Wertprüfungen (WP) des BSA und anderer Offizialprüfungen in die regionale Auswertung sollen unter Nutzung der neuen Verfahren frühzeitiger verlässliche regionale Aussagen möglich werden.
- Es werden mehr als drei Versuchsjahre einbezogen. Dies hat neben der allgemeinen Erweiterung des Datenumfanges besonders auch den Vorteil, dass dadurch die i.d.R. große Sorte*Jahr-Interaktion berücksichtigt und damit die klimatische Repräsentativität verbessert wird.
- Versuche aus benachbarten Bundesländern im standortkundlichen Überlappungsbereich werden einbezogen.

Optimierungen durch die Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung

Die Auswertung langjähriger Sortenversuche beinhaltet eine Vielzahl systemimmanenter Besonderheiten, die in ihrer Kompliziertheit und Komplexität durch herkömmliche Auswertungen z.B. mit Methoden der Datenbankabfrage und Tabellenkalkulation nicht bzw. erst nach willkürlicher, umfangreicher Datenreduktion sachlich adäquat bewältigt werden können. In der Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung wurden die Realitäten der Prüfsysteme in gemischten Modellen (PROC MIXED in SAS) abgebildet. Dadurch konnten unter Anderem folgende Besonderheiten des Sortenwesens berücksichtigt und optimal verwertet werden:

<u>Unbalanziertheit:</u>

- Ergebnisse der den LSV vorgelagerten Versuchen (WP, EUSV u.a.) können trotz großer Unbalanziertheit einbezogen werden.
- Trotz der bei langjährigen Daten großen Unbalanziertheit können viele (alle fachlich noch relevanten) Versuchsjahre einbezogen werden.
- Bezüglich einer Sorte schwach besetzte Jahre (z.B. WP-Jahrgänge) werden mit optimalem Gewicht in die Gesamtserie einbezogen.
- Ergebnisse von unterbesetzten Orten (z.B. Züchterstandorte) werden mit optimalem Gewicht in die Gesamtserie einbezogen.
- Bei parallelen Versuchen am gleichen Ort und Jahr (z.B. LSV und WP) werden die mehrfach und die nur einfach geprüften Sorten jeweils optimal in die Serie einbezogen.
- Die Gesamtauswertung erfordert keine absolut durchgängigen Verrechnungssorten oder orthogonalen Blöcke.

[1] Universität Hohenheim, Fachgebiet Bioinformatik

Regionalität: Ergebnisse aus benachbarten Regionen im standortkundlichen Überlappungsbereich können mit optimal abgestuftem Gewicht in die Auswertungen für ein Zielgebiet einfließen.

Differenzierte Versuchspräzision:

- Versuche mit erhöhtem Versuchsfehler (z.B. s%), soweit grundsätzlich ‚brauchbar', können mit optimaler Gewichtung einbezogen werden.
- Versuche mit unterschiedlicher Wiederholungsanzahl können mit jeweils optimaler Gewichtung einbezogen werden.
- Prüfglieder mit abweichender Wiederholungsanzahl im Einzelversuch (Fehlstellen) können mit optimaler Gewichtung einbezogen werden.
- Prüfglieder mit unterschiedlichem Standfardfehler im Einzelversuch aufgrund unbalanzierter Blockstrukturen, geostatistischer Bodenausgleichsrechnung u.a. versuchsmethodischer Ansätze können mit optimaler Gewichtung einbezogen werden.

Nichtadditives Datenverhalten: wird durch eine entsprechende Transformation der Daten berücksichtigt.

In ihrer Gesamtheit bewirken diese Optimierungen die Minimierung des Vorhersagefehlers für Sortenleistungen in einem neuen Jahr auf Schlägen im Zielanbaugebiet.

Überlappende überregionale Auswertung und abgestufte Gewichtung

Die Einbeziehung von Versuchen aus agrarökologisch ähnlichen Nachbar-Anbaugebieten in die Auswertung für ein Ziel-Anbaugebiet ist eine Möglichkeit den Vorhersagefehler zu verringern.

Zu diesem Zweck haben die Länderdienststellen für das Sortenwesen Deutschland in Boden-Klima-Räume und kulturartspezifische Anbaugebiete unterteilt. Diese Regionalisierung orientiert sich nicht mehr an politischen Grenzen, sondern an standortkundlichen Gegebenheiten und deren Relevanz für sortenspezifische Reaktionen.

Wertet man mehrere Anbaugebiete gemeinsam aus, so erhöht sich die Anzahl der Versuche und die Genauigkeit für diesen ‚Großraum' steigt. Andererseits führt die Einbeziehung von Versuchen aus Nachbargebieten zu einer gewissen Verzerrung für das Zielgebiet, da sich im Nachbargebiet möglicherweise eine andere Sortenrangfolge zeigt als im Zielgebiet. Ist diese Verzerrung größer als der Genauigkeitsgewinn durch die erhöhte Versuchsanzahl, so wäre die Einbeziehung der benachbarten Anbaugebiete kontraproduktiv. Ist die Verzerrung dagegen kleiner, so ist die Aussage aus den gemeinsam ausgewerteten Anbaugebieten trotz einer gewissen Verzerrung besser als die alleinige Auswertung des Zielgebietes mit zu wenig Versuchen.

Um diesen Kompromiss zwischen ausreichend vielen Versuchen und der Verzerrung optimal zu gestalten, werden die Ergebnisse aus Nachbargebieten geringer gewichtet, als Ergebnisse des Zielgebietes. Der Grad dieser Wichtungsabstufung wird automatisch in der Weise vorgenommen, dass der Vorhersagefehler im Ziel-Anbaugebiet minimiert wird, also die Sortenbewertung im Ziel-Anbaugebiet optimiert wird. Die Gewichte werden maßgeblich durch die genetische Korrelation der Anbaugebiete bestimmt. Diese ist ein Maß für die Ähnlichkeit der Sortenrelationen zwischen Gebieten. Dabei wird der Vorhersagefehler je Sorte im Zielgebiet, der sich als Summe von Prüfgenauigkeit und Verzerrung ergibt, minimiert. D.h. die Gewichte sind so gewählt, dass ein Nachbargebiet ein umso höheres Gewicht erhält, je ähnlicher es dem Zielgebiet ist. Wird aus den Daten andererseits keine Ähnlichkeit festgestellt, werden die Daten dieses Nachbargebietes automatisch nicht einbezogen (Wichtung=0), ohne dass sie eigens aus dem Datensatz gestrichen werden müssten.

Bundesweit führt diese Methode zu gleitend überlappenden Anbaugebieten. So werden z.B. für das Anbaugebiet D-Nord (überwiegend MV) Daten aus D-Süd und Ostholstein, für das Anbaugebiet Ostholstein wiederum Daten aus D-Nord, nicht aber aus D-Süd genutzt usw.

Die seit 2005 von der LFA praktizierte Verrechnung mit diesen Modellen hat bestätigt, dass durch die Einbeziehung der WP und benachbarter Anbaugebiete der Vorhersagefehler erheblich verringert werden kann. Damit wurden Effizienzreserven erschlossen und die frühzeitige Bewertung neuer Sorten verbessert.

Die Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung ist gleichzeitig ein geeignetes Instrument für die Evaluierung der konkreten Größe und Begrenzung von Anbaugebieten und vor allem der Überlappungsräume.

Das System der flexibel überlappenden Auswertungsräume wird nur dann langfristig funktionieren, wenn jedes Anbaugebiet eine verlässliche Anzahl an Versuchen pro Jahr beisteuert. Zur Absicherung dieses Erfordernisses werden derzeit überregionale und regionale Vereinbarungen zwischen den beteiligten Partnern (Länder, Bundessortenamt, Züchtungswirtschaft) getroffen.

Was bedeutet dies für den Landwirt?
Wenn Informationen aus benachbarten Anbaugebieten herangezogen werden, so steigt im Mittel der Abstand (geografisch bzw. standortkundlich) zum eigenen Betrieb. Das könnte zu dem Schluss führen, dass die Verlässlichkeit der Sortenempfehlung für den konkreten Betrieb deswegen geringer ist. Dies ist aber eine Fehleinschätzung, die aus der häufig zu beobachtenden intuitiven Überschätzung des Verzerrungsfaktors und Unterschätzung des Genauigkeitsfaktors her rührt. Die Aussagekraft eines einzelnen Versuches wäre selbst dann gering, wenn dieser auf Flächen des eigenen Betriebes liegen würde. Neben der selbst innerhalb kleiner Räume relativ hohen Differenziertheit der Böden sind insbesondere die unvorhersehbaren Bedingungen des Folgejahres dafür ausschlaggebend, dass aussagekräftige Sorteneinschätzungen sich erst durch umfangreiche Versuchsserien über Orte und Jahre erarbeiten lassen.

Beschluss der Agrarministerkonferenz vom 7.10.04 zu diesen Methoden

„… Die kombinierte Auswertung aller Daten aus Wertprüfung und Landessortenversuchen auf Basis der so genannten „Hohenheimer Methodik“ sichert die optimale Nutzung der Daten für die Sortenberatung und die Fortschreibung der beschreibenden Sortenlisten. Außerdem gewährleistet das System, dass Landwirten und Saatgutwirtschaft erste – auch regionalisierte – Sorteninformationen schneller zur Verfügung stehen und die LDS Informationen zur anbaugebietsspezifischen Auswahl von Sorten für die Landessortenversuche erhalten.“
Zur optimalen Umsetzung der Modelle wird im Beschluss der Agrarministerkonferenz auf die Nutzung des gemeinsamen Planungs-, Informations- und Auswertungssystems für das Feldversuchswesen (PIAF) verwiesen.

Die PIAFStat-Verfahren der Hohenheim-Gülzower Serienauswertung

Die Verfahrensgruppe Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung wurde in Kooperation der Universität Hohenheim und der LFA in 3 PIAFStat-Verfahren realisiert (Tab. 1). Dabei haben die Verfahren ‚PHI’ und ‚VK’ eine vorbereitende Funktion für die Optimierung der Schätzung der Sortenleistungen. Sie müssen nicht jährlich und nicht im Hauptauswertungszeitraum ablaufen. Das Verfahren ‚MW’ erfüllt dann die zentrale Aufgabe des Verfahrenskomplexes – die optimierte Schätzung der Sortenleistungen und deren Schätzgenauigkeit.

Tab. 1: Die PIAFStat-Verfahren der Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung

Reihenfolge Abarbeitung	**Kurzbezeichnung in PIAFStat**	**Langbezeichnung Label in PIAFStat**
1	PHI	Optimale Datentransformation
2	VK	Bestimmung der Varianzkomponenten
3	MW	Bestimmung der Mittelwerte

Das Verfahren ‚PHI’ – Optimale Datentransformation

In den Serienauswertungen der Länderdienststellen wird die Erfüllung der Modellvoraussetzungen derzeit i.d.R. nicht geprüft, sondern als gegeben vorausgesetzt. Das Verfahren ‚PHI’ behebt dieses Defizit durch die Suche nach einer optimalen Transformation der Daten.
Das Verfahren PHI gewährleistet insbesondere hinsichtlich des Komplexes Additivität / Varianzhomogenität / Normalverteilung, dass gegebene Daten durch Transformation optimal an die Modelle angepasst werden. Damit werden Verzerrungspotentiale auch bei der Mittelwertschätzung reduziert. Es sei darauf hingewiesen, dass die Datentransformation alleine nicht garantiert, dass

alle Modellvoraussetzungen optimal erfüllt sind. Zur Bestimmung einer optimalen Datentransformation wird in diesem Verfahren PHI der Transformationsparameter (phi bzw. φ) geschätzt. Hierzu wurde die Box-Cox-Transformation gewählt, deren herausragender Vorteil die stufenlose Anpassung ist.

Für die Box-Cox-Transformation gilt:

$$y = \begin{cases} \dfrac{y^{\varphi} - 1}{\varphi} \text{ für } \varphi \neq 0 \\ \log(y) \text{ für } \varphi = 0 \end{cases},$$

wobei der Transformationsparameter φ nach der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt wird.
Als Ausgabe wird der optimale Parameter ‚phi' ausgegeben und eine Graphik erstellt (Abb. 1). Diese zeigt die Güte des Modells (die sog. Log-Likelihood – loglik) als Kurve in Abhängigkeit vom Transformationsparameter (phi). Der optimale Wert von phi (maximaler Log- Likelihood) weist die beste Anpassung aus. Zur Signifikanzprüfung und Ausweisung eines Vertrauensintervalls für den geschätzten Parameter wird eine horizontale Linie angezeigt. Die Werte auf der x-Achse, bei welchen die Linie die Log-Likelihood-Kurve schneidet, sind die 95%-Vertrauensgrenzen für phi. Interessant ist insbesondere, ob der Wert 1 für den Transformationsparameter (gleich untransformiert bzw. Additivität) sich vom optimalen Wert unterscheidet.

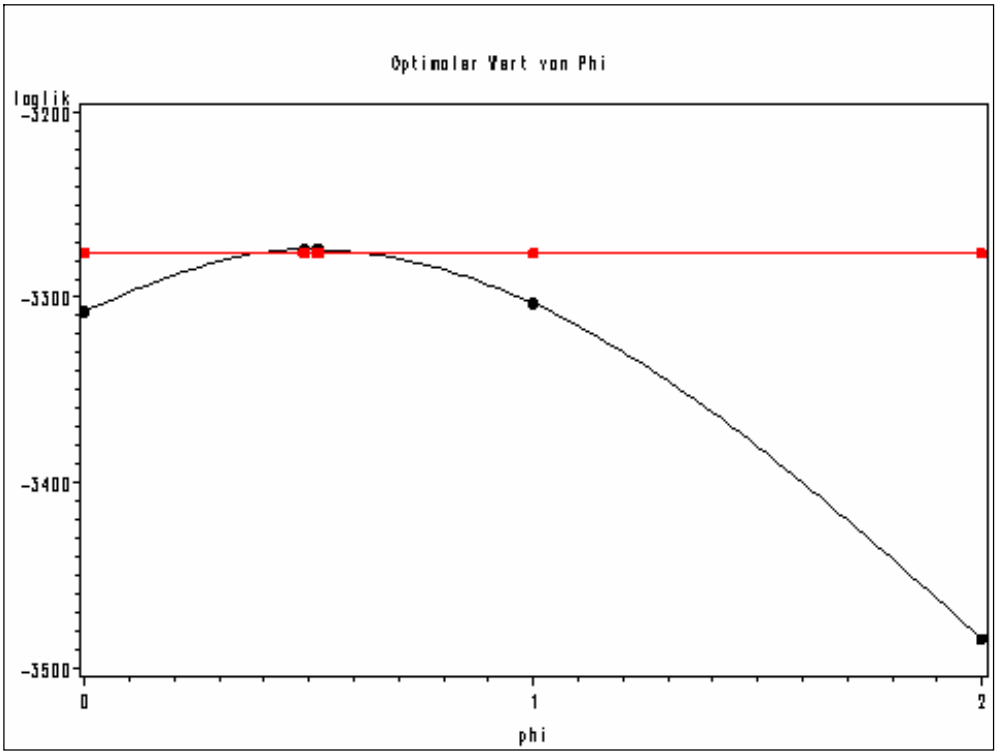


Abb. 1: Schätzung des Transformationsparameter ‚phi' *(Beispiel)*

Der optimale Wert für den Parameter phi sollte dann in den Verfahren ‚VK' und ‚MW' eingesetzt werden. Hierbei kann sich z. B. ergeben, dass eine logarithmische Transformation optimal ist (phi=0), dass die Daten untransformiert ausgewertet werden können (phi=1) oder dass eine Zwischenform optimal ist.

<u>Warum ist Additivität besonders hinterfragt ? - Diskussion von Hintergründen</u>
Mit der Ausweitung der Auswertungsräume durch das Überlappungsprinzip geht eine zunehmende Ertragsdifferenziertheit der Versuchsdurchschnittserträge einher. Dies hatte den Bearbeiter bewogen, a) die Richtigkeit der Additivitätsannahme im Allgemeinen zu hinterfragen und b) ein Werkzeug zu schaffen, mit dem in konkreten Serien-Auswertungen Abweichungen ggf. berücksichtigt werden können. Bisher wurde die Frage vernachlässigt, ob das Datenverhalten

überwiegend additiv oder multiplikativ ist – es wurde ungeprüft nach additivem Modell gerechnet und dazu im Widerspruch ebenso ungeprüft nach multiplikativem Modell dargestellt (Relativwerte). Die Darstellung von Relativzahlen erfolgte nicht wegen der Unterstellung eines multiplikativen Modells, sondern wegen der erleichterten intuitiven Tabelleninterpretation (z.B. bei der Darstellung von Sorten-Erträgen in verschiedenen Umwelten mit unterschiedlichem Durchschnittsertrag) und wegen der Gewöhnung an eine einheitliche Zahlendimension um 100 % unabhängig von der Mengeneinheit (dt, MJ, Anzahl ...). Dieser Widerspruch zwischen Verrechnung (additiv) und Darstellung (multiplikativ) ist nicht sinnvoll bzw. gerechtfertigt. Eine Überprüfung ist in kleinen Datensätzen aus Einzelversuchen bzw. kleinen Serien in der Regel nicht hinreichend möglich, wird aber bei mehrjährigen Auswertungen großer Serien von Sortenversuchen interessant und nützlich.
Eine unberücksichtigte Verletzung der Modellvoraussetzungen führt zu verzerrten Schätzwerten für die Grundgesamtheit, und zwar sowohl bei vollständig als auch bei unvollständig balanzierten Daten.

Zum vereinfachten Verständnis der Problematik kann man folgende Fragen stellen:
Sind z.B. die zu erwartenden Sortendifferenzen [dt/ha] in neuen Versuchen

a) unabhängig vom Ertragsniveau ? → additives Datenverhalten
b) proportional zum Ertragsniveau ? → multiplikatives Datenverhalten

Für den additiven Auswertungsansatz spricht vermeintlich, dass letztendlich Mengen (dt) und nicht Prozente erzeugt werden sollen. Es muss aber hinterfragt werden, welche Verallgemeinerungsfähigkeit nachfolgende unterschiedlichen Aussagen für die Praxis, also für einen Schlag /eine neue Jahr*Ort-Kombination haben:

a) Sorte X war im Mittel gegebener Versuche 8 dt/ha überlegen
b) Sorte X war im Mittel gegebener Versuche 10% überlegen

Wenn hier die Aussage in Richtung b) tendiert, so müssten zumindest relevante multiplikative Anteile vorliegen und es bestünde dann ein Transformationserfordernis bzw. die Notwendigkeit, ein multiplikatives Modell anzupassen. Der Standpunkt, der additive Ansatz wäre Konvention und daher ‚richtig' wird der Frage: „Wie erreicht man mit der Stichproben-Auswertung die bestmögliche Verallgemeinerung für die Grundgesamtheit (regionale Empfehlung für ein neues Jahr)?" nicht gerecht. Die Antwort hängt vom Datenverhalten ab: Ist es additiv (phi=1), so besteht kein Transformationserfordernis. Ist es multiplikativ (phi=0) so ist die log-Transformation optimal. Bei {0<phi<1} ist ein stufenloser Zwischenwert optimal → umsetzbar durch die unten beschriebene und im Verfahren integrierte Box-Cox-Transformation.

<u>Wie kann auf verletzte Additivität reagiert werden ?</u>
Die verwendeten Verfahren arbeiten mit linearen Modellen, setzen also Additivität der Effekte voraus. Ist dieses nicht gegeben, sollten Daten so transformiert werden, dass die transformierten Daten additives Verhalten aufweisen. Mit den transformierten Daten können dann die Verfahren optimal arbeiten. Um im Ergebnis keine abstrakten, dimensionslosen Daten zu erhalten, sondern Daten in der üblichen metrischen Einheit, erfolgt hier zur Ergebnisausgabe im Verfahren ‚MW' eine Rücktransformation.
Die varianzstabilisierende Wirkung einer Datentransformation hängt im Wesentlichen von der funktionalen Beziehung zwischen Varianz und Erwartungswert ab (Tab. 2). Die bisherigen Erfahrungen aus der Anwendung der Methode zeigen, dass die Daten in der Regel nahe am additiven Verhalten sind, aber häufig eine leichte Abweichung in Richtung multiplikativen Verhaltens besteht. In fast allen Fällen waren die Modelle für die transformierten Daten signifikant besser als für die untransformierten Daten.

Tab. 2: Datenverhalten und Box-Cox-Transformation

geschätztes phi	verbale Interpretation von Datenverhalten und Transformation
$\varphi \sim 1$	rein additiv; Auswertung identisch zu untransformierten Daten; die Varianz ist konstant und unabhängig vom Erwartungswert; siehe (a)
$0{,}5 << \varphi << 1$	näher am additiven als am multiplikativen Verhalten
$\varphi \sim 0{,}5$	Übergang; identisch zur Wurzeltransformation
$0 << \varphi << 0{,}5$	näher am multiplikativen als am additiven Verhalten
$\varphi \sim 0$	rein multiplikativ → identisch zur log-Transformation; die Varianz ist proportional zum Erwartungswert; (entspricht etwa einer Auswertung über Relativwerte) siehe (b)
($\varphi > 1$)	Vorschlag, wenn 1 im Konfidenzintervall liegt: mit $\varphi = 1$ arbeiten und möglichst die Gewichtung nach SE in ‚VK' und ‚MW' nutzen Additivität könnte z.B. überlagert sein durch einen „Präzisionseffekt" (je größer die Merkmalsausprägung, desto kleiner dieVarianz)

Das Verfahren ‚VK' - Bestimmung der Varianzkomponenten

Das Verfahren ‚VK' dient der Schätzung der zur Mittelwertsschätzung benötigten Varianzkomponenten incl. der davon abgeleiteten genetischen Korrelationen zwischen einbezogenen Anbaugebieten. Die Schätzung der genetischen Korrelationen ist erforderlich für die optimale Gewichtung von Ziel- und Nachbar-Anbaugebieten.

Wozu Varianzkomponenten schätzen?

Das Leistungspotential einer Sorte kann nicht fehlerfrei ermittelt werden, sondern wird außer von den Einzelversuchsfehlern besonders von Wechselwirkungen mit der Umwelt beeinflusst:
Die Sortenrangfolgen bzw. Sortenrelationen sind von Versuch zu Versuch nicht identisch, ebenso nicht von Jahr zu Jahr, von Ort zu Ort, von Region zu Region. Dieses Verfahren analysiert die Variationsursachen, quantifiziert die Varianzkomponenten, erlaubt den Vergleich ihrer Wirkungsstärke und ermöglicht nachfolgend insbesondere die Berücksichtigung bei der Sortenleistungsschätzung im Verfahren ‚MW'.
Bei der hier vorgeschlagenen vollen Ausnutzung der verfügbaren Datenbestände ist die Besetzung der einzelnen Sorten in den einzelnen Umwelten z.T. extrem differenziert. Es stellt sich die Frage, wie man vor dem Hintergrund a) dieser differenzierten Besetzung und b) der Sorte*Umwelt-Wechselwirkungen die Daten optimal verdichten soll. Hier führt das gemischte Modell zu einem optimalen Vorgehen. Bezüglich der Berücksichtigung unterschiedlicher Besetzungen in Umwelten [Jahren; Orten etc.] kann vereinfacht gesagt werden, dass ein Ergebnis aus einer zusätzlichen Umwelt nützlicher ist und entsprechend höher gewichtet wird, als aus einer bereits gut besetzten, denn Ergebnisse aus dem gleichem Jahr, Ort etc. sind korreliert und bringen einen geringeren Informationsgewinn als Ergebnisse aus zusätzlichen Jahren, Orten etc.
Im Gegensatz zu herkömmlichen Verrechnungen mit Methoden der Tabellenkalkulation, bei der diverse Rechen- und Entscheidungsregeln zu beachten waren, vereinigen diese Modelle eine sehr einfache, elegante Abarbeitung mit Optimalität der Leistungsschätzungen.

Gemischtes Modell und Interpretationen der Varianzkomponenten

Das zugrunde gelegte Modell geht aus den in Tab. 3 ausgewiesenen Varianzkomponenten hervor.
Der Effekt **Ort*Jahr*Typ**, der das Leistungsniveau der Einzelversuche erfasst und berücksichtigt, wird in diesem Modell formal als fixer Effekt behandelt. Die Varianz der Einzelversuche ist erfahrungsgemäß so groß, dass die Nutzung des ‚zufälligen' Ansatzes keine Erhöhung der Schätzgenauigkeit für die Sorteneffekte bringt, aber die Rechenzeit erheblich erhöht. Die grundsätzliche Berücksichtigung dieses Effektes ist aber Voraussetzung für die Verrechnung unbalanzierter Daten, also z.B. die gemeinsame Verrechnung von LSV, WP, EU, die Verrechnung langjähriger Daten und die gemeinsame Auswertung mehrerer Regionen.

Tab. 3: Ausgabe der Varianzkomponenten durch PIAFStat

(Beispiel Winterweizen Anbaugebiet D-Nord 1997-2006)

Obs	CovParm	Subject	Estimate	Alpha	Lower	Upper
1	Intercept	S	2.4479	0.2	1.8866	3.3803
2	JAHR	S	1.7807	0.2	1.4813	2.2036
3	ort	S	0.7020	0.2	0.5326	0.9933
4	JAHR*r	S	0.8983	0.2	0.6797	1.2764
5	JAHR*ort	S	3.5613	0.2	3.1065	4.1458
6	typ(JAHR*ort)	S	1.2629	0.2	0.9272	1.8856
7	UN(1,1)	S	0.9773	0.2	0.5673	2.4387
8	UN(2,1)	S	0	.	.	.
9	UN(2,2)	S	0.5621	0.2	0.3020	1.7921
10	UN(3,1)	S	0	.	.	.
11	UN(3,2)	S	0	.	.	.
12	UN(3,3)	S	0	.	.	.
13	Residual		1.0000	.	.	.
	mittlerer SE^2 in Versuchen		7.4235			

Tab. 4: Ausgabe der genetischen Korrelationen durch PIAFStat

1	Korrelation zw. AG1 und AG2	0.76238
2	Korrelation zw. AG1 und AG3	0.84539
3	Korrelation zw. AG2 und AG3	0.90181

ad (Obs 1) Sorten-Varianz innerhalb der Sorten-Gruppen

Zur Optimierung der Gewichtung von Regionen ist Sorte hier formal als zufällig betrachtet. Bei der Mittelwertsschätzung wird Sorte aber als fix, also als Individuum angesprochen (lsmeans).

ad (Obs 2) Sorte * Jahr Wechselwirkung im gesamten Großraum

Leistungs-Relationen der Sorten sind in den Jahren über alle Gebiete hinweg unterschiedlich. Die unterschiedliche Besetzung der Sorten in Jahren im Großraum wird optimal berücksichtigt.

ad (Obs 3) Sorte * Ort Wechselwirkung in Anbaugebieten

Leistungs-Relationen der Sorten sind an den Standorten innerhalb der Anbaugebiete unterschiedlich. Wenn diese VK rel. klein ist, bestätigt dies die vorgenommene Regionalisierung dahingehend, dass die Sorten an den Standorten innerhalb jedes Anbaugebietes im langjährigen Mittel vergleichsweise ähnlich reagieren. Die unterschiedliche Besetzung der Sorten an Orten (Züchter, BSA, LDS…) im Großraum wird optimal berücksichtigt.

ad (Obs 4) Sorte * Jahr Wechselwirkung in Anbaugebieten

Leistungs-Relationen und Besetzung der Sorten sind in den Jahren innerhalb der Anbaugebiete zusätzlich zu (Obs 2) unterschiedlich. Wenn diese Komponente kleiner als (Obs 2) ist, deutet dies auf relativ ähnliche klimatische Bedingungen im gesamten einbezogenen Großraum hin. Die unterschiedliche Besetzung der Sorten in Jahren in Anbaugebieten wird optimal berücksichtigt.

ad (Obs 5) Sorte * Jahr * Ort Wechselwirkung in Anbaugebieten

Die Sorten reagieren in Einzelversuchen spezifisch auf Ereignisse, die weder am Standort reproduzierbar noch für das Jahr typisch sind. Diese Komponente ist oft groß, was die Interpretation der Sorten-Reaktionen auf Umwelteinflüsse, z.B. die Verallgemeinerungsfähigkeit von (häufig nur scheinbaren) Jahres- oder Orts- Effekten beschränkt. Die unterschiedliche Besetzung der Sorten wird optimal berücksichtigt.

ad (Obs 6) Sorten Wechselwirkung gleicher Ort und gleiches Jahr

In zeitgleichen Versuchen an einem Standort können bereits real abweichende Sortenrelationen eintreten, die nicht nur im Rest-Fehler begründet sind (z.B. Verrechnungsorten in WP, LSV, EU). Bei der Interpretation im Einzelfall wäre wichtig zu wissen, wie/ob sich die Anbaubedingungen dieser Versuche unterschieden haben (Schlag, Saatzeit, Betreuer, Intensität …).

Diese Varianzkomponente kann nur geschätzt werden, wenn mit Wichtung nach SE (Standardfehler) gearbeitet wird. Die z.T. mehrfache Besetzung einzelner Sorten in Versuchen am gleichen Ort und Jahr wird optimal berücksichtigt.

ad (Obs 7; 9; 12) Sorte * Anbaugebiet Wechselwirkung im „Großraum“
Diese VK werden je Anbaugebiet ausgewiesen. Sie sind in ihrer Relation zu **(Obs 1)** die Basis für die Gewichtung von Nachbargebieten und damit einer der entscheidendsten Aspekte der Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung.

ad (Obs 13) Sorten Wechselwirkung im Einzelversuch
Dies ist die Varianz (SE^2) der MW je Sorte in Einzelversuchen, wenn die Option ‚Ohne Gewichtung nach SE’ gewählt wurde. Bei Verrechnung mit Gewichtung nach SE wird hier formal ‚1’ als Konstantfaktor für die hinterlegten MW-spezifischen SE^2 ausgewiesen. Unterschiedliche Schätzgenauigkeiten der Mittelwerte (durch unterschiedliche Wiederholungsanzahl oder s%) werden nur bei ‚Gewichtung nach SE’ optimal berücksichtigt. Das Verfahren ‚VK’ weist bei Gewichtung nach SE zur Information den mittleren SE^2 zusätzlich aus, um auch für (Obs 13) eine informative Größenordnung zu erhalten.

Zur Gewichtung der Anbaugebiete
Die Wichtung eines Nachbar-Anbaugebietes resultiert nicht ausschließlich aus der genetischen Korrelation. Sie lässt sich gedanklich aus 2 Komponenten herleiten:

a) genetische Korrelation zum Zielgebiet (Tab. 4)
   je größer, desto stärker gewichtet, für alle Sorten gleich

b) Prüfumfang im Anbaugebiet
   je größer, desto stärker gewichtet, für die Sorten/ Jahrgänge differenziert!

Für das jeweilige Zielgebiet haben sich die Neuen Bundesländer auf eine Mindestzielbesetzung von 5 Standorten verständigt. Eine ausgewogene Besetzung aller Anbaugebiete mit jeweils möglichst > 3 Orten auch in einbezogenen Nachbargebieten ist sehr wichtig. Der Ansatz, z.B. von einem Nachbargebiet nur den nächstliegenden Ort zu verwenden, lässt eine hinreichende Schätzung der genetischen Korrelationen nicht zu und würde zu einer z.T. sehr hohen Gewichtung dieses Ortes führen, weil an ihn die Anforderung gestellt ist, ein ganzes Anbaugebiet zu repräsentieren. Das erscheint dann im Ergebnis z.T. nicht ganz nachvollziehbar, liegt aber an extremen Vorgaben des Anwenders.
Da in jedem LSV-Jahrgang die Wichtungsanteile anders sind (je länger geprüft, desto höhere Eigengewichtung des Zielgebietes ist optimal), ist die häufig zu beobachtende Erwartung, dass für alle Sorten die Wichtung proportional ist, nicht zutreffend. Es erfolgt für jede Sorte in Abhängigkeit von ihren konkreten Prüfungsumfängen in Regionen/Jahren etc. eine optimale Wichtungsverteilung.

Das Verfahren ‚MW' - Bestimmung der Mittelwerte

Ziel der Auswertung ist eine optimale Einschätzung des mittleren Leistungspotentials einer Sorte für eine Region (=Zielgebiet). Dieser Schätzwert ist unter Berücksichtigung anderer wertbestimmender Sorteneigenschaften die beste Grundlage für die Sortenwahl für ein neues Jahr, dessen konkrete Spezifik (Witterung, Befallssituation …) im Vornherein nicht bekannt ist.
Für ein vorzugebendes Zielgebiet (Abb. 2) werden (mehrjährige) Sorten-Mittelwerte in folgender Weise bestimmt: die MW sind auf eine einheitliche Ebene /Vergleichsbasis /mittleres absolutes Leistungsniveau so projiziert, dass sie unmittelbar und optimal miteinander vergleichbar sind (Adjustierung). Eine Relativierung kann bei Bedarf außerhalb dieses Verfahrens erfolgen.

Als Ergebnis-Listen werden die Sorten-Mittelwerte sowie Versuchs-Mittelwerte, Anzahl Versuche je Sorten in Anbaugebieten und Gewichte der Anbaugebiete je Sorte in optionalen Sortiervarianten angeboten. Alle Tabellen können optional in Excel abgespeichert und dort weiterverarbeitet werden.

Ergebnislisten – Grundoutput (Tab. 5 und 6)

Die Abkürzungen in den Tabellenköpfen bedeuten:

MW - adjustierter Mittelwert der Sorten für das Zielgebiet
se - Standardfehler des Mittelwertes
N ges - Anzahl Versuche mit dieser Sorte in der Summe aller Anbaugebiete
N ZG - Anzahl Versuche mit dieser Sorte im Zielgebiet

Tab. 5: Ausgabe der Sortenmittelwerte durch PIAFStat

adjustierte Mittelwerte der Sorten im Zielgebiet 4
für das Merkmal ERTR86DT Intensitätsstufe: 2
Auswertungszeitraum: 2001 bis 2006
Mindestanzahl Versuche je Sorte im Zielgebiet: 1
Wichtung nach Versuchspräzision: ja gewählter Transformationsparameter: Phi = 0,8

Sorten					MW	se	N ges	N ZG
1	Enorm	WW	02803	E	90.0	1.1	26	18
2	Akteur	WW	02998	E	90.5	1.2	22	12
3	Privileg	WW	03080	E	91.4	1.2	19	14
7	Pegassos	WW	01969	A	94.9	1.4	20	1
8	Cubus	WW	02787	A	96.3	1.1	44	18

usw.

Tab. 6: Ausgabe der Versuchsmittelwerte durch PIAFStat

adjustierte Versuchs- Mittelwerte
für das Merkmal ERTR86DT Intensitätsstufe: 2

Anbaugebiet	Ort	Jahr	VNR	Versuchsmittel	
5	Vipperow	2003	108	59.9	
		2004	3	88.3	
		2005	4	74.1	
			959	87.7	usw.
4	Neuhof 1	2003	103	87.7	
		2004	104	105.2	
			102	100.3	
		2005	1	95.1	
	Biestow	2003	109	98.6	

usw.

Die adjustierten Mittelwerte und Vertrauensintervalle für den paarweisen Vergleich werden in der LFA u.a. entsprechend Abb. 3 grafisch dargestellt. Sorten, deren Schenkel sich nicht überlappen, unterscheiden sich im langjährigen, regionalen Erwartungswert signifikant voneinander. Diese Darstellungsform hat sich in der Praxis sehr gut bewährt, da hier Mittelwert und Schätz-

genauigkeit der Sortenunterschiede ohne Spezialkenntnisse intuitiv richtig und sinnvoll interpretiert werden können.

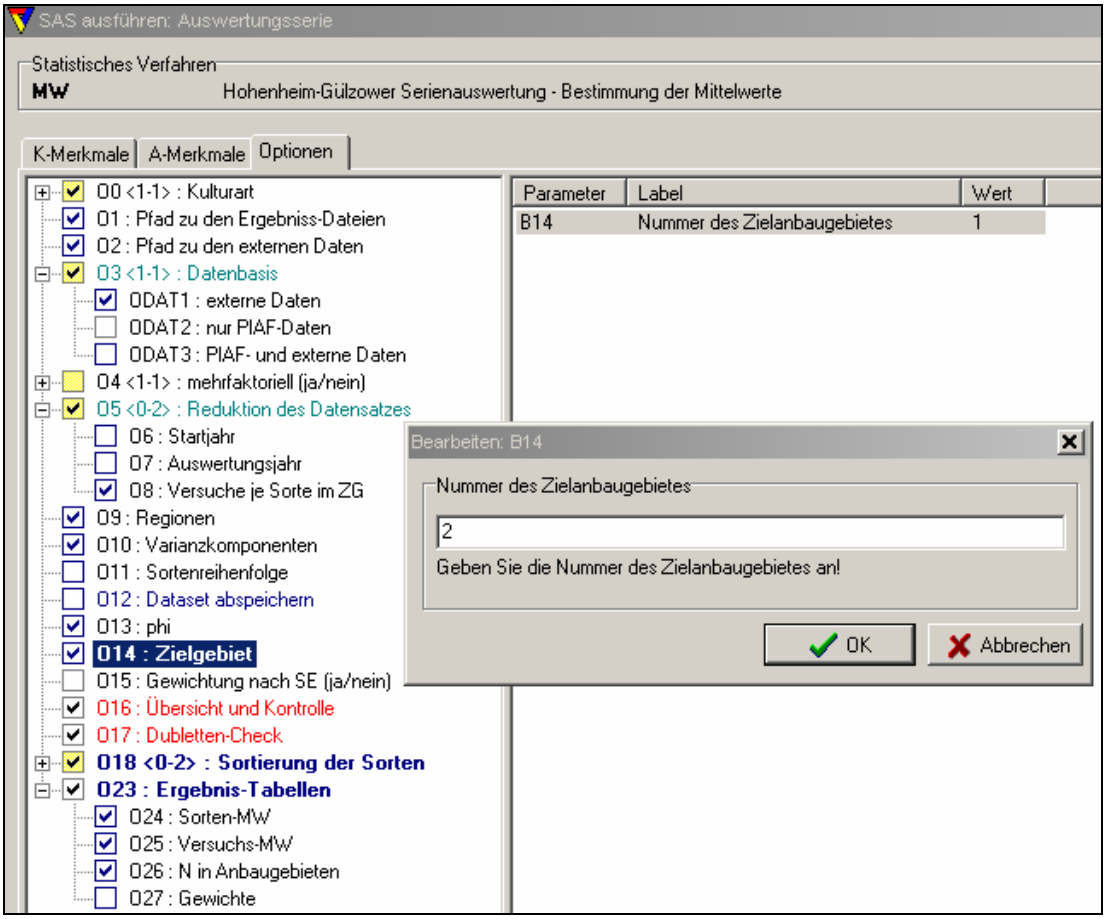


Abb. 2: Optionen des PIAFStat-Verfahrens ‚MW' (Hardcopy)

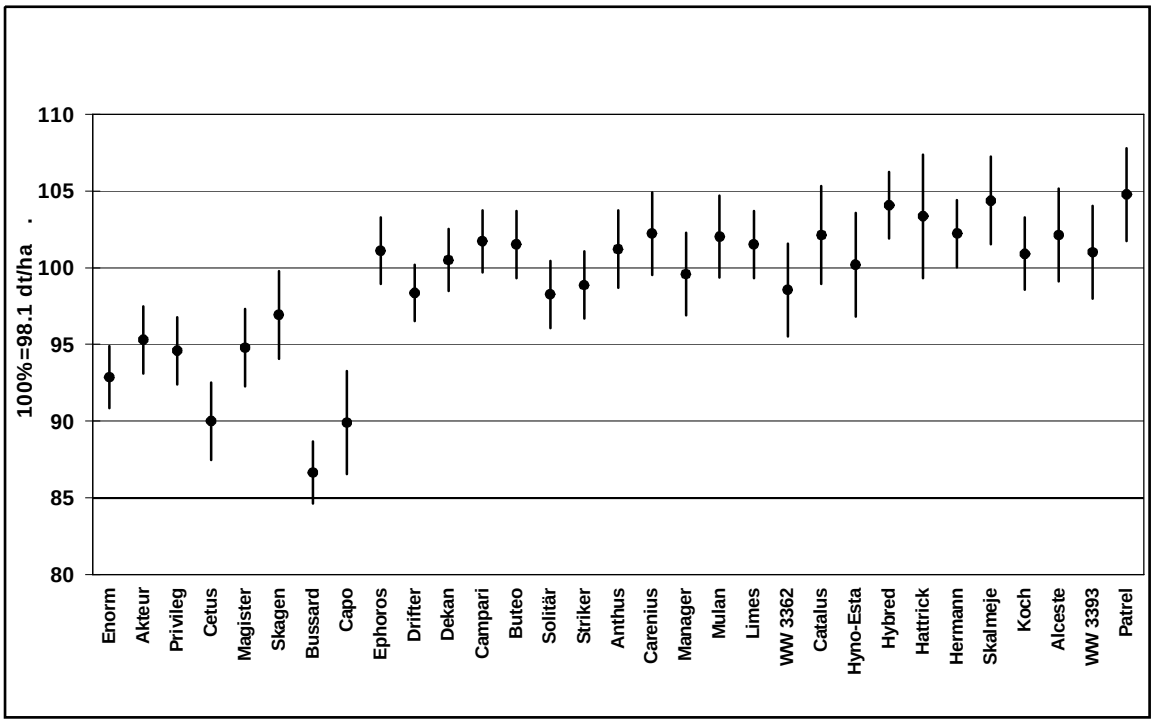


Abb. 3: Schätzwerte für Kornertrag und 90%-Vertrauensintervalle für paarweise Vergleiche nach Hohenheim-Gülzower Serienauswertung
am Beispiel: Winterweizen (B und E) 2001-2006 im Anbaugebiet D-Nord

Verwendete Literatur

Atkinson, A.C. 1985. Plots, Transformations and Regression. Oxford University Press, New York

Beese, G., G. Barthelmes, G. Hartmann, U. Jentsch, V. Michel. 2005. Sortenprüfung jetzt effizienter. Bauernzeitung 46/21, 27-28

Gilmour, A.R., B.R. Cullis, S.J. Welham, R. Thomson. 1999. ASREML Reference Manual. NSW Agriculture Biometrie Bulletin No.3. NSW Agriculture, Locked Bag 21, NSW, 2800, Australia, 210ff.

Piepho, H.-P., V. Michel. 2001. Überlegungen zur regionalen Auswertung von Landessortenversuchen. Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie 31/4, 123-139

Piepho, H.-P. (2000): Zur Durchführung multipler Vergleiche in Nicht-Standardsituationen. Zeitschrift für Agrarinformatik 8(1), 16-20

Michel, V., H.-P. Piepho. 2001. Ertragsauswertung der Sortenversuche in Mecklenburg-Vorpommern. Sommertagung der AG Landwirtschaftliches Versuchswesen der Biometrischen Gesellschaft

Michel, V., 2003. Neuster methodischer Stand bei der Versuchsauswertung in Mecklenburg-Vor-pommern. VII. Rapskolloquium, Schleswig-Holstein/Mecklenburg-Vorpommern

Möhring, J., A. Büchse, H.-P. Piepho, V. Michel, J. Rath, F. Laidig. 2004. Gesundsparen ohne Nachteile. DLG-Mitteilungen 6(2004)

Möhring, J., A. Büchse, H.-P. Piepho. 2005. Auswertung von landwirtschaftlichen Sortenversuchen mit PROC MIXED – Spagat zwischen Theorie und Praxis. SAS: Verbindung von Theorie und Praxis, Proccedings der 9. Konferenz der SAS-Anwender in Forschung und Entwicklung. 279-288

Press W.H. 1989. Numerical recipes in Pascal. Cambridge University Press

Roßberg, D., V. Michel, R. Graf, R. Neukampf. 2006. Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland,. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. zur Zeit im Druck

SAS Institute, Inc., SAS/STAT *User´s Guide, version 8*, Cary, NC, USA

Weber, E. 1986. Grundriss der Biologischen Statistik. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena

Zenk, A., J. Möhring, V. Michel. 2005. Einbindung neuer Methoden zur Routineauswertung von landwirtschaftlichen Versuchen mit Hilfe von SAS-Macros. SAS: Verbindung von Theorie und Praxis, Proccedings der 9. Konferenz der SAS-Anwender in Forschung und Entwicklung. 407-417

Von den Urdaten bis zur Berichterstellung – schnell, präzise, sachlich gerecht

Andrea Zenk, Volker Michel

Einleitung

Bei den Landessortenversuchen kommt es auf schnelle, zusammenfassende, auch mehrortige und mehrjährige Auswertung an. Diese Auswertung ist die Grundlage der regionalen Sorteneinschätzung und der Empfehlungen für den künftigen Praxisanbau. Insbesondere bei den Winterkulturen bleibt für diese Arbeit nur ein kleines Zeitfenster von der Ernte bis zur Neuempfehlung (Winterraps: ca. 10 Tage).

Unbalancierte Datenstrukturen bei der Mittelwertbildung sind dabei keine Besonderheit, sondern unabdingbar. Diese Unbalanciertheit in optimaler Weise zu berücksichtigen und dabei Verzerrungen bei der Mittelwertbildung zu vermeiden, macht es erforderlich, ein Programm zu entwickeln, das die Auswertung und Berichterstellung in hoher Qualität und gleichzeitig zeit-effizient ermöglicht.

Mit Hilfe der SAS-Prozeduren Proc GLM bzw. Proc MIXED wird erreicht, dass auf verschiedenen Verdichtungs- bzw. Aggregationsebenen trotz unbalancierter Daten eine unverzerrte Mittelwertbildung erfolgen kann. Die Merkmalsauswahl und –formatierung wird dynamisch gestaltet. Es werden Ergebnistabellen der Einzelversuche und Tabellen zur Auswertungsserie (Zusammenfassung mehrerer Einzelversuche, also Orte und/oder Jahre) mit unterschiedlichen Verdichtungsebenen ausgegeben.

Ziel ist es, in kürzester Zeit veröffentlichungsreife Berichtstabellen von Bonituren, Zählungen und Messungen im Excel-Format zu erstellen. Erträge u.ä. bleiben hier unberücksichtigt, da deren Auswertung mit anspruchsvolleren Verfahren sowohl im Einzelversuch (Varianzanalyse mit gemischtem linearem Modell je nach Versuchsanlage) als auch in der Auswertungsserie (Hohenheim-Gülzower Serienauswertung) erfolgt.

Voraussetzung – das PIAFSystem

Mit PIAF (Planung- Information- Auswertung von Feldversuchen) werden in der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern jährlich die Urdaten von ca. 160 landwirtschaftlichen Feldversuchen erfasst und zusätzlich zahlreiche Versuche anderer Einrichtungen benachbarter Bundesländer archiviert. Über eine Schnittstelle können diese Daten an PIAFStat (Programm zur Datenanalyse und statistischen Auswertung mittels SAS) übergeben werden.

Das PIAFSystem beinhaltet:

- **PIAF**, eine unter Delphi erstellte Windows-Anwendung im Zusammenwirken mit Interbase oder Oracle als Datenbank-Software,
- **SAS** als Standardsoftware für statistische Auswertungen und
- **PIAFStat** als Software, die PIAF und SAS über eine Bibliothek biostatistischer Verfahren verbindet.

Die Verfahren der Bibliothek sind SAS-Programme, erweitert um syntaktische Elemente. Diese syntaktischen Elemente von PIAFStat ermöglichen die Entwicklung von Verfahren unabhängig von den konkreten Daten. Erst durch die Zuordnung der Daten zu einem Verfahren wird durch die Bindung der Datenvariablen mit den syntaktischen Elementen ein lauffähiges SAS-Programm generiert (ZENK, A.; MÖHRING, J. und MICHEL,V.; 2005).

Methodisches Konzept

Mittelwertbildung

Im **Einzelversuch** werden über die SAS-Prozedur **Proc means** arithmetische Mittelwerte der Daten gebildet. Durch die Nutzung der arithmetischen Mittelwerte der Daten können auch Bonituren mit einbezogen werden, die in unterschiedlicher Anzahl von Wiederholungen erfasst wurden. Diese Mittelwerte sind Grundlage der Tabellierung des Einzelversuches und gleichzeitig Grundlage der Mittelwertbildung in Auswertungsserien.

In der **Auswertungsserie** werden Mittelwerte über die SAS-Prozedur **Proc GLM** (generalisiertes lineares Modell) ermittelt. Dadurch können auch unbalancierte Daten optimal ausgewertet werden, ohne dass Fehlwerte zu Verzerrungen führen. Unbalancierte Daten sind keine Besonderheit, sondern Normalität in mehrjährigen Auswertungsserien von Landessortenversuchen (jährlich variierende Sortimente). Die Bildung arithmetischer Mittel über mehrjährige unbalancierte Bonitur-Daten würde zur Verzerrung der Sorten-Relationen führen.

Adjustierung: Bei Vorhandensein von Störfaktoren wird der Mittelwert zunächst ohne Berücksichtigung dieser Störeffekte geschätzt und anschließend so korrigiert, dass die Störfaktoren auf den korrigierten Schätzwert keinen Einfluss haben. Der Abgleich erfolgt in der hier verwendeten Prozedur ausschließlich über das geschätzte Versuchsniveau (FITCON-Methode) (ZENK, A. und MICHEL, V., 2006).

Tabellierung

Das Programm bietet verschiedene **Tabellentypen** zur Ausgabe an:

Ergebnistabelle des Einzelversuches,
Regionaler Mittelwert nach Jahren ohne mehrjährigen Mittelwert,
Regionaler Mittelwert nach Jahren mit mehrjährigen Mittelwert,
Regionaler mehrjähriger Mittelwert.

In den Tabellen zum regionalen Mittelwert (Tab. 2 und 3) werden in verschiedener Weise Mittelwert-Ebenen miteinander verknüpft. Die Tabelle zum regionalen mehrjährigen Mittelwert (Tab. 4) stellt letztendlich die höchste Verdichtungsebene dar. Folgende Beispiele sind Tabellen- Auszüge des aktuellen Berichtes zum Landessortenversuch Wintergerste (MICHEL V. und PIENZ, G.,2006).

Tab.1: Ergebnistabelle des Einzelversuches

	AUS_ WINT	PFLA LANG	MEHL TAU	NETZ FLEK	RHYN CHO	ZWER ROST
BBCH 1						
Datum 2	28.04.	23.06.	23.06.	23.06.	23.06.	23.06.
Intensität ohne Fungizid						
Lomerit	2.0	110	2.0	1.0	3.0	1
Merlot	2.0	110	1.0	8.0	1.0	1
Naomie	2.0	105	2.0	3.0	2.0	1
Franziska	1.0	105	4.0	5.0	1.0	1
Laverda	3.0	95	3.0	3.0	2.0	1
Action	2.0	100	4.0	2.0	2.0	1
Ges.MW	**2.1**	**108**	**2.2**	**3.5**	**1.8**	**1**
Intensität mit Fungizid						
Lomerit	2.3	100	1.3	1.3	1.7	1
Merlot	1.7	110	1.7	3.0	1.0	1
Naomie	2.3	100	1.3	1.7	1.0	1
Franziska	2.3	100	1.0	1.7	1.0	1
Laverda	1.7	97	1.0	2.3	1.7	1
Action	2.0	107	1.3	1.3	1.0	1
Ges.MW	**2.0**	**104**	**1.2**	**1.8**	**1.4**	**1**

Tab. 2 Regionaler Mittelwert nach Jahren ohne mehrjährigen Mittelwert

geringe Intensität									
	TYPHULA (I)			MEHLTAU (I)			NETZFLEK (I)		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
n Versuche 3	3	4	2	5	5	5	5	6	5
Lomerit	2.0	2.3	2.0	3.3	4.3	3.7	2.6	3.0	3.0
Merlot	1.8	2.0	2.5	2.2	3.0	1.9	2.8	3.3	4.7
Naomie	2.0	1.8	3.0	1.9	2.4	2.3	2.2	2.0	2.8
Franziska	2.7	2.8	.	3.8	4.6	5.0	2.4	2.9	4.2
Laverda	.	2.7	2.5	.	2.6	2.1	.	1.9	2.7
Candesse	2.7	2.4	3.0	1.8	2.7	2.8	4.8	4.3	5.5
Action	2.2	3.5	3.0	4.2	5.3	4.2	1.8	2.8	2.6
N= 5 5	**2.1**	**2.4**	**2.7**	**2.7**	**3.5**	**3.0**	**2.8**	**3.1**	**3.7**
Ortsniveau 4									
Biestow	.	.	.	3.2	3.9	2	2.5	1.8	3.6
Tützpatz	.	2.4	.	2.3	.	2.7	3.5	3.7	3.6
Vipperow	3.0	2.1	-1 6	2.4	3.3	2.7	2.6	2.8	3.2
Gülzow	2.9	2.7	.	2.7	2.7	.	2.1	2.9	.
Prenzlau	.	.	.	.	3.0	2	.	3.5	2.4
Zehdenick	1.7	2.4	2.6	4.5	4.1	4.6	3.1	3.2	3.8

Tab. 3 Regionaler Mittelwert nach Jahren mit mehrjährigen Mittelwert

	HLG					SORTGR22				
	2003	2004	2005	2006	**MW**	2003	2004	2005	2006	**MW**
n Versuche 3	3	3	2	3	**11**	3	3	2	3	**11**
Lomerit	67.1	70.2	66.7	64.1	**67.0**	86.1	98.2	96.0	97.2	**94.2**
Merlot	67.1	69.5	66.7	63.9	**66.8**	91.0	98.5	96.5	98.5	**96.1**
Naomie	66.7	68.7	65.5	62.8	**65.9**	91.5	99.2	97.5	97.8	**96.3**
Franziska	69.0	69.1	68.0	65.8	**68.0**	91.8	99.1	97.4	98.7	**96.8**
Laverda	.	.	65.2	62.5	**64.7**	.	.	98.6	96.6	**95.2**
Candesse	67.5	69.5	66.9	60.4	**66.8**	90.0	98.8	97.6	99.2	**96.2**
Action	.	67.4	67.4	66.8	**67.3**	.	98.8	98.4	98.1	**96.3**
N= 5 5	**67.5**	**69.4**	**66.8**	**63.4**	**66.9**	**90.1**	**98.8**	**97.0**	**98.3**	**95.9**
Ortsniveau 4										
Zehdenick	.	69.3	.	69.4		.	97.7	.	98.8	
Biestow	70.0	.	.	.		96.5	.	.	.	
Tützpatz	.	70.3	68.8	69.8		.	99.1	97.2	98.5	
Vipperow	60.8	73.1	66.0	63.1		77.8	99.0	97.4	98.3	
Gülzow	71.8	.	.	.		96.1	.	.	.	

Tab.4: Regionaler mehrjähriger Mittelwert

	ZWIEWU		TYPHULA		MEHLTAU		NETZFLEK		RHYNCHO		ZWERROST	
	Intensität		Intensität		Intensität		Intensität		Intensität		Intensität	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Lomerit	2.4	3.0	2.1	2.4	3.8	1.9	2.9	1.6	2.2	1.4	3.2	1.1
Merlot	2.3	2.4	2.0	2.0	2.4	1.4	3.6	1.8	1.9	1.3	2.0	1.0
Naomie	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2	1.3	2.3	1.4	2.3	1.4	2.0	1.0
Franziska	2.1	2.1	2.7	2.7	4.3	2.0	3.0	1.6	2.4	1.5	2.9	1.1
Laverda	2.8	2.9	2.7	2.8	2.2	1.3	2.1	1.5	2.1	1.4	2.1	1.2
Candesse	1.9	2.7	2.6	2.7	2.4	1.5	4.8	2.1	2.4	1.6	2.4	1.0
Action	2.0	2.3	3.1	3.1	4.6	2.3	2.4	1.4	2.2	1.3	2.8	1.1
Mittelwert	**2.1**	**2.4**	**2.3**	**2.4**	**3.1**	**1.6**	**2.8**	**1.6**	**2.2**	**1.4**	**2.4**	**1.0**

Zusatzfunktionen des Programms

Zusatzinformationen in Tabellen
Zahlreiche Zusatzinformationen werden in die Berichtstabellen integriert:

- Ergebnistabelle des Einzelversuches (Tab. 1): BBCH-Stadium [1] und Datum der Bonitur, [2]
- Tabellen zum regionalen Mittelwert (Tab.2 und 3): Anzahl einbezogener Versuche [3] , adjustiertes Ortsniveau , [4] ttelwert des orthogonalen Kernes. [5]

Automatischer Ausschluß von Bonituren
Ein Ausschlußverfahren berücksichtigt, dass Versuche, die generell mit 1 (z.B. kein Mehltaubefall) oder 0 (z.B. kein Lager in %) bonitiert wurden, nicht in die Mittelwertbildung der Auswertungsserie einbezogen werden. Damit wird erreicht, dass das Ergebnis nicht abgeflacht wird und gegebenenfalls Sortenunterschiede auch im Mittelwert deutlich hervortreten. Erkennbar werden diese Versuche durch ein ausgewiesenes Ortsniveau von -1 (Tab [6]).

Automatische Transformation
Merkmale in %-Angaben (Beispiel: Lager in %) werden vor der Mittelwertbildung mittels Proc GLM automatisch transformiert (arc-sinus-Transformation). Vor der Tabellierung erfolgt eine Rücktransformation der Werte.

einfache Plausibilitätsprüfung
Die Berichterstellung setzt auswertbare, plausible Einzeldaten voraus. Zur Prüfung der Einzeldaten werden statistische Kenngrößen wie Mittelwert, Minimum und Maximum der Merkmalswerte je Einzelversuch sowie Anzahl erfaßter Werte und Anzahl von Fehlwerten als Kontrollhilfe aufgelistet (hier nicht dargestellt).

Umsetzung in SAS und im PIAFSystem

Eine Tabellenkalkulation, z.B. Excel, ist nicht in der Lage, unbalancierte Datenstrukturen in einer Weise zu berücksichtigen, die Verzerrungen bei der Mittelwertbildung verhindert. Über SAS ist eine optimale Berücksichtigung unbalancierter Serienstrukturen über **Proc GLM** bzw. **Proc MIXED** möglich. Zudem ermöglicht SAS eine weitgehende Automatisierbarkeit und die optimale Einbindung der gewünschten Zusatzfunktionen. Als nachteilig bei SAS stellt sich jedoch heraus, dass bei der Programmierung für den jeweiligen Zweck eine neue Tabelle erzeugt wird. In der Egebnistabelle zum Einzelversuch (Tab. 1) sind zum Beispiel drei Tabellen vereint. Das erfordert leider einen kleinen Nachbearbeitungsaufwand. Dies ist in Excel schnell und unkompliziert zu realisieren, deshalb wird als Export-Format Excel gewählt.
Wichtiges Hilfsmittel zur Automatisierung ist die Bildung von Markovariablen, denen eine Liste von Variablen (Merkmalen) und zusätzlich auch von dazugehörenden Formatierungsoptionen zugewiesen wird. Diese Macrovariablen – einfach über die **Proc SQL** erzeugt – ermöglichen die flexibele Anwendung der **Proc Tabulate**.
Durch die Nutzung von PIAFStat wird eine hohe Flexibilität des Programms erreicht. So sind unterschiedliche Kulturarten mit verschiedenen Merkmalen in gewünschter Auswahl und mit durch den Nutzer zu beeinflussenden Format-Angaben einstellbar (Abb. 1). Durch Restriktionen in der Programmierung wird verhindert, dass der Nutzer in den Optionen Konstellationen wählt, die zum Programmabsturz führen würden. Die Ausgabe der gewünschten Tabellen erfolgt in Sekundenschnelle. Es werden veröffentlichungsreife Tabellen in hoher Qualität in Excel erzeugt.

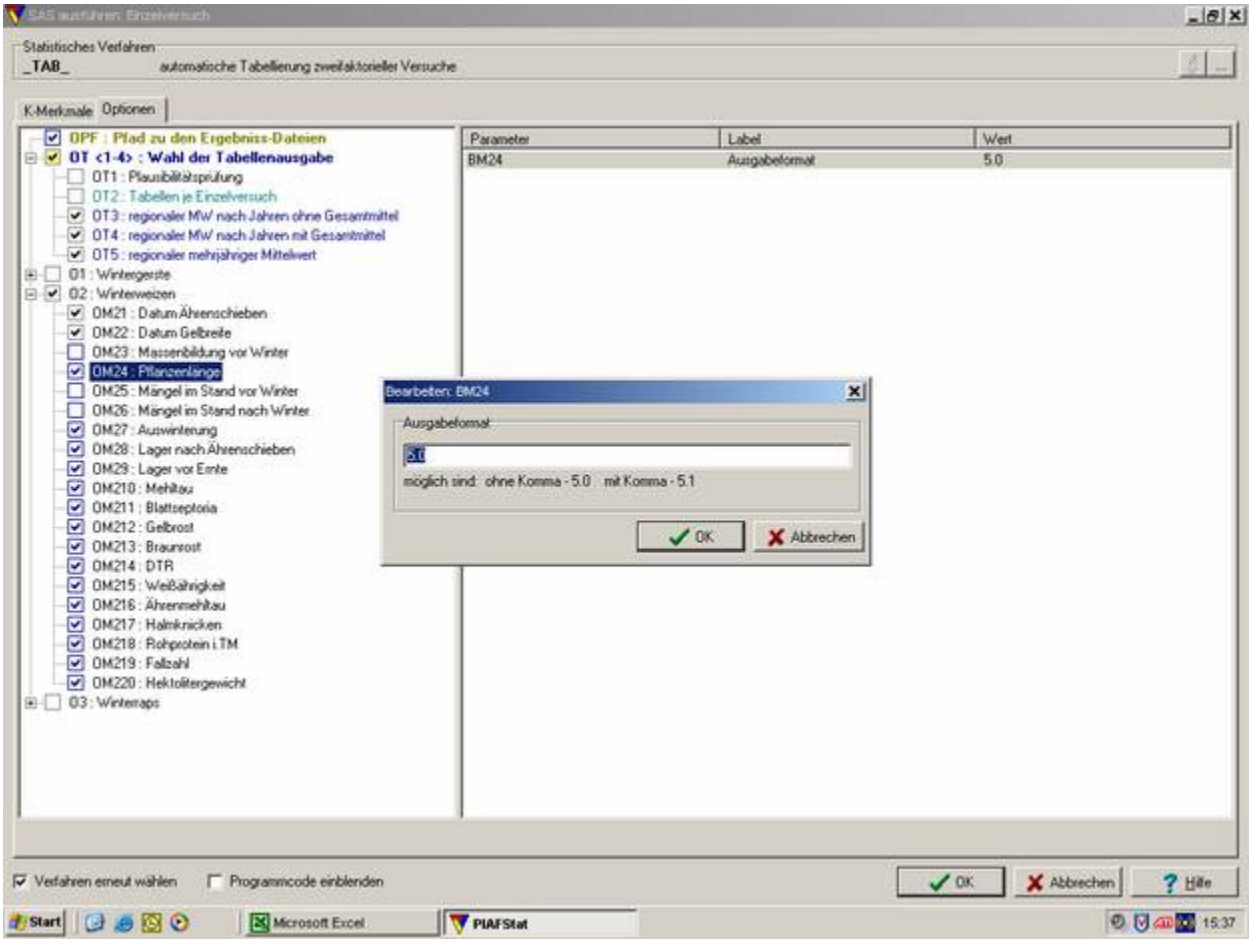


Abb.1 : Optionen des PIAFStat-Verfahrens _TAB_

Zusammenfassung

Die schnelle und präzise Berichterstellung ist mit dem PIAFStat- Verfahren zur automatischen Tabellierung möglich geworden. Das Verfahren wird hinsichtlich der Tabellenarten und der zu bearbeitenden Kulturarten ständig erweitert.
Es wird im Internet unter der Adresse www.biomath.de/biomath/deu/dload.htm#Update allen PIAF-Nutzern zur Verfügung gestellt.

Literatur

MICHEL, V. und PIENZ, G. (2006): Bericht Landessortenversuche Wintergerste 2006, www.agrarnet-mv.de

ZENK, A.; MÖHRING, J. und MICHEL, V. (2005): Einbindung neuer Methoden zur Routineauswertung von landwirtschaftlichen Versuchen mit Hilfe von SAS-Macros. Tagungsband der 9. Konferenz der SAS-Anwender in Forschung und Entwicklung, Berlin, 2005, S.407-417

ZENK, A. und MICHEL, V. (2006): Erstellung eines Verfahrens in PIAFStat zur automatischen Tabellierung von Ergebnissen als Werkzeug für die Berichterstellung. Zwischenbericht, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 2006, S.1-2

Versuchsauswertung mit Methoden der Geoinformatik und Geostatistik – eine Neuausrichtung im landwirtschaftlichen Versuchswesen

Volker Michel, Andrea Zenk

Einführung

Im Versuchswesen ist eine Tendenz zu Versuchen mit sehr großer Flächenausdehnung zu beobachten. Zudem nehmen Versuchsfragen zu, bei denen die Randomisation der Prüfglieder nicht ausreichend möglich ist. Beides trifft häufig auch für GPS-erfasste Praxisversuche zu.
Es stellt sich die Frage, ob die traditionellen Methoden der Versuchsanlage und der varianzanalytischen Auswertung mit diskontinuierlichen Abstufungen von Blockfaktoren für derartige Versuche noch optimal bzw. hinreichend geeignet sind.

Ausgangshypothese

Bodenbürtige Inhomogenität in Versuchsflächen ist häufig durch stetigen, aber nicht einheitlich gerichteten Verlauf gekennzeichnet. Messwerte enthalten dann eine räumlich abhängige Fehler-Komponente. Dies gewinnt mit zunehmender Größe von Versuchen an Bedeutung. Für zu unregelmäßigem Verschießen neigende Standorte, wie z.B. die jungeiszeitlichen Moränenböden Nordostdeutschlands, gilt dies in besonderem Maße. Aus diesen Betrachtungen ergeben sich folgende Hypothesen:

- Feldversuche produzieren räumliche (geo-) Variablen.
- Aufgrund des Widerspruchs zwischen stetigen Bodenveränderungen und diskontinuierlicher Abstufung von Blockfaktoren können herkömmliche Versuchsmethoden in Anlage und Auswertung dem Ziel des Bodenausgleichs nicht optimal gerecht werden.
- Insbesondere bei sehr großen Versuchen und bei eingeschränkter Randomisation können geostatistische Ansätze der Versuchsauswertung daher vorteilhaft sein.

Zielstellung

- Erarbeitung neuartiger Methoden der Auswertung von großflächigen Versuchen und Praxisexperimenten und von Versuchen mit Randomisation-Defiziten (z.B. Standardanlagen). Hierunter fallen folgende Teilaufgaben:
    - Analyse der autokorrelativen Komponente des Versuchsfehlers,
    - Bodenausgleich durch Schätzung des gleitenden Standards,
    - Ertragskartierung aus Versuchsdaten.
- Erstellung und Pflege von allgemein anwendbaren PIAFStat-Verfahren unter Einbindung der hier neu entwickelten Methoden der Versuchsauswertung.

Methodischen Grundlagen des neu entwickelten Ansatzes

Modellierung von Variogrammen

Es gibt eine Vielzahl von mathematischen Verfahren zur räumlichen Kartierung von Variablen. Allen Verfahren ist gemeinsam, dass eine mehr oder weniger starke Glättung (ähnlich gleitenden Mittelwerten) und insbesondere Interpolation (Schätzung der Variablen-Ausprägung auch zwischen den Messpunkten) erfolgt.
Der Grad der Glättung und Interpolation ist entscheidend für die Güte der Kartierung. Optimalität kann hierbei durch die Kombination von Variogrammschätzung und Kriging erzielt werden. Um Glättung und Interpolation zu optimieren, sind Vorkenntnisse zur Stärke der räumlichen Korrelation in Abhängigkeit von der Entfernung von Messpunkten, zur Reichweite der räumlichen Korrelation (Range) und zum Rest-Messfehler an jedem der Messpunkte (Nugget) erforderlich. Diese Parameter werden durch die Schätzung eines Variogramms direkt aus den Messwerten gewonnen.

Räumliche Vorhersage und Kartierung

Ziele der räumlichen Vorhersage sind:

- die ganzflächige Kartierung von Böden auf Basis punktueller Messwerte,
- im Feldversuch besonders die Bodenausgleichsrechnung für unverzerrte Prüfgliedvergleiche;
- sowie die Ertragskartierung von Versuchsflächen als Nebenergebnis.

Die räumliche Vorhersage erfolgt mittels Kriging auf Grundlage der Variogrammschätzung. Dabei wird eine Ertragskarte erstellt, die bei flächendeckend einheitlichem Anbau des Standards (Kontrollprüfglied) zu erwarten gewesen wäre (gleitender Standard).
Eigenschaften des Kriging sind Erwartungstreue und minimale Schätzfehlervarianz sowie (mit Ausnahme des Gauß-Modells) Robustheit gegenüber der Variogrammanpassung (HEINRICH, 1992). Kriging ist „beste lineare erwartungstreue Vorhersage“ (BLUP) (RASCH et al., 1998).
Als alternative zum Kriging erfolgt derzeit die Umstellung auf gemischte Modelle (SAS proc mixed), wobei die Autokorrelation durch die SAS-Funktion ‚repeated' modelliert wird.

Analyse der autokorrelativen Komponente des Versuchsfehlers am Standort Gülzow

Gegenstand der Analyse ist insbesondere die Frage, inwieweit Ertragskartierung und Bodenausgleich direkt aus Versuchsdaten möglich ist. Dazu wurde untersucht, ob häufig in realen Versuchsflächen ausgeprägte räumliche Bodentrends auftreten, welches Ausmaß sie haben und wie konkret die Autokorrelation beschrieben und verallgemeinert werden kann.
Aus der Ertragsauswertung von 31 jeweils ca. 1 ha großen Versuchen einer Dauerversuchsanlage mit dem Konstruktionsmuster einer Langparzellenanlage wurden prinzipielle Aussagen zur räumlichen Korrelation und zum geostatistischen Ansatz abgeleitet. Jeder Versuch enthielt 48 Parzellen eines Kontrollprüfgliedes (Standard), die als Blindversuch betrachtet und für die geostatistische Analyse herangezogen wurden.
Für alle Versuche wurden zur Interpretation der räumlichen Korrelationsstruktur Variogramme berechnet und modelliert. Der Signifikanztest ergab in 28 der 31 Einzel-Versuche gesicherte überwiegend sphärische Variogramme, also signifikante räumliche Bodentrends. Aus dem durchschnittlichen Variogramm dieser Versuche lassen sich Aussagen zur allgemeinen Struktur der Bodenheterogenität verallgemeinern (Abb.1). So betrug die Reichweite der räumlichen Korrelation ca. 100 m.

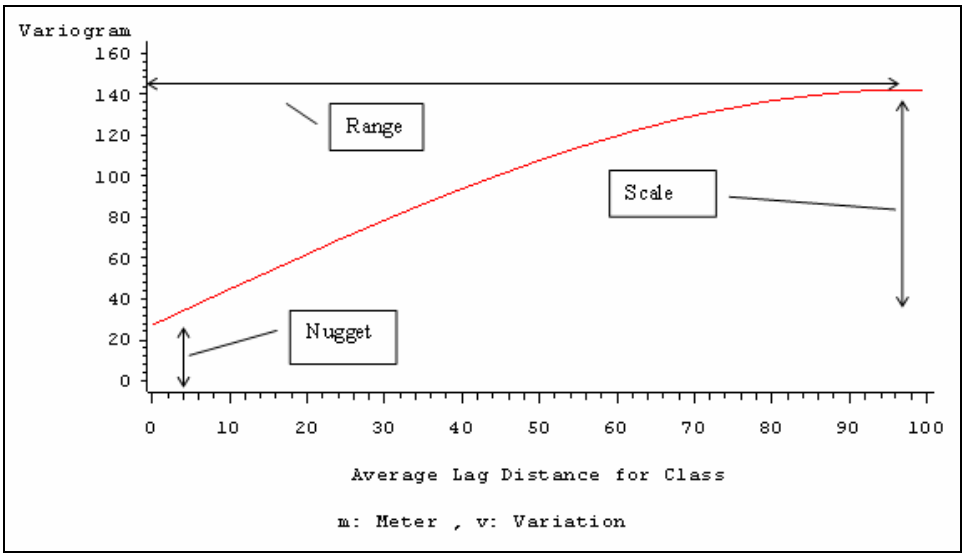


Abb. 1: Durchschnittliches Variogramm; 4 Schläge, 8 Jahre

Die räumliche Varianz stellt die Hauptkomponente des Versuchsfehlers dar (ca. 2/3). Analyse-Variablen im Feldversuch enthalten damit eine erhebliche räumlich korrelierte Fehler-Komponente, die zu erheblichen Verzerrungen der Prüfgliedvergleiche führen kann (Abb. 2). Dies gewinnt mit zunehmender Größe von Versuchen an Bedeutung.

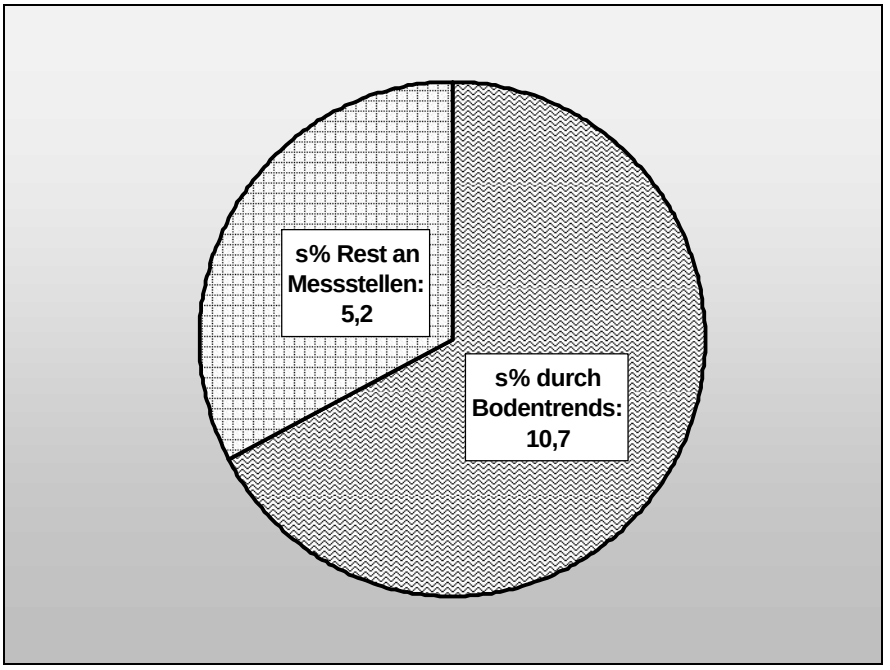


Abb. 2 : Anteil von Bodentrends (Scale) und Restfehler an Messstellen (Nugget) am potentiellen Versuchsfehler (Potential für Bodenausgleich)

Der Variationskoeffizient ohne Bodenausgleich war bei diesen großen Versuchsflächen mit durchschnittlich ca. 10% so hoch, dass die meisten Versuche ohne weitere mathematische Verfahren nicht hinreichend auswertbar wären. Durch den neuen geostatistischen Ansatz konnte der Variationskoeffizient um ca. 35% gesenkt werden. Prüfgliedvergleiche nach Bodenausgleich mittels Geostatistik enthielten nur noch deutlich abgeschwächte Bodentrend bedingte Verzerrungen. Der geostatistische Ansatz erbrachte einen erheblichen Gewinn an Reproduzierbarkeit, häufig wurden dadurch erst hinreichend unverzerrte Prüfgliedvergleiche möglich. (Abb. 3)

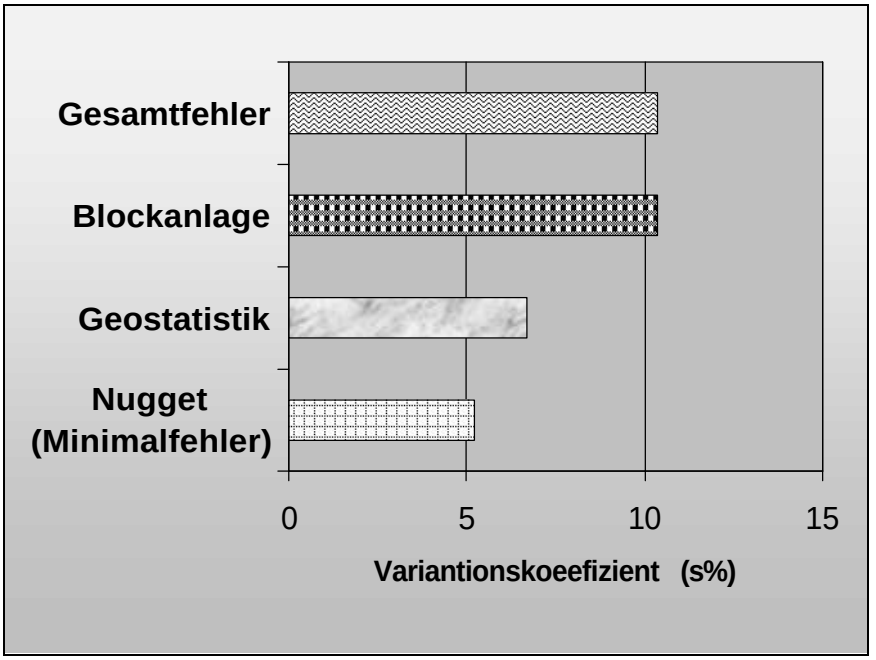


Abb. 3 : Potential der Reduzierung des Versuchsfehlers (s%) durch den geostatistischen Ansatz im Vergleich zur traditionellen Blockanlage

Die im Variogramm ermittelten Parameter wurden zur Bestimmung der Schätzgewichte bei der optimalen räumlichen Vorhersage mittels Kriging genutzt. Basis für die Korrektur parzellenbezogener Daten der Prüfglieder (Bodenausgleichsrechnung) waren flächendeckende Kriging-

Schätzwerte für das Kontrollprüfglied. Im Ergebnis des Krigings erfolgte eine Ertragskartierung zur Visualisierung der räumlichen Verteilung des Ertragsniveaus in der Versuchsfläche. In Abb. 4 ist beispielhaft das Ertragsniveau des Standards auf Schlag 1E im Mittel der 1. Rotation (1998-2001) [in dt GE/ha] kartiert. Die ‚contur map' ist das Ergebnis der Interpolation durch Kriging. Diese Karte ist überlagert mit einer so genannten ‚classed post map' (GOLDEN SOFTWARE, INC., 1996). Dort sind die Koordinaten der 48 Standardparzellen, die die Grundlage der Interpolation bildeten, durch Punkte markiert, deren Durchmesser mit zunehmendem tatsächlich gemessenem Ertrag steigt.

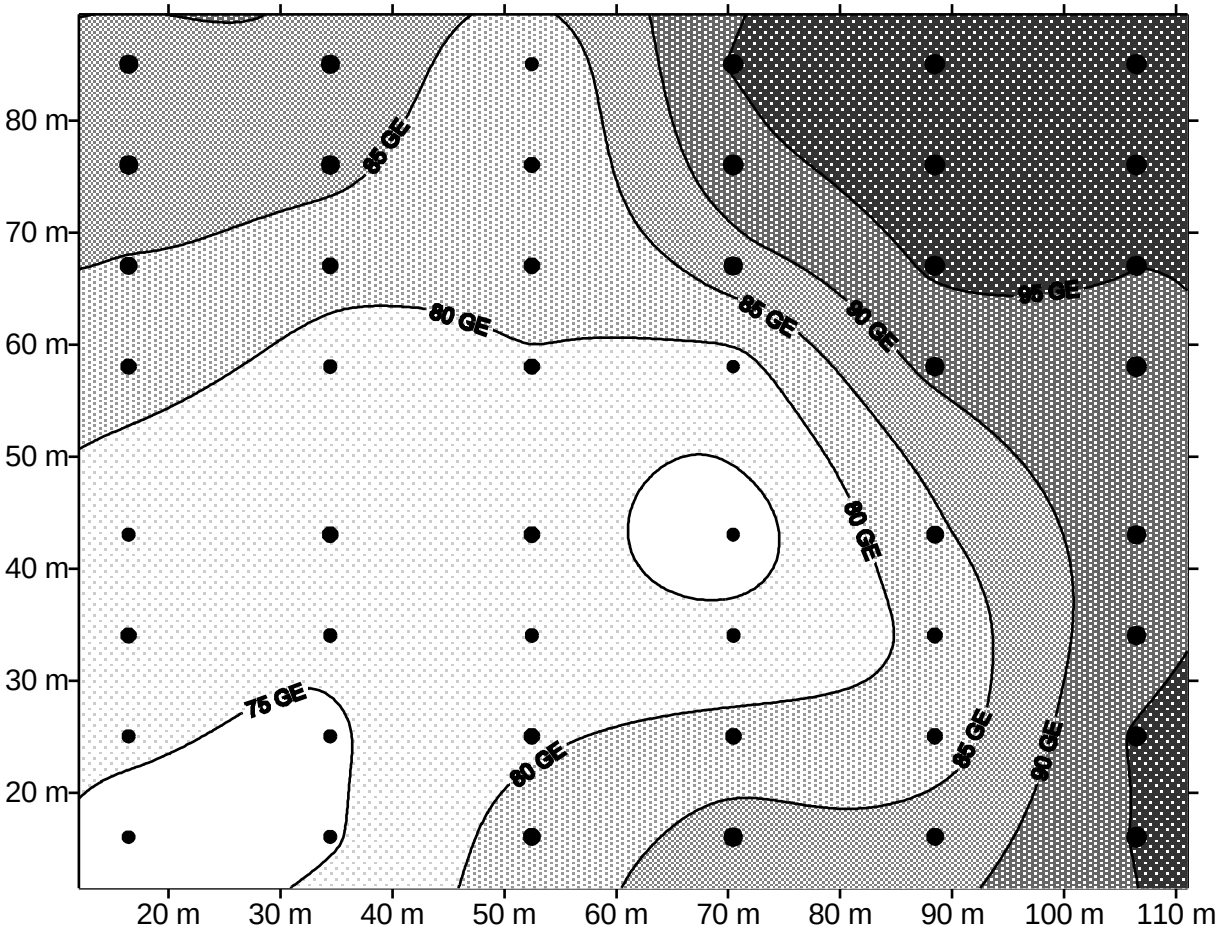


Abb. 4: Ertragskartierung der Versuchsfläche auf Schlag 1E über die Jahre 1998 – 2001 [dt GE /ha]; erstellt im Programm Surver

Sowohl aus der Karte als auch aus den tatsächlich gemessenen Werten werden erhebliche räumliche Trends im Ertragsniveau augenscheinlich. Auf nur ca. einem Hektar ging die Spannweite über den Bereich 75-95 dt GE/ha hinaus. Dies macht deutlich, wie ungenau Prüfgliedvergleiche ausfallen würden, wenn keine Wiederholungsbildung und keine Randomisation oder Bodenausgleichsrechnung erfolgen. Diese Trends sind eher lokal als durchgehend gerichtet. Die Trends korrespondieren nicht mit der Zeilen und Spalten-Struktur der Standards.

PIAFStat-Verfahren für die geostatistischer Auswertung – Übersicht

Im Sachgebiet Biostatistik und Sortenwesen der LFA wurden mehrere Verfahren zur Versuchsauswertung mit geostatistisch begründetem Bodenausgleich entwickelt. Diese Verfahren wurden unmittelbar in das PIAF-System integriert (PIAFStat). Sie stehen damit bundesweit allen PIAF-Nutzern zur Verfügung. Die Verfahren werden in der PIAFStat – Verfahrensbibliothek durch das Sachgebiet Biostatistik und Versuchswesen verwaltet, gepflegt, weiterentwickelt und können an andere PIAF-Anwender exportiert werden (Tab. 1).

Tab. 1: PIAFStat-Verfahren für die geostatistische Auswertung

Name des PIAFStat-Verfahrens	Anzahl Faktoren	SAS-Prozedur für den Bodenausgleich	Bemerkungen
Bodenausgleich in Langparzellenanlagen mit wiederholten Standards			
Geostatistik Langparzelle; Grundverfahren	1	proc krige2d	universell für alle Langparzellenanlagen
Geostatistik Dauerdüngung	1	proc krige2d	speziell angepasst für den Dauerversuch Grunddüngung P/K in Gülzow
Geostatistik zweifaktoriell; BB	2	proc krige2d	speziell angepasst für den Dauerversuch Fruchtfolge /Bodenbearbeitung in Gülzow
Bodenausgleich in randomisierten Versuchen			
Blockanlage mit Bodenausgleich	1	proc mixed	Modellierung der Autokorrelation mit REPEATED; residuenbasiert
Spaltanlage mit Bodenausgleich	2	proc mixed	Modellierung der Autokorrelation mit REPEATED; residuenbasiert

Auswertungalgorithmus in Langparzellenanlagen mit wiederholten Standards

1. Variogrammschätzung (SAS **proc variogram** und **proc nlin**)
2. Kriging auf Grundlage des ermittelten Variogramms **(proc krige2d)**
3. Ertragskartierung **(proc gcontour)**
4. Bodenausgleichsrechnung
5. Kreuzvalidierung
6. Varianzanalyse und Mittelwertsvergleich

Auswertungalgorithmus in randomisierten Versuchen

Seit 2006 werden Versuchsauswertungen mit geostatistisch begründetem Bodenausgleich in der LFA auch in randomisierten Versuchsanlagen durchgeführt.

SAS Prozedur im Verfahren ‚Blockanlage mit Bodenausgleich':

```
proc mixed data= $ ;
  class pg ;
  model a_ert= pg /ddfm=kr ;
  repeated / subject=intercept  local     type=sp(sph)    (Block Saeule) ;
  lsmeans pg / pdiff;
run;
```

Erste Erfahrungen mit diesem Modell sind gegenüber dem Ansatz mit Variogramm und Kriging sehr positiv. Die Ergebnisse des Bodenausgleichs stimmen mit dem Kriging gut überein, die Verrechnung ist einfacher und unproblematischer, das Modell ist leichter in Standardauswertungsverfahren von PIAFSTat integrierbar, es ist leicht mit Blockung und sonstigen typischen Gegebenheiten von Versuchsanlagen kombinierbar, die Mittelwertsvergleiche sind korrekt.

Schlussfolgerungen für das Versuchswesen

- Wiederholung, Randomisation und Blockbildung sowie die Wahl geeigneter Versuchsflächen als Prinzipien der Versuchsanlage sollten soweit wie möglich gewahrt werden. Blockbildung dient in der Form von Zeilen und Spalten dabei vorrangig der ergänzenden Berücksichtigung von systematischen Störereffekten durch die technische Behandlung der Versuche bzw. der Versuchsfläche in der Vorgeschichte (z.B. Düngung und Bodenbearbeitung quer, Drillen längs etc.).
- Die Vergrößerung der Versuchs- oder Blockausdehnung verschlechtert im Allgemeinen die Versuchspräzision linear mit Vergrößerung der Versuchsfläche bzw. der Blockbreite. Erst ab einer Ausdehnung von durchschnittlich ca. 100 m steigt die Varianz der entferntesten Punkte

nicht weiter. Die Begrenzung der Größe von Versuchen, insbesondere der Blockbreite ist eine Voraussetzung für einen geringen bodenbedingten Versuchsfehler.

- Diese Aussagen gelten besonders für zum Verschießen neigende Standorte wie die jungpleistozänen Moränenstandorten Nordostdeutschlands.
- Bei Versuchen mit dem Konstruktionsmuster von Langparzellenanlagen mit wiederholten Standards ist die Auswertung mit geostatistischen Ansatz möglich. Voraussetzung ist eine relativ große Anzahl auf der gesamten Versuchsfläche verteilter Standardparzellen (Kontrollprüfglied). Bei wenigen Standardparzellen ist keine hinreichend gute Variogrammanpassung möglich. Liegt ein standorttypisch verallgemeinertes mittleres Variogramm vor, sollte dann eher dieses übernommen werden.
- Geostatistische Verfahren sollten auch beim teilflächenspezifischen Pflanzenbau und bei GPS-gestützter Ertragskartierung stärker einfließen.
- Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Auswertungsroutinen und Verfahren wurden unmittelbar in die Software des ‚PIAF-Systems' integriert und stehen bundesweit allen PIAF-Nutzern zur Verfügung.

Schlussfolgerungen für die angewandte Biometrie

- Ertragskartierung und Bodenausgleich direkt aus den erhobenen Versuchsdaten ist möglich.
- Wenn die Anpassung eines transitiven Variogramms nicht möglich ist, sollte eine Variogrammanpassung unterbleiben. Diese Modelle zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:
    - Nuggeteffekt (Rest-Messfehler an jedem der Messpunkte),
    - positiv definierte, endliche Varianz und asymptotische Näherung bzw. Linearität im Wertebereich.
- In Langparzellenanlagen ist Bodenausgleich mittels Kriging geeigneter, als der bisherige Ansatz aufgrund zweier benachbarter Standardparzellen bzw. aufgrund einer nicht im Variogramm begründeten gleitenden Mittelwertbildung.
- Die Fehler der Prüfgliedmittelwerte und -vergleiche können durch Kriging oft erheblich verringert werden.
- Bei großflächigen Versuchen (hier ca. 1 ha) stellt die räumliche Varianz die Hauptkomponente des Versuchsfehlers dar (hier ca. 2/3). Sie lässt sich dann kaum durch Zeilen- und Spalten- Effekte, sondern nur im geostatistischen oder Regressions- Ansatz fassen.
- Spalten- und Zeilen- bzw. Block-Effekte entsprechen nicht der Natur der bodenbürtigen Verteilung des Ertragsniveaus in Ackerflächen.
- Geostatistisch ausgerichtete Anlage- und Auswertungsprinzipien für Versuche mit entsprechenden Voraussetzungen sollten weiterentwickelt werden.
- In nicht randomisierten Anlagen besteht für die hier diskutierte Verwendung von Kriging-Schätzwerten als Grundlage des Bodenausgleichs ein Problem darin, dass die geschätzte Oberfläche ‚glatter' als die reale ist. Ursache ist die Schrumpfung der Ausschläge infolge der BLUP-Schätzung. Durch Eingrenzung der einbezogenen Standardparzellen auf die lokale Nachbarschaft über die SAS- Optionen ‚RADIUS' oder ‚MAXVALUES' kann die daraus resultierende Restverzerrung verringert werden.

Verwendete Literatur

BÄTZ, G., DÖRFEL, H., FUCHS, A., THOMAS, E., (1987): *Pflanzenproduktion. Einführung in die Methodik des Feldversuchs*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.

GOLDEN SOFTWARE, INC. (1996): *Surver for Windows. Contouring and 3D Surface mapping. Version 6 User's Guide.* Golden Software Inc., Golden / Colorado.

HEINRICH, U. (1992): *Zur Methodik der räumlichen Interpolation mit geostatistischen Verfahren. Untersuchungen zur Validität flächenhafter Schätzungen diskreter Messungen kontinuierlicher raumzeitlicher Prozesse.* Dt.Univ.-Verl., Wiesbaden.

MICHEL, V. (2002): *Nutzung geostatistischer Methoden in der Auswertung eines statischen Fruchtfolge-Dauerversuches zur P- und K-Düngung.* Landwirtschaftliches Versuchswesen, Tagungsband, Osnabrück.

RASCH, D., HERRENDÖRFER, G., BOCK, J., VICTOR, N., GUIARD, V. (1998). *Verfahrensbibliothek. Versuchsplanung und -auswertung. Band II. Oldenbourg,* München.

Zenk, A., Michel, V. (2006). *Verfahren zur Auswertung von Feldversuchen mit Methoden der Geoinformatik und Geostatistik*, Forschungsbericht 6/03, Gülzow.

Produktionsfunktionen und N-Bilanzen bei Winterweizen

Maja Michel[1]*, Joachim Vietinghoff*[1]*, Volker Michel*

Auf den besseren D-Standorten im Nordosten Deutschlands nimmt Winterweizen im Anbauverhältnis eine überragende Stellung ein. Züchterische Fortschritte und eine steigende Intensität führten in den vergangenen Jahren zu einem beachtlichen Anstieg der Erträge. Zum Erreichen der Rohproteingehalte von > 13,5 % bei E- und A-Sorten ist ein hohes N-Düngungsniveau erforderlich. In Jahren mit ungünstigen Wachstumsbedingungen lässt sich die verabreichte N-Menge nicht immer sicher in entsprechend hohe Erträge umsetzen. Zusammen mit der praktizierten Strohdüngung ist es hierdurch in den letzten Jahren zur Herausbildung größerer N-Vorräte im Boden gekommen, die zwar einerseits die Bodenfruchtbarkeit angehoben haben, andererseits jedoch auch Quelle unerwünschter N-Verluste darstellen. Die im Zusammenhang mit der Novellierung der Düngeverordnung geführte Fachdiskussion misst der N-Bilanzierung eine wichtige Rolle im Hinblick auf die Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Verfahren zu. N-Überhänge, die vor allem bei Winterweizen durch die N-Düngungsstrategie entstehen können, vermögen die betriebliche N-Bilanz zu verschlechtern und sind nicht unter allen Bedingungen durch die Folgefrucht abzuschöpfen.
Die Auswertung der nachfolgend dargestellten mehrjährigen und mehrortigen Feldversuche mit Winterweizen beinhaltet daher nicht nur die Faktorenwirkung des Stickstoffs im Hinblick auf die Ertragshöhe, sondern auch eine ökonomische und ökologische Betrachtung der Ergebnisse.

Versuchsanlage

Bei den einbezogenen drei Standorten mit AZ 48-50 handelt sich um eine repräsentative Stichprobe der mittleren und besseren Weizenstandorte in Mecklenburg-Vorpommern. Die Versuche wurden in den Jahren 1993-1999 als dreifaktorielle dreistufige Spaltanlagen (A/B/C-Bl, r=4 bzw. 5, A= Pflanzenschutz, B= Düngung, C= Sorte) bzw. im Jahre 2000 als zweifaktorielle Spaltanlagen ohne den Faktor Pflanzenschutz angelegt. Die Abstufung der N-Gaben erfolgte äquidistant mit 40 kg-Sprüngen (Tab. 1). Der Wertebereich von 50-290 kg N/ha sollte das Ertrags-Maximum einschließen. Deutlich wird die Betonung der N-Gabe zu Vegetationsbeginn. Der Saattermin in der 1. Oktoberpentade macht wegen der oft unzureichenden Pflanzenentwicklung nach Winter ein solches Vorgehen erforderlich. Im Interesse einer orthogonalen Versuchsanlage blieb die ab Mitte der 90iger Jahre übliche Praxis der früheren Saattermine unberücksichtigt, bei der der Schwerpunkt der N-Düngung zeitlich später liegen muss.

Tab. 1: Stufen des Faktors N-Düngung in kg/ha

Gesamtdosis	Vegetations-Beginn	BBCH 30	BBCH 39	BBCH 51-55
50	50	0	0	0
90	90	0	0	0
130	80	50	0	0
170	80	50	40	0
210	80	50	40	40
250	100	60	50	40
290	70/70	60	50	40

Neben der Stickstoffdüngung wurde der Einfluss der Pflanzenschutzintensität geprüft. Die beiden Prüfstufen werden nachfolgend ”niedrige Intensität” (Stufe I) und ”hohe Intensität” (Stufe II) genannt. Stufe I ist gekennzeichnet durch den Verzicht auf Fungizide und verringerten Einsatz von Herbiziden und Wachstumsreglern. Der Fungizideinsatz in Stufe II beinhaltete einen wirkungsvollen Herbizideinsatz, eine Absicherung der Standfestigkeit und einen intensiven Fungizideinsatz.

[1] Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei

Die ertragreiche Sorte Ritmo wurde mit der ertraglich weit schwächeren Elitesorte Bussard verglichen. Beide Sorten waren im Prüfungszeitraum in Mecklenburg-Vorpommern weit verbreitet.
Wie Tab. 2 zu entnehmen ist, standen für die Ertragsauswertungen mehr Daten zur Verfügung als für Rohproteingehalt und N-Entzug. Beim Rohproteingehalt wurden nicht alle Stufenkombinationen analysiert. Die Sorte Bussard wurde gegenüber Ritmo über einen längeren Zeitraum und an einem zusätzlichen Ort geprüft.

Tab. 2: Beschreibung der Auswertungsgruppen und des zugehörige Datensatzes für den Ertrag und den Rohproteingehalt

Kurzbezeichnung		Sorte	Jahr	Standorte*	PS-Stufen**	Anzahl Werte Ertrag	Anzahl Werte RP %
B-Weizen I	B	Ritmo	1997-2000	G, T	I	140	0
B-Weizen II	B	Ritmo	1997-2000	G, T	II	188	54
E-Weizen I	E	Bussard	1993-2000	G, T, Bi	I	286	34
E-Weizen II	E	Bussard	1993-2000	G, T, Bi	II	334	88

* G=Gülzow, T=Tützpatz, Bi=Rostock-Biestow ** PS-Stufen=Pflanzenschutzstufen

Zur statistischen Verrechnung der Versuchsserien wurde die Prozedur MIXED in der Modellklasse LMM (lineare gemischte Modelle) aus dem $\underline{S}_{tatistical}$-$\underline{A}_{nalysis}$-$\underline{S}_{ystem}$ angewendet (SAS INSTITUTE 1997, PIEPHO & MICHEL 2001). Jahres- und Ortseffekte sowie Wechselwirkungen mit diesen wurden im Modell berücksichtigt, was zu einer Optimierung der Schätzungen und Minimierung des Restfehlers führte. Im Ergebnis der Modellierung werden adjustierte Mittelwerte geschätzt. Das für die Funktionen ausgewiesene Bestimmtheitsmaß (B%) erklärt den Anteil an der Varianz der adjustierten Mittelwerte, der auf den betrachteten Zusammenhang zurückzuführen ist, nicht aber den Anteil aller Einzelwerte an der Gesamtvarianz. Die Varianz der Einzelwerte wäre ungeeignet (überhöht), da sie auch die Umweltvarianzen und Wechselwirkungsvarianzen mit der Umwelt subsumiert. Da die N-Abstufung keine Zufallsvariable darstellt, ist auch das Bestimmtheitsmaß nur bedingt zur Beschreibung der Güte der Funktionen geeignet. Dies ist aber ein grundsätzliches Problem der Auswertung von N-Steigerungsversuchen.

Stickstoff-Produktionsfunktionen und Optimalwerte

Produktionsfunktionen bilden die Grundlage zur Bemessung der optimalen speziellen Intensität der N-Düngung bei jeweils aktuellen Getreide- und Stickstoffpreisen. Voraussetzung ist die Anpassung der ermittelten Wertepaare an ein mathematisches Modell im relevanten Wertebereich (CLAUPEIN 1993, FUCHS & LÖTHE 1996, BÉLANGER et al. 2000). Häufig werden für N-Produktionsfunktionen quadratische Modelle gewählt (SCHULZ 1993, FUCHS & LÖTHE 1996, FISCHBECK et al. 1997, SIELING & HANUS 1997, BÉLANGER et al. 2000). Die Eignung hängt allerdings stark vom geprüften Wertebereich ab und ist damit im Einzelfall zu prüfen. Eine allgemeingültiges, immer zu verwendendes Modell gibt es nicht.
Der Verrechnung und damit auch Interpretation von Daten mehrjähriger, mehrortiger Versuchsserien sind bei Anwendung einfacher mathematischer Prozeduren deutliche Grenzen gesetzt. Zur Schätzung von Produktionsfunktionen, die den Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ertrag beschreiben, wurden relativ geringe Bestimmtheitsmaße gefunden, wenn mehrere Jahre die Verrechnungsgrundlage bildeten (SIELING & HANUS 1997). Die Ermittlung solcher Funktionen erfolgte daher häufig innerhalb einzelner Jahre an einem Ort (CLAUPEIN 1993, FISCHBECK et al.

1997, BÉLANGER et al. 2000). Dies schränkt die Verallgemeinerungsfähigkeit und Güte der ermittelten Funktionen ein. Mit der hier gewählten adäquaten Modellierung sind die erhaltenen Funktionen sehr schätzgenau.
Beide Weizensorten reagierten auf steigende N-Düngung in beiden Pflanzenschutzintensitäten gemäß dem Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs und überschritten das Ertragsmaximum im Wertebereich. In allen Fällen ließen sich die ermittelten Wertepaare von N-Höhe und Ertrag sehr gut an quadratische Funktionen anpassen (Tab. 3). Der mittlere Standardfehler der Schätzwerte betrug 3 dt/ha. Das Ertragsmaximum und der maximale N-kostenfreie Erlös in Stufe II wurden bei beiden Sorten mit einem vergleichbaren Stickstoffaufwand erreicht. Die Mehrerträge der hohen Pflanzenschutzintensität waren bei Ritmo mit 26 dt/ha höher als bei der Sorte Bussard.

Ableitung der Funktionen und Optimierungen

Quadratische Produktionsfunktion für den Kornertrag (siehe Tab. 3):
$y_1=c_1N^2+b_1N+a_1$

Erlösfunktion (siehe Abb. 1):
$y_E=(c_1N^2+b_1N+a_1)P_G$ P_G= Getreidepreis in €/dt

Funktion für den N-kostenfreien Erlös (siehe Abb. 1):
$y_O=y_E-P_NN$ P_N= Stickstoffpreis in €/kg

Das Maximum des N-kostenfreien Erlöses entspricht dem ökonomischen Optimum (siehe Abb. 1 bzw. 2):
$N_{Opt}=((P_N/P_G)-b_1)/2c_1$

Quadratische bzw. lineare Produktionsfunktion für den Rohproteingehalt (siehe Abb. 3):
$y_2=c_2N^2+b_2N+a_2$ bzw.
$y_2=b_2N+a_2$

Zur Berechnung des N-Entzuges wird von einem N-Gehalt von 17,54 % im Weizenrohprotein ausgegangen.
Produktionsfunktion für den N-Entzug über das Korn (siehe Abb. 4):
$y_3=(y_2/5,7)* y_1$

N-Bilanz (siehe Abb. 5):
$y_4=N- y_3$

N-Bilanz bei maximalem N-kostenfreien Erlös bei variiertem N-Preis
$y_5= N_{Opt} - y_3$ bei N_{Opt}

in den folgenden Abbildungen wird N durch x ersetzt

Tab. 3: Produktionsfunktionen für den Kornertrag

Kurz-bezeichnung	Produktionsfunktion Kornertrag B% (Bestimmtheitsmaß)		Ertragsmaximum bei kg N/ha	Ertragsmaximum dt/ha	N-Optimum bei kg N/ha
B-Weizen I	$y_1=-0,000364x^2+0,142x+62,19$	99%	196	76	136
B-Weizen II	$y_1=-0,000818x^2+0,345x+65,09$	99%	211	102	184
E-Weizen I	$y_1=-0,000588x^2+0,226x+50,28$	88%	192	72	160
E-Weizen II	$y_1=-0,000628x^2+0,276x+55,39$	98%	220	86	189

Die in der niedrigen Intensität ermittelten Optima von Bussard und Ritmo liegen erwartungsgemäß unter denen der hohen Intensität, und sie weichen stärker voneinander ab. Mit den durchgeführten intensiven Pflanzenschutzmaßnahmen wurde das N-Optimum von Ritmo deutlich stärker angehoben, als es bei der Sorte Bussard der Fall war.
Die Produktionsfunktion für die Sorte Bussard bei hoher Pflanzenschutzintensität ist in Abb. 1 beispielhaft dargestellt. Der Ertrag wird hier unter Einbeziehung des Getreidepreises monetär angegeben, wobei ein Preis für E-Weizen von 13 €/dt unterstellt wurde. Durch zusätzliche Einbeziehung des Stickstoffpreises kann die Funktion für den N-kostenfreien Erlös hergeleitet werden, deren Maximum dem Optimum der N-Düngung entspricht.
Auf der Basis der funktionalen Zusammenhänge zwischen der N-Düngung und dem Ertrag und der Annahme veränderter Getreide- und Stickstoffpreise lassen sich Isoquanten entwickeln, aus denen die jeweils optimale N-Düngung abzulesen ist (Abb. 2).

Insgesamt ist erkennbar, dass z.B. ein witterungsbedingtes Verfehlen der optimalen Düngung in Mecklenburg-Vorpommern nicht stets zu empfindlichen wirtschaftlichen Einbußen führen muss. Dieses Risiko nimmt zu, je höher der Stickstoffpreis bzw. niedriger der Getreidepreis ist. Die kurzfristigen ökonomischen Auswirkungen einer Rücknahme der N-Düngung aufgrund veränderter Rahmenbedingungen können wie folgt beurteilt werden. So würde eine Verteuerung von Stickstoffdünger um ca. 40% das N-Düngungsoptimum der Sorte Bussard um 12 kg N/ha vermindern. Preisschwankungen bei E-Weizen hätten vergleichbare Folgen. Gegenläufige Entwicklungen beider Faktoren können sich in ihren Auswirkungen überlagern oder auch aufheben. Relevante Preisschwankungen sind bei E-Weizen nicht unüblich. Im intensiven Weizenanbau ist generell das wirtschaftliche Risiko einer verfehlten N-Düngung höher, denn je steiler die Produktionsfunktion verläuft, desto stärker verändern sich die Erlöse. Bei nur geringer Pflanzenschutzintensität wäre das N-Optimum zwar elastischer, die Erlöse aber auch geringer.
Diese Aussagen sind experimentell gut abgesichert und treffen grundsätzlich für diluviale Standorte im Nordosten zu. Allerdings bleibt der Einfluss der Gabenteilung auf den Ertrag unberücksichtigt. Bei der üblichen Praxis von Weizen-Frühsaaten in Mecklenburg-Vorpommern und einer schossbetonten N-Düngung ist ein etwas anderer Verlauf der Produktionsfunktionen anzunehmen.

Ökonomie und Ökologie der N-Düngung von Winterweizen

Da zusätzlich zu den Ertrags- Produktionsfunktionen auch Rohprotein-Produktionsfunktionen ermittelt wurden, lassen sich auch Umweltwirkungen bewerten (Abb. 3). Mit steigender N-Düngung nimmt der RP-Gehalt bei beiden Weizensorten zu. Ein Maximum wurde im Wertebereich nicht erreicht. Für die hohe Intensität konnte am besten eine quadratische, für die niedrige eine lineare Funktion angepasst werden. Der mittlere Standardfehler der Schätzwerte liegt im Bereich 0,28-0,36% RP-Gehalt. Die Graphen des Rohproteingehaltes verlaufen für beide Weizensorten annähernd parallel. Der Rohproteingehalt bei Bussard wird relativ unabhängig von der Pflanzenschutzintensität erreicht.
Interessanterweise erfolgt der N-Entzug innerhalb einer Pflanzenschutzintensität für beide Sorten etwa gleich, obwohl sie sich im Ertrag und Rohproteingehalt deutlich unterscheiden (Abb. 4). Dies ist von einigen Autoren schon in anderen Fällen festgestellt worden (z.B. SIELING & HANUS 1997). Entscheidend für die Höhe der Entzüge ist die sortentypische, genetisch fixierte Kombination von Ertrag und Rohproteingehalt. Höhere Erträge von Ritmo werden durch entsprechend höhere RP-Gehalte von Bussard im Hinblick auf die Entzugshöhe von Stickstoff (bzw. auf den Rohproteinertrag) ausgeglichen.
Die beiden Funktionen für die Stufe II überschreiten bzw. erreichen ihr Maximum (274 kg N/ha beim B-Weizen, 284 kg N/ha beim E-Weizen) innerhalb des gemessenen Wertebereiches. Die höchsten absoluten Entzüge entstehen bei einer N-Düngung, die um 63 bzw. 64 kg N/ha über der Düngung zum Ertragsmaximum liegt. Bei geringer Pflanzenschutzintensität sind die N-Entzüge generell niedriger.
Der funktionale Zusammenhang zwischen der N-Düngung und den N-Entzügen führt zu Aussagen über die düngungsabhängige N-Bilanz (Abb. 5). Im wirtschaftlich relevanten Bereich wird sie bei hoher Intensität negativ und geht bei niedriger Intensität gegen Null. Weizen gehört damit bei den derzeitigen Preisen zu den Fruchtfolgegliedern mit einer tendenziell negativen (günstigen) N-Bilanz. Dies wurde auch von anderen Autoren festgestellt (z.B. HEYN 1999, STURM et al. 1988). So kann Weizen zumindest anteilig bzw. rechnerisch die Überschüsse anderer Kulturen ausgleichen, da im Hinblick auf eine ausgeglichene N-Bilanz Zufuhr und Abfuhr annähernd gleich sein sollen (ALBERT 1999). Allerdings müssen bei der N-Bilanzierung auch unvermeidbare N-Verluste berücksichtigt werden (EBERTSEDER et al. 2001). Den Ausgleich der N-Bilanzen ermöglichen bei ökonomisch optimaler Düngung vor allem gesund erhaltene Bestände. Im Hinblick auf die negativen Folgen unkontrollierter N-Verluste verweisen die vorliegenden Ergebnisse auf nicht zu unterschätzende Vorteilswirkungen von Pflanzenschutzmaßnahmen. Bei gleicher Düngung können sie N-Entzüge beträchtlich steigern und somit N-Bilanzen verbessern. Die in der Praxis üblichen größeren Schwankungen in der schlagweisen N-Bilanz der E-Weizen-Produktion sind nach unserer Einschätzung vielfach auf ungeeignete Standorte oder ungünstige Witterungsbedingungen zurückzuführen, die die Ausschöpfung des Ertragspotentials und somit auch die N-Entzüge begrenzen.

In einer vereinfachten Darstellung wird der Zusammenhang zwischen der Ökonomie und Ökologie der Düngung besonders klar (Abb. 6). Zwischen beiden Kriterien besteht durchaus kein Widerspruch. Denn auch die Zielstellung „Gewinnmaximierung“ führt nicht zwangsläufig zu N-Überhängen. Unter den Versuchsbedingungen war die N-Bilanz sogar im Ertragsmaximum noch ausgeglichen. Die Grafik zeigt, dass eine suboptimale N-Düngung unter 170 kg N/ha bei hoher Pflanzenschutzintensität die Wirtschaftlichkeit deutlich beeinträchtigt, ohne dass sich die N-Bilanz noch deutlich verbessern ließe. Bei starker Reduktion der N-Düngung unterhalb des ökonomischen Optimums ist daher die Ökoeffizienz gering.

Schlussbemerkungen

Die hier ausgeführten Überlegungen zum optimalen N-Einsatz gehen von den naturalen Produktionsbeziehungen aus, die in den Versuchen vorgefunden wurden. In ihnen waren die Bodenfruchtbarkeit und das Ertragsniveau recht hoch. Aus den verschiedensten Gründen werden in der Praxis bei gleichen Maßnahmekombinationen oft niedrigere Erträge als in den Versuchen erreicht. Damit verändern sich auch die betrachteten Kennzahlen graduell, die dargestellten grundsätzlichen Zusammenhänge aber nicht. Eine genaue Abstimmung von Sorte, Pflanzenschutz und Düngung bietet die beste Gewähr, das Ertragspotential des Standortes auszuschöpfen und auf diese Art und Weise an den Vorteilen einer ökonomisch und ökologisch optimierten Produktion teilzuhaben.

Literatur

ALBERT, E., 1999: Langjährige Entwicklung von NPK-Bilanzsalden im Freistaat Sachsen. VDLUFA-Schriftenreihe **52**, 187-190

BÉLANGER, G., J. R. WALSH, J. E. RICHARDS, P. H. MILBURN & N. ZIADI; 2000: Comparison of three statistical models describing potato yield response to nitrogen fertilizer. Agron. J. **92**, 902-908

CLAUPEIN, W., 1993: Stickstoffdüngung und chemischer Pflanzenschutz in einem Dauerfeldversuch und die Ertragsgesetze von LIEBIG, LIEBSCHER, WOLLNY und MITSCHERLICH. J. Agronomy & Crop Science **171**, 102-113

EBERTSEDER, T., R. GUTSER & U. HEGE, 2001: So viel N darf verloren gehen. DLG-Mitteilungen 3/2001, 15-17

FISCHBECK, G., J. DENNERT & F.X. MAIDL, 1997: Aufnahme von Stickstoff bei Einsatz von Spätdüngungsmaßnahmen zu Winterweizen. Pflanzenbauwissenschaften **1**, 49-56

FUCHS, C., K. LÖTHE, 1996: Einfluss der Form von Produktionsfunktionen auf die Ermittlung der optimalen speziellen Intensität und die ökologischen Wirkungen in der Pflanzenproduktion. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. **32**, 493-502

HEYN, J., 1999: Ergebnisse von N-Dauerversuchen- Ertrag, Rentabilität, N-Saldierung, Bodenfruchtbarkeit. VDLUFA-Schriftenreihe **52**, 107-110

PIEPHO, H.-P. & V. MICHEL, 2001: Überlegungen zur regionalen Auswertung von Landessortenversuchen. Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie **31**, 123-139

SAS INSTITUTE, 1997: SAS/STAT changes and enhancements through release 6.12. SAS Institute, Cary.

SCHULZ, R.-R., 1993: Schätzung von Produktionsfunktionen für den Stickstoffeinsatz bei Winterraps. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern **1**, 20-26

SIELING, K. & H. HANUS, 1997: N-Aufnahme und N-Verwertungseffizienz zweier Weizensorten bei variierter mineralischer N-Düngung. Pflanzenbauwissenschaften **1**, 57-62

STURM, H., H. KNITTEL & W. ZERULLA, 1988: Einfluss der N-Düngung auf Ertrag und N-Mineralisationsverhalten im Boden in langjährigen Dauerversuchen. VDLUFA-Schriftenreihe **28**, II, 113-130

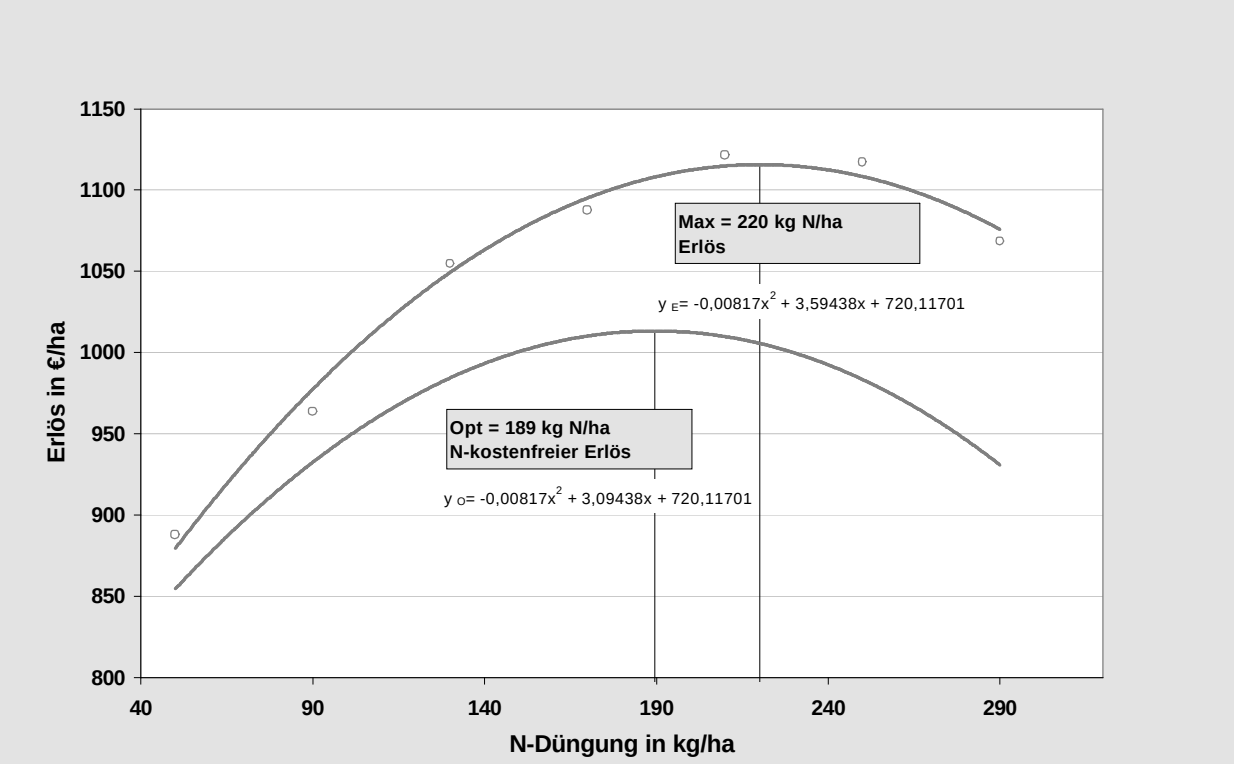


Abb. 1: Erlös und N-kostenfreier Erlös von E-Weizen in Abhängigkeit von der N-Düngung, Sorte Bussard (ohne Qualitätszuschlag, hohe Pflanzenschutzintensität)

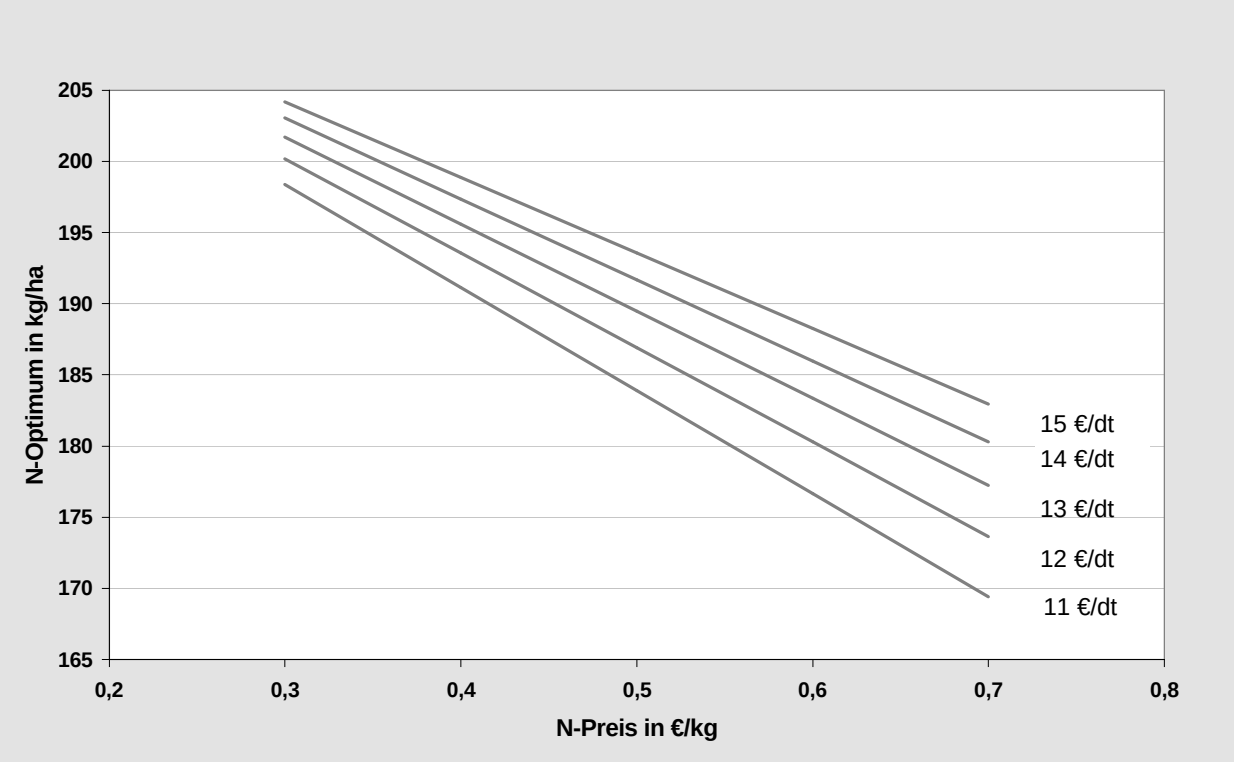


Abb. 2: Optimale Stickstoffdüngung bei E-Weizen in Abhängigkeit vom Stickstoff- und Getreidepreis, Sorte Bussard (ohne Qualitätszuschlag, hohe Pflanzenschutzintensität)

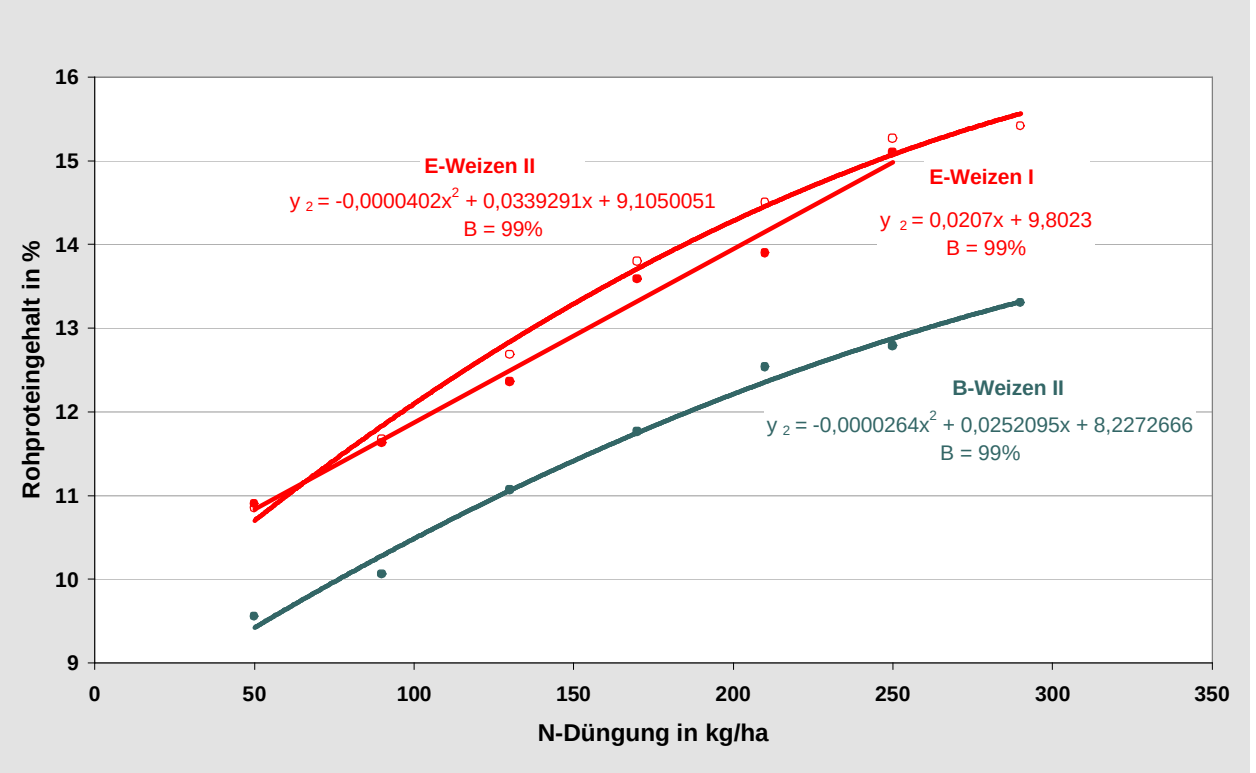


Abb. 3: Rohproteingehalt im Korn von Weizen in Abhängigkeit von der N-Düngung

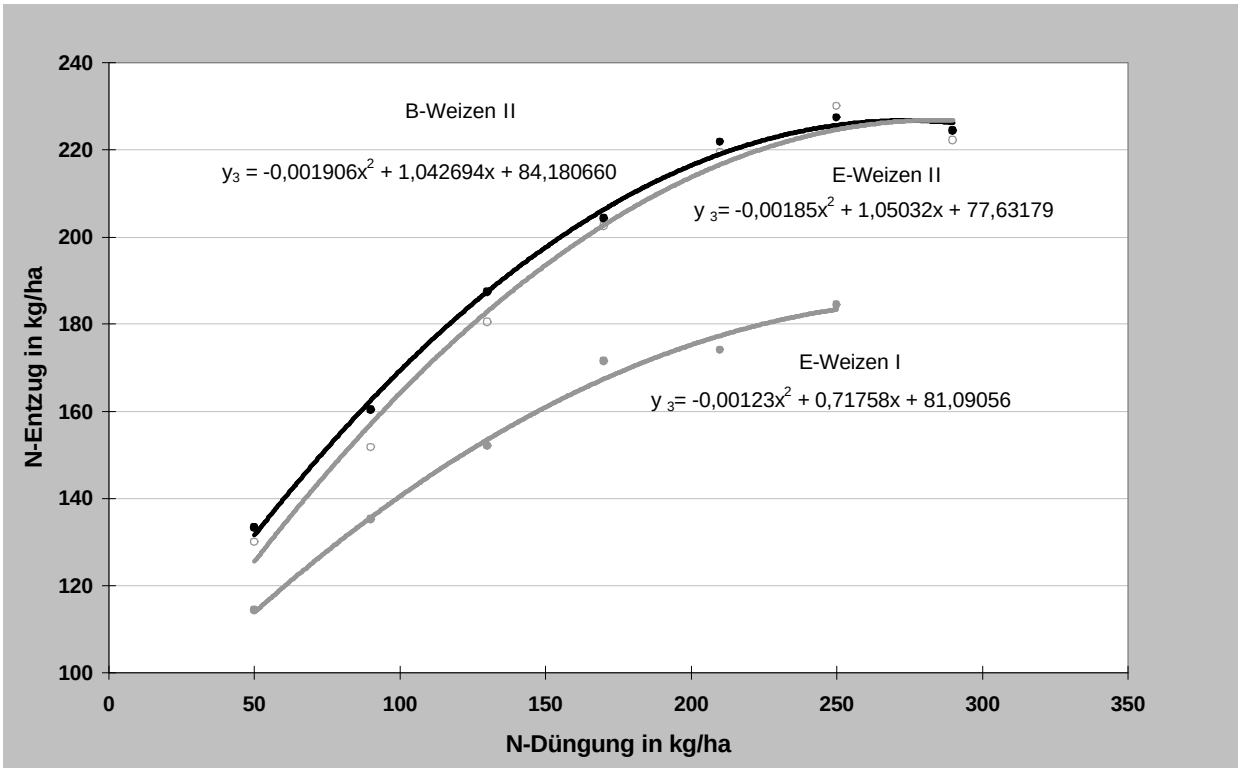


Abb. 4: N-Entzug von E- und B-Weizen in Abhängigkeit von der N-Düngung

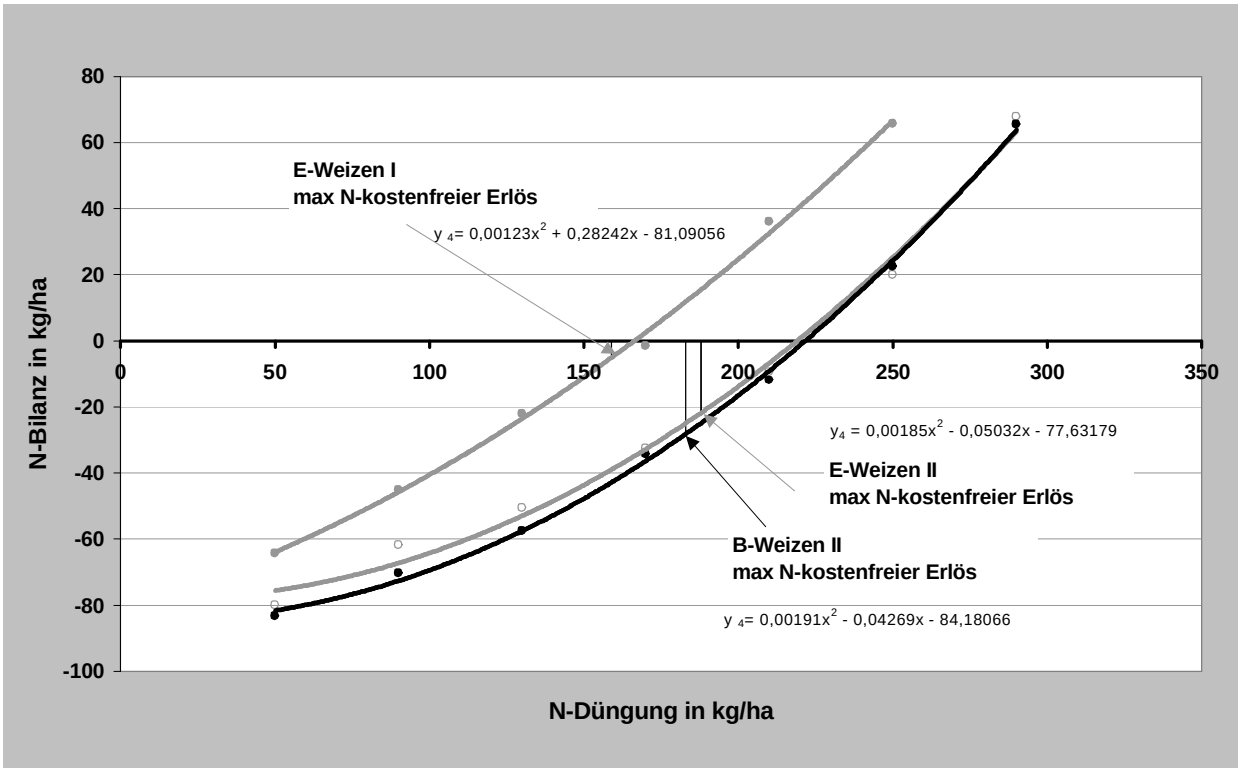


Abb. 5: N-Bilanz in Abhängigkeit von der N-Düngung

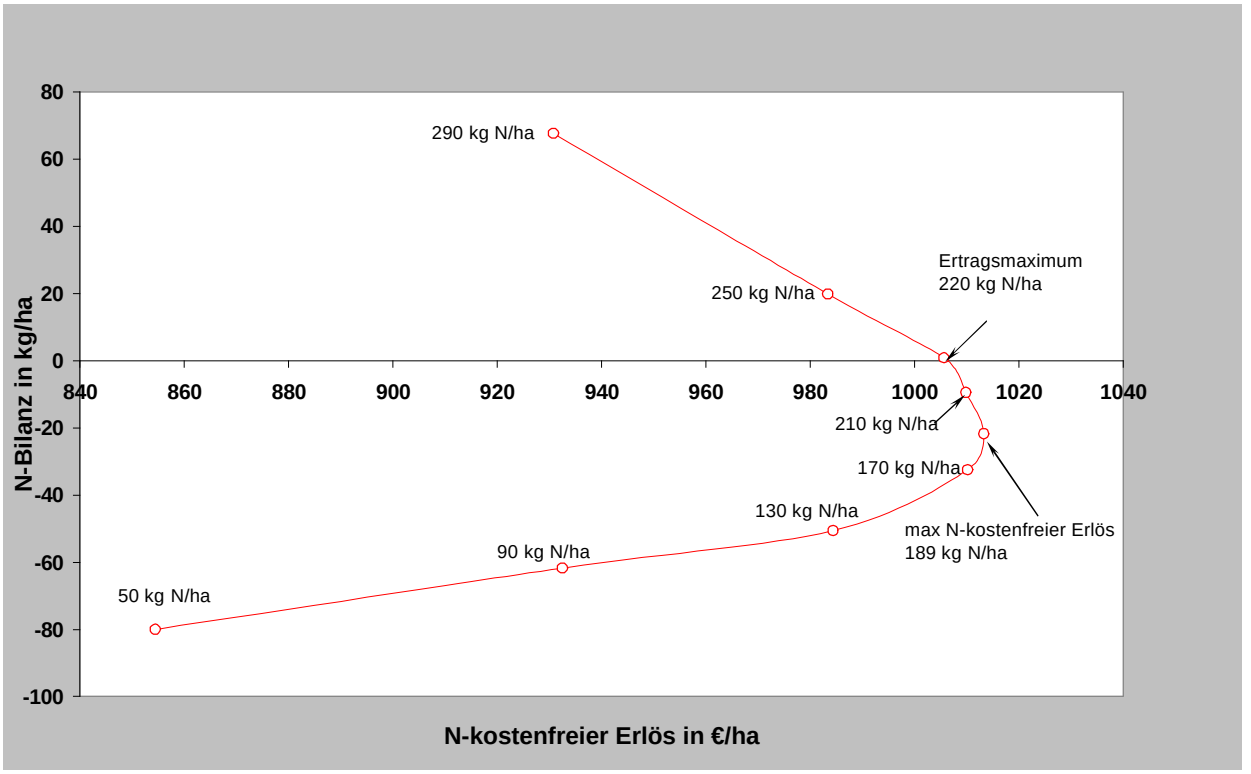


Abb. 6: Ökonomie und Ökologie der N-Düngung (Sorte Bussard, hohe Pflanzenschutzintensität)

Neue Möglichkeiten in der komplexen Sekundärauswertung von Erhebungen am Beispiel der Besonderen Ernteermittlung

Volker Michel, Andrea Zenk, Maja Michel[1]

Einleitung

In der angewandten pflanzenbaulichen Agrarforschung ist das Feldversuchswesen die Hauptquelle des Erkenntnisgewinns. Aber auch Daten aus Erhebungen besitzen ein großes, oft zu wenig genutztes Potential für wissenschaftliche Analysen. So bietet u.a. die aufgrund gesetzlicher Vorgaben zur Agrarstatistik durchgeführte Besondere Erntermittlung (BEE) vielfältige Möglichkeiten für wissenschaftliche Sekundärauswertungen.
Die Datengewinnung der BEE wird mit hohem finanziellem und personellem Aufwand durch das Land finanziert. Die Sekundärauswertung verursacht aber keine weiteren Aufwendungen im experimentellen Bereich. Gerade unter dem Gesichtspunkt sinkender Personal- und Finanzausstattung in der angewandten Agrarforschung sind Sekundäranalysen daher sehr effizient und kostengünstig. Sie stellen allerdings an die mathematisch-biostatistische Methodik hohe Anforderungen. Der Hintergrund dafür ist die erforderliche mathematische Berücksichtigung von Variablenkomplexen, die zwar nicht unmittelbarer Gegenstand der jeweiligen Fragestellung sind, aber bereits bei der Stichprobenverteilung als systematische Störgrößen wirken.
Im Feldversuch wird das „ceteris-paribus-Prinzip“ erfüllt – das Versuchsobjekt wird der Wirkung geplanter Behandlungen unter ansonsten völlig gleichen Bedingungen ausgesetzt. Davon weichen Erhebungen in der Regel extrem ab. Jede Einzelerhebung ist das Ergebnis einer Vielzahl ungeplanter bzw. unabgestimmter Effekte, Maßnahmen und Entscheidungen. In der Regel ist nur ein Teil dieser Einflussgrößen im Datensatz erfasst. Die Einzelerhebungen sind hinsichtlich der Ursache-Wirkungs-Beziehung kaum interpretierbar. Dahingegen weisen Erhebungen insgesamt aber häufig sehr große Stichprobenumfänge und eine gute regionale Verteilung auf. Dadurch werden zufällig verteilte Störgrößen aufgrund des „Gesetzes der großen Zahl“ in ihrer Wirkung auf das Gesamtergebnis i.d.R. ausreichend abgeschwächt.
Systematische Störgrößen werden allerdings in keiner Weise über den Stichprobenumfang reduziert und können daher zu erheblichen Verzerrungen und Fehldeutungen führen. Die oft zu beobachtenden reinen Datenbankabfragen in Erhebungsdaten, bei denen sehr wenige Einfluss- und Zielgrößen isoliert abgegriffen werden, weisen daher ein hohes Verzerrungspotential auf. Soweit die wesentlichsten Störgrößen im Datensatz erfasst wurden, können biostatistische Methoden die Wirkung solcher Störgrößen erkennen, quantifizieren und ausgleichen. Auf diese Möglichkeiten soll im Folgenden an Beispielen eingegangen werden.

Beschreibende Statistik im Vergleich zu statistischen Schlüssen

Die beschreibende Statistik stellt eine reine Ist-Zustandsanalyse dar, wie sie z.B. in statistischen Jahrbüchern oder im Bericht zur Besonderen Ernteermittlung erfolgt. So eine Ist-Zustandsanalyse aus BEE - Daten ergibt z.B., dass in Mecklenburg-Vorpommern Rapserträge nach Weizen deutlich höher sind als Rapserträge nach Roggen (Tab. 1). Diese Aussage ist für sich genommen korrekt. Mit der Interpretation „Raps reagiert auf den Anbau nach Weizen gegenüber Roggen mit Mehrerträgen“ wäre die Aussage der beschreibenden Statistik aber falsch interpretiert. Die Ursache der höheren Rapserträge nach Weizen liegen in der bezüglich des Anbaus zwar repräsentativen, bezüglich der isolierten Frage der Vorfruchtwirkung aber verzerrten Stichprobenstruktur: Weizen als Raps-Vorfrucht wurde auf einer mittleren Ackerzahl 44 erhoben, Roggen dagegen bei Ackerzahl 32 (Tab. 1).
Die Ableitung des Vorfrucht-Vergleichs für Schläge mit gleicher Bodengüte ist eine Problematik des statistischen Schlusses von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit. Sie setzt sich von der reinen Beschreibung ab und zielt stattdessen auf Verallgemeinerungsfähigkeit. Unter diesem Blickwinkel wirkt im beschriebenen Beispiel die Variable Ackerzahl als Störgröße. Die Anforderung an die biostatistische Auswertung ist die Projektion der Fragestellung auf eine für beide Vorfrüchte gleiche Ackerzahl.

[1] Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei

Auswertungsmöglichkeiten mit gemischten Modellen

Häufig eignen sich für die Analyse und Auswertung derartiger Fragestellungen (s.o.) gemischte Modelle. In der Landesforschungsanstalt kommt hierfür die Prozedur MIXED unter SAS ($S_{tatistical}$-$A_{nalysis}$-S_{ystem}) zum Einsatz. Diese Prozedur ermöglicht die gleichzeitige Berücksichtigung unterschiedlichster Faktoren und Einflussgrößen, wie z.B.:

- klassifizierende Einfluss- oder Störgrößen, darunter:
  - vordefinierte, fixe Faktoren, wie Fruchtart, Sorte, Region u.ä.,
  - Zufallsvariablen, bei denen die Abstufungen als repräsentative Stichproben der Grundgesamtheit angesehen werden, wie Jahre, Schläge u.ä.,
- stetige Einfluss- oder Störgrößen, wie Ackerzahl, Saatstärke, N-Düngung u.ä.,
- räumliche oder zeitliche Autokorrelation in den Daten.

Damit sind die Möglichkeiten zur Auswertung auch extrem großer, kompliziert strukturierter Datenbestände erheblich verbessert. Gesuchte Effekte können präziser und treffsicherer geschätzt werden als bisher. Viele Auswertungen werden dadurch erst möglich, insbesondere auch Auswertungen von Daten aus Erhebungen (BEE, Testbetriebe u.ä.). Aber auch die Auswertungen aus langjährigen Feldversuchen zur Ableitung von Produktionsfunktion u.ä. werden verbessert (Abb. 1).
Die Modelle können nur optimal arbeiten, wenn die Einfluss- und Störgrößen richtig erkannt und ihr Wirkungsgefüge gut beschrieben wird. Die fachliche und die biometrische Arbeit in der Modellierung muss also eine logische Einheit bilden. Auch mit diesen Modellen gilt natürlich, dass die Güte der Schätzung von Effekten von der Qualität der Daten abhängig ist.
Bezüglich der Anzahl einbeziehbarer Einflussgrößen sind - je nach Datenbestand - Grenzen gesetzt. Grundsätzlich lassen sich umso mehr Einflussfaktoren berücksichtigen, je größer der Stichprobenumfang ist und je besser es gelingt, die wesentlichen Einflussgrößen auszuwählen.

Beispiel A: Bestimmung von Vorfruchteffekten aus der BEE

Es sollen 2371 Datensätze aus der Besonderen Ernteermittlung zur Schätzung von Vorfruchteffekten ausgewertet werden. Fruchtart, Vorfrucht, Jahr und Ackerzahl wurden als wesentliche Einflussgrößen auf den Ertrag ausgewählt. Der Datenbestand ist heterogen, einzelne Abstufungen sind systematisch viel stärker besetzt als andere (Tab. 1; Spalte ‚N'). Die Vorfrüchte je Kultur unterscheiden sich hinsichtlich der Ackerzahl (Tab. 1; Spalte ‚ø AZ').

- Ergebnisse der Beschreibenden Statistik (Tab. 1)
  - Problem 1: Raps nach Weizen bzw. nach Roggen
    Die Schläge mit Roggen als Vorfrucht weisen mit AZ 32 gegenüber Weizen mit AZ 44 im Durchschnitt eine deutlich unterdurchschnittliche Bodengüte auf. Zu welchen Anteilen die um etwa 4 dt/ha geringeren Erträge nach Roggen aus der unterschiedlichen Ackerzahl oder aus einem echten Vorfruchteffekt resultieren, ist aus der Beschreibenden Statistik nicht ersichtlich.

  - Problem 2: Weizen nach Raps und Weizen in Selbstfolge
    Die Schläge in Selbstfolge weisen mit AZ 47 gegenüber Rapsvorfrucht mit AZ 44 im Durchschnitt eine überdurchschnittliche Bodengüte auf. Der ausgewiesene Minderertrag in Selbstfolge beträgt 3 dt/ha, wird damit aufgrund der höheren Ackerzahl aber voraussichtlich unterschätzt.

  In beiden Fällen lässt sich der Vorfruchtvergleich für identische Schläge / Bedingungen aus der reinen Beschreibenden Statistik nicht ableiten.

- Ergebnisse aus statistischer Schlussweise (Tab. 2)

  Die Auswertung mit adäquaten gemischten Modellen erlaubt die Projektion des Vorfruchteffektes auf eine vorgegebene, jeweils gleiche Ackerzahl. Daraus ergeben sich gegenüber der

beschreibenden Statistik sachlich gerechtere Interpretationsmöglichkeiten. Die für die mittlere Ackerzahl erzielten Standardfehler sind deutlich geringer als nach Beschreibender Statistik. Damit ist die Verzerrung minimiert und die Präzision gestiegen.

- ad Problem 1: Raps nach Weizen bzw. nach Roggen
  Entsprechend der fachlichen Erwartung unterscheiden sich Weizen und Roggen bei gleicher Ackerzahl nicht in Ihrer Vorfruchtwirkung auf Winterraps. Der in Tab. 1 ausgewiesene Minderertrag von 4 dt/ha nach Roggen war nicht in der Vorfrucht, sondern in der Bodengüte begründet.
- ad Problem 2: Weizen nach Raps und Weizen in Selbstfolge
  Bei gleicher Ackerzahl weist die Weizenselbstfolge gegenüber Weizen nach Raps einen Minderertrag von 6 dt/ha aus. Damit ist der anzusetzende Minderertrag bei Entscheidung für die Weizenselbstfolge gegenüber der Rapsvorfrucht etwa doppelt so hoch, als es die reine beschreibende Statistik (Tab. 1) suggeriert.

Tab.1 : Risiko verzerrter Aussagen bei einfacher beschreibender Statistik

(Ertrag (dt/ha) im Mittel der Jahre)

Kultur	Vorfrucht	Ø Ertrag [dt/ha] im Ackerzahlbereich ← niedrig hoch →	Ø AZ	Anzahl Werte	SE [dt/ha]
Winter-raps	Brache	31	40	64	1,3
	Wintergerste	35	43	321	0,6
	Winterroggen	**29**	**32**	41	1,7
	Winterweizen	**33**	**44**	91	1,1
Winter-weizen	Mais	68	43	65	1,7
	Wintergerste	64	43	30	2,5
	Winterraps	**74**	**44**	446	0,6
	Winterweizen	**71**	**47**	112	1,3
	Zuckerrüben	69	44	82	1,5

N - Stichprobenumfang SE - Standardfehler des mittleren Ertrages AZ - Ackerzahl

Tab. 2: Ertragserwartung (dt/ha) nach Vorfrüchten bei definierter Ackerzahl

(im Mittel der Jahre, abgeleitet mit der Prozedur MIXED)

Kultur	Vorfrucht	AZ 30	AZ 35	AZ 40	AZ 45	AZ 50	SE [dt/ha] bei ø AZ
Winter-raps	Brache	29	31	33	35	37	0,9
	Wintergerste	29	31	33	36	38	0,4
	Winterroggen	27	29	**32**	34	36	1,2
	Winterweizen	28	30	**32**	34	36	0,8
Winter-weizen	Mais	60	64	67	70	73	1,5
	Wintergerste	56	59	63	66	69	2,2
	Winterraps	65	69	**72**	75	78	0,6
	Winterweizen	59	63	**66**	69	72	1,2
	Zuckerrüben	61	65	68	71	74	1,3

SE - Standardfehler des mittleren Ertrages AZ – Ackerzahl

Beispiel B: Bestimmung der Produktionsfunktionen für die Ertragserwartung von Kulturarten in Abhängigkeit von der Ackerzahl

Eine weitere Fragestellung der Sekundärauswertung von BEE - Daten war die nach der Abhängigkeit der mittleren Ertragserwartung von der Ackerzahl in Mecklenburg-Vorpommern. Entsprechende Produktionsfunktionen für Getreide (Abb. 1) und Raps wurden mit gemischten Modellen aus dem Zeitraum 1998-2004 bestimmt. Diese Funktionen wurden im Abschlussbericht Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung 2004 Mecklenburg-Vorpommern veröffentlicht. Eine Aktualisierung soll im dreijährigen Turnus erfolgen.
Da die Güte des geschätzten Kurvenverlaufes bei sehr geringer und sehr hoher Ackerzahl nachlässt, wurde der Darstellungsbereich für die einzelnen Pflanzenarten auf die Ackerzahlspanne beschränkt, in der 90 % der erfassten Daten lagen.

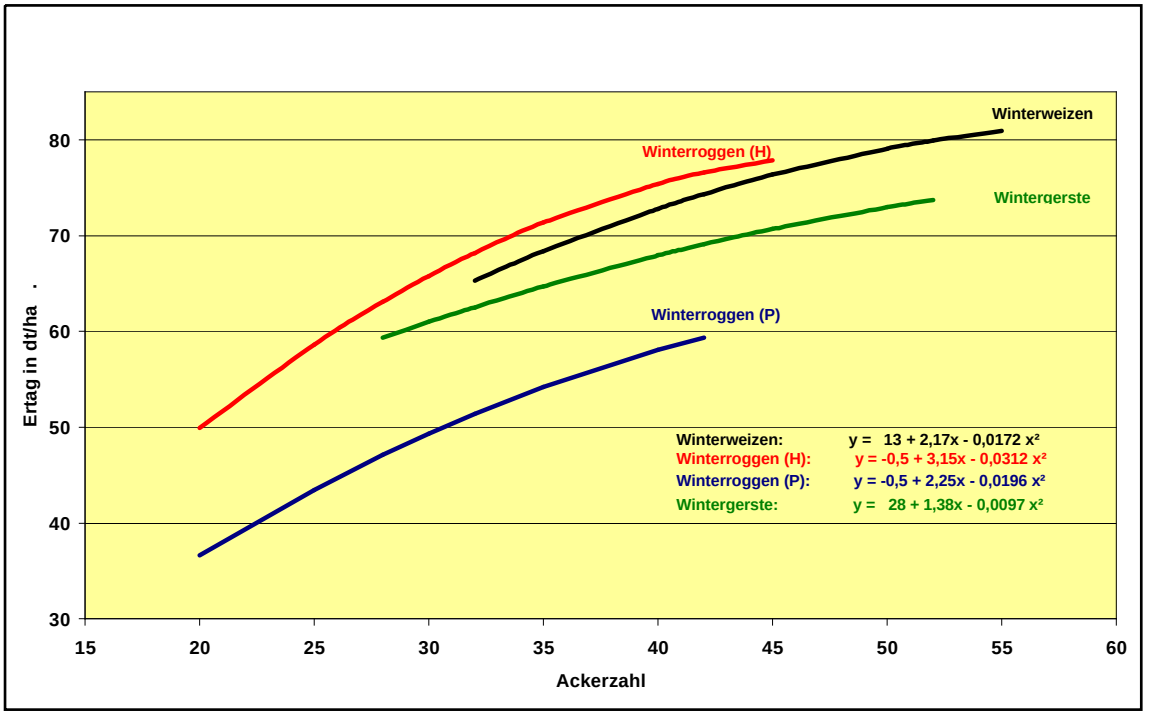


Abb. 1: Ertragserwartung von Getreidearten in Abhängigkeit von der Ackerzahl

Weitere Möglichkeiten der Analyse der Besonderen Ernteermittlung

Die Datenerfassung der BEE ermöglicht eine weitgehende Analyse der Haupt- und Wechselwirkungen in Komplex der Variablen:

- Ertrag,
- Qualitätsparameter und Rückstandsdaten,
- Sorte,
- Verwendung,
- Vorfrucht,
- Region (Boden-Klima-Raum, Kreis, Agrarregion),
- Bodengüte (Ackerzahl und Natürliche Standorteinheit),
- Jahr, mehrjährige Mittelwerte und zeitliche Trends.

Diese Haupt- und Wechselwirkungen können in ihren Effekten, aber auch in ihrer Zusammenhangsstruktur, in ihrem Zusammenwirken und in ihren funktionalen Abhängigkeiten beschrieben werden. Damit können neben acker- und pflanzenbaulichen Erkenntnissen auch Ausgangsparameter und Funktionen für weiterführende ökonomische Kalkulationen und Prognosen erzielt werden.

Die umfassende Sekundärauswertung der langjährigen Daten der BEE ist Gegenstand eines für das Jahr 2007 geplanten Forschungsthemas des Sachgebietes Biostatistik und Sortenwesen der Landesforschungsanstalt. In analoger Weise lassen sich die methodischen Ansätze auf weitere Erhebungen wie die Bodennutzungshaupterhebung, Daten aus dem Testbetriebs- und Referenzbetriebsnetz, Zuckerrüben-Schlagdaten etc. anwenden. Speziell zur Gruppierung und Definition typischer Betriebe u.ä. Fragestellungen werden die Hauptkomponenten-, die Faktoren- und die Clusteranalyse in das Methodenspektrum integriert.