

Hermann Auernhammer, Markus Demmel, Thomas Muhr, Josef Rottmeier, Paul v. Perger

Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991

In einem längerfristigen Forschungsvorhaben im „Forschungsverbund Agrarökosysteme München“ (FAM) hat das Institut für Landtechnik die Aufgabe übernommen, während der Aufbau- bzw. Monitoringphase der TU München auf der gesamten Fläche eines Versuchsgutes (Scheyern) die lokale Ertragsermittlung mit dem Ziel der Erstellung von Ertragskarten durchzuführen. Nach einer ersten Vorversuchsserie 1990 mit einer Druschfläche von nahezu 40 ha wurden in der Ernteperiode 1991 etwa 200 ha Getreide beerbtet. Im Jahr 1992 wurden die Versuche in einem ähnlichen Umfang fortgesetzt.

1. Einleitung

Die Ertragsermittlung stellt den Einstieg in einen „Regelkreis umweltorientierte Düngung“ dar (Abbildung 1). Sie kann heute schon durch das Vorhandensein entsprechender Ertragsmeßsysteme für den Mähdrusch in Verbindung mit geeigneten Ortungsverfahren durchgeführt werden.

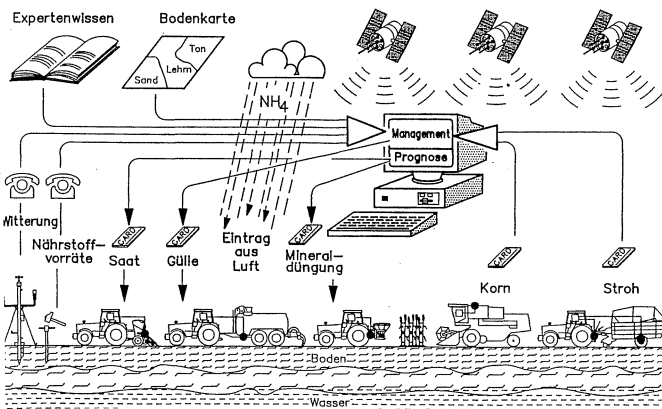


Abb. 1: Regelkreis umweltorientierte Düngung

2. Material und Methoden

Die lokale Ertragsermittlung kann nur direkt in der Erntemaschine, bei Getreide im Mähdrusch, durchgeführt werden. Sie erfordert Meßtechniken für den Ertrag und die Ortung, beide müssen online miteinander verbunden sein. Für die Ertragsmessung bietet der Markt zwei Systeme an, die beide zum Einsatz kamen (Abbildung 2).

Das Meßprinzip nach dem Volumenstrom ist immer abhängig vom Volumengewicht, also vom Hektolitergewicht. Nur eine exakte Kalibrierung und entsprechende Nachkalibrierungen bei sich ändernden Bedingungen ermöglichen damit ausreichend exakte Meßergebnisse.

Das Massestrommeßprinzip ist dagegen unabhängig von diesen Einflüssen. Allerdings können auch bei diesem Meßprinzip durch Abweichungen der geforderten konstanten Durchflußgeschwindigkeit aufgrund unterschiedlicher Feuchtegehalte Fehler auftreten.

Für die Ortsbestimmung können fahrzeugautonome Systeme und Sender-/Empfängersysteme verwendet werden. Unabhängig

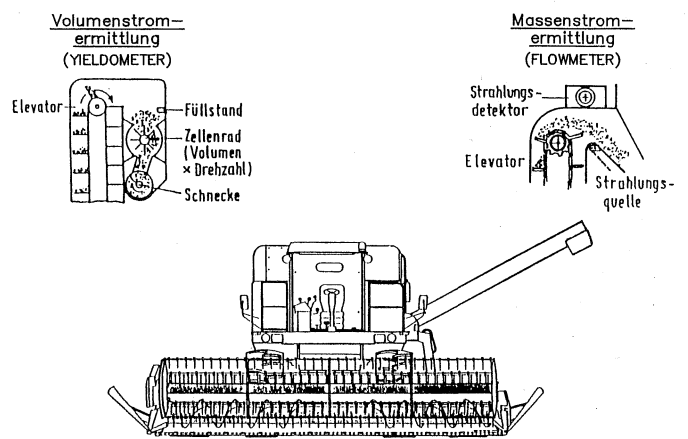


Abb. 2: Verfügbare Ertragsermittlungssysteme für Mähdrusch

von schlag- bzw. betriebspezifischen Infrastrukturmaßnahmen ist dazu die Satellitenortung über das NAVSTAR Global Positioning System (GPS) vorzüglich geeignet (Abbildung 3). Das vom US-Verteidigungsministerium aufgebraute System ist mit derzeit 19 verfügbaren Satelliten nahezu vollständig einsatzfähig. GPS-Empfänger stehen von verschiedenen Herstellern zur Verfügung. Sie können im stand-alone-Einsatz oder differentiell betrieben werden.

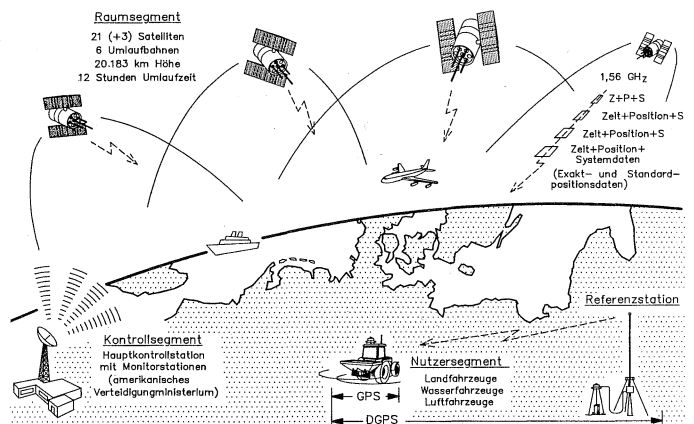


Abb. 3: Aufbau des NAVSTAR „Global Positioning Systems“ (GPS)

Ertrags- und Ortungsdaten, verbunden mit der Uhrzeit und eventuellen weiteren Maschinenzustandsgrößen, bilden die Ausgangsbasis für alle Schritte der Datenverarbeitung bis hin zu geographisch dargestellten Ertragskartierungen. Da kein Hersteller Mähdrescher mit beiden Teilsystemen (Ertragsermittlung und Ortung) liefern konnte – erst seit Herbst 1992 bietet ein Hersteller ein vollständiges System an –, mußten für die Versuchsdurchführung entsprechende Umrüstungen vorgenommen werden. Um Ausfälle in der Hauptphase weitgehend zu vermeiden, wurden umfangreiche Vorversuche durchgeführt.

2.1 Tast- und Vorversuche 1990

Bei den Tast- und Vorversuchen wurden mit einem Mähdrescher CASE JUMBO 8900 (Ertragsmeßsystem FLOW-METER) und mit einem Mähdrescher CLAAS DOMINATOR 108 (Meßsystem YIELD-O-METER) eine Fläche von etwa 30 Hektar Winterweizen und 10 Hektar Körnermais beerntet. Die Ortung erfolgte mit einem einfachen GPS-Satellitenortungssystem GLOBOS LN 2000 von SEL; die Datenaufzeichnung wurde mit Laptops über einen „Datalogger“ vorgenommen. Die Datenauswertung erfolgte mit der PC-Version des Geographischen Informationssystems (GIS) ARC/INFO der Firma ESRI und speziell hierfür entwickelter Datenaufbereitungssoftware. Sie ermöglichte erstmals eine Ertragskartierung in verschiedenen Rastergrößen in Anlehnung an vorgegebene Fahrspuren. Bedingt durch nicht andauernde Satellitenverfügbarkeit und Schwierigkeiten bei der Datenaufzeichnung konnte bei der Auswertung nur bei einer Rastergröße 50 mal 50 Meter eine flächendeckende Ertragskarte erstellt werden.

2.2 Vor- und Hauptversuch 1991

Um für die lokale Ertragsermittlung beim Mähdrusch 1991 eine höhere Ortungsgenauigkeit zu erreichen, kam in der Ernte 1991 ein „Differentialles GPS“ (DGPS) zum Einsatz. Die verwendete Prototypenversion arbeitete nach dem „Position-Correction“-Verfahren. Dabei wird die Ortung des Fahrzeuges durch eine Feststation, welche die Ortungsfehler mitregistriert, korrigiert. Zudem konnte auf zwei fabrikneue Mähdrescher uneingeschränkt zurückgegriffen werden (CLAAS DOMINATOR 108 MAXI und MASSEY FERGUSON MF 34 RS).

Zwei Industrie-PCs der Firma KONTRON zeichneten direkt die Positions- und Ertragsdaten neben weiteren Mähdrescher-

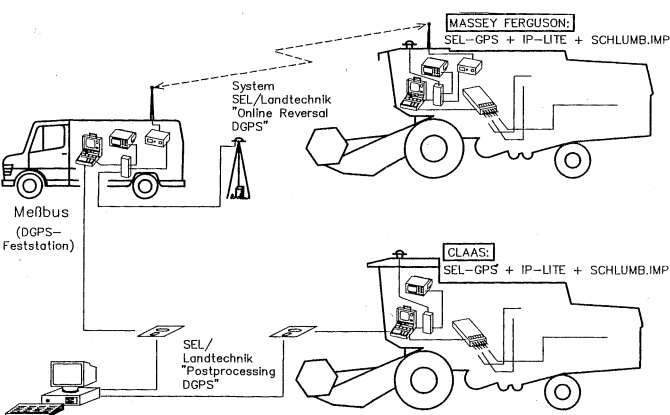


Abb. 4: Ortung und Datenerfassung für die Ertragsermittlung 1991

funktionen auf. Alle sieben Sekunden wurde die aktuelle Position und der momentane Ertrag registriert. Durch die Verfügbarkeit von 16 Satelliten existierten täglich nur mehr kurze Zeitabschnitte ohne GPS-Positionsbestimmung. Da diese jedoch während der Druschzeit auftraten, kam es dennoch zu kleineren Datenlücken. Für die Kalibrierung und Überprüfung der Ertragsmessung wurden alle Korntankinhalte einzeln gewogen sowie deren Feuchtegehalte und Hektolitergewichte bestimmt.

Die Auswertung dieser Messungen ergab, daß beide Ertragsmeßsysteme im Mittel einen Fehler unter 1 % aufweisen. Die Standardabweichung der Fehler betrug beim Massefluß 3,7 % und beim Volumenmeßgerät 5,1 %.

3. Ertragskartierung

Die kontinuierliche Ertragsmessung und die exakte Positionsbestimmung erlauben eine lokale Ertragsermittlung mit anschließender Ertragskartierung. Dazu mußten die Rohdaten zunächst vielfältigen Plausibilitätskontrollen unterworfen werden. Für diese Aufgabe wurden eigene Programme entwickelt. Ausgehend von den verschiedenen Arbeitsbreiten landwirtschaftlicher Geräte wurden die Flächenerträge als Mittelwerte für Raster mit einer Kantenlänge von 5, 12, 24 und 50 m ermittelt. Sie bildeten die Datenbasis zur Eingabe in das Geographische Informationssystem ARC/INFO. Abbildung 5 zeigt die mittleren Erträge der 50 m x 50 m Rasterflächen des 16,6 ha Schlagens „Flachfeld“. Ergänzend sind die Exaktdruschergebnisse des Institutes für Pflanzenbau an ausgewählten Rasterpunkten aufgetragen.

Durch das Auftragen und Verbinden der einzelnen Ortungspunkte innerhalb eines jeden Schlages konnten „Fahrweg“-Karten der Mähdrescher erzeugt werden. Diese ermöglichen eine einfache Visualisierung der Ortungsgenauigkeit (Abbildung 6).

Im GIS wurden die Erträge klassifiziert, die Raster gleichen Ertrages zusammengelegt und die Karten mit den Schlaggrenzen verschnitten. Die Wahl unterschiedlicher Rastergrößen, wie auch die Gegenüberstellung zweier Vegetationsperioden ermöglichten erstmalig die vergleichende Analyse von lokal variierenden Getreideerträgen (Abbildung 7).

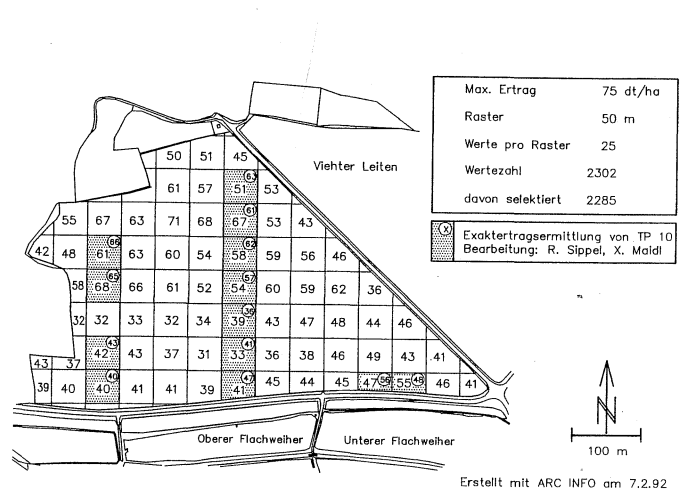


Abb. 5: Mittlere Rasterflächenerträge (dt/ha) und Exaktertragsermittlung Scheyern, Flachfeld 1991 (Winterweizen, SEL-DGPS, Flowcontrol)

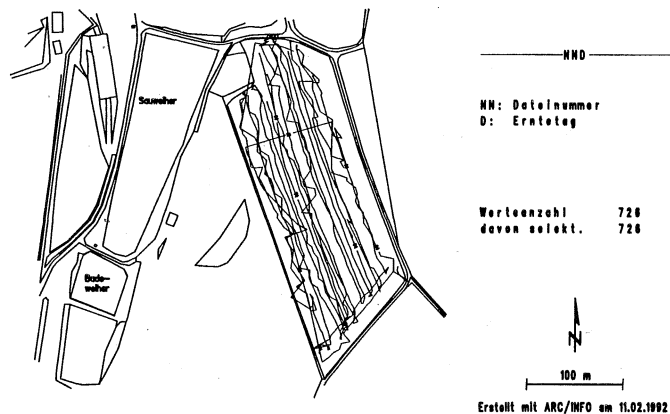


Abb. 6: Fahrweg „Unteres Geiswegfeld“, Scheyern 1991 (3,4 ha, SEL-DGPS, Erntetag 15. 8. 1991)

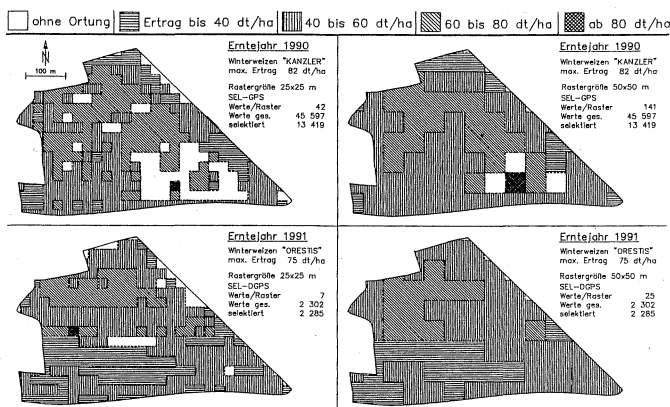


Abb. 7: Ertragskartierung Scheyern Flachfeld (16,6 ha) (SEL-GPS/DGPS, DATAVISION-FLOWCONTROL, ARC-INFO)

Neben ARC/INFO kam auch das GIS SPANS von Tydec zum Einsatz. Da das Programm eine vorzügliche Datenschnittstelle zur Verfügung stellt, mußten die Rohdaten nur wenig aufbereitet werden. Durch Nachbarschaftsanalyse wurden mit dem Programm Isoertragsflächen mit unterschiedlichen Ertragsklassenbreiten gebildet (Abbildung 8).

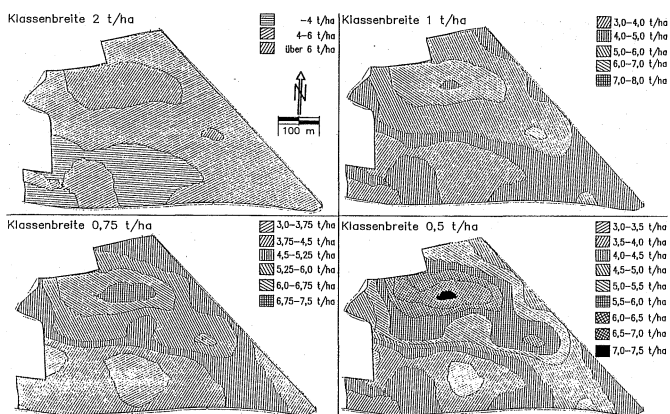


Abb. 8: Ertragskartierungen mit unterschiedlichen Ertragsklassen, Scheyern, Flachfeld 1991 (16,6 ha) (SEL-DGPS, DATAVISION-FLOWCONTROL, SPANS)

Die Verringerung der Ertragsklassenbreite von 2,0 t/ha über 1,0 t/ha und 0,75 t/ha bis auf 0,5 t/ha ergibt eine deutliche Differenzierung der Isoertragsflächen. Inwieweit diese einen zusätzlichen und notwendigen Informationszuwachs bewirkt und bis zu welcher Grenze die Reduzierung der Klassenbreite aufgrund der Ortungs- und Ertragsmeßfehler zulässig ist, muß noch abgeklärt werden.

Abbildung 9 zeigt einen Ausschnitt des ganzen FAM-Versuchsgutes Scheyern, das in der Vegetationsperiode 1990/91 einheitlich mit Winterweizen der Sorte Orestis bestellt und einheitlich gedüngt wurde. Die Kartierung wurde nach Isoertragsflächen mit einer Klassenbreite von einer Tonne vorgenommen. Das oben gezeigte Flachfeld befindet sich im nördlichen Teil des Betriebes. Deutlich zeigt sich, daß sich die Isoertragsklassen, obwohl die Auswertungen unabhängig voneinander schlagweise vorgenommen wurden, über Schlaggrenzen und Wege hinweg erstrecken.

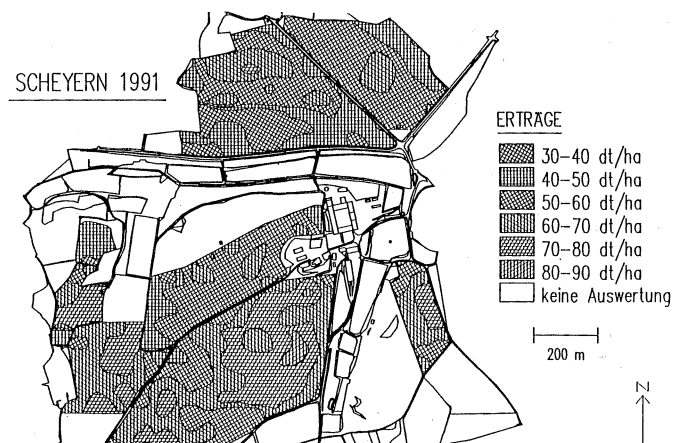


Abb. 9: Ertragskarte FAM-Versuchsgut Scheyern 1991 (Winterweizen, SEL-DGPS, SPANS)

4. Ernte 1992

In der Ernte 1992 wurden wiederum etwa 200 ha mit beiden Mähdreschern beerntet. Auf dem FAM Versuchsgut Scheyern wurden dabei innerhalb von vier Tagen knapp 120 ha Sommergerste gedroschen. Neben den beiden Ertragsmeßsystemen kamen auf jedem Mähdrescher zwei unterschiedliche DGPS Gerätschaften und Verfahren zum Einsatz. Drei DGPS Ortungssysteme wendeten die „Pseudo-Range Correction“ an, zwei DGPS Systeme wurden „online“ (nahezu „realtime“), zwei im post-processing Mode betrieben.

Erste Auswertungen der Daten der Ernte 1992 zeigen eine hohe Ortungsqualität sowie eine lückenlose Datenaufzeichnung.

Literatur

- AUERNHAMMER, H., 1990. Landtechnische Entwicklungen für eine umwelt- und ertragsorientierte Düngung. Landtechnik 45, Heft 7/8, S. 272–278.
- AUERNHAMMER, H., 1992. Rechnergestützter Pflanzenbau am Beispiel der umweltorientierten Düngung. In: VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik, Heft 14, S. 1–15.

- BUSCHMEIER, R., 1990. CAF with the Satellite Navigation System GPS. In: Technical Abstracts and Poster Abstracts on „International Conference on Agricultural Engineering (AG ENG '90)“ Berlin, VDI-AGR/MEG, S. 88–89.
- DEMMELE M., MUHR, T., ROTTMEIER, J., v. PERGER, P., AUERNHAMMER, H., 1992. Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991. In: VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik, Heft 14, S. 107–122.
- MUHR, T., DEMMELE, M., AUERNHAMMER, H., 1991. Positionsbestimmung von Fahrzeugen im Feld. In: Wiegemöglichkeiten im Schlepperkraftheber und in Transportfahrzeugen, Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Heft 2, S. 72–84.
- PETERSEN, C., 1991. Precision GPS Navigation for Improving Agricultural Productivity. GPS World, Nr. 1, S. 38–43.
- SCHNUG, E., HANEKLAUS, S., LAMP, J., 1990. Economic and Ecological Optimisation of Farm Chemical Applications by „Computer Aided Farming“ (CAF). In: Technical Abstracts and Poster Abstract on „International Conference on Agricultural Engineering (AG ENG '90)“ Berlin, VDI-AGR/MEG, S. 88–89.
- SCHUELLER, J. K. et al., o. J. Determination of Spatially Variability Yield Maps. St. Joseph, ASAE Paper Nr. 87-1533.
- SEARCY, S. W., TEVIS, J. W., o. J. Generation and Digitization of Management Zone Maps. St. Joseph, ASAE-Paper Nr. 91-3528.

Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991 (H. Auernhammer, M. Demmel, Th. Muhr, J. Rottmeier, P. v. Perger)

Zusammenfassung:

Die in der Ernte 1990 vom Institut für Landtechnik der TU München mit Tast- und Vorversuchen begonnenen Arbeiten zur lokalen Ertragsermittlung beim Mähdrusch wurden im Untersuchungs-jahr 1991 und 1992 im Rahmen des „Forschungsverbundes Agrarökosysteme München“ auf jeweils etwa 200 ha Druschfläche ausgedehnt. Die zwei eingesetzten Mähdrescher waren mit den Ertragsmeßsystemen Massestrom und Volumenstrom ausgestattet. Die Positionsbestimmung erfolgte großflächig erstmalig bei einem landwirtschaftlichen Einsatz mittels differentieller GPS.

Sowohl die Ertragsmeßgeräte als auch die Ortungssysteme zeigten eine hervorragende Funktionssicherheit und eine ausreichende Genauigkeit. Die damit gewonnenen Ertrags- und Positionsdaten wurden mit Hilfe eigener Auswertungsprogramme und geographischer Informationssysteme in Ertragskarten unterschiedlicher Struktur (Raster- bzw. Isoertragsdarstellung) überführt.

Stichworte: Ortung, Geographische Informationssysteme, Ertragsmeßsysteme.

Positioning and Yield Determination in Grain Harvesting during 1990 and 1991 (H. Auernhammer, M. Demmel, Th. Muhr, J. Rottmeier, P. v. Perger)

Summary:

In 1990, the ‚Institut für Landtechnik‘ started experiments on the determination of lokal yield of winterwheat and corn. In 1991 and 1992, the experiments were expanded to areas of over 200 hectares of small grain. Two different yield detection systems have been tested: flowmeters for mass and volume. The positioning was done by normal and differential GPS (1991 position correction, 1992 pseudorange correction). The data have been used to create yield maps in different structures (Grids and Iso-Yield-Areas) using self-developed programs and commercial geographical information systems (GIS).

Keywords: Positioning, Geographical Information Systems, Yield Detection Systems.

Privatdozent Dr. Dr. habil. H. Auernhammer ist akademischer Direktor am Institut für Landtechnik der TU München und Leiter der Abteilung Arbeitslehre und Prozeßtechnik. Dipl. Ing. agr. M. Demmel, Dipl. Ing. agr. Thomas Muhr und Dipl. Ing. agr. Joseph Rottmeier sind wissenschaftliche Mitarbeiter, cand. agr. Paul von Perger ist Diplomand an der TU München (Institut für Landtechnik, Abteilung Arbeitslehre und Prozeßtechnik, Vöttinger Str. 36, 8050 Freising-Weihenstephan).

R. J. LORENZ:

Grundbegriffe der Biometrie

3. durchges. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1992
ISBN 3-437-20487-4, 241 S., DM 34,80

Wenn man bedenkt, wieviel Schwierigkeiten den Studenten die Einführung in statistische Methoden bereitet, und weiß, wie groß die Probleme dann in der Praxis sind, diese Methoden auch korrekt anzuwenden, dann kann man dem Autor nur danken, daß er es unternommen hat, ein wirklich brauchbares Buch für die „Anwender“ zu schreiben. Daß jetzt schon die 3. Auflage vorliegt, zeigt, daß das Konzept dieses Buches, in dem auf mathematische Ableitungen verzichtet und mehr Wert auf die verbale Begründung der statistischen Methoden gelegt wird, für viele Anwender eine wirkliche Hilfe ist. Der Inhalt ist durch einige Stichworte wie folgt zu charakterisieren: Biometrie, eine lästige Routine?; Beschreibende Statistik; Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung; Wahrscheinlichkeitsverteilungen als Modelle realer Zufallsprozesse; schließende Statistik: Das Schätzen unbekannter Größen sowie Signifikanztests. Der gute didaktische Aufbau ermöglicht es dem Leser, die Anwendungskriterien der behandelten Verfahren zu erkennen, um im Einzelfall das Verfahren auszuwählen, das der gegebenen Problemstellung und der Art der Daten entspricht. Das Buch kann Anwendern mit besonderem Interesse an biometrischen Methoden und weniger an deren mathematischem Hintergrund vorbehaltlos empfohlen werden.

H. Geidel, Stuttgart