

Diss. ETH Nr. 9193

Zukünftige biologisch-technische Entwicklung im Pflanzenbau

Ergebnisse einer Delphi-Studie und
Modellrechnungen unter verschiedenen Szenarien

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
Nikolaus Andrea Gotsch
Dipl. Ing.- Agr. ETH
geboren am 3. Juli 1959
von Riniken (AG)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. P. Rieder, Referent
Dr. Jürg E. Schmid, Korreferent

Zürich 1990

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat die in den nächsten 10 bis 20 Jahren zu erwartende biologisch-technische Entwicklung im Pflanzenbau zum Gegenstand. Ein Schwergewicht liegt bei der Analyse der Praxisrelevanz und -reife von Bio- und Gentechnologie im Ackerbau.

Im ersten Teil der Studie werden mit Hilfe der sogenannten Delphi-Methode, einer Expertenbefragung mit Wiederholung, mögliche zukünftige Entwicklungen und Grenzen biologisch-technischen Fortschritts aufgezeigt.

Die wichtigste Erkenntnis der Delphi-Umfrage ist, dass in den nächsten 20 Jahren eine kontinuierliche Zunahme des Ertragspotentials im selben Rahmen wie bereits in den letzten Jahrzehnten möglich sein wird. Diese Entwicklung wird massgeblich durch die Anwendung konventioneller Methoden pflanzenbaulicher Forschung getragen (z.B. konventionelle Züchtung). Bio- und Gentechnologie werden sie in erster Linie verfeinern, ergänzen und flexibilisieren.

Biologisch-technischer Fortschritt kann aufgrund der Ergebnisse der Delphi-Studie in den folgenden Gebieten praxisrelevant werden:

- Gentechnologische Bearbeitung einiger wichtiger pflanzlicher Eigenschaften, insbesondere, wenn diese durch wenige Gene gesteuert werden (z.B. herbizidresistente Nutzpflanzen, Resistenzen gegen fressende Schädlinge, auf wenigen Genen beruhende Resistenz gegen Krankheiten),
- Anwendung der Biotechnologie in der Pflanzenzüchtung, wenn damit gewisse Züchtungsziele schneller erreicht werden können als durch konventionelle Methoden allein,
- Verbesserung, bzw. Erhaltung von Krankheits- und Schädlingsresistenzen und schnellere Reaktionsmöglichkeit auf neu auftretende Schaderreger,
- Möglichkeit der biologischen- und mikrobiologischen Bekämpfung einiger Schaderreger, vor allem tierischer Herkunft,
- Teurere, aber umweltverträglichere (zum Teil selektivere) Pestizide,
- Einsparungsmöglichkeiten an mineralischem Stickstoff durch Züchtung und durch Fortschritte bei der biologischen Stickstoff-Fixierung,

- Beeinflussung von Qualitätseigenschaften von traditionellen Kulturpflanzen und neuen Pflanzen mittels konventioneller Züchtung und Biotechnologie (z.B. Anpassung der Proteinqualität und des Aminosäuremusters an spezielle Bedürfnisse, Züchtung speziell stärkereicher Pflanzen und von Oel- und Faserpflanzen zum technischen Gebrauch).

Im zweiten Teil der Arbeit werden auf der Basis von drei Szenarien mit Hilfe eines Linearen Programmierungsmodelles die Auswirkungen zukünftigen biologisch-technischen Fortschritts auf die optimale Bodennutzung und den Faktoreinsatz betrachtet. Beim Optimierungsprozess wird durch die Nutzung einer beschränkten Landfläche durch fest vorgegebene Fruchtfolgen mit einer beschränkten Anzahl Arbeitskräften der Deckungsbeitrag maximiert. Das Modell eignet sich deshalb besonders zur Analyse der Auswirkungen biologisch-technischen Fortschritts auf die Fruchtfolgegestaltung und den Hilfsstoffeinsatz. Die folgenden Entwicklungen, die aufgrund der Delphi-Studie für den Untersuchungszeitraum praktische Bedeutung haben, werden untersucht: Winterweizen mit verbesserter Stickstoffeffizienz und erhöhter Krankheitsresistenz, Kartoffeln mit verbesserter Virusresistenz und Zuckerrüben mit gesteigerter Herbizidtoleranz.

Ein wichtiges Ergebnis der Modellrechnungen ist, dass die allgemeine Wirtschaftsentwicklung und die agrarpolitischen Rahmenbedingungen die zukünftige Produktionsweise viel stärker beeinflussen werden als der zu erwartende biologisch-technische Fortschritt. Dieser wird besonders dann angewendet werden, wenn der wirtschaftliche Druck auf die Landwirtschaft gross ist.

Im weiteren zeigen die Modellrechnungen, dass zukünftige biologisch-technische Neuentwicklungen ökonomisch sehr konkurrenzfähig sein können, was nicht nur einseitigere Fruchtfolgen mit unerwünschten ökologischen Auswirkungen zur Folge haben, sondern auch zu einer vollständigen Aenderung der Agrarmärkte führen kann (z.B. Anbau von Winterweizen als Futtergetreide an Stelle von Wintergerste oder von Energieträgern statt Eiweisspflanzen).

Eine in Zukunft abnehmende Zahl von angebauten Kulturarten und -sorten vergrössert die Gefahr eines zunehmenden Verlustes genetischer Ressourcen und eines immer schnelleren Verlustes von Krankheits- und Schädlingsresistenzen in Kulturpflanzen und der Wirkung teuer entwickelter Pflanzenschutzmittel. Die Steuerung der Anwendung biologisch-technischen Fortschritts durch agrarpolitische Massnahmen wird deshalb von erstrangiger Bedeutung sein. Unterschiedliche Produktfaktorpreisverhältnisse und die Subventionierung bzw. Verteuerung von Produktionsfaktoren beeinflussen die Anwendung neuer Technologien und können den biologisch-technischen Fortschritt in eine wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Richtung lenken.

Summary

This study deals with the expected biological-technological development within the next 10 to 20 years in plant production. A central point is the analysis of the practical relevance and availability of biotechnology and genetic engineering in arable farming.

In the first part of the study future possible developments and limits of biological-technological progress are evaluated with the help of the so-called Delphi-method which is a repeated expert investigation.

From the results of the Delphi survey the most important conclusion is that, within the next 20 years, biological-technological progress will allow the same increase in yield potential like in the past. This development will be based decisively on the application of conventional methods of plant research (e.g. conventional plant breeding). Biotechnology and genetic engineering will refine, and first of all make them flexible.

According to the results of the survey, biological-technological progress in the following fields can be realized and have an effect on farm level:

- Genetic manipulation of some important plant qualities especially if they are controlled by single genes, e.g. herbicide resistant crop plants, resistance against insects causing leaf damage, disease resistance which is controlled by single genes,
- Use of biotechnology in plant breeding, if certain breeding aims can be obtained faster or better than by conventional methods alone.
- Improvement and conservation of resistance against diseases and pests and the possibility to react faster to new pathogens.
- Chance of control of some pathogens especially of animal origin by means of biological and microbial pest control.
- Pesticides which are more expensive but less ecologically damaging (and partly more selective).
- Possibilities of savings of mineral nitrogen owing to progress in the fields of breeding and biological nitrogen fixation.
- Manipulation of quality characters of traditional crops and new plants by conventional plant breeding and biotechnology (e.g. adaptation of the protein quality and the amino acid pattern to special needs, breeding of plants with a particularly high content of carbohydrates and of oil and fiber plants for technical use).

In the second part of the study the impacts of future biological-technological progress on the optimal land use and factor input are obtained by means of a Linear Programming model under three different scenarios. During the optimization process, the model chooses between 107 fixed crop rotations. The result of the optimization is a maximization of the gross margin combining different crop rotations with boundary conditions imposed by land and labour resources. The model is specially suited to analyse the impacts of biological-technological progress on the optimal crop rotation and the input of fertilizer and pesticides. The impacts of the following technology which, based on the results of the Delphi-survey, will be of practical importance, is tested with the help of the model: improved nitrogen efficiency and disease resistance of wheat, increased resistance to viruses of potato and improved herbicide tolerance of sugar beet.

An important outcome of the Linear Programming model calculations is, that the future crop production is much more influenced by economic and political framework, than by technical innovations. They are especially applied if the economic pressure on agriculture is high.

In addition, the results of the model calculations demonstrate that future biological-technological innovations can be economically very competitive. This can cause not only unbalanced crop rotations with ecologically undesired impacts but also cause complete changes of agricultural markets (e.g. production of winter wheat as food grain instead of winter barley or of carbon hydrate in place of protein).

A reduced number of cultivated crops and varieties in the future increases the danger of additional loss of genetic resources and of an accelerated loss of disease- and pest resistance in crop varieties and of effectiveness of plant protection products with high development costs. Therefore, agricultural policy measures to control the application of biological-technological progress must be of first priority. Different product price - factor price ratios, subsidies and raise of prices respectively for production factors influence the use of new technology and can direct biological-technological progress positively.