

Alfons Balmann und Kathrin Happe

# Computational Economics und Agrarökonomische Forschung

Seit mittlerweile fast 50 Jahren, d.h. nur unwesentlich nach dem Aufkommen der ersten wissenschaftlich nutzbaren Computer, werden computergestützte Modelle für die agrarökonomische Forschung entwickelt und für Analysen eingesetzt. Besonders hervorzuheben sind hier wohl die seit Anfang der 50er Jahre genutzten Linearen Programmierungsmodelle (LP) sowie darauf aufbauende räumliche Gleichgewichts- und rekursive Programmierungsmodelle, die ebenfalls noch in den 50er Jahren entwickelt und angewandt wurden. Dass insbesondere die Lineare Programmierung eine enorme Bedeutung gewann und immer noch hat, ist neben dem breiten Anwendungsspektrum, das von der Optimierung und der Simulation, sowohl auf Betriebs- als auch auf Sektorebene, bis hin zur Ökonometrie reicht, exponentiell steigenden Rechenkapazitäten und verbesserter Software wohl auch in der Tatsache begründet, dass LP seit Jahrzehnten fester Bestandteil der agrarökonomischen Ausbildung ist. Obwohl die Berücksichtigung von Ganzzahligkeiten und anderer Restriktionen grundsätzlich dazu führen können, dass der Lösungsaufwand mit zunehmender Komplexität enorm ansteigen kann, liegen die Grenzen dieser Technik für die meisten wissenschaftlichen Anwendungen schon lange nicht mehr in der Lösung der Probleme an sich, sondern in der Problemspezifikation bzw. in der erforderlichen Datengrundlage (worin im übrigen wohl auch der Hauptgrund für die geringe Akzeptanz dieser Techniken in der betrieblichen Praxis zu suchen ist). Seit etwa Mitte der 70er Jahre hat die relative Bedeutung computergestützter Analysen in der agrarökonomischen Forschung abgenommen. Rechenleistung wurde z.B. im Rahmen partieller und allgemeiner Gleichgewichtsmodelle zunehmend durch die Einbettung theoretischer – vor allem mikroökonomischer – Erkenntnisse ersetzt. Parallel verlagerte sich die (agrar-)ökonomische Forschung sehr stark in Richtung theoretisch fundierter ökonometrischer Analysen, deren Ergebnisse wiederum für Gleichgewichtsmodelle genutzt werden. Dennoch wurde der Computereinsatz während dieser Phase zum Standardwerkzeug der Wissenschaft; allerdings wurden Rechenkapazitäten im Rahmen dieser Forschungen bei weitem nicht ausgeschöpft.

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl weiterer Modellierungstechniken, wie z.B. Genetische Algorithmen, Künstliche Neuronale Netze und Agentenbasierte Systeme, entwickelt und seit ungefähr Anfang der 90er Jahre zunehmend für agrarökonomische Fragestellungen aufgegriffen. Im Rahmen dieser Anwendungen werden selbst moderne Computer ausgelastet (was natürlich kein Selbstzweck sein kann). Die Rechenerfordernisse ergeben sich dabei einerseits aus besonderen Eigenschaften vieler Probleme, wie z.B. Nichtlinearität, Ganzzahligkeit, Stochastizität, Dynamik, Räumlichkeit, Heterogenität. Andererseits ermöglichen diese neuen Modellierungstechniken sich unter Zuhilfenahme enormer Rechenleistung solchen Problemen und Herausforderungen überhaupt erst zu stellen, die diese besonderen Eigenschaften besitzen. Denn mit Hilfe formal-analytischer und ökonometrischer Methoden können sie infolge der dafür benötigten Annahmen nur zum Teil oder gar nicht aufgegriffen werden. Diese Entwicklung hin zur massiven Nutzung von

Rechenleistung für die Lösung wirtschaftlicher Fragestellungen, die man als Computational Economics bezeichnen kann, wird auch durch eine Reihe von Beiträgen in der Zeitschrift für Agrarinformatik und den Programmen vieler nationaler und internationaler agrarökonomischer Tagungen dokumentiert. Schwerpunkte der Anwendungen bilden dabei die Analyse von landwirtschaftlichem Strukturwandel, Agrarpolitikfolgen, technische Neuerungen, investitionstheoretischen Neuerungen, und Landnutzungsänderungen. In den allgemeinen Wirtschafts- und Sozialwissenschaften gibt es mittlerweile sogar eigene Zeitschriften (z.B. Computational Economics und Journal of Artificial Societies and Social Simulation) und wissenschaftliche Vereinigungen (z.B. Society of Computational Economics) die sich darauf spezialisiert haben, Beiträge zu veröffentlichen, in denen einerseits soziologische, soziale und ökonomische Phänomene durch massiven Computereinsatz untersucht werden und andererseits die genannten Modellierungstechniken weiterentwickelt und diskutiert werden.

Obwohl (oder gerade weil) sich damit der Themenkomplex der Computational Economics momentan in einer Boomphase befindet, stellt sich die Frage nach den weiteren Perspektiven für die agrarökonomische Forschung. Zunächst einmal ist unstrittig, dass es eine Vielzahl ungelöster Probleme und offener Fragen in der Agrarökonomie gibt. Durch gesellschaftliche und politische Änderungen, neue technische Möglichkeiten und wissenschaftliche Erkenntnisse kommen neue Problemstellungen hinzu. Vieles davon lässt sich nicht analytisch lösen und quantifizieren. Zugleich werden – wie schon angesprochen – die Möglichkeiten, die moderne Computer und Software sowie die Modellierungstechniken bieten, ständig erweitert. Demzufolge verschieben sich die Grenzen, die sich aus Angebot und Nachfrage an 'Technik' ergeben. Die effiziente Nutzung der mit dieser Grenzverschiebung verbundenen neuen Möglichkeiten setzt jedoch voraus, dass andere Restriktionen ebenfalls abgebaut werden. Eine dieser Restriktionen bildet die für die Modellrechnungen erforderliche Datengrundlage. Einerseits ermöglichen Internet, Geoinformationssysteme und verbesserte Kommunikationsmöglichkeiten sowie auch der zunehmende Aufbau von und Zugang zu Datenbanken erhebliche Fortschritte. Andererseits kann die Komplexität mancher Problemstellungen, z.B. infolge von Nichtlinearität, Dynamik, Räumlichkeit und Heterogenität, bedingen, dass kleine Datenungenauigkeiten erhebliche Auswirkungen auf Ergebnisse und Schlussfolgerungen haben. Nicht zuletzt werden mit der Verbreitung und Allgegenwärtigkeit von Computern diese im Zeitablauf relativ weniger für die Lösung globaler Probleme benötigt und eingesetzt als für lokale und fallspezifische Problemstellungen. Das heißt, es geht zunehmend weniger darum, die Welt als Ganzes zu untersuchen, als vielmehr spezifische Probleme auf einzelbetrieblicher oder regionaler Ebene mit der entsprechenden Detailgenauigkeit zu untersuchen. Damit werden auch fallspezifische und lokale Daten benötigt, wie beispielsweise beim Precision Farming, Unternehmensanalysen und bei Umweltfragen. Erschwert wird die Datengewinnung bei derartigen Problemen dadurch, dass natürliche, persönliche und witterungsbedingte Zufallseffekte eine Datenunsicherheit

implizieren, die auf aggregierter Ebene ausgemittelt werden würde, die im Einzelfall jedoch voll zum Tragen kommt.

Dennoch steht trotz dieser spezifischen Datenprobleme außer Frage, dass die Verbesserung der Datengrundlage zunehmend komplexere und detailgetreuere Analysen ermöglicht. Allerdings geht mit dieser höheren Detailgenauigkeit auch ein immer höherer Modellierungsaufwand einher. Dies betrifft sowohl die Einbettung der Daten in ein Modell, was z.B. durch Aufbau entsprechender Datenbanken gelingen könnte, als auch die davor liegende Modellspezifikation und Programmierung. Während die Datenbereitstellung vor allem ein Kostenproblem darstellt – weil die erforderlichen Daten in mühsamer Kleinarbeit gesammelt werden müssen – dürften mittlerweile die eigentlichen Grenzen des Computational Economics in der Programmierung liegen. Zur Illustration sei hier beispielsweise auf die von Berger vorgelegte Dissertation verwiesen (Berger, 2000), in deren Rahmen ein in C++ geschriebenes Modell entwickelt wurde, bei dem allein der Programmcode mehr als 30 000 Zeilen umfasst, also über 300 Seiten Text. Ein solches Modell zu programmieren erfordert bereits jahrelange intensive Arbeit. Hinzu kommt ein erheblicher Kalibrierungs- und Validierungsaufwand. Will man den Entwicklungsaufwand derartiger Modelle nach Fertigstellung einer solchen Arbeit nicht "abschreiben" müssen, ist eine Modellierungskontinuität erforderlich, die neben der weiteren Tätigkeit der Entwickler in der Wissenschaft erfordern kann, dass sich auch weitere Personen in das Modell einarbeiten und es weiter entwickeln. Das wiederum erfordert die Verfügbarkeit entsprechender Personen, deren Finanzierung und natürlich nicht zuletzt die Verwendung von Programmier-Techniken, die es diesen Personen erlauben, sich in angemessener Zeit in das Modell einzuarbeiten. Der wesentliche Engpass dürfte dabei im Bereich des Humankapitals zu suchen sein. Bedingt durch den Rückgang der Absolventenzahlen im Agrarbereich ist es ohnehin schon schwierig, überdurchschnittlich gute und kreative MitarbeiterInnen für Promotionen zu gewinnen. Hinzu kommt, dass die benötigten Personen willens und auch fähig sein müssen, sich komplexer Programmier- und Modellierungstätigkeiten zu stellen. Gerade bei sehr komplexen und detaillierten Modellen kann diese Aufgabe eigentlich nur innerhalb von Teams bewältigt werden, was voraussetzt, eine effektive Arbeitsteilung zu realisieren. Ein interessanter Nebeneffekt ist dabei die einfachere Möglichkeit der Einbindung von Experten verschiedener Disziplinen. Allerdings erfordert dies ein entsprechendes Management, um Kommunikationsprobleme, unterschiedliche Vorstellungen und Interessenkonflikte zu bewältigen. Hier könnte insbesondere auch die Expertise entsprechend ausgebildeter Informatiker mit Erfahrung in der Entwicklung komplexer Software hilfreich sein.

Ein weiterer Problemkreis betrifft die Beziehung zwischen den Modellentwicklern und Anwendern einerseits und den Adressaten der Modellanwendungen andererseits. Letztere sind z.B. Wissenschaftler, Politiker und Praktiker. Sollen diese die Modellergebnisse nutzen und aufgreifen können, müssen sie zumindest von der Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse überzeugt werden. Ferner müssen ihnen die Ergebnisse vermittelt werden können. Beide Aufgaben sollten nicht unterschätzt werden. Die Vertrauenswürdigkeit eines Modells wird am überzeugendsten erreicht, wenn dessen Annahmen und Zusammenhänge vermittelt werden. Das kann natürlich aus Gründen der Praktikabilität bei komplexen Modellen nicht anhand des Quellcodes und der Datengrundlage erfolgen. Hier sind z.B. grafische Hilfsmittel und eine den Adressaten geläufige Terminologie hilfreich. Allerdings selbst wenn die Adressaten über ein entsprechendes Vorwissen verfügen und mit Modellzusammenhängen vertraut sind, kommt als weiteres Problem hinzu, dass die zum Teil enorme Vielzahl spezifischer

Teilaspekte eines Modells kaum als Ganzes begreifbar gemacht werden kann. Häufig müssen die Modellbauer froh sein, selber alle Modellzusammenhänge zu durchschauen. Der Ausweg aus diesem Dilemma besteht wohl regelmäßig darin, Modellergebnisse und deren Ursachen den Adressaten plausibel zu machen. Das setzt natürlich implizit voraus, dass man auch auf alter-native Weise die mit dem Modell generierten Ursache-Wirkungsbeziehungen aufzeigen kann. Ergänzt werden kann dies teilweise durch Sensitivitätstests, mit denen aufgezeigt werden kann, wie sich gewisse Modellvariationen auswirken. Allerdings sind auch derartigen Tests gerade bei komplexen Modellen Grenzen gesetzt, weil häufig nur wenige Annahmen und diese dann auch nur graduell variiert werden können, ohne die Adressaten zu überfordern. Letztendlich müssen den Adressaten die Ergebnisse vermittelt werden. Auch die Ergebnisse können eine beträchtliche Komplexität aufweisen, was z.B. Dimensionen, Streuungen und Interdependenzen verschiedener Zielgrößen und Annahmen betrifft. Dieser Bereich, also die Auswertung der Daten, stellt ebenfalls einen große Herausforderung dar, denn es fehlt z.T. an geeigneten und vor allem verständlichen Techniken, die die Komplexität der Ergebnisse adäquat darzustellen vermögen. Teilweise bietet es sich hier gar an, quantitative Analyseverfahren (z.B. Regressionsanalysen) auf die Modellergebnisse anzuwenden, um vereinfacht bestimmte Ursache-Wirkungsbeziehungen sichtbar zu machen.

Zweifellos lässt sich die Liste der Probleme der Anwendung von Verfahren des Computational Economics auf agrarökonomische Fragestellungen noch erheblich erweitern. Beispielsweise sind wir hier auf Themen wie Modellvalidierung, Robustheit und Verallgemeinerbarkeit von Ergebnissen nicht umfassend eingegangen. Allerdings sind diese Problemstellungen nicht als Vorbehalte gegenüber entsprechenden Modellen zu verstehen. Vielmehr ergeben sich die Probleme aus den neuen Möglichkeiten, die die moderne Informatik der agrarökonomischen Forschung für die Lösung einer Vielzahl neuer und alter Probleme des Agrarsektors bietet. Die Frage ist nicht, ob man die Techniken nutzt, sondern wie man diese Möglichkeiten nutzt. Dafür reicht es wohl nicht aus, wenn einseitig die Anwender versuchen, den Problemen der Modellierung gerecht zu werden. Statt dessen ist eher darüber nachzudenken, wie diese Probleme durch Schaffung adäquater Rahmenbedingungen abgebaut werden können. Vor-dringliche Aufgabe wird dabei einerseits sein, die Kenntnisse und Fähigkeiten möglicher Anwender und Adressaten zu stärken. Hierbei bietet sich eine Anpassung der Lehre an, indem z.B. Studierende zur Mitarbeit oder Nutzung entsprechender Modelle animiert werden und die Fähigkeit zur (möglichst interdisziplinären) Teamarbeit gestärkt wird. Zum anderen sind Forschungsstrukturen zu schaffen, in dessen Rahmen die erforderliche Kontinuität und Tiefe der Modellentwicklung möglich ist.

### Literatur

- BALMANN, A. und Happe, K. (2001): Agentenbasierte Politik- und Sektoranalyse - Perspektiven und Herausforderungen. *Agrarwirtschaft* 30 (8), 505-516.
- BERGER, T. (2000): Agentenbasierte räumliche Simulationsmodelle in der Landwirtschaft – Anwendungsmöglichkeiten zur Bewertung von Diffusionsprozessen, Ressourcennutzung und Politikoptionen. *Agrarwirtschaft Sonderheft* 168.

Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO),  
Theodor-Lieser-Straße 2, 06120 Halle (Saale),  
e-mail: balmann@amo.de