

Sozioökonomische Modellierung und ökonometrische Modelle

von Joachim Frohn¹

1 Einleitung²

Spätestens im Zusammenhang mit der Diskussion um Nachhaltigkeit ist deutlich geworden, dass Wirkungen von Eingriffen in das gesamtgesellschaftliche System nur angemessen erfasst werden können, wenn alle drei Teilbereiche dieses Systems, nämlich der ökonomische, ökologische und soziale, in der Analyse berücksichtigt werden. Dies gilt damit auch für ökonometrische Modelle, die ein wichtiges Analyseinstrument für Fragestellungen dieser Art sind.

Allerdings sind in diese Modelle bisher weitgehend nur der ökonomische und der ökologische Teilbereich einbezogen worden. Der Verzicht auf soziale Aspekte wird aber häufig zu gravierenden Fehleinschätzungen führen: So wird z.B. die Schließung von unrentabel gewordenen Kohlekraftwerken sowohl aus ökonomischer wie auch ökologischer Sicht vorteilhaft sein; die damit verbundenen Entlassungen werden aber in den betroffenen Regionen zu Störungen im sozialen und familiären Gefüge führen - zur Gesamtabschätzung einer solchen Maßnahme ist also die Einbeziehung der sozialen Dimension unverzichtbar.

Dass eine solche Einbeziehung bisher kaum erfolgt ist, hängt mit den besonderen Schwierigkeiten der modellmäßigen Abbildung sozialer Aspekte zusammen: Sie sind oft eher qualitativ als quantitativ und lassen sich über leicht beobachtbare Indikatoren nur unvollständig erfassen. Außerdem sind Veränderungen im sozialen Bereich häufig nur in längerer Frist feststellbar.

In dieser Arbeit soll untersucht werden, inwieweit große strukturelle ökonometrische Modelle ein geeignetes Modellierungsinstrument darstellen können, um das gesamtgesellschaftliche System vollständig, d.h. unter Einbezug auch des sozialen Teilbereichs, abzubilden und damit insbesondere auch die bestehenden Interdependenzen zwischen den drei Teilsystemen herauszuarbeiten.

¹Die Arbeit entstand im Rahmen der Kooperationsgruppe 'Sozioökonomische Modellierung' am Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF) an der Universität Bielefeld.

²Vgl. hierzu auch Frohn (2002).

Die anschließenden Ausführungen gliedern sich wie folgt: Zunächst sollen wichtige, dem sozialen System zuzurechnende Bereiche aufgeführt werden, um die Modellierungsaufgabe zu konkretisieren. Danach werden Eignungskriterien für in Frage kommende alternative Modellspezifikationen diskutiert. Es wird erläutert, warum nur umfängliche empirisch fundierte strukturelle ökonometrische Modelle der gestellten Aufgabe gewachsen sind und welche Einwände gegen solche Modelle vorgetragen werden. In zwei Abschnitten werden dann generelle Probleme behandelt, die sich bei der Spezifikation, Schätzung und Simulation solcher Modelle, insbesondere auch der oft kritisierten sehr großen Modelle ergeben.

2 Wichtige Bereiche des sozialen Teilsystems

Vor einiger Zeit sind in Frohn (2002) repräsentative Teile der Literatur zur sozialen Nachhaltigkeit ausgewertet worden, um eine erste Liste wichtiger Teilbereiche 'sozialer Befindlichkeit' zusammenstellen zu können.

Dabei ist generell festzustellen, dass in den untersuchten Arbeiten offensichtlich ein wichtiges Auswahlkriterium für soziale Teilbereiche der Tatbestand ist, dass ein in Frage stehendes Phänomen noch nicht in einem der anderen beiden Subsysteme erfasst ist.

Insgesamt sind es sechzehn solcher Teilbereiche, die im Folgenden so geordnet sind, dass zunächst die vor allem der Mikroebene und dann die eher der Makroebene zuzurechnenden Bereiche aufgeführt sind:

1. Intensität zwischenmenschlicher Beziehungen und von Gruppenaktivitäten, Vertrauen in Mitmenschen und Institutionen,
2. Erziehung, Bildung und Ausbildung,
3. Gesundheit,
4. Einkommens- und Vermögensverteilung,
5. Wohn- und Siedlungssituation,
6. Erwerbsbeteiligung, Gestaltung von Arbeit,
7. Gestaltung von Freizeit,
8. Mobilität,
9. politische und ökonomische Diskriminierung, Chancengleichheit,
10. soziale Gerechtigkeit, soziale Sicherheit,

11. demographische Struktur und Entwicklung,
12. innere und äußere Sicherheit,
13. Kultur,
14. Rechtssystem,
15. Qualität von Verwaltung,
16. politisches System.

Zu dieser Aufstellung sind einige Anmerkungen³ erforderlich: Zum einen erhebt diese Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Je nach Ausgangspunkt kann man sich noch weitere Bereiche als zum sozialen System zugehörig vorstellen. Außerdem ist deutlich, dass es Überschneidungen mit den anderen beiden Teilsystemen gibt, insbesondere mit dem Bereich Ökonomie (z.B. für 'Einkommens- und Vermögensverteilung'). Schließlich ist noch einmal festzuhalten, dass offensichtlich die Neigung besteht, alle in anderen Subsystemen noch nicht erfassten Teilbereiche des gesamtgesellschaftlichen Systems dem Subsystem 'Soziales' zuzurechnen. Dies - und die bereits erwähnte Überschneidung zwischen den Subsystemen - weist noch einmal ganz ausdrücklich auf die Notwendigkeit einer Gesamtbetrachtung des gesellschaftlichen Systems hin, auch wenn man sich eigentlich nur für einen Teilbereich interessiert!

3 Alternative Modellierungsansätze

Bevor auf die Einschätzung der Eignung der verschiedenen Modellierungsansätze eingegangen wird, sei zunächst noch einmal eine Selbstverständlichkeit konstatiert: Wegen der außerordentlich hohen Dimensionalität und Komplexität des gesamtgesellschaftlichen Systems ist deutlich, dass ein Verständnis dieses Systems ohne ein formales, die wichtigsten Systembeziehungen erfassendes Hilfsmittel nicht erreicht werden kann: Wir brauchen ein aus Gleichungen zusammengesetztes Modell, in dem die das System kennzeichnenden Variablen gemäß ihren beobachteten Verschränkungen zueinander in Beziehung gesetzt sind.

Ein solches Modell, das zur Beschreibung aller drei Teilsysteme geeignet sein soll, das sich außerdem auch auf eine konkrete empirische Situation (eine bestimmte Gesellschaft in einer bestimmten Zeitperiode) beziehen soll, und das schließlich auch für die Analyse der Wirkungen alternativer Maßnahmen geeignet sein soll, muss offensichtlich drei grundsätzliche Kriterien erfüllen:⁴

³Frohn (2003)

⁴vgl. Frohn (1998).

1. Es muss eine adäquate Beschreibung des betrachteten Phänomens erlauben, das heißt
 - 1a. es muss alle wichtigen, das Phänomen charakterisierenden Variablen enthalten,
 - 1b. es sollte möglichst alle über das betrachtete Phänomen zur Verfügung stehende theoretische und empirische Information verarbeiten,
 - 1c. es sollte die in den empirischen Daten über das Phänomen enthaltene Information möglichst gut nutzen.
2. Ein solches Modell sollte empirische Relevanz besitzen, d.h. die Analyse sollte sich auf empirische Daten für eine bestimmte Gesellschaft in einer bestimmten Zeitperiode beziehen.
3. Es muss - zur Analyse der Wirkungen exogener Schocks - simulationsfähig sein.

Aus diesen drei Grundanforderungen ergeben sich wichtige Schlussfolgerungen für einen grundsätzlich geeigneten Modelltyp:

1. Handelt es sich um ein komplexes hochdimensionales Phänomen, in dem die Interaktion einer großen Menge wichtiger charakteristischer Variablen abgebildet werden soll, so erfordert das Kriterium 'adäquate Beschreibung' die Spezifikation eines 'größeren' Modells.

Es ist sofort klar, dass ein Modell, das alle drei Teilbereiche des gesamtgesellschaftlichen Systems in sich aufnehmen soll, aus einer sehr großen Anzahl von Gleichungen bestehen wird. Selbst ökonomische Modelle, die also nur ein Teilsystem beschreiben, umfassen leicht mehr als hundert Gleichungen (z.B. bei Disaggregation nach Produktionssektoren und Ausgabekategorien). Bezieht man nun noch Umwelt- und soziale Aspekte (man denke nur an die oben genannten 16 Bereiche) ein, so ist deutlich, dass ein solches gesamtgesellschaftliches Modell sicher aus sehr vielen Gleichungen bestehen wird.

2. Da sich A-priori-Informationen fast immer auf die strukturelle Form - also jene Form des Modells, in der die Interaktionen zwischen den endogenen Variablen des Systems abgebildet werden - beziehen, benötigt man ein Modell in seiner strukturellen und nicht in seiner reduzierten Form.
3. Da das Modell empirische Relevanz haben soll, müssen Schätzungen und Tests unter Verwendung empirischer Daten durchgeführt werden.

In der Ökonometrie stehen grundsätzlich drei ganz unterschiedliche Typen von Modellen zur Verfügung: umfängliche strukturelle ökonometrische Modelle (simultaneous structural macroeconomic models (SSMM)), vektorautoregressive

Modelle (vectorautoregressive models (VAR)) und allgemeine Gleichgewichtsmodelle (general equilibria models (GEM)).

An anderer Stelle⁵ ist ausführlich dargelegt worden, dass nur umfängliche strukturelle ökonomische Modelle in der Lage sind, die obigen Kriterien zu erfüllen. Die wesentlichen Kritikpunkte, die VAR und GEM ungeeignet erscheinen lassen, sind: VAR-Modelle (maximal 8 Gleichungen) sind viel zu klein, um einem so komplexen Modellierungsgegenstand gerecht zu werden. GEM sind in ihrer Größe zwar nicht beschränkt, gehen aber in vielen Bereichen von der - zumindest in kürzerer Frist - unrealistischen Annahme der Markträumung aus. Außerdem werden die Parameter weitgehend über Kalibrierung und damit nicht über auf den konkreten Fall bezogene empirische Informationen festgelegt und besitzen damit nicht die geforderte empirische Relevanz.

Für die hier gestellte Aufgabe kommen damit also nur umfängliche strukturelle makroökonomische Modelle in Frage.

Natürlich gibt es auch gegenüber solchen strukturellen ökonomischen Modellen eine ganze Reihe grundsätzlicher Kritikpunkte, die in den folgenden Abschnitten diskutiert werden sollen.

Dabei wird wie folgt vorgegangen:

Zunächst werden die ganz grundsätzlich gegen strukturelle makroökonomische Modelle vorgebrachten Einwände diskutiert, und zwar getrennt nach Phänomenbezogenen und ökonomisch-methodischen Kritikpunkten. Einige der ökonomisch-methodischen Vorbehalte lassen sich wegen des hohen Datenbedarfs der anzuwendenden Methodik nur für 'nicht zu große' Modelle (mit weniger als etwa fünfzig Gleichungen) ausräumen. Da die für die Modellierung eines gesamtgesellschaftlichen Systems zu spezifizierenden Modelle regelmäßig zur Kategorie 'sehr großer' Modelle (häufig mit mehreren hundert oder tausend Gleichungen) gehören werden, werden danach auch einige grundsätzliche Erwägungen für die Spezifikation und Nutzung solcher sehr umfänglichen Modelle angestellt.

⁵s. wiederum Frohn (1998).

4 Generelle Probleme bei der Spezifikation, Parameterschätzung und Nutzung struktureller ökonomischer Modelle

In diesem Abschnitt sollen also zunächst die grundsätzlichen Kritikpunkte diskutiert werden, die sich ganz generell auf SSMM beziehen, unabhängig davon, ob es sich um große (bis ca. fünfzig Gleichungen) oder sehr große (mit mehreren hundert oder tausend Gleichungen) handelt.

Diese Einwände lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

1. eher Phänomen-bezogene Kritikpunkte, die sich durch eine sorgfältigere Spezifikation der Modelle weitgehend vermeiden lassen und
2. ökonomisch-methodische Probleme, die ganz generell die Zuverlässigkeit des geschätzten Modells betreffen.

Die zur ersten Kategorie zählenden Kritikpunkte lassen sich in folgenden fünf Feststellungen zusammenfassen:⁶

1. Kritik an der generellen Leistungsfähigkeit dieser Modelle,
2. an ihrer Größe und vor allem ihrer Unübersichtlichkeit,
3. an der schlechten Prognosefähigkeit,
4. an der Invarianz von Parametern gegenüber Politikvariationen (die sog. Lucas-Kritik),
5. am Erfordernis zu vieler A-priori-Restriktionen zur Identifizierbarkeit.

Zur Einschätzung dieser Kritikpunkte ist folgendes zu sagen:

Der erste Punkt ist sicher richtig: In den Anfangsjahren der Nutzung dieser Modelle sind viele zum Teil nicht sehr sorgfältig spezifizierte Modelle für eine große Menge alternativer Fragestellungen genutzt worden, ohne dass sie hierfür wirklich prädestiniert gewesen wären.

Hinsichtlich der Größe ist nur Kritik an 'unangemessener Größe' berechtigt: Ein komplexes Phänomen wird im allgemeinen auch eine umfängliche Modellierung erfordern. Das gesamtgesellschaftliche System lässt sich eben nicht in acht Gleichungen darstellen!

Der Kritikpunkt mangelnder Übersichtlichkeit ist häufig nicht gerechtfertigt, da

⁶s. wiederum Frohn (1998).

große Modelle in vielen Bereichen durch gleichartig spezifizierte Modellbereiche (z.B. bei Disaggregation) charakterisiert und damit trotz großer Gleichungszahl sehr übersichtlich sind.

Auch die schlechte Prognosefähigkeit des Modells ist zu konzedieren: Insbesondere im Falle von Strukturveränderungen sind solche Modelle für Vorhersagen nicht geeignet. Allerdings lassen sich solche Strukturveränderungen auch nicht durch andere Modelltypen (gerade auch nicht durch Zeitreihen-Modelle) erfassen.

Der Lucas-Kritik kann man dadurch begegnen, dass man sicherstellt, dass nur solche Parameter in den Modellen als konstant angesehen werden, die tatsächlich auch konstant sind (sog. deep parameters). Die Annahme der Konstanz ist dann natürlich zu prüfen.

Die Kritik an einer zu großen Menge von A-priori-Restriktionen ist nur dann gerechtfertigt, wenn man sich ausschließlich auf ökonomisch-theoretische A-priori-Informationen bezieht, von denen es im Allgemeinen tatsächlich nur eine sehr kleine Anzahl gibt und die auch häufig nicht empirisch abgesichert sind. Nimmt man aber auch institutionelle und durch vielfache Beobachtungen bestätigte empirische Tatbestände hinzu, so liegt schon eher eine ausreichende Menge an A-priori-Informationen vor.

Aus diesen Ausführungen lässt sich also als Fazit ziehen: Eine eingehende Analyse des zu modellierenden Phänomens und größere Sorgfalt bei der Spezifikation großer struktureller Modelle kann einen Großteil dieser Einwände vermeiden helfen.

Nun zu den ökonometrisch-methodischen Kritikpunkten. Hier geht es immer um die Frage, ob die zur Spezifikation, Schätzung und Simulation der Modelle verwendeten Verfahren die für empirische Analysen erforderliche Zuverlässigkeit gewährleisten.

Kritisch sind vor allem die folgenden Punkte:

1. Die Spezifikation des Modells erfolgt Gleichung für Gleichung, obwohl ein interdependentes System entsteht und damit eine Einzelgleichungsbetrachtung fehlerhaft ist. Fast immer wird auch die für ein solches Modell weder konsistente noch asymptotisch effiziente einfache Methode der kleinsten Quadrate (OLS) zur Schätzung der Parameter herangezogen.
2. Es wird nicht überprüft, ob die Parameter des Modells tatsächlich konstant sind.
3. Zur Einschätzung der Anpassungsqualität und für Ex-ante-Prognosen wer-

den deterministische Simulationen verwendet, obwohl die Ergebnisse solcher Simulationen häufig nicht einmal die Erwartungswerte der endogenen Variablen repräsentieren.

4. Die Identitätsgleichungen des Modells, von denen meist eine größere Anzahl nichtlinear ist, werden im allgemeinen unangemessen behandelt.
5. Wichtige Untersuchungen zum Ausschluss von sogenannten spurious regressions (sinnlosen Regressionen) unterbleiben fast immer.

Wie ist mit diesen Einwänden umzugehen?

Ist man über Einzelgleichungsspezifikationen⁷ zu einem Gesamtmodell gekommen, so sollte dieses Gesamtmodell, das fast immer interdependent sein wird, eher mit der konsistenten zweistufigen Methode der kleinsten Quadrate (2SLS) oder der konsistenten und asymptotisch effizienten dreistufigen Methode (3SLS) geschätzt⁸ und die Qualität dieses neu geschätzten Modells erneut untersucht werden; denn eine gute Anpassungsqualität des über die Einzelgleichungsmethodik geschätzten Modells führt nicht notwendig zur besten Anpassung des resultierenden Gesamtmodells (siehe Anhang I).

Anstelle der unangemessenen deterministischen Simulationen sollten unbedingt stochastische Simulationen⁹ verwendet werden; geeignete Verfahren stehen hier zur Verfügung (s. Anhang II).

Gleiches gilt auch für die wichtige Überprüfung der Konstanz der Parameter.¹⁰

Bezüglich der Behandlung von Identitäten bei der Parameterschätzung gilt grundsätzlich (Chen, Frohn, Lemke (2005)): Werden die über die Identitäten definierten endogenen Variablen bei der Ermittlung der für die zwei- und dreistufige Methode der kleinsten Quadrate benötigten Instrumentalvariablen berücksichtigt, so verlieren 2SLS und 3SLS ihre Konsistenzeigenschaft. Treten nichtlineare Identitäten auf, verlieren die 3SLS-Schätzungen ganz generell die asymptotische Effizienz.

Der letzte Kritikpunkt steht im Zusammenhang mit der Frage, inwieweit die in die Gleichungen eingestellten Variablen als stationär oder nichtstationär zu klassifizieren sind. Nichtstationaritäten können, abgesehen vom Fall der Kointegration,

⁷Da bei einer Modellspezifikation Gleichung für Gleichung die Gefahr besteht, dass die Verschränkungen zwischen verschiedenen Modellbereichen unberücksichtigt bleiben, sollte man mit einer hoch aggregierten Konzeption des Modells beginnen und die Beziehungen zwischen den verschiedenen Modellteilen herausarbeiten, um diese dann bei der Detailspezifikation zu berücksichtigen.

⁸Vgl. aber Abschnitt 5.

⁹Frohn et al. (2003).

¹⁰z.B. Chow (1960).

zu völligen Fehleinschätzungen über die Qualität der geschätzten Gleichungen führen: Auch unsinnige Variablenkombinationen (spurious regressions)¹¹ können in solchen Fällen zu hohen R^2 -Werten führen; außerdem deuten die üblicherweise verwendeten, für diesen Fall aber gar nicht anwendbaren t-Tests sehr häufig auf eine Signifikanz der Parameter hin, die tatsächlich gar nicht vorhanden ist! Es sind also in der Spezifikationsphase unbedingt Stationaritätsuntersuchungen für die in Frage kommenden Variablen, Kointegrationstests und eingehende Untersuchungen der Eigenschaften der geschätzten Residuen vorzunehmen.

Für ein solches Vorgehen stehen grundsätzlich geeignete ökonometrische Verfahren zur Verfügung: zum Beispiel die Engle-Granger-Methodik (Engle, Granger (1987)) oder das sogenannte Johansen-Verfahren (Johansen (1995)). Allerdings ist für die Anwendung dieser Verfahren eine sehr große Datenmenge erforderlich, die mit der Anzahl der im Modell berücksichtigten Variablen und damit der Anzahl der Gleichungen stark ansteigt. Für nicht allzu große Modelle (bis ca. 50 Gleichungen) könnte ein Ausweg in der Anwendung von Subsampling-Verfahren bestehen (Chen, Chiyong (2004)).

5 Überlegungen zum Einsatz sehr großer struktureller ökonometrischer Modelle

Die Aufgabe, ein das gesamtgesellschaftliche System angemessen abbildendes Modell zu spezifizieren und zu schätzen, führt offensichtlich zu einem Dilemma:

Das zu erfassende Phänomen erfordert, wie oben dargelegt, ein sehr umfangreiches Modell; sonst lassen sich die drei Teilsysteme und ihre Verschränkungen nicht in der notwendigen Detaillierung abbilden.

Auf der anderen Seite können aber solche sehr großen Modelle auf Grund der eingeschränkten Datenbasis (für die BRD stehen z.B. bei Verwendung von Quartalsdaten und einem Zeitreihen-Beginn 1. Quartal 1990 zum gegenwärtigen Zeitpunkt maximal 60 Beobachtungspunkte zur Verfügung) wichtige ökonometrisch-methodische Qualitätskriterien nicht erfüllen. So ist z.B. keine - bei Fehlen ausreichender A-priori-Informationen durchaus wünschenswerte! - Daten-gesteuerte Modellspezifikationen möglich - wie im Falle von VAR-Modellen. Außerdem kann die 2SLS- oder 3SLS-Schätzung der Parameter häufig nicht durchgeführt werden: Die Anzahl der Beobachtungen reicht zur erforderlichen Schätzung der Parameter der reduzierten Form nicht aus. Und schließlich: Eine alle Variablen umschließende Kointegrations-Analyse ist auf Grund der zu schmalen Datenbasis ebenfalls nicht möglich.

¹¹vgl. z.B. Greene (2003), S. 632, ff.

Da aber das angestrebte Erkenntnisziel eine Beschränkung der Modelle auf eine sehr eingeschränkte Gleichungsanzahl nicht zulässt, ist zu fragen, welchen Wert solche sehr großen Modelle haben, wenn sie - insbesondere im Hinblick auf die Parameterschätzung - den ökonometrisch-methodischen Anforderungen nicht in vollem Umfang gerecht werden können.

Eine Antwort auf diese Frage kann eigentlich nur gelingen, wenn bezüglich der beiden konfligierenden Aspekte - geeigneter Rahmen für die Modellspezifikation versus ökonometrisch-methodische Anforderungen - klare Prioritäten gesetzt werden: Steht die Erfüllung der theoretischen Anforderungen an erster Stelle, so müssen sich Art und Umfang der Modelle danach richten - es kommen dann nur sehr kleine Modelle in Frage. Geht es dagegen um die empirische Fundierung eines für die gewählte Fragestellung angemessenen (und damit großen!) Modells, so besteht die Aufgabe in der Wahl und Implementierung der - nach bestimmten Kriterien - geeignetsten Methode.

Grundsätzlich sollte der zweite Ansatz Vorrang haben: Es kann ja nicht sein, dass der für das betrachtete Phänomen geeignetste Modellansatz von vornherein ausgeschlossen wird, nur weil bei seinem Einsatz nicht alle ökonometrisch-statistischen Kriterien erfüllt werden können. Voraussetzung ist natürlich, dass ein methodisches Vorgehen etabliert werden kann, dass Modellaussagen gewährleistet, die einen geforderten Grad an Zuverlässigkeit erreichen. Hierzu seien ein paar Überlegungen angestellt.

Gravierende Modellfehler lassen sich vor allem durch größtmögliche Sorgfalt bei der Spezifikation des Modells vermeiden. Hier geht es um die angemessene Berücksichtigung aller vorhandenen Information, und zwar eben nicht nur (s.o.) theoretischer A-priori-Informationen, sondern vor allem auch jener über institutionelle Gegebenheiten und gesicherte empirische Beobachtungen. Eine solche sorgfältige Spezifikation bietet ersichtlich auch den besten Schutz gegenüber spurious regressions. Trotzdem sind natürlich Stationaritäts- und Kointegrations-Prüfungen unbedingt erforderlich, die hier wegen der hohen Dimensionalität der Modelle und der zu schmalen Datenbasis wohl nur gleichungsweise vorgenommen werden können.

Nun zur Parameterschätzung: Nach der Lehrbuch-Ökonometrie sollten konsistente und asymptotisch effiziente, normalverteilte Schätzfunktionen, also z.B. die 3SLS- oder 2SLS-Schätzung eingesetzt werden. Hierzu ist allerdings folgendes anzumerken: Die Konsistenz-Eigenschaft von Schätzfunktionen macht im Grunde nur dann Sinn, wenn es für das betrachtete Phänomen tatsächlich so etwas wie ein 'wahres Modell' gibt, dessen 'wahre Parameter' durch eine konsistente Schätzung bei gegen unendlich wachsendem Beobachtungsumfang 'getroffen' werden. Von der Gültigkeit langfristig wahrer Modelle kann aber mit Sicherheit

im hier diskutierten Zusammenhang nicht ausgegangen werden: Es kann immer nur um eine angemessene Approximation der sich stetig verändernden Realität gehen. Damit verliert die Konsistenz-Eigenschaft ihre prinzipielle Bedeutung; die Parameter-Schätzung ist nur noch als nach generellen Kriterien (z.B. Anpassungs- und Prognosequalität) zu beurteilendes Approximationsverfahren zu verstehen.¹²

Eine zweite Anmerkung bezieht sich auf die aus Sicht der ökonometrischen Theorie wünschenswerte Anwendung von Simultanverfahren, die asymptotische Effizienz gewährleisten. Bekanntlich kann eine Verwendung solcher Verfahren (z.B. 3SLS oder FIML) durchaus auch sehr negative Auswirkungen besitzen: Sind bestimmte Modellteile fehlspezifiziert - und das kann nie ausgeschlossen werden -, so werden diese Spezifikationsfehler im Falle einer Simultanschätzung auf die angemessenen spezifizierten Modellteile übertragen.

Wenn nun aber die üblichen statistisch-ökonometrischen Kriterien zur Beurteilung der Zuverlässigkeit von Modellspezifikation und Parameterschätzung im Falle sehr großer interdependenter Mehrgleichungsmodelle und sehr eingeschränkter Datenbasis nicht anwendbar sind, wie soll dann die Eignung einer gewählten Modellspezifikation für eine empirische Studie beurteilt werden?

Hier sind als Kriterien vor allem zu nennen:

- Einschätzung der Anpassungsqualität (im Rahmen von Simulationen des Gesamtmodells (s.o.)),
- eingehende Residuen-Analyse,
- Überprüfung der Konstanz der Parameter und der Zuverlässigkeit der Parameterschätzungen über Sensitivitätsanalysen durch Auferlegen von Zufallsschocks,
- Plausibilitätsuntersuchungen der Parameter-Schätzwerte und der Ergebnisse stochastischer Alternativ-Simulationen für unterschiedliche Werte von (politischen) Instrumentvariablen.

Zum Abschluss dieses Abschnitts sollen die obigen Überlegungen in einer Empfehlung für ein in Phasen unterteiltes Arbeitsprogramm für die Spezifikation und Schätzung sehr großer SSMM zusammengefasst werden:

Phase 1: Genaue Festlegung des Modellierungsgegenstandes (Zusammenstellung

¹²Damit ist allerdings verbunden, dass im weiteren Verlauf der Analyse all jene auf statistischen Eigenschaften der Schätzfunktionen aufbauende Konzepte (t-, F-Test, Konfidenzintervalle, -bereiche, Prognoseintervalle, -bereiche, etc.) nicht die vertrauten Interpretationen besitzen! Die statistischen Maßzahlen werden quasi zu 'beschreibenden Indikatoren'.

aller zur Verfügung stehenden Informationen über das zu betrachtende Phänomen, Experten-Gutachten, Bestimmung der einzubeziehenden Variablen).

Phase 2: Spezifikation eines strukturellen 'Grundmodells' unter Verwendung der oben genannten Verfahren und Kriterien.

Phase 3: Schätzung der unrestringierten reduzierten Form des in Phase 2 entwickelten strukturellen Modells und Prüfung der Anpassungsqualität.¹³

Phase 4: Danach erfolgt die Schätzung der restringierten reduzierten Form (wobei die Restriktionen aus der Grundspezifikation des Modells kommen. Es geht also um die strukturelle Form!), und es wird wiederum die Anpassungsqualität ermittelt und mit jener aus der unrestringierten reduzierten Form verglichen.

Phase 5: Wenn dieser Vergleich befriedigend ausfällt (d.h., das restringierte Modell weicht in seiner Qualität nicht stark von jener des unrestringierten Modells ab), kann das strukturelle Modell akzeptiert werden.

Phase 6: Die endgültige Überprüfung der Modellqualität ist über Heranziehung stochastischer Ex-post- und Ex-ante-Simulationen durchzuführen.

6 Fazit

Die Einbeziehung der wichtigsten sozialen Komponenten in ökonomisch-ökologische Modelle ist ein unbedingtes Muss: Ohne eine solche ergänzende Modellierung sind die komplexen Beziehungen zwischen den drei Teilbereichen des gesamtgesellschaftlichen Systems nicht ausreichend gut zu erfassen. Die so entstehenden Modelle werden - wenn sie für empirische Studien verwendet werden sollen - regelmäßig durch eine sehr große Anzahl von Gleichungen gekennzeichnet sein. In dieser Arbeit ist gezeigt worden, dass nur sehr umfangreiche strukturelle Modelle der gestellten Aufgabe gerecht werden können, und es wurden Vorgehensweisen diskutiert, die einen erfolgreichen Einsatz dieser Modelle gewährleisten können.

¹³In den hier betrachteten sehr großen Modellen wird die Anzahl der vorherbestimmten Variablen regelmäßig größer als die Anzahl der Beobachtungen sein, so dass eine direkte Schätzung der unrestringierten reduzierten Form nicht möglich ist. Als Ausweg bietet sich z.B. an, nicht alle vorherbestimmten Variablen zu verwenden, sondern sie durch eine begrenzte Anzahl von Hauptkomponenten zu ersetzen.

Literatur:

Chen, P., Chiyang, H. (2004): Testing Cointegration Rank by Subsampling, Discussion Paper, Department of Economics, University of Bielefeld.

Chen, P., Frohn, J., Lemke, W. (2005): Linear and Nonlinear Identities in Simultaneous Structural Econometric Models, erscheint in Applied Economics Quarterly.

Chow, G.C. (1960): Test of Equality between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions, in: *Econometrica*, Bd. 28.

Engle, R., Granger, W.J. (1987): Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing, *Econometrica*, Bd. 55.

Frohn, J. (2003): Sozialer Wandel - Dokumentation und Analyse, in: *Forum der Bundesstatistik*, Bd. 41.

Frohn, J. (2002): Zur Erweiterung von ökonometrischen Umweltmodellen um soziale Komponenten, in: S. Hartard, C. Stahmer (Hrsg.): *Magische Dreiecke*, Bd. 3.

Frohn, J. (1998): Zum Nutzen struktureller makroökonomischer Modelle, in: *Ifo-Studien*, Bd. 44.

Frohn, J., Chen, P., Hillebrand, B., Lemke, W., Lutz, Ch., Meyer, B., Pullen, M. (2003): *Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen*, Physica-Verlag.

Greene, W.H. (2003): *Econometric Analysis*, Prentice Hall.

Johansen, S. (1995): *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford University Press.

Anhang 1

Zur Beziehung der über Einzelgleichungsansatz und über System-Simulationen erzielten Anpassung

Einzelgleichungsansatz:

Erste Gleichung in $By_t + \Gamma x_t = u_t$:

$$y_{1\cdot} = Y_1\beta_{1\cdot} + X_1\gamma_{1\cdot} + u_{1\cdot} = [Y_1 : X_1] \cdot [\beta_{1\cdot} : \gamma_{1\cdot}] + u_{1\cdot} = Z_1\alpha_{1\cdot} + u_{1\cdot}.$$

$$\begin{bmatrix} y_{11} \\ \vdots \\ y_{1T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{21} & \dots & y_{G1} & \vdots & x_{11} & \dots & x_{K1} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{2T} & \dots & y_{GT} & \vdots & x_{1T} & \dots & X_{KT} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -\beta_{12} \\ \vdots \\ -\beta_{1G} \\ -\gamma_{11} \\ \vdots \\ -\gamma_{1K} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{11} \\ \vdots \\ u_{1T} \end{bmatrix}$$

OLS-Schätzung:

$$\hat{\alpha}_{1\cdot} = (Z_1'Z_1)^{-1}Z_1'y_{1\cdot}.$$

Über OLS-Einzelgleichungsschätzung des gesamten Systems:

$$\hat{\alpha}_{1\cdot}, \dots, \hat{\alpha}_{G\cdot} \rightarrow \hat{B}y_t + \hat{\Gamma}x_t = \hat{u}_t$$

wobei \hat{u}_t : geschätzte Residuen aus OLS-Einzelgleichungsschätzung

System-Simulation (auf der Grundlage der OLS-Schätzungen und Lösung über einen geeigneten Algorithmus (z.B. Gauss-Seidel)):

Reduzierte Form des Gesamtsystems $By_t + \Gamma x_t = u_t$:

$$y_t = -B^{-1}\Gamma x_t + B^{-1}u_t$$

$$\tilde{y}_t = -\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma}x_t$$

$$\tilde{u}_t = y_t - \tilde{y}_t :$$

wobei \tilde{u}_t : geschätzte Residuen aus System-Simulation

Zum Unterschied von \hat{u}_t und \tilde{u}_t : $\hat{B}\tilde{u}_t = \hat{u}_t$; denn:

$$\begin{aligned}\hat{B}\tilde{u}_t &= \hat{B}y_t - \hat{B}\tilde{y}_t \\ &= \hat{B}y_t - \hat{B}(-\hat{B}^{-1}\hat{\Gamma}x_t) = \hat{B}y_t + \hat{\Gamma}x_t = \hat{u}_t\end{aligned}$$

also:

$$\hat{B}\tilde{u}_t = \hat{u}_t$$

bzw.

$$\tilde{u}_t = \hat{B}^{-1}\hat{u}_t$$

Wenn $\hat{B} = I$ (System unverbundener Gleichungen):

$$\tilde{u}_t = \hat{u}_t$$

Wenn $B \neq I$:

$$\|\tilde{u}_t\| < \max|\lambda(\hat{B}^{-1})| \cdot \|\hat{u}_t\|$$

D.h.: Wenn der größte Eigenwert von \hat{B}^{-1} größer als 1 ist, ist die Anpassung über System-Simulation (\tilde{u}_t) schlechter als beim Einzelgleichungsansatz (\hat{u}_t).

Anhang II

Stochastische Simulationen (zur Einschätzung der Zuverlässigkeit von Prognosen)¹⁴

Anmerkung:

Ist das Modell linear in den stochastischen und den Definitionsgleichungen, können die Erwartungswerte der Prognosen durch eine deterministische Simulation berechnet werden: Alle Residuen werden gleich Null gesetzt und das System wird über einen geeigneten Algorithmus (z.B. Gauss-Seidel) gelöst. Die Lösung des Modells generiert die Erwartungswerte der zu prognostizierenden endogenen Variablen.

Treten allerdings Nichtlinearitäten auf, so sind die durch deterministische Simulation gewonnenen Prognosen i.A. verzerrt, wobei das Ausmaß der Verzerrung von der Struktur (d.h. den Nichtlinearitäten) des Modells abhängt.

Dieses Problem wird bei stochastischen Simulationen umgangen.

Vorgehen bei stochastischen Simulationen:

Annahme: $u_t \sim N(0, S)$ für $t = 1, \dots, T, T + 1, \dots, T + L$

Vorgehen:

1. Schätzung von S über $\hat{S} = \frac{1}{T} \hat{U} \hat{U}'$ mit $\hat{U} = (T \times G)$ -Matrix der geschätzten Störgrößen
2. Ziehung eines $(G \times 1)$ -Zufallsvektors u_t^* für jeden Prognosezeitpunkt $T + 1, \dots, T + L$ aus $N(0, \hat{S})$ und Addieren der Elemente von u_t^* für jeden Prognosezeitpunkt zu den entsprechenden stochastischen Gleichungen.
3. Lösung des so modifizierten Modells.
4. Wiederholung der Schritte 1. bis 3. J -mal (z.B. $J = 100$).
5. Schätzung des Erwartungswertes der Prognose über

$$\bar{y}_{g,T+K}^* = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J y_{g,T+K}^*$$

Schätzung der Varianz des Prognosefehlers:

$$\bar{\sigma}_{g,T+K}^2 = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J (y_{g,T+K}^* - \bar{y}_{g,T+K}^*)^2$$

¹⁴Vgl. Frohn et al. (2003), S. 113.

Anmerkung:

Die Abstände zwischen $\bar{y}_{g,T+K}^*$ und den über eine deterministische Simulation ermittelten Werten: Maß für den 'Nichtlinearitätsgrad' des Modells.