

Einführung in die qualitative System- und Szenarioanalyse mit der Cross-Impact- Bilanzanalyse¹

W. Weimer-Jehle²

Cross-Impact (CI) Methoden sind ein Standardwerkzeug der Szenariotechnik. Sie bieten eine Reihe von strukturierten Verfahren zur Ableitung von plausiblen Zukunftsentwicklungen in Form von qualitativen Szenarien und basieren auf Expertenschätzungen zu den Wechselwirkungsbeziehungen zwischen den essentiellen Systembestandteilen. CI Verfahren werden vor allem für Analyseaufgaben eingesetzt, die aufgrund ihrer disziplinären Heterogenität und der Relevanz „weichen“ Systemwissens keinen Einsatz theoriegestützter Rechenmodelle erlauben, die aber andererseits zu komplex für eine intuitive Systemanalyse sind. Nachfolgend werden die Grundzüge der Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB) beschrieben, die sich aufgrund ihrer transparenten Logik und ihrer methodischen Flexibilität besonders gut für die qualitative Systemanalyse von multidisziplinären Systemen im Expertendiskurs eignet.

1. Szenarien als Orientierungshilfe in der Langfristplanung

Szenarien sind (Porter 1985):

„...an internally consistent view of what the future might turn out to be - not a forecast, but one possible future outcome“.

Sie sind also Zukunftsbilder, die die grundsätzlichen Entwicklungsmöglichkeiten eines mehr oder weniger großen Weltausschnitts in groben Umrissen, aber in sich widerspruchsfrei darstellen und dadurch als Planungsgrundlage dienen können. Sie thematisieren nicht „... was passieren wird, sondern was passieren kann“ (Becker und List 1997) und grenzen sich durch diesen bescheideneren Anspruch von Prognosen ab. Szenarien sind in erster Linie dort ein fruchtbares Instrument, wo Entwicklungen aufgrund ihrer Komplexität, ihrer Störanfälligkeit oder ihrer Abhängigkeit von menschlichen Entscheidungen nicht prognostizierbar sind.

Der Schlüssel in Porter's Definition ist jedoch die Forderung nach Konsistenz. Ein Szenario mag nur eine von vielen Entwicklungsmöglichkeiten aufzeigen; was es aber von einem beliebigen Zukunftsentwurf unterscheiden sollte ist die innere Widerspruchsfreiheit der getroffenen Annahmen. Diese innere Widerspruchsfreiheit, die Konsistenz, ist jedoch bei Szenarien mit vielen unterschiedlichen Aussagebereichen und komplexen, teilweise nur qualitativ erfassbaren Zusammenhängen nicht einfach zu gewährleisten. Auf nachvollziehbare, aussagefähig dokumentierte und dadurch überprüfbare Weise eingelöst werden kann dieser Anspruch letztlich nur, wenn die Konsistenzsicherung in einem Szenarioprojekt auf der Basis eines expliziten und strukturierten Verfahrens erfolgt. Die Erstellung von Szenarien sollte also von Methoden unterstützt werden,

- die anstatt einer Prognose den Raum der möglichen Entwicklungen abstecken;
- die den Unsicherheitskontext einer Planung aufzeigen können;

¹ Informationen zu CIB und Handreichungen zur Methoden-anwendung bietet www.cross-impact.de

² Postadresse: Dr. rer. nat. Wolfgang Weimer-Jehle, Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Risiko und Nachhaltige Technikentwicklung (ZIRN), Universität Stuttgart, Seidenstr. 36, 70174 Stuttgart. Tel.: 0711 685-84301. Email: wolfgang.weimer-jehle@sowi.uni-stuttgart.de

- die die Entwicklung von Kontingenzstrategien unterstützen;
- die die innere Konsistenz der getroffenen Annahmen bewerten können.

Eine speziell für diese Anforderungen entwickelte und in zahlreichen Szenarioprojekten erprobte szenariogenerierende Methode ist die im Folgenden beschriebene Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB). Das Ziel dieser Einführung ist die Darstellung des Grundprinzips der Methode. Für weiterführende Informationen zu den theoretischen Hintergründen und zu den unterschiedlichen Anwendungs- und Auswertungsmöglichkeiten muss auf das zitierte Schrifttum verwiesen werden.

2. Die Cross-Impact-Bilanzanalyse

Die Cross-Impact-Analyse ist eine Methodenfamilie zur Grobanalyse von wechselwirkenden sozialen, politischen, technologischen, ökologischen und ökonomischen Ereignissen (multidisziplinären Systemen). Ihr Grundkonzept wurde bereits in den 60er Jahren im thematischen Kontext des *technology foresight* entwickelt (Gordon und Hayward, 1968). Allen CI-Methoden gemeinsam ist der systemanalytische Ansatz, die Interdependenzen der wichtigsten Systemgrößen durch Experten paarweise schätzen zu lassen, wodurch eine Cross-Impact Matrix als Systemformulierung entsteht. Je nach Methode werden verschiedene Formen von Expertenurteilen erhoben und verschiedene Auswertungsalgorithmen angewendet.

Durch die ausschließliche Fokussierung auf Expertenurteile unterscheiden sich die CI Methoden stark von ökonometrischen oder technologiebasierten Rechenmodellen. Stehen für die zu behandelnde Fragestellung theoriegestützte Rechenmodelle zur Verfügung, so ist deren Einsatz in der Regel vorzuziehen³. Das typische Einsatzfeld von CI Analysen liegt dort, wo wesentliche Problemteile disziplinübergreifend

gelagert oder nur qualitativ analysierbar sind und eine Einengung der Fragestellung auf ein rechnerisch behandelbares Teilproblem zu einer inadäquaten Verkürzung der Problemsicht führt, was das Risiko einer fehlerhaften Analyse heraufbeschwört (Godet 1983). Der Zukunftsforscher Olaf Helmer charakterisierte den Status der Cross-Impact-Analyse in prägnanter Weise (Helmer 1981):

“Cross-impact analysis represents a schema for collating and systemizing [...] expert judgments, so as to make it possible to construct a conceptual substitute, however imperfect, for a wished-for but nonexistent theory of how events affect one another in a multidisciplinary context.“

Die Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB) ist eine Form der Cross-Impact-Analyse, deren Schwerpunkte auf einer transparenten, diskursgerechten Analyselogik, der Vermeidung schwer schätzbarer Inputgrößen, einer hohen Flexibilität und Vielseitigkeit der Einsatzmöglichkeiten sowie einer systemtheoretischen Fundierung des verwendeten Auswertungsalgorithmus liegen. Ihr Methodenkonzept geht damit auf die Erfahrungen und Schwachstellenanalysen der 40-jährigen Geschichte der Methodenfamilie ein. Das Verfahren wurde in Weimer-Jehle (2001) eingeführt und in Weimer-Jehle (2006) detailliert beschrieben. In einer Reihe von Praxisanwendungen wurde die CIB-Methode in vielen unterschiedlichen Themenbereichen eingesetzt und die Erfahrungen zur methodischen Weiterentwicklung genutzt. Die Praxisanwendungen betrafen u.a. die strukturellen Folgen politischer Eingriffe in die Energiewirtschaft, die Förderung von Innovationsprozessen, sozio-ökologische Syndromphänomene in der Nachhaltigkeit sowie die Entwicklung und Bewertung von Rahmenszenarien als Vorbereitung von rechenmodellgestützten Systemanalysen (Förster 2002, Förster und Weimer-Jehle 2003, Förster und Weimer-Jehle 2004, Aretz und Weimer-Jehle 2004, Weimer-Jehle und Fuchs 2006, Schweizer 2007, Renn et al. 2007).

Das Verfahren geht von einem wechselwirkungsorientierten Systemverständnis aus. Ausgangspunkt ist die Festlegung eines Satzes von Systemgrößen („Deskriptoren“), mit dem das System für den Zweck eines qualitativen Ver-

³ Zur Artikulierung und zum Training des Systemverständnisses, zur Aufarbeitung von Konsens- und Dissensbereichen in Expertendiskursen oder zur Umfeldanalyse kann eine begleitende CI-Analyse auch in Fällen sinnvoll sein, in denen theoriegestützte Rechenmodelle zur Verfügung stehen.

ständnisses ausreichend beschreibbar ist. Die Beziehungen zwischen den Deskriptoren wird durch ein Netz von wechselseitigen Einflüssen beschrieben (Abb. 1).

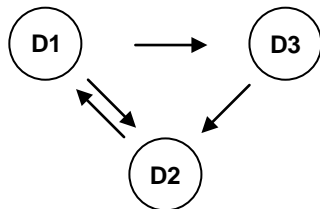


Abb.1: Das Wirkungsnetz eines einfachen Systems.

Die Einflussbeziehungen im Netz können gegenseitig oder einseitig sein. Ein Wirkungspfeil von Deskriptor 1 zu Deskriptor 2 bedeutet, dass Deskriptor 1 auf Deskriptor 2 Einfluss nimmt, d.h. unter sonst gleichen Bedingungen verursacht eine Zustandsänderung von Deskriptor 1 eine Zustandsänderung von Deskriptor 2. Als Ganzes wird das System zu Zuständen neigen, in denen eine wechselseitige Balance der Einflüsse gegeben ist.

Das Verfahren soll anhand eines einfachen Beispiels demonstriert werden. Das Beispiel behandelt die Meinungsbildung in einer Gruppe von anfänglich unentschiedenen Personen zu einer Frage gemeinsamen Interesses. Die Gruppenmitglieder sind teilweise miteinander bekannt und die Meinungsbildung jeder Person wird mehr oder weniger stark beeinflusst durch die Meinung ihrer Bekannten. Das Verfahren verläuft in folgenden Schritten:

1) Stelle eine Liste aller relevanten Einflussfaktoren („Deskriptoren“) auf.

Im Beispiel sind dies die Mitglieder der Personengruppe, die sich gegenseitig in ihrer Meinungsbildung beeinflussen. Es soll sich hier um 5 Personen handeln: Tom, Lisa, Paul, Katja und Max.

2) Lege die wesentlichen qualitativen Zustände fest, in denen sich die Einflussfaktoren befinden können.

Im Beispiel geht es um die Meinungsbildung zu einer bestimmten Frage. Im ein-

fachsten Fall können sich die Personen bezüglich dieser Frage in den Zuständen „Zustimmung“ (Abkürzung: +), „Neutral“ (Abkürzung: 0) oder „Ablehnung“ (Abkürzung: -) befinden (eine Verfeinerung dieser Skala wäre ohne weiteres möglich).

3) Erhebe durch Literaturstudien, Expertenschätzungen oder geeignete andere Untersuchungen, welchen Einfluss es auf den Zustand x von Faktor X hätte, wenn sich Faktor Y im Zustand y befindet. Drücke dies durch qualitative Urteile aus:

- 3: stark hemmender Einfluss
- 2: hemmender Einfluss
- 1: schwach hemmender Einfluss
- 0: kein Einfluss
- +1: schwach fördernder Einfluss
- +2: fördernder Einfluss
- +3: stark fördernder Einfluss⁴.

Dabei sind nur direkte Einflüsse anzugeben. Die daraus entstehenden indirekten Einflüsse konstruiert CIB bei der Auswertung selbstständig.

Im Beispiel könnte es sein, dass die Zustimmung von Katja zu einer Aussage einen starken Einfluss auf Tom ausübt, ebenfalls zuzustimmen (als Cross-Impact des Zustandes „Katja: Zustimmung“ auf den Zustand „Tom: Zustimmung“ wird daher +3 gewählt).

Das Ergebnis dieser Schritte ist eine „Cross-Impact-Matrix“. Tabelle 1 zeigt diese Matrix für das beschriebene Beispiel.

Im Einzelnen wurde angenommen, dass Tom nicht mit Lisa bekannt ist. Daher gibt es keinen direkten Einfluss zwischen diesen beiden Personen und die Bewertungsfelder C₁₂ and C₂₁ sind Null. Tom und Katja kennen sich dagegen. Tom schätzt Katja und wird von ihrer Meinung stark beeinflusst. Umgekehrt ist dies bedauerlicherweise nicht der Fall (C₄₁ enthält starke Cross-Impacts, C₁₄ enthält nur Nullen). Paul neigt stark dazu, immer die gegenteilige Ansicht von Max zu vertreten. Lisa beachtet Katjas Meinung, dies jedoch nur in den Fällen, in denen Katja einer Aussage zustimmt. Max wird

⁴ Falls noch stärkere Einflüsse ausgedrückt werden müssen kann die Skala auch erweitert werden.

von Tom und Lisa beeinflusst, aber Lisas Meinung gibt im Zweifelsfall den Ausschlag.

Tab. 1: Eine Cross-Impact Matrix mit 5 Deskriptoren. Die Zellenwerte beschreiben die Einwirkung eines Zeilenzustands auf einen Spaltenzustand. $C_{25}(1,3)=-2$ drückt z.B. aus, dass eine Zustimmung durch Lisa die Möglichkeit einer Ablehnung durch Max hemmt.

	1.Tom + 0 -	2.Lisa + 0 -	3.Paul + 0 -	4.Katja + 0 -	5.Max + 0 -
1.Tom:					
+		0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 -1
0		0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
-		0 0 0	0 0 0	0 0 0	-1 0 1
2.Lisa:					
+	0 0 0		0 0 0	0 0 0	2 0 -2
0	0 0 0		0 0 0	0 0 0	0 0 0
-	0 0 0		0 0 0	0 0 0	-2 0 2
3.Paul:					
+	0 0 0	0 0 0		2 0 -2	0 0 0
0	0 0 0	0 0 0		0 0 0	0 0 0
-	0 0 0	0 0 0		-2 0 2	0 0 0
4.Katja:					
+	3 0 -3	2 0 -2	2 0 -2		0 0 0
0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 0 0
-	-3 0 3	0 0 0	-2 0 2		0 0 0
5.Max:					
+	2 0 -2	1 0 -1	-3 0 3	0 0 0	
0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
-	-2 0 2	-1 0 1	3 0 -3	0 0 0	

C_{43} : Ein Bewertungsfeld Eine Bewertungsgruppe $C_{25}(1,3)$: Eine Bewertungszelle

Diese Beziehungen beschreiben zusammen mit den anderen in Tab. 1 gezeigten Beziehungen ein Netz von Einflussbeziehungen, die durch die Cross-Impact-Matrix repräsentiert werden. Sie schränken den Raum der Möglichkeiten stark ein, da eine beliebig gewählte Konfiguration von Meinungen (ein "Szenario") im Allgemeinen Widersprüche zu den "Regeln" der Gruppe enthält. Solche Widersprüche können durch die Berechnung von "Wirkungsbilanzen" eines Szenarios sichtbar gemacht werden. In Tab. 2 erfolgt dies für das Szenario $z = [-,-,+,-,-]$ (Tom und Lisa widersprechen, Paul stimmt zu, Katja und Max widersprechen).

Die Wirkungsbilanzen werden berechnet, indem die Zeilen markiert werden, die zu den angenommenen Zuständen des zu prüfenden Szenarios gehören und die markierten Zeilen anschließend spaltenweise addiert werden.

Dadurch bilanziert man alle Einflüsse, die auf die einzelnen Zustände einwirken würden, falls die Personen die in Szenario z angenommenen Einstellungen besitzen würden.

Tab. 2: Die Wirkungsbilanzen des inkonsistenten Szenarios $z = [-,-,+,-,-]$. Die Zustände dieses Szenarios sind durch grau hinterlegte Zeilen und durch Pfeile oberhalb der Wirkungsbilanzen markiert (siehe Zeile „Zustände“). Das Konsistenz-Prinzip von CIB fordert, dass die Zustandspfeile bei allen Deskriptoren auf die höchste Wirkungssumme innerhalb einer Wirkungsbilanz weisen müssen (vgl. Pfeile in der Zeile „Maxima“). Ist dies - wie im vorliegenden Fall - nicht für jeden Deskriptor der Fall, so wird das Szenario als inkonsistent verworfen.

	1.Tom + 0 -	2.Lisa + 0 -	3.Paul + 0 -	4.Katja + 0 -	5.Max + 0 -
1.Tom:					
+		0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 -1
0		0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
-		0 0 0	0 0 0	0 0 0	-1 0 1
2.Lisa:					
+	0 0 0		0 0 0	0 0 0	2 0 -2
0	0 0 0		0 0 0	0 0 0	0 0 0
-	0 0 0		0 0 0	0 0 0	-2 0 2
3.Paul:					
+	0 0 0	0 0 0		2 0 -2	0 0 0
0	0 0 0	0 0 0		0 0 0	0 0 0
-	0 0 0	0 0 0		-2 0 2	0 0 0
4.Katja:					
+	3 0 -3	2 0 -2	2 0 -2		0 0 0
0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 0 0
-	-3 0 3	0 0 0	-2 0 2		0 0 0
5.Max:					
+	2 0 -2	1 0 -1	-3 0 3	0 0 0	
0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
-	-2 0 2	-1 0 1	3 0 -3	0 0 0	

Zustände: ↓
 Bilanz: [-5 0 5] [-1 0 1] [1 0 -1] [2 0 -2] [-3 0 3]
 Maxima: ↑

Die Wirkungssumme des Zustandes "Lisa: Zustimmung" Die Wirkungsbilanz des Deskriptors "Katja"

Wie Tab. 2 zeigt sind die Wirkungsbilanzen von Tom, Lisa, Paul und Max so beschaffen, dass die im Szenario z angenommene Einstellung dieser Personen die höchste Wirkungssumme in der jeweiligen Wirkungsbilanz aufweist. Für Tom lautet die Wirkungsbilanz z.B.: [-5,0,+5] und die in Szenario z angenommene Einstellung von Tom („-“, d.h. Ablehnung) hat die

Wirkungssumme +5 (es gibt keinen höheren Wert in dieser Wirkungsbilanz). Aus diesem Grund gilt der Deskriptor „Tom“ im CIB-Verfahren als *konsistent*. Der anschauliche Grund für diese Bewertung ist, dass Toms Meinung von Katja und Max beeinflusst wird (wie die Cross-Impact-Matrix ausweist). Da beide ablehnend eingestellt sind, ist eine ablehnende Haltung auch von Tom die einzige plausible („konsistente“) Annahme. Die Anschauung und die formale Prüfung gehen Hand in Hand: Die Einstellung, auf die die Beeinflussung der einflussnehmenden Personen ganz oder überwiegend hinwirken, sammelt die meisten Cross-Impact-Punkte in ihrer Wirkungssumme.

Anders liegen die Dinge bei Katja. Für Katja wurde in Szenario z eine ablehnende Haltung angenommen. Aber die einzige Person, die sie beeinflusst (Paul) stimmt zu! Wenn das Szenario z zutreffen würde, hätte Katja die „Regeln“ der Gruppe verletzt. Daher ist die Annahme des Szenarios betreffend Katja *inkonsistent* (sie entspricht nicht den in der Cross-Impact-Matrix hinterlegten Regeln). Diese Inkonsistenz ist sofort an der Wirkungsbilanz erkennbar (vgl. Tab. 2): Die Wirkungssumme der in Szenario z angenommenen Einstellung von Katja beträgt -2 und dies ist nicht der höchste Wert in seiner Wirkungsbilanz (der höchste Wert wäre +2 für die Zustimmung gewesen).

Die Wirkungsbilanzen zeigen also einfach und klar, an welchen Punkten ein hypothetisches Szenario mit den vorgegebenen Regeln in Konflikt gerät. Ein „perfektes“, vollständig selbstkonsistentes Szenario zeichnet sich dadurch aus, dass es keine Inkonsistenzen der beschriebenen Form enthält. D.h. die Pfeile in der Zeile "Zustände" in Tab. 2 sollten stets auf die Zustände verweisen, deren Wirkungssumme die höchste in der Wirkungsbilanz ist (Gleichstand mit der höchsten Wirkungssumme ist als Grenzfall zulässig). In dem in Tab. 2 untersuchten Szenario ist das nicht der Fall. Es enthält einen inkonsistenten Deskriptor und dies ist Anlass genug, das gesamte Szenario als inkonsistent zu verwerfen.

Übrigens genügt es nicht, den inkonsistenten Deskriptor „Katja“ einfach umzuschalten, um ein konsistentes Szenario zu erhalten. Zwar würde Katjas Einstellung dann den auf sie wirkenden Einflüssen entsprechen, dafür würden

sich aber durch die veränderten Einflüsse, die nun von Katja ausgehen, neue Inkonsistenzen an anderer Stelle ergeben. Wechselwirkungsnetze sind komplexe Gebilde und in der Regel nicht einfach zu durchschauen, und ihre Behandlung durch CIB spiegelt dies trotz des qualitativen und modellhaften Zugangs in prägnanter Weise wider.

Das Konsistenzprinzip von CIB formalisiert die Begriffe Plausibilität und Konsistenz soweit, dass sie mit einem Computerprogramm automatisiert werden können⁵. Ansonsten wäre es nötig, so lange hypothetische Szenarien zu „raten“ bis man schließlich auf ein widerspruchsfreies Szenario gestoßen ist. Mit Hilfe von CIB ist das Verfahren einfacher: Alle kombinatorisch möglichen Szenarien können automatisiert durchmustert und die in der Regel wenigen Szenarien aussortiert werden, die völlig widerspruchsfrei, d.h. konsistent sind. Da bei umfangreichen Analyseaufgaben mit vielen Deskriptoren Millionen von kombinatorischen Szenarien existieren können, wäre die vollständige Erfassung und Bewertung aller denkbaren Szenarien ohne eine Formalisierung des Konsistenz- und Plausibilitätsbegriffs unmöglich. Die modellhafte Vereinfachung des Plausibilitätsbegriffs, auf der das CIB-Verfahren beruht, ist der Preis, der für die vollständige Durchmusterung aller Möglichkeiten entrichtet werden muss.

In dem Beispielfall der fünf sich beeinflussenden Personen gibt es $3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 243$ kombinatorisch mögliche Szenarien. Die Durchmusterung und die Anwendung des in Tab. 2 demonstrierten Prüfschrittes zeigt in diesem Fall, dass davon nur zwei Szenarien konsistent sind. Dies sind:

- a) [0,0,0,0,0]: Alle Gruppenmitglieder bleiben unentschlossen.
- b) [-,+,-,-,+]: Lisa und Max stimmen zu, alle anderen widersprechen.

Die Konsistenz des zweiten Szenarios wird in Tab. 3 demonstriert. Die Pfeile über der Bilanzzeile, die die Szenariozustände markieren, weisen überall auf die höchsten Wirkungssumme der jeweiligen Wirkungsbilanzen. Die Meinung

⁵ Eine Basisversion der hierfür entwickelten Software *SzenarioWizard* steht im Internet zur Verfügung (Weimer-Jehle 2007a).

jedes Gruppenmitglieds entspricht der Summe der Einflüsse, die es von allen anderen Gruppenmitgliedern empfängt. Bei widersprüchlichen Einflüssen entscheiden die stärkeren Einflüsse.

Tab. 3: Die Wirkungsbilanzen des konsistenten Szenarios $z = [-,+, -, -, +]$.

	1.Tom + 0 -	2.Lisa + 0 -	3.Paul + 0 -	4.Katja + 0 -	5.Max + 0 -
1.Tom:					
+		0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 -1
0		0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
-		0 0 0	0 0 0	0 0 0	-1 0 +1
2.Lisa:					
+	0 0 0		0 0 0	0 0 0	2 0 -2
0	0 0 0		0 0 0	0 0 0	0 0 0
-	0 0 0		0 0 0	0 0 0	-2 0 2
3.Paul:					
+	0 0 0	0 0 0		2 0 -2	0 0 0
0	0 0 0	0 0 0		0 0 0	0 0 0
-	0 0 0	0 0 0		-2 0 2	0 0 0
4.Katja:					
+	3 0 -3	2 0 -2	2 0 -2		0 0 0
0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 0 0
-	-3 0 3	0 0 0	-2 0 2		0 0 0
5.Max:					
+	2 0 -2	1 0 -1	-3 0 3	0 0 0	
0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
-	-2 0 2	-1 0 1	3 0 -3	0 0 0	

Zustände:

Bilanz:	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -5 & 0 & 5 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -2 & 0 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$
Maxima:	↑	↑	↑	↑	↑

Es muss betont werden, dass die CIB-Methode nicht auf die Analyse der Meinungsbildung in Gruppen beschränkt ist. Dieses Anwendungsgebiet dient an dieser Stelle lediglich als Demonstrationsbeispiel. Typische Deskriptoren in

den zuvor erwähnten Anwendungsprojekten betreffen Politikmaßnahmen, Unternehmensstrategien, Umweltveränderungen sowie den sozialen oder technologischen Wandel. In Box 1 werden einige Beispiele für typische Deskriptoren in multidisziplinären Cross-Impact-Analysen aufgeführt.

Zwischen Deskriptoren der beschriebenen Art können vielfältige Einflussbeziehungen bestehen, die qualitativ durch Cross-Impacts formuliert werden können. Die qualitative Systemanalyse mit CIB zielt darauf ab, zu identifizieren, welchen Kombinationen von Annahmen die Qualität der inneren Stimmigkeit zukommt.

Das CIB-Verfahren zur Konstruktion konsistenter qualitativer Szenarien besetzt also aus drei Schritten:

1. Eine qualitative Systembeschreibung wird durch die Auswahl der wesentlichen Einflussfaktoren (Deskriptoren) und die Festlegung ihrer wesentlichen qualitativen Zustände erstellt.
2. Eine Wissensbasis wird zu dem untersuchten System zusammengestellt und das Wissen zu den gegenseitigen Interdependenzen der Einflussfaktoren wird in Form von Cross-Impacts formuliert.
3. Alle möglichen Szenarien werden (durch eine Auswertungssoftware) systematisch durchmustert und die widerspruchsfrei mit der Wissensbasis verträglichen Szenarien (konsistente Szenarien) werden ausgewiesen.

Box 1: Beispiele für Deskriptoren in multidisziplinären Cross-Impact-Analysen

- politische Deskriptoren, die z.B. beschreiben ob ein bestimmtes Gesetz erlassen wird oder nicht;
- ökologische Deskriptoren, die z.B. angeben ob eine bestimmter Umweltindikator steigt, stagniert oder fällt;
- ökonomische Deskriptoren die z.B. eine Unternehmensstrategie danach charakterisieren, ob sie auf Diversifizierung oder die Konzentration auf das Kerngeschäft ausgerichtet ist;
- technologische Deskriptoren, die z.B. anzeigen ob eine bestimmte Technologie sich bis zu einem Referenzjahr noch im Innovationsprozess befindet, oder ob sie in Pilotprojekten realisiert wird, Nischenmärkte erobert oder den Markt durchdringt;
- soziokulturelle Deskriptoren, die z.B. erfassen ob sich der gesellschaftliche Wertewandel in Richtung Individualität und Selbstverantwortung oder in Richtung sozialer Einbindung und Solidarität entwickelt.

Die beschriebene Methode gewährleistet automatisch, dass neben den direkten Wirkungen zwischen den Deskriptoren auch alle indirekten (d.h. über eine oder mehrere Zwischenstufen vermittelte) Wirkungen berücksichtigt werden. Dass CIB indirekte Wirkungen erfasst, zeigt sich in dem beschriebenen Beispiel daran, dass sich in den konsistenten Szenarien eine Korrelation zwischen der Einstellung von Tom und Paul zeigt, obwohl die beiden sich nicht persönlich kennen und deshalb nur über dritte Personen aufeinander einwirken können (C_{13} und C_{31} sind Null, dennoch stimmen die Einstellungen von Tom und Paul stets überein). Indirekte Wirkungen können insbesondere bei großen, stark vernetzten Systemen einen bestimmenden und ohne Hilfsmittel schwer durchschaubaren Einfluss gewinnen. Die Fähigkeit von CIB zur Erfassung indirekter Wirkungen ist daher essentiell für den Anspruch der Methode, Hilfestellung bei der Entwicklung systemischer Einsichten zu leisten.

3. Ablauf einer CIB-Analyse

CIB wird in der Regel zur Analyse multidisziplinärer Systeme eingesetzt, für die „weiches Wissen“ bedeutsam ist und das sich daher einer konventionellen mathematischen Systemanalyse entzieht. Die notwendige Wissensbasis wird in der Regel durch Expertenbefragungen beschafft. Hierbei sind unterschiedliche Verfahren möglich. Ein typischer Verfahrensansatz besteht darin, einen Expertenkreis zu bilden, der den transdisziplinären Charakter der Analyseaufgabe widerspiegelt und der ggf. auch divergierte Einschätzungen zu wichtigen Problemereichen widerspiegelt. Mit den beteiligten Experten werden mehrere Workshops durchgeführt, in denen typischerweise die in Box 2 beschriebenen Aufgaben bearbeitet werden. Als günstig haben sich Expertengruppen mit etwa 5-12 Mitgliedern erwiesen. Kleinere Gruppen können die häufig erforderliche disziplinäre Breite und die angestrebte Meinungsvielfalt nur noch eingeschränkt darstellen. In größeren Gruppen lässt sich dagegen ein fruchtbares Diskursklima nur noch schwer herstellen.

Box 2: Typischer Ablauf einer Cross-Impact-Analyse im Expertendiskurs

- 1) Formulierung der Analyseziele, Definition der Systemgrenzen, Vereinbarung der Rahmenannahmen.
- 2) Auswahl der Deskriptoren und Zustände. Beschreibung der Deskriptoren und ihrer Zustände durch „Deskriptorenessays“, die ihre Definition, ihre Bedeutung für das untersuchte System und ihre Entwicklungstrends skizzieren. Optional werden mögliche Störereignisse ausgewählt mit deren Hilfe die Robustheit der entstehenden Szenarien getestet werden soll.
- 3) Festlegung der Cross-Impact-Urteile. Die Urteile unterliegen einem Begründungsdiskurs. Neben den Urteilen werden auch die Begründungen zur Unterstützung der späteren Interpretation der Auswertungsergebnisse festgehalten. Signifikanter Dissens zu bestimmten Wechselbeziehungen wird dokumentiert.
- 4) Das so entstandene qualitative Systemmodell in Form einer Cross-Impact-Matrix wird mit dem CIB-Verfahren ausgewertet. Im Expertendiskurs aufgetretener Einschätzungsdissens wird in Form von Variantenanalysen aufgegriffen.
- 5) Die Auswertungsergebnisse werden von den Experten diskutiert und die Wirkungslogik der entstandenen Szenarien wird anhand der Urteilsbegründungen kritisch überprüft. In begründeten Fällen können Urteile revidiert werden. Außerdem können die Experten weitergehende Auswertungsaufträge erteilen.
- 6) Die überprüfte und ggf. verbesserte Cross-Impact-Matrix wird nochmals ausgewertet.
- 7) Der Expertenkreis interpretiert die Auswertungsergebnisse, formuliert die Analyseergebnisse mit Blick auf die anfangs benannten Analyseziele und spricht Empfehlungen für die Verwendung der Ergebnisse aus.

Der geeignete Einsatzbereich des Verfahrens liegt in einem Bereich von etwa 5-15 Deskriptoren mit zusammen etwa 10-50 Deskriptorzuständen. Die untere Grenze wird dadurch markiert, dass kleinere Systeme in der Regel mental analysierbar sind. Eine scharfe Grenze existiert nicht, denn die Grenze der mentalen Analysefähigkeit ist individuell verschieden und wird auch durch die speziellen Eigenarten des untersuchten Systems mitbestimmt, z.B. durch den Vernetzungsgrad des Wirkungsnetzes. Die obere Grenze ist praktischer Natur: die Anzahl der erforderlichen Expertenurteile steigt mit der Zahl der Zustände quadratisch an und stößt schließlich an die Grenze des diskursiv Machbaren. Außerdem wird es in größeren Matrizen zunehmend schwierig für die Exper-

ten, die notwendige Übersicht über die relative Gewichtungen der Urteile zu erhalten. Eher selten wirkt die Rechenzeit für die Auswertung limitierend. Eine Matrix mit 15 Deskriptoren zu je 4 Zuständen besitzt allerdings bereits mehr als 1 Milliarde Szenarien, die zu durchmustern und zu prüfen sind.

4. Chancen und Ziele einer qualitativen Systemanalyse mit CIB

Das unmittelbare Ergebnis einer CIB-Analyse ist die Identifikation der konsistenten Konfigurationen („Szenarien“) eines Netzwerks von wechselwirkenden Faktoren. Doch bereits der

Box 3: Chancen einer Cross-Impact-Analyse mit der CIB-Methode

- Die Notwendigkeit, das eigene Bild von den Systemzusammenhängen durch Cross-Impact-Urteile explizit zu machen, im Begründungsdiskurs zu vertreten und sich gleichzeitig mit den Vorstellungen anderer auseinanderzusetzen, stimuliert die Beteiligten oft zu einer erneuerten Systemsicht.
- Der Begründungsdiskurs in der peer-to-peer-Diskussion erschwert dabei das Vorbringen von Vorurteilen, das Verfolgen von „hidden agendas“ oder das Einbringen von taktischen Urteilen, die auf ein gewünschtes Ergebnis hinwirken sollen. Der Begründungsdiskurs dient also als Qualitätssicherung und zur Ausfilterung von sachfremd motivierten Urteilsvorschlägen.
- Auf der anderen Seite wird durch das Verfahren jedoch identifiziert, zu welchen Systemteilen und Beziehungen ein sachlich begründbarer Dissens unter den Experten besteht. Daraus lassen sich häufig ebenso bedeutsame Erkenntnisse gewinnen wie aus den konsensualen Anteilen des Urteilsprozesses.
- Mit der Erhebung von Systemeinschätzungen auf der Ebene von Beziehungsmustern und der automatisierten Konstruktion der damit verbundenen indirekten, systemischen Wirkungen wird eine Arbeitsteilung zwischen Mensch und Methode verwirklicht, die auf beiden Seiten die Stärken nutzt und die Schwächen umgeht: Die Erkennung von Mustern ist eine dezidierte Stärke des menschlichen Verstandes, während die simultane Verfolgung von vielen verketteten Einzelprozessen eine markante Schwäche darstellt (was z.B. in Managementspielexperimenten beobachtet werden kann).
- Die im Expertendiskurs erarbeitete Cross-Impact-Matrix stellt ein erstes, selbstständiges Ergebnis des Analyseprozesses dar, das auch unabhängig von der eigentlichen Auswertung genutzt werden kann: z.B. zur Erstellung von grafischen Systemdarstellungen oder für Reflexionsprozesse zum Auftreten von Rückkopplungsschleifen.
- Die transparente Analyselogik von CIB vermeidet „black-box“-Resultate und ermöglicht es im Anschluss an die Auswertung, die Ursachen für das Akzeptieren oder Verwerfen eines Szenarios bis auf die Ebene der vergebenen Urteile und ihrer Begründungen zurückzuverfolgen und die Resultate dadurch zur Diskussion zu stellen und überprüfbar zu machen (CIB als „gläsernes Uhrwerk“). CIB vermeidet mit seiner Transparenz eine Entfremdung zwischen den Experten und den mit ihrer Hilfe gewonnenen Resultaten, wie dies bei komplexen und nur noch für Spezialisten durchschaubaren mathematischen Rechenmodellen leicht eintreten kann. Dadurch wird die Identifikation der Experten mit den Resultaten begünstigt und ihre Aufgabe erleichtert, die Ergebnisse zu interpretieren und daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Verfahrensprozess leitet die Beteiligten zu einer strukturierten Problemanalyse an und führt dadurch häufig bereits zu einem vertieften Problemverständnis. Dazu tragen die in Box 3 beschriebenen Methodenchancen bei.

Das unmittelbare Ergebnis der Auswertung einer Cross-Impact-Matrix sind die konsisten-

Box 4: Ausgewählte Sekundärauswertungen mit CIB

- Vollständige Rangordnung aller kombinatorisch möglichen Szenarien nach relativer Konsistenz (d.h. nach Verträglichkeit mit den Cross-Impact-Urteilen) und kombinatorischem Gewicht (die Häufigkeiten, mit der Entwicklungspfade in die verschiedenen Szenarien münden).
- Statistische Auftrittshäufigkeiten von Zuständen in den konsistenten Szenarien (präferierte und unterdrückte Zustände).
- Korrelationen zwischen dem Verhalten verschiedener Deskriptoren.
- Wirkung eines unterstellten externen Impulses zugunsten eines oder mehrerer Zustände auf die Zustandsstatistik (Impulswirkungsanalyse).
- Inverse Impulswirkungsanalyse: durch Eingriff bei welchen Deskriptoren kann ein normativ gewünschter Zustand am besten befördert werden?
- Sensitivitätsanalyse und „kritische Zellen“: Wie beeinflusst die Unsicherheit der Cross-Impact-Urteile die Bewertung der Szenarien als konsistent und inkonsistent? Welche Felder in der Cross-Impact-Matrix sind besonders kritisch hinsichtlich der Urteilsunsicherheit und müssen daher besonders sorgfältig erwogen werden?

ten Szenarien. In vielen Fällen sind sie das eigentliche Ziel der Arbeit und ein ausreichendes Fundament zur Entwicklung von Handlungs- oder Planungsempfehlungen. Bei Bedarf stellt die CIB-Methode jedoch auch zahlreiche Sekundärauswertungen bereit, mit der tiefergehende Fragestellungen untersucht werden können. Eine Auswahl davon ist in Box 4 aufgeführt.

5. Theoretischer Hintergrund von CIB

In dieser Einführung in die qualitative Systemanalyse mit CIB wurde das Verfahren als Heuristik zur Konstruktion plausibler Szenarien beschrieben. Auf die theoretische Begründung des CIB-Konsistenzprinzips wurde zugunsten einer allgemeinverständlichen Einführung verzichtet und für die praktische Anwendung von CIB ist diese auch nicht erforderlich. Die Frage, ob ein heuristisches Analyseverfahren theoretisch begründet werden kann, ist dennoch nicht irrelevant. Denn es lassen sich viele plausible Analysealgorithmen vorstellen, die mehr oder wenig unterschiedlich gestaltet sind und daher auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Nur bei Verfahren, die über ihre Plausibilität hinaus auch eine theoretische Fundierung besitzen, ist ein Urteil darüber möglich, ob und unter welchen Umständen sie glaubwürdigere Ergebnisse versprechen als andere Verfahren. Daher ist es eine wichtige Eigenschaft von CIB, dass ihre Analyselogik starke Wurzeln in der mathematischen Systemtheorie und der Komplexitätstheorie besitzt und dass das Konsistenzprinzip von CIB aus diesem Grund keine willkürliche Forderung ist (Weimer-Jehle 2008). Unter anderem kann man zeigen, dass die konsistenten Szenarien Einflussgleichgewichte darstellen, die bei ausreichend feinen Zustandsintervallen den Kräftegleichgewichten nichtlinearer dynamischer Paarkraftsysteme entsprechen (Weimer-Jehle 2006). Es kann außerdem gezeigt werden, dass CIB als universelles Analyseinstrument für qualitative (zustandsdiskrete) Systeme einsetzbar ist. D.h. obwohl sich das Systembild in CIB grundsätzlich aus der Betrachtung der Einzelbeziehungen der Systemteile zusammensetzt („wie wirkt A auf B?“), gibt es stets auch Wege, komplexere Beziehungen auszudrücken (z.B. wenn die Wirkung von A auf B vom Zustand von C abhängt).

6. Schlussbemerkungen

Die qualitative Systemanalyse mit CIB unterstützt die Entwicklung von multidisziplinären Szenarien als eine konsistenzsichernde und szenariogenerierende Methode. Ihr Nutzen liegt u.a. darin,

- dass CIB auch qualitative Systemeinsichten verwerten und sie zu einem umfassenden Systembild zusammenfassen kann. Dadurch kann vermieden werden, dass wichtige Problembereiche, zu denen nur „weiches“ Wissen verfügbar ist, aus der Systemanalyse ausgeklammert werden müssen - eine häufige Ursache für Fehleinschätzungen in der Prognostik (Godet 1983);
- dass CIB im Expertendiskurs einsetzbar ist, was bei multidisziplinären Problemstellungen häufig erforderlich ist, um alle notwendigen Informationen zusammenzutragen und in ihrer disziplinübergreifenden Bedeutung bewerten zu können;
- dass CIB über den Lösungsweg der vollständigen Durchmusterung eine lückenlose Prüfung aller denkbaren Szenarien vornimmt und dadurch anstatt einer Prognose den Raum der Möglichkeiten absteckt und dabei ggf. auch überraschende Entwicklungen aufzeigen kann, die bei einer intuitiven „Vorwärtskonstruktion“ von Szenarien leicht übersehen werden können.
- dass CIB trotz tiefer theoretischer Wurzeln aufgrund seiner grundsätzlich allgemeinverständlichen Analyselogik fähig ist, eine Entfremdung zwischen den Ergebnissen und Experten und Nutzern ohne mathematische Ausbildung zu vermeiden. Dadurch ruft auch der notwendige Computereinsatz bei der Auswertung bei den Beteiligten in der Regel wenig Skepsis hervor, da der Computer den Beteiligten lediglich die vielfache Anwendung eines für alle verständlichen Prüfschrittes abnimmt und jede(r) Teilnehmer(in) mit Papier und Bleistift gegenprüfen kann, ob ein vom Computer überraschend vorgeschlagenes Szenario tatsächlich konsistent ist, oder warum ein vom Computer verworfenes, aber intuitiv einleuchtendes Szenario tatsächlich inkonsistent ist.

Der sinnvolle Einsatz einer Analysemethode und die angemessene Interpretation ihrer Ergebnisse setzt auch das Bewusstsein über die Grenzen der Methode voraus. Hierzu muss bedacht werden, dass CIB aufgrund der diskreten Zustandseinteilung der Deskriptoren nur Grobszenarien erzeugen kann. Die Beurteilung

der Beziehung zwischen zwei i.a. hochaggregierten Einflussfaktoren durch Cross-Impacts erfordert außerdem immer eine Pauschalierung, die der Komplexität der Einflussbeziehung im Allgemeinen nur begrenzt gerecht werden kann. Schließlich können Expertenurteile trotz der qualitätsfördernden Wirkung eines Begründungsdiskurses keine vollständige Objektivität erreichen. Immerhin können allerdings intersubjektive Urteile gewonnen und damit der Subjektivität von Expertenurteilen Grenzen gesetzt werden.

Quellen

- Aretz A. und Weimer-Jehle W. (2004): Cross Impact Methode. In: Der Beitrag der deutschen Stromwirtschaft zum europäischen Klimaschutz. Forum für Energiemodelle und energiewirtschaftliche Systemanalyse (Hrsg.). LIT-Verlag, Münster.
- Becker A. und List S. (1997): Die Zukunft gestalten mit Szenarien. In: Zerres M.P. und Zerres I. (Hrsg.): Unternehmensplanung – Erfahrungsberichte aus der Praxis. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH.
- Förster G. (2002): Szenarien einer liberalisierten Stromversorgung. Analysen der Akademie für Technikfolgenabschätzung, Stuttgart.
- Förster G. und Weimer-Jehle W. (2003): Szenarien einer liberalisierten Stromversorgung. Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis, 12. Jahrgang, Nr. 1, Karlsruhe.
- Förster G. und Weimer-Jehle W. (2004): Cross-Impact Methode. In: Energiemodelle zum Klimaschutz in liberalisierten Energiemärkten – Die Rolle erneuerbarer Energieträger. Forum für Energiemodelle und energiewirtschaftliche Systemanalyse (Hrsg.). LIT-Verlag, Münster.
- Godet M. (1983): Reducing the Blunders in Forecasting. Futures, Vol. 15, S. 181-192.
- Gordon T.J. und Hayward H. (1968): Initial Experiments with the Cross Impact Matrix Method of Forecasting. Futures Vol I, No. 2, 100-116.
- Helmer O. (1981): Reassessment of cross-impact analysis. Futures, Vol. 13, S. 389-400.
- Porter, M. (1985): Competitive Advantage. Free Press, New York.
- Renn O., Deuschle J., Jäger A., Weimer-Jehle W. (2007): Leitbild Nachhaltigkeit - Eine normativ-

funktionale Konzeption und ihre Umsetzung. VS-Verlag Wiesbaden.

Renn O., Deuschle J., Jäger A. und Weimer-Jehle W.: A normative-functional concept of sustainability and its indicators. Zur Veröffentlichung angenommen von: International Journal of Global Environmental Issues.

Schweizer, V. J. (2007): Thinking about Conditions Influencing the Future of Carbon Emissions: Implications of Internally Consistent Scenarios Generated by a Cross-Impact Matrix. Working paper, Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.

Weimer-Jehle W. (2001): Verfahrensbeschreibung Szenariokonstruktion im Projekt „Szenarien eines liberalisierten Strommarktes“. Akademie für Technikfolgenabschätzung, Stuttgart.

Weimer-Jehle W., Fuchs G. (2007): Generierung von Innovationsszenarien mit der Cross-Impact Methode. In: Innovation und moderne Energietechnik. Forum für Energiemodelle und energiewirtschaftliche Systemanalyse (Ed.). LIT-Verlag, Münster.

Weimer-Jehle W. (2006): Cross-Impact Balances - A System-Theoretical Approach to Cross-Impact Analysis. Technological Forecasting and Social Change, Vol. 73, No. 4, S. 334-361.

Weimer-Jehle W. (2007a): SzenarioWizard - Szenarioanalyse mit der Cross-Impact-Bilanzanalyse. Eine Basisversion des ScenarioWizards unter www.cross-impact.de zum Download zur Verfügung.

Weimer-Jehle W. (2008): Cross-Impact Balances - Applying Pair Interaction Systems and Multi-Value Kauffman Nets to Multidisciplinary Systems Analysis. Physica A, 387:14, 3689-3700, 2008.

Die Reihe „Methodenblätter zur Cross-Impact-Bilanzanalyse“ bietet Informationen und Handreichungen zur Durchführung von Szenario- und Systemanalysen mit der CIB-Methode. Sie umfasst neben der Beschreibung der Grundlagen und der Hintergründe der Methode auch Anleitungen zur Durchführung, Verfahrensbeschreibungen und Musteranalysen. Bisher erschienen sind:

Nr.	Titel	Voraussetzungen
1	Einführung in die qualitative System- und Szenarioanalyse mit der Cross-Impact-Bilanzanalyse	keine
2	Bibliographie	Blatt 1
3	Musteranleitung für Experten zur Vergabe von Cross-Impact-Urteilen	Blatt 1
4	Kennwerte zur Beurteilung von Szenarien mit CIB	Blatt 1