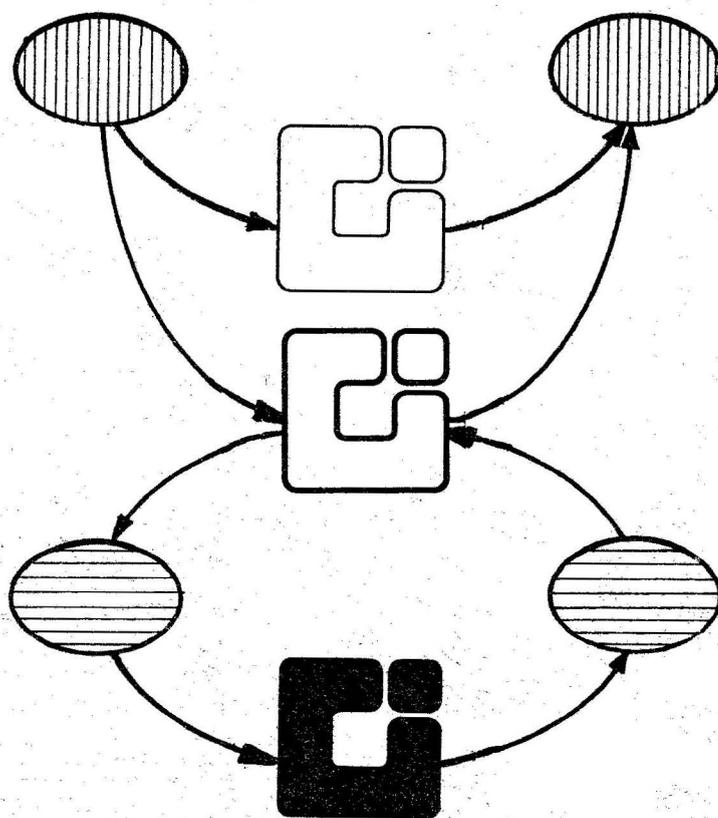


Entwicklungsmethoden für Informationssysteme und deren Anwendung

Heft 9 * Dez. 1984

Mitteilungsblatt der Fachgruppe EMISA im
Fachausschuss 2.5 der Gesellschaft für Informatik



Inhalt

Rundbrief der Herausgeber	1
EPS DYNAMO- Anmerkungen zu einer Ad-hoc-Integration von Schätz- und Simulationssoftware	
R. Meyer, F.-U. Holzkamp, M. Sommer	3
Bericht über die GI/ACM-Fachtagung "Modellierung und Konstruktion bei der Entwicklung von Informationssystemen"	
H.C. Mayr, B.E. Meyer	22
Konzept zur Entwicklung von Programmier- vorgaben bei Freiberuflern und mittelständi- schen Betrieben	
B. Pelka	25

EPS - DYNAMO

ANMERKUNGEN ZU EINER AD-HOC-INTEGRATION VON SCHÄTZ- UND SIMULATIONSSOFTWARE

Rüdiger Meyer

Friedrich-Udo Holzkamp

Manfred Sommer

Inhalt:

1. Anlaß und Einordnung
2. Die Übergabe simulierter Zeitreihen von DYNAMO an EPS
3. Das Schätzen und Sichern der Parameter
4. Die Auswertung der Schätzungen
5. Die Übergabe der EPS-Parameter an DYNAMO
6. Anhang: Programmstruktur für ein Beispielmodell
7. Literaturverzeichnis

1. Anlaß und Einordnung

Da die mit diesem paper dokumentierten Arbeiten am Rande - wenn auch nicht außerhalb - der MMBS-Thematik liegen, dürfte es sinnvoll sein, eine (negative) Abgrenzung und (positive) Einordnung vorzuschicken. Mit der Integration von ökonomischer (EPS) und systemdynamischer (DYNAMO) Software sollte kein weiteres, generell verwendbares MMBS⁽¹⁾, sondern lediglich die EDV-mäßige Voraussetzung für ein thematisch begrenztes Forschungsprojekt geschaffen werden. Dieser Klarstellung möge die Kennzeichnung als Ad-hoc-Integration dienen. Die Forschungsthematik selbst sei kurz skizziert.

Für die dynamische Modellierung wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Problemfelder haben sich die ökonomische, die systemdynamische und die mikroanalytische Modellkonzeption als die dominierenden Forschungsprogramme herauskristallisiert. Neben immanenten Weiterentwicklungen und Ausdifferenzierungen dieser Forschungsrichtungen sind in den letzten Jahren die eng miteinander zusammenhängenden Fragen

- der Kompatibilität dieser Modellierungsphilosophien
- der Verknüpfbarkeit verschiedener konkreter Modelle unterschiedlichen Modelltyps (vgl. z.B. diverse Beiträge in [1])
- des Vergleichs der diesen Modellkonzeptionen "affinen" Modellierungssoftware (ökonomische Systeme wie IAS, TROLL etc., System-Dynamics-Simulatoren wie DYNAMO, SIMA etc., und Mikrosimulationssysteme, wie von SPES entwickelt) sowie ihrer Integration in Modellbanksystemen (vgl. [2], [3], [4])

in den Vordergrund getreten. Unsere eigenen Beiträge haben sich bisher auf den ersten Aspekt und dort insbesondere auf den Vergleich des ökonomischen und des systemdynamischen Modellkonzepts konzentriert [5]. Nachdem zunächst Ökonomen und Ökonometriker - vor allem in den kontroversen Diskussionen um die Weltmodelle von FORRESTER und MEADOWS - die mangelhaften Parameterschätz- und Simulationsauswertungsstrategien im System-Dynamics-Konzept gerügt hatten, haben die derart Attackierten mit der provokativen Gegenthese geantwortet, daß die ihnen von der Ökonomie-

(1) MMBS = Methoden- und Modellbanksystem

trie angeordneten Schätz- und Testverfahren für System-Dynamics-Modelle unbrauchbar und sogar irreführend seien (vgl. [5], S. 251-266, 281-286 und [6]). Diese Argumentation beruft sich vor allem auf Monte-Carlo-Experimente der Kleinst-Quadrate-Schätzungen eines System-Dynamics-Modells von SENGE [7], deren Methodologie aus vergleichbaren Monte-Carlo-Studien zu den Kleinstichprobeneigenschaften ökonomischer Schätzverfahren wohl bekannt ist. Wir konnten zeigen, daß die von SENGE und FORRESTER aus diesen Schätzexperimenten gezogenen Schlußfolgerungen cum grano salis unhaltbar sind, wenn man ihre Ergebnisse in üblichen System-Dynamics-Simulationen (mit DYNAMO) verwendet. Wir konnten damals (1980) jedoch nicht die Schätzexperimente selbst überprüfen, modifizieren, auf andere Beispielmodelle anwenden etc., da uns hierfür die Software-Voraussetzungen fehlten. Um den von SENGE aufgeworfenen, aber unbefriedigend beantworteten Fragen weiter nachgehen zu können, schien es nunmehr erforderlich, diese Voraussetzungen zu schaffen.

Bei den erwähnten Monte-Carlo-Experimenten wird ein dynamisches Modell (hier ein System-Dynamics-Modell) wiederholt (20, 50 oder 100 mal) stochastisch simuliert, um künstliche Zeitreihen beliebiger Länge zu erzeugen, aus denen dann Parameter desselben oder eines modifiziert spezialisierten Modells geschätzt werden. Während man bei den üblichen Parameterschätzungen aus Realdatenzeitreihen grob gesagt mit $m * n$ Werten auskommt (m = Zahl der in den Schätzungen verwendeten Variablen, n = Länge der Zeitreihen), die man "von Hand" einlesen oder aus einer bereits aufgebauten Datenbank abrufen kann, muß man bei Monte-Carlo-Experimenten auf insgesamt $m * n * p * q$ Simulationsdaten zugreifen (p = Zahl der stochastischen Simulationen pro Schätzexperiment, q = Zahl der Schätzexperimente), also z.B. für $p = 50$ und $q = 20$ auf die tausendfache Datenmenge. Damit scheidet eine Übergabe der künstlichen Zeitreihen aus den DYNAMO-Prints an ein Schätzpaket (SPSS, TSP o.ä.) "per Hand" aus. Er war also nach einer automatischen Zugriffsmöglichkeit auf DYNAMO gelieferten Simulationsdaten zu suchen.

Alternativ wäre es natürlich denkbar gewesen, auf eine sowohl für Simulationen wie Schätzungen geeignete ökonomische oder MMBS-Software zurückzugreifen. Dies wäre prinzipiell möglich, da System-Dynamics-Modelle mit einem Zeitinkrement $DT = 1$ zu

reinen Differenzgleichungsmodellen werden. TROLL, mit dem SENGE am M.I.T. gearbeitet hat, ist auf der TR 440 des HRZ Bielefeld z.Z. ebenso wenig implementierbar wie IAS oder DELFI. MEBA wird zwar für die TR 440 entwickelt, ist aber noch nicht verfügbar. MBS kam ebenfalls nicht in Betracht, da es erstens für den ökonomischen Teil auf MEBA rekurriert und zweitens z.Z. noch keine TR 440 - kompatible Version zur Verfügung steht (vgl. [8], [9]). Andererseits bedeutete die Nichtverfügbarkeit einer solchen Software, deren Einsatz mit Ausnahme von MBS zugleich einen Verzicht auf DYNAMO impliziert hätte, einen Zwang, die DYNAMO-Schwäche der fehlenden Zugriffsmöglichkeit auf Simulationsergebnisse grundsätzlich zu beseitigen. An DYNAMO festzuhalten, schien uns aber wegen seiner vielen Vorteile sinnvoll (vgl. z.B. [10], S. 522-540). Eine Lösung für das anstehende Schätz- und Simulationsproblem unter Zuhilfenahme von DYNAMO zu finden, war aber auch deshalb attraktiv, weil sich dabei zu schaffende Weiterarbeitungsmöglichkeiten des DYNAMO-Simulationsoutputs auch für andere Zwecke als hilfreich erweisen würden:

1. Comparative prints and plots, die in der uns vorliegenden DYNAMO III/F-Version nicht verfügbar sind
2. alle Möglichkeiten der statistischen Auswertung
 - von Zeitreihen einer Simulation
 - von Zeitreihen verschiedener Simulationen
 - von Simulations- und Realzeitreihen
3. bessere graphische Aufbereitung der Simulationsergebnisse als in den DYNAMO-Plots durch Anschluß einer speziellen Graphik-Software.

Das zur Schätzung der Parameter aus den DYNAMO-Simulationszeitreihen benutzte Econometric Program System EPS ([11], [12]) ist seinerseits nicht für Simulationszwecke konzipiert - wie TROLL, IAS, MEBA u.a. -, so daß sich angesichts

- einer Simulationssoftware, die nicht schätzen kann und
- einer Schätzsoftware, die nicht simulieren kann

eine Integration geradezu aufdrängte.

Es sollte nicht unerwähnt bleiben, daß die von uns als EPS-DYNAMO bezeichnete Softwarekombination nicht auf Modelle vom System-Dynamics-Typ beschränkt ist, sondern über geeignete Funktionsaufrufe in DYNAMO auch nicht-rekursive ökonomische Modelle zu verarbeiten vermag ([5], S. 240 f., [10], S. 535 bis 538).

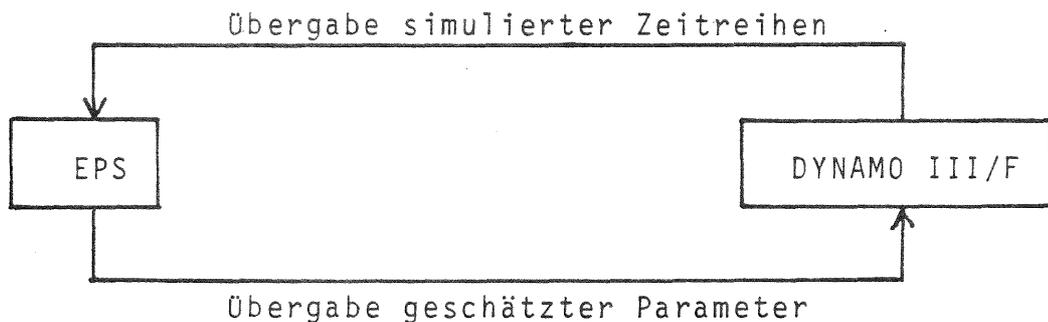


Abb. 1: EPS-DYNAMO-Grobstruktur für Parameterschätzexperimente

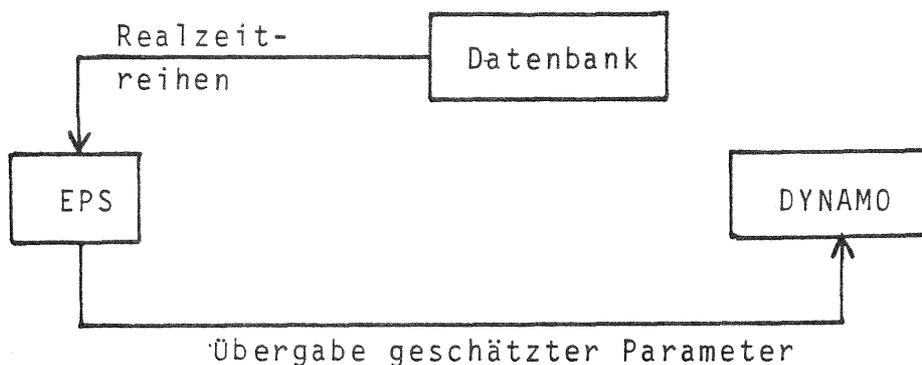


Abb. 2: EPS-DYNAMO-Grobstruktur für Simulationen mit ökonomisch geschätzten Parametern

Aufgabe der folgenden Abschnitte soll es sein, einen Überblick über die Vorgehensweise zur Verknüpfung von EPS und DYNAMO und einen Einblick in die dabei aufgetretenen Probleme zu geben. Der exakte Programmablauf kann im Anhang nachgelesen werden.

2. Die Übergabe simulierter Zeitreihen von DYNAMO an EPS

Hierbei tauchen im wesentlichen zwei Probleme auf:

- a) die Simulationsergebnisse werden DYNAMO-intern nur kurzfristig gespeichert; d.h., nach jedem neuen Simulationslauf sind die Ergebnisse der vorangegangenen Läufe überschrieben, sofern sie nicht durch ein zusätzliches Programm gesichert werden;
- b) die Simulationsergebnisse werden intern in einer zur Weiterverarbeitung mit EPS unbrauchbaren Darstellung (binär) gespeichert, so daß sie zusätzlich zu a) formatiert werden müssen.⁽¹⁾

Durch zusätzliche Programme können die Simulationsergebnisse zugleich gesichert und formatiert werden. Die Sicherung der durch ein "DYNAMO"-Programm⁽²⁾ erzeugten Simulationsdaten aus verschiedenen Läufen ist dabei prinzipiell auf zwei Arten möglich:

-
- (1) Genauer: Eine Formatierung der zu übergebenden Daten ist in der Regel dann notwendig, wenn andere Programmpakete angeschlossen werden; sollen die Daten mit selbstentwickelten Programmen weiterverarbeitet werden, kann u.U. auf eine Formatierung verzichtet werden.
 - (2) Mit "DYNAMO"-Programm sei im folgenden das in FORTRAN pre-compilierte DYNAMO-Quellprogramm bezeichnet.

- α) durch einmaliges Umsetzen der Simulationsergebnisse aus einer DYNAMO-internen Ergebnisdatei SPOOL in eine Datei der LFD (längerfristige Datenhaltung) nach jedem Simulationslauf mit Hilfe eines FORTRAN-Hauptprogramms
 - β) durch periodenweises Umsetzen der Simulationsergebnisse während eines jeden Simulationslaufes mit Hilfe eines FORTRAN-Unterprogramms, das durch einen Funktionsaufruf (FNCTN in DYNAMO) gestartet wird.
- ad α) Das Umsetzen der in SPOOL unformatiert vorliegenden Simulationsergebnisse in eine Ergebnisdatei der LFD geschieht mit Hilfe eines FORTRAN-HP, das im Anschluß an jeden Simulationslauf gestartet werden muß, da die DYNAMO-interne Ergebnisdatei mit den Simulationsergebnissen des nächsten Laufes überschrieben wird. Das FORTRAN-HP besteht aus einem READ- und einem WRITE-Befehl; die Simulationsergebnisse liegen in der LFD-Datei formatiert - also EPS-kompatibel - vor.
- ad β) Das periodenweise Umsetzen der Simulationsergebnisse durch ein FORTRAN-Unterprogramm, das im wesentlichen nur einen WRITE-Befehl enthält, der die Simulationsergebnisse nach jeder Periode in eine LFD-Datei einträgt, verzichtet auf den Zugriff auf die DYNAMO-interne Ergebnisdatei SPOOL. Die Simulationsergebnisse liegen in der LFD-Datei ebenfalls formatiert vor.

Als Bewertungskriterium der beiden vorgenannten Alternativen kann weder der Rechenzeitverbrauch noch der Aufwand zur Programm-erstellung bzw. Implementierung herangezogen werden, da - zumindest für das im Anhang abgedruckte Beispiel - kein nennenswerter Unterschied festzustellen war. Die Entscheidung für Alternative β) (Unterprogramm-Version) hat folgenden Grund: Um eine eindeutige Zuordnung der Simulationsergebnisse zu den im folgenden noch näher zu beschreibenden Parameterschätzungen zu gewährleisten,

um also Vertauschungen der Variablen und damit unbrauchbare Schätzungen auszuschließen, ist es in Alternative α) (Hauptprogramm-Version) notwendig, die Variablenreihenfolge der in der DYNAMO-internen Ergebnisdatei SPOOL gespeicherten Simulationsergebnisse zu ermitteln, um sie mit Hilfe eines FORTRAN-Hauptprogramms in der gewünschten Reihenfolge in einer LFD-Datei für Schätzungen zugänglich zu machen. In der Unterprogramm-Version ist hingegen gewährleistet, daß die Simulationsergebnisse in der gewünschten Reihenfolge in der LFD-Datei vorliegen, weil die Variablenreihenfolge in der Ergebnisdatei der LFD identisch ist mit der Reihenfolge ihrer Benennung in der zur FNCTN-Karte gehörenden Übergabehilfsfunktion ERG.K des DYNAMO-Quellprogramms.

Die Sicherung der Simulationsergebnisse in Alternative β) geschieht wie folgt: In jeder Periode i , $i = 1, 2, \dots, n$, wird nach Berechnung aller Variablen durch die FNCTN-Karte ein FORTRAN-UP aufgerufen, das die Simulationsergebnisse des "DYNAMO"-Programms übernimmt und in eine in der Spezifikation DATEI=... des Kommandos DYNAMORUN genannte Datei der LFD einträgt. Erst dann werden die Variablen in der Periode $i+1$ berechnet. Nach der letzten Periode n ist die Ergebnisdatei der LFD gefüllt; in ihr liegen die Simulationsergebnisse in einer für EPS formatierten Form vor.

Nach Abschluß aller p Simulationsläufe eines Schätzexperiments stehen p mit Simulationsergebnissen gefüllte Dateien der LFD zur Weiterverwendung zur Verfügung.

3. Das Schätzen und Sichern der Parameter

Analog zu dem unter 2. beschriebenen Sichern von Simulationsergebnissen soll in diesem Abschnitt die Vorgehensweise bei der Parameterschätzung und -sicherung erläutert werden.

Im Prinzip treten in diesem Programmteil die gleichen Probleme auf wie im vorangegangenen. Deshalb konnte bei der Sicherung der Schätzergebnisse analog zur Sicherung der Simulationsergebnisse vorgegangen werden. Da ein "periodenweises" Sichern der Schätzergebnisse nicht in Betracht kommt, ist hier allerdings im Sinne der unter 2.α) beschriebenen Hauptprogramm-Version vorzugehen.

Die Übergabe der durch EPS errechneten Parameterschätzwerte an DYNAMO gestaltete sich insofern schwierig, als EPS eine formatierte Ausgabe der geschätzten Parameter auf externe Dateien nicht anbietet.

Im EPS sind Schätzung und Ergebnisaufbereitung grundsätzlich getrennt. Nach jeder Schätzung wird eine Ergebnisdatei angelegt. Der Inhalt dieser temporären Datei wird durch die nächste Schätzung überschrieben. Über das Kommando PARSTORE besteht aber die Möglichkeit, die Parameterschätzwerte in die EPS-interne Gleichungsbeschreibung mit aufzunehmen, so daß sie für spätere EPS-Läufe verfügbar bleiben.

Auf diese Gleichungsbeschreibung wurde von uns mit Hilfe eines FORTRAN-HPs zugegriffen. Nachdem sämtliche Parameter aller Modellgleichungen geschätzt und mit PARSTORE abgespeichert wurden, wird das FORTRAN-Programm, das im wesentlichen aus READ- und WRITE-Befehlen besteht, gestartet. Die EPS-internen Gleichungsbeschreibungen werden gelesen, die Parameterschätzwerte isoliert und dann formatiert in eine Datei der LFD übertragen.

4. Die Auswertung der Schätzungen

Nach Abschluß aller Schätzungen kann schließlich noch eine Auswertung der Schätzergebnisse vorgenommen werden. Realisiert wurde hier ein Programm zur Bestimmung der Mittelwerte der geschätzten Parameter. Es sind weitere Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten denkbar.

5. Übergabe der geschätzten Parameter von EPS an DYNAMO

Eine Übergabe der geschätzten Parameter an das DYNAMO-Programm kann erst dann erfolgen, wenn diese in Form einer Konstantengleichung vorliegen. Diese Änderung der Notation übernimmt ein Hauptprogramm, das im wesentlichen aus OUTPUT-Anweisungen besteht.

Da DYNAMO die Möglichkeit eines Programmstarts mit Änderungen in den Konstanten, jedoch ohne Veränderung der Programmstruktur bietet, erschien es sinnvoll, die als Konstanten definierten Parameter in Form einer RERUN-Anweisung an DYNAMO zu übergeben. Um eine fehlerfreie Precompilierung bzw. Übersetzung und Montage des DYNAMO-Programms zu gewährleisten, ist es notwendig, den Parametern im DYNAMO-Quellprogramm zunächst "fiktive Werte" (z.B. Null) zuzuordnen. Ein Programmstart geschieht dann mit den geschätzten Werten, indem das Kommando DYNAMORUN eine Datei aufruft, in der zuvor die mit EPS geschätzten Parameter durch das oben beschriebene Programm gespeichert wurden. Unterdrückt man den Basislauf mit den "fiktiven Parameterwerten", wird sofort ein erster RERUN mit den geschätzten Parameterwerten ausgeführt.

6. Anhang: Programmstruktur für ein Beispielmodell

```
#LF&N,,,SENGE2'SENGEFO'SENGEINT'FIL
ANGEMELDET: SENGE2(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: SENGEFO(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: SENGEINT(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: FILL(0001.00) KAT: UPA002
```

Dateien mit Simulationsprogrammen

```
#DATEI,ERG1,,U404,,LFD(KFDTT)
KREIERT: ERG1(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,ERG2,,U404,,LFD(KFDTT)
KREIERT: ERG2(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,ERG3,,U404,,LFD(KFDTT)
KREIERT: ERG3(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,ERG4,,U404,,LFD(KFDTT)
KREIERT: ERG4(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,ERG5,,U404,,LFD(KFDTT)
KREIERT: ERG5(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,ERG6,,U404,,LFD(KFDTT)
KREIERT: ERG6(0002.00) KAT: KFDTT
```

Dateien zur Sicherung der Simulationsergebnisse

```
#LF&N,,,SATZNR'PAR2'PAR
ANGEMELDET: SATZNR(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: PAR2(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: PARSICH(0001.00) KAT: UPA002
```

Dateien mit Schätzprogrammen

```
#DATEI,PARAM1,,,LFD(KFDTT)
KREIERT: PARAM1(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,PARAM2,,,LFD(KFDTT)
KREIERT: PARAM2(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,PARAM3,,,LFD(KFDTT)
KREIERT: PARAM3(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,PARAM4,,,LFD(KFDTT)
KREIERT: PARAM4(0002.00) KAT: KFDTT
#DATEI,PARAM5,,,LFD(KFDTT)
KREIERT: PARAM5(0002.00) KAT: KFDTT
```

Dateien zur Sicherung der geschätzten Parameter

```
#LF&N,,,ALGAUSW'EPSDYN'MW'AUS
ANGEMELDET: ALGAUSW(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: EPSDYN(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: MW(0001.00) KAT: UPA002
ANGEMELDET: AUS(0001.00) KAT: UPA002
```

Dateien zur Aniswertung und Übergabe der geschätzten Parameter

```
#ANFANG,DYNAMO
```

```
#UEL,FILL
```

```
START PS&FTNCOMP (0077.02) 2
NO FILL WURDE ERZEU
ANFANG PROT
 10 REAL FUNCTION FILL(RBL,RDRA,SH,PCD,S,SDDRM,BL,BL2,
 20 * BL3,DRA,PC,PC1,PC2,PC3,DDRC,RDDRC,DDRM,RDDRM)
 30 REAL RBL,RDRA,SH,PCD,S,SDDRM,BL,BL2,
 40 * BL3,DRA,PC,PC1,PC2,PC3,DDRC,RDDRC,DDRM,RDDRM
 50 WRITE(55,1000) RBL,RDRA,SH,PCD,S,SDDRM,BL,BL2,
 60 * BL3,DRA,PC,PC1,PC2,PC3,DDRC,RDDRC,DDRM,RDDRM
 70 1000 FORMAT(SE13.5)
 80 FILL=1.
 90 RETURN
100 END
```

Bereitstellung des Programms zur Sicherung der Simulationsergebnisse

```
ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFFHLER
ENDE PS&FTNCOMP (0077.02) 0.8
```

```
#DYNAMOPRE,SENGE2,SENGEFO,SENGEINT
```

```
START DYNAMO
DYNAMO - F, VERSION 4.07
```

```
* >> E P S - KOMPATIBLE VERSION VON SENGE <<
```

```
NOISE 1234567
```

```
L BL.K=BL.J+DT*RBL.J
N BL=8000
```

```
A RBL.K=K1*S.K+K2*SDDRM.K+K3*BL.K+
X K4*BL2.K+K5*BL3.K+U1.K
```

```
A U1.K=NDRMRN(0,STDVU1)
C STDVU1=75.3465
```

```
A SDDRM.K=S.K*DDRM.K
```

```
A BL2.K=BL.K**2/PC.K
```

```
A BL3.K=BL.K**3/PC.K**2
L DRA.K=DRA.J+DT*RDRA.J
N DRA=4000

A RDRA.K=K8*BL.K+K9*BL2.K+K10*BL3.K+K11*DRA.K+U2.K
A U2.K=NORMRN(0,STDVU2)
C STDVU2=26.2574

L S.K=S.J+DT*SH.J
N S=10

A SH.K=K12*DRA.K+K13*S.K+U3.K
A U3.K=NORMRN(0,STDVU3)
C STDVU3=1.2297E-1

L PC.K=PC.J+DT*PCR.J
N PC=12000

A PCR.K=DELAY3(PCO.JK,12)
A PCO.K=K14*PC.K+K15*PC1.K+K16*PC2.K+K17*PC3.K+U4.K

A U4.K=NORMRN(0,STDVU4)
C STDVU4=46.1069

A PC1.K=PC.K*DDC.K
A PC2.K=PC.K*DDC.K**2
A PC3.K=PC.K*DDC.K**3
A DDC.K=DDRC.K/2-0.3

L DDRC.K=DDRC.J+DT*RDDRC.J
N DDRC=2

A RDDRC.K=K18*(BL.K/DRA.K-DDRC.K)+U5.K
A U5.K=NORMRN(0,STDVU5)
C STDVU5=1.48713E-3

L DDRM.K=DDRM.J+DT*RDDRM.J
N DDRM=2

A RDDRM.K=K19*(DDRC.K-DDRM.K)+U6.K
A U6.K=NORMRN(0,STDVU6)
C STDVU6=2.22545E-3

C K1=475
C K2=-61.5
C K3=-0.6178
C K4=0.1324
C K5=-9.75E-3
C K8=0.6178
C K9=-0.1324
C K10=9.75E-3
C K11=-1
C K12=3E-4
C K13=-5E-2
C K14=-6.98E-2
C K15=0.1244
C K16=-8.138E-2
C K17=2.704E-2
C K18=0.25
C K19=1.66667E-1

FNCTN FILL(18,0)
A ERG.K=FILL(RBL.K,RDRA.K,SH.K,PCO.K,SDDRM.K,BL.K,BL2.K,
X BL3.K,DRA.K,S.K,PC.K,PC1.K,PC2.K,PC3.K,DDRC.K,RDDRC.K,
X DDRM.K,RDDRM.K)

OPT R
SPEC DT=1,LENGTH=100,PRTPER=1
SAVE RBL,RDRA,SH,PCO,SDDRM,BL,BL2,
X BL3,DRA,S,PC,PC1,PC2,PC3,DDRC,RDDRC,
X DDRM,RDDRM
PRINT RBL,RDRA,SH,PCO,RDDRC,RDDRM
RUN IFILL)
```

*Precompilierung des DYNATO-
Quellprogramms zur Simulation
eines Beispielmodells*

Modellparameter

```
#DYNAMORUN, SENGEFO, SENGEINT, DATEI=ERG1, RERUN=✓
NOISE 1234567
RUN [1]

ENDE PS&FTNCMP (0077.02) 1.94
ENDE MONTIERE (28.00) 7.90
START STDHP
PAGE 1 >> E P S - KOMPATIBLE VERSION VON SENGE <<
```

CHANGES FOR RERUN - [1]

ORIGINAL SEED	1234567					
PRESENT SEED	1234567					
TIME	RBL	RDRA	SH	PCO	RDDRC	RDDRM
E-00	E-00	E-00	E-00	E-00	E-03	E-03
0.0	-1065.7	161.23	0.1862	-352.5	-6.21	-9.30
1.00	-195.9	-443.73	0.8292	-136.4	-81.95	-3.89
2.00	262.0	-66.11	0.6842	-189.5	-26.37	-13.49
98.00	-188.1	345.96	2.1436	502.6	-151.63	-142.81
99.00	837.7	519.04	1.6615	339.5	-126.91	-145.37
100.00	1546.8	699.35	1.8298	285.2	-94.96	-146.56

```
#DYNAMORUN, SENGEFO, SENGEINT, DATEI=ERG2, RERUN=✓
NOISE 2345678
RUN [2]
```

TIME	RBL	RDRA	SH	PCO	RDDRC	RDDRM
E-00	E-00	E-00	E-00	E-00	E-03	E-03
0.0	-741.1	274.35	0.7160	-153.9	0.19	0.29
1.00	-253.6	-347.04	0.6551	-147.0	-75.48	-2.27
2.00	166.1	-74.58	0.6565	-194.6	-36.99	-12.12
98.00	-5257.4	688.16	2.3030	1681.4	-203.65	-45.34
99.00	-4963.1	476.07	2.3625	1446.7	-217.22	-68.67
100.00	-4329.7	430.58	2.3494	1209.4	-214.52	-95.97

```
#DYNAMORUN, SENGEFO, SENGEINT, DATEI=ERG3, RERUN=✓
NOISE 3456789
RUN [3]
```

TIME	RBL	RDRA	SH	PCO	RDDRC	RDDRM
E-00	E-00	E-00	E-00	E-00	E-03	E-03
0.0	-416.5	387.47	1.2458	44.8	6.60	9.86
1.00	-160.4	-303.66	0.6039	-203.7	-70.91	1.59
2.00	116.1	-37.97	0.6067	-154.0	-26.96	-9.21
98.00	-4572.8	948.04	2.6525	2532.6	-113.52	30.98
99.00	-5106.9	806.99	2.5217	2446.5	-147.28	7.42
100.00	-5727.6	926.62	2.7972	2199.6	-170.67	-16.95

```
#DYNAMORUN, SENGEFO, SENGEINT, DATEI=ERG4, RERUN=✓
NOISE 4567890
RUN [4]
```

TIME	RBL	RDRA	SH	PCO	RDDRC	RDDRM
E-00	E-00	E-00	E-00	E-00	E-03	E-03
0.0	-511.9	354.23	1.0901	-13.6	4.72	7.06
1.00	-150.7	-306.07	0.8032	-171.9	-70.62	-1.95
2.00	277.9	-62.99	0.7695	-215.7	-30.70	-12.11
98.00	-4772.7	879.38	2.5011	2193.7	-142.30	1.46
99.00	-5412.6	829.02	2.8385	2011.0	-170.13	-19.59
100.00	-5349.9	723.37	2.8961	1834.3	-190.80	-46.47

*Zeitreihen - Output von fünf
stochastischen Simulationen
mit den Modellparametern*

```
#DYNAMORUN, SENGEFO, SENGEINT, DATEI=ERGS, RERUN=/  
NOISE 5678901  
RUN (5)
```

TIME	RBL	RDRA	SH	PCO	RDDRC	RDDRM
E-00	E-00	E-00	E-00	E-00	E-03	E-03
0.0	-770.2	264.21	0.6685	-171.7	-0.38	-0.57
1.00	-69.6	-330.14	0.6351	-228.1	-77.26	-2.29
2.00	118.4	-98.36	0.5939	-217.7	-27.44	-17.28
.
98.00	-4170.6	483.83	2.4167	1250.4	-209.03	-82.71
99.00	-3365.9	295.24	2.2648	995.6	-207.76	-105.27
100.00	-2277.1	307.03	2.3379	729.7	-190.35	-120.55

```
#LFA8., ERG1'ERG2'ERG3'ERG4'ERGS  
ABGEMELDET: ERG1(0002.00) KAT: KFDTT  
ABGEMELDET: ERG2(0002.00) KAT: KFDTT  
ABGEMELDET: ERG3(0002.00) KAT: KFDTT  
ABGEMELDET: ERG4(0002.00) KAT: KFDTT  
ABGEMELDET: ERG5(0002.00) KAT: KFDTT
```

```
#UEL., SATZNR, MO=PGDATLD
```

```
#MD., PGDATLD
```

```
#UEL., PAR2, MO=PARSTORE
```

```
#MD., PARSTORE
```

```
#UEL., PARSICH, MO=PS,
```

```
#MD., PS
```

```
#TU, UPA002.EPSLOAD
```

```
#EPS, COMMANDS=EPSORDERSTDR, TC=LFD(UPA002)  
F=ERG1, TF=LFD(KFDTT)
```

```
TITLE, 'SCHAETZEN DES SENGEMODELLS (STEQ=6) (10% NOISE-INPUT)';
```

```

DFDEF SENGE6;
DFHTER SENGE6;
MFDELETE, DUMMY;
DATA, NAMES=RBL RDRA SH PCO SDDRM BL BL2 BL3 DRA S PC PC1 PC2 PC3
DDRC RDDRC DORM RDDRM,
BEGIN= 1900 1,
NOBS= 101,
PER= 12,
FORMAT=(SE13.5),
INPUT=FILE,
FILE=SENGE6,
DO=0;
MFDEF SENG6FIL;
MFHI SENG6FIL;
STEQ, NAME=SEN6FIL.RBL, EQ=RBL=K1*S+K2*SDDRM+K3*BL+K4*BL2+K5*BL3,
PARAM=K1 K2 K3 K4 K5;
STEQ, NAME=SEN6FIL.RDRA, EQ=RDRA=K8*BL+K9*BL2+K10*BL3+K11*DRA,
PARAM=K8 K9 K10 K11;
STEQ, NAME=SEN6FIL.SH, EQ=SH=K12*DRA+K13*S,
PARAM=K12 K13;
STEQ, NAME=SEN6FIL.PCO, EQ=PCO=K14*PC+K15*PC1+K16*PC2+K17*PC3,
PARAM=K14 K15 K16 K17;
STEQ, NAME=SEN6FIL.RDDRC, EQ=RDDRC=K18*(BL/DRA-DDRC),
PARAM=K18;
STEQ, NAME=SEN6FIL.RDDRM, EQ=RDDRM=K19*(DDRC-DDRM),
PARAM=K19;
MODEL, NAME=SEN6FIL.SENG6MOD, EQUATION=RBL RDRA SH PCO RDDRC RDDRM;
ANALYSE, SEN6FIL.SENG6MOD;
OLS, SEN6FIL.RBL, OUT=MIN;
PARSTORE;
OLS, SEN6FIL.RDRA, OUT=MIN;
PARSTORE;
OLS, SEN6FIL.SH, OUT=MIN;
PARSTORE;
OLS, SEN6FIL.PCO, OUT=MIN;
PARSTORE;
OLS, SEN6FIL.RDDRC, OUT=MIN;
PARSTORE;
OLS, SEN6FIL.RDDRM, OUT=MIN;
PARSTORE;
STOP;

```

Abmelden der Dateien zur Sicherung der Simulationsergebnisse

Übersetzen und Montieren der Programme zur Archivierung der Schätzergebnisse

Bereitstellung der EPS-Bibliothek

Ausführung der Schätzung

EPS-Formulierung des Beispielprogramms

```

=====
SCHAETZEN DES SENGEMODELLS (STEQ=6) (10% NOISE-INPUT)
MODEL : RBL
EQUATION NAME: RBL
PERIOD : 1900 1 TO 1908 5 , PERIODICITY: 12 , METHOD: OLS
EQUATION :RBL
          = K1*S
          +K2*SDDRM
          +K3*BL
          +K4*BL2
          +K5*BL3
=====

```

PARAM-NAME	ESTIMATION	STD.-ERROR	T-STATISTIC	SIGN.LEVEL
K1	481.13901	4.26780	112.73708	0.0
K2	-61.97720	0.31954	-193.95667	0.0
K3	-0.62990	0.00835	-75.40202	0.0
K4	0.13544	0.00197	68.92670	0.0
K5	-0.01002	0.00018	-56.10122	0.0

EPS-Output auf Basis der ersten stochastischen Simulation

PARSTORE DONE

CONFIDENCE-INTERVALS:

```

P( 472.66734 <= K1 <= 489.61068 ) = 0.95
P( -62.61149 <= K2 <= -61.34290 ) = 0.95
P( -0.64648 <= K3 <= -0.61332 ) = 0.95
P( 0.13154 <= K4 <= 0.13934 ) = 0.95
P( -0.01038 <= K5 <= -0.00967 ) = 0.95

```

```

=====
COEFF. OF DETERMINATION R**2=0.99823 ADJUSTED. R**2 = 0.99813
DURBIN-WATSON BIASED. EQUATION HAS NO CONSTANT TERM
FOR AN EXACT DW-STATISTIC, USE SPECIFICATION: DWTEST=YES.
DURBIN-WATSON(101, 5)= 1.87410
SS RESIDUALS= 671388.43406 ESTIMATED VAR(RES)= 6993.62952
TEST ON HOMOSC.:F( 45, 45)= 1.75951 SIGN.-LEVEL = 0.03057
=====

```

#STARTE,PS,DATEI=80-ALLSKR'56-PARAM1

Sichern der geschätzten Parameter

```

#EPS,COMMANDS=EPSORDERSTOR,TC=LFD(UPA002)
F=ERG2,TF=LFD(KFDTT)

```

#STARTE,PS,DATEI=80-ALLSKR'56-PARAM2

Erneute Ausführung der Schätzung
Angabe und Sichern der geschätzten Parameter der übrigen vier Simulationen

#STARTE,PS,DATEI=80-ALLSKR'56-PARAM5

GESCHAETZTE PARAMETER AUS RUN [1]

```

481.13901 -61.97720 -0.62990 0.13544 -0.01002
0.63363 -0.13573 0.00909 -1.02678
0.00029 -0.04767
-0.07539 0.13204 -0.08347 0.02691
0.24980
0.16687

```

GESCHAETZTE PARAMETER AUS RUN (2)

475.99877	-61.63865	-0.61920	0.13272	-0.00977
0.62003	-0.13296	0.00979	-1.00310	
0.00029	-0.04757			
-0.07679	0.13980	-0.09264	0.02964	
0.25034				
0.16695				

GESCHAETZTE PARAMETER AUS RUN (3)

476.34392	-61.66689	-0.61895	0.13254	-0.00976
0.63318	-0.13567	0.00999	-1.02551	
0.00030	-0.04968			
-0.05909	0.10235	-0.06715	0.02409	
0.25021				
0.16595				

GESCHAETZTE PARAMETER AUS RUN (4)

473.76918	-61.52791	-0.61647	0.13250	-0.00977
0.00029	-0.04763			
-0.06662	0.11507	-0.07421	0.02509	
0.24948				
0.16658				

GESCHAETZTE PARAMETER AUS RUN (5)

476.92844	-61.65765	-0.61984	0.13227	-0.00969
0.61253	-0.13129	0.00967	-0.99101	
0.00029	-0.04902			
-0.08404	0.15396	-0.10056	0.03103	
0.24989				
0.16498				

Output - Übersicht der fünf Schätzungen (Parameter der Gleichungen Zeilenweise)

#UE., ALGAUSW, ALG60, MD=MWB

#MD., MWB

#STARTE, MWB, DATEI=55-PARAM1'56-PARAM2'57-PARAM3'58-PARAM4'59-PARAM5'60-MW

Übersetzen, Notieren und Starten eines Programms zur Berechnung der Mittelwerte der geschätzten Parameter

MITTELWERTE DER GESCHAETZTEN PARAMETER

476.83594
-61.69366
-0.62087
0.13309
-0.00980
0.62588
-0.13419
0.00989
-1.01314
0.00029
-0.04811
-0.07239
0.12884
-0.08361
0.02735
0.24994
0.16627

Output des Mittelwerte-Programms

```
#UE.,EPSDYN,ALG60,MD=UEGPR  
#MD.,UEGPR  
#STARTE,UEGPR,DATEI=50-MW'S1-AUS
```

```
MITTELWERTE DER GESCHAETZTEN PARAMETER  
ALS DYNAMO-KONSTANTENGLICHUNGEN
```

```
C K1=+4.76836E+02  
C K2=-6.16937E+01  
C K3=-6.20870E-01  
C K4=+1.33090E-01  
C K5=-9.80000E-03  
C K8=+6.25880E-01  
C K9=-1.34190E-01  
C K10=+9.89000E-03  
C K11=-1.01314E+00  
C K12=+2.90000E-04  
C K13=-4.81100E-02  
C K14=-7.23900E-02  
C K15=+1.28840E-01  
C K16=-8.36100E-02  
C K17=+2.73500E-02  
C K18=+2.49940E-01  
C K19=+1.66270E-01  
RUN
```

```
#DYNAMORUN,SENGEFO,SENGEINT,DATEI=ERG6,RERUN=AUS
```

TIME	RBL	RDRA	SH	PCD	RDDRC	RDDRM
E-00	E-00	E-00	E-00	E-00	E-03	E-03
0.0	-1072.3	164.26	0.1651	-358.1	-6.21	-9.30
1.00	-203.8	-455.88	0.8087	-141.9	-82.62	-3.89
2.00	252.6	-65.53	0.6672	-195.7	-26.06	-13.52
.
98.00	-470.8	303.29	2.0713	523.6	-157.64	-139.43
99.00	542.9	456.08	1.5809	358.9	-133.59	-143.54
100.00	1257.1	625.44	1.7328	302.3	-101.54	-146.16

THE END

Übersetzen, Routieren und Starten
eines Programms zur Übergabe
der geschätzten Parameter von
EPS zu DYNATO

Output des Parameterübergabe-
Programms

Simulation mit den geschätzten
Parametern (hier: den Mittel-
werten der geschätzten Parameter)

7. Literaturverzeichnis

- [1] Schmidt, H./Schips, B. (Hrsg.): Verknüpfung sozio-ökonomischer Modelle. Wissenschaftliches Analyse- und politisches Entscheidungsinstrument. Frankfurt/M. 1980

- [2] Dickhoven, S. (Hrsg.): Modellierungssoftware. Proceedings der GMD-Tagung: Status und Anforderungen auf dem Gebiet der Modell-Software. Bonn 1976

- [3] Klösgen, W.: Leistungsspektrum sozioökonomischer Modellsoftware - Bestandsaufnahme und Anforderungen. Bericht IPES.76.103 (GMD). Bonn 1976

- [4] Heike, H.-D. (Hrsg.): Modellierungs-Software. Berlin - New York 1981

- [5] Sommer, M.: System Dynamics und Makroökonomie. Dynamische makroökonomische Modellierung in multimethodologischer Sicht. Bern - Stuttgart 1981

- [6] Sommer, M.: Predictive and non-predictive validation strategies for system dynamics models. In: Applied Systems Analysis 1981, S. 108-115

- [7] Senge, P.M.: Statistical Estimation of Feedback Models. In: Simulation, Vol. 28, No. 6, 1977, S. 177-184

- [8] Heike, H.-D.: Klassifikation von Modellierungs-Software unter besonderer Berücksichtigung der Sozialwissenschaften. In: Heike, H.-D. (Hrsg.): Modellierungs-Software. Berlin - New York 1981, S. 9-30

- [9] Dickhoven, S./Klösgen, W./Schwarz, W.: Das GMD-Modellbank-system zur Unterstützung der Arbeit mit sozio-ökonomischen Planungsmodellen. In: Heike, H.-D. (Hrsg.): Modellierungs-Software. Berlin - New York 1981, S. 383-398
- [10] Zwicker, E.: Simulation und Analyse dynamischer Systeme in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Berlin - New York 1981
- [11] Haas, H.: Econometric Program System - User's Manual. Diskussionsarbeit Nr. 36, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Bielefeld 1978.
- [12] Frohn, J./Haas, H.: Das ökonometrische Programmsystem EPS. Opladen 1982