



**WSG 26/92**

**Telekommunikationsverhalten im  
europäischen Forschungsnetzwerk EARN:  
Ein Prototyp eines dynamischen Modells**

**Manfred M. Fischer, Wolf-Dieter Grossmann  
und Jutta Pfisterer-Pollhammer**

Institut für Wirtschafts-  
und Sozialgeographie

**Wirtschaftsuniversität  
Wien**

Department of Economic  
and Social Geography

**Vienna University of  
Economics and Business  
Administration**

**Abteilung für Theoretische und Angewandte Wirtschafts- und Sozialgeographie  
Institut für Wirtschafts- und Sozialgeographie  
Wirtschaftsuniversität Wien**

**Vorstand: o.Univ.Prof. Dr. Manfred M. Fischer  
A - 1090 Wien, Augasse 2-6, Tel. (0222) 313 36 - 4836**

**WSG 26/92**

**Telekommunikationsverhalten im  
europäischen Forschungsnetzwerk EARN:  
Ein Prototyp eines dynamischen Modells**

**Manfred M. Fischer, Wolf-Dieter Grossmann  
und Jutta Pfisterer-Pollhammer**

**WSG-Discussion Paper 26**

**November 1992**

Gedruckt mit Unterstützung  
des Bundesministerium  
für Wissenschaft und Forschung  
in Wien

**WSG Discussion Papers are interim  
reports presenting work in progress  
and papers which have been submitted  
for publication elsewhere.**

**ISBN 3 85037 028 3**

## 1. Einleitung

Internationale Computernetzwerke sind im Laufe der letzten Jahre zu einem wichtigen Hilfsmittel in Wissenschaft und Forschung geworden. Der Nutzen von internationalen Computernetzwerken für die universitäre Lehre und Forschung kann kaum überschätzt werden. Computernetzwerke erlauben die Übermittlung von Daten, Programmen und Dokumenten (Electronic Mail) und ermöglichen darüber hinausgehend den Zugriff zu Rechnerressourcen, Datenbanken und Informationssystemen. Das Computernetzwerk EARN (European Academic Research Network) wurde auf Initiative von einigen führenden europäischen Universitäten und IBM Europa im Jahre 1983 gestartet. Zu dieser Zeit gab es bereits weltumspannende Computernetzwerke großer internationaler Unternehmen und US-amerikanischen Universitäten, zum Beispiel das Computernetzwerk BITNET (Because It's Time) seit 1981. Seit 1984 sind auch österreichische Universitäten an EARN angeschlossen.

Der vorliegende Beitrag ist das Ergebnis eines Forschungsvorhabens des Instituts für Wirtschafts- und Sozialgeographie der Wirtschaftsuniversität Wien, das sich mit der Simulation der EARN-Nutzung an der Universität Wien - im Rahmen eines vom Fonds für Förderung der wissenschaftlichen Forschung geförderten Projektes 'Austria in European Communication Networks' - befaßte. Hierbei wurde von einer konzeptbasierten - im Gegensatz zu einer datenbasierten - Modellierung ausgegangen, mit deren Hilfe die Determinanten der Entwicklung der EARN-Nutzung erfaßt und in Form eines systemdynamischen - auf der Theorie der Informationsrückkopplungssysteme basierenden - Modells abgebildet werden sollten. Zielsetzung dieses Beitrags ist es, die Struktur dieses EARN-Modells zu beschreiben und Ergebnisse des Basisszenarios zu diskutieren.

## 2. Struktur und Elemente des Modells

Das EARN-Modell ist ein systemdynamisches, auf der Theorie der Informationsrückkopplungssysteme basierendes Simulationsmodell. Als Grundelement des Modells treten positive und negative Rückkopplungsschleifen auf. Positive Rückkopplungen wirken verstärkend, negative kompensierend. Entscheidend für das Zusammenspiel von positiven und negativen Rückkopplungsschleifen sind zwei Variablentypen:

- Zustands- oder Bestandsgrößen (Zustandsvariable), die den jeweils aktuellen Zustand des Systems beschreiben, und
- Fluß- oder Stromgrößen (Fluß- oder Veränderungsratevariablen), die die Veränderungen der Zustandsvariablen im Zeitablauf bewirken,

sind notwendig und zugleich hinreichend, um eine Rückkopplungsschleife aufzubauen (vgl. FORRESTER 1972, KLATT, KOPF und KULLA 1974, SOMMER 1981). Hilfsvariablen dienen ausschließlich dazu, kompliziertere Ratengleichungen zu entflechten, und können prinzipiell schrittweise eliminiert werden.

### 2.1. Zustandsvariable und Zustandsgleichungen

Zustandsgrößen (Werte der Zustandsvariablen) bringen das Zustandsniveau des Modells zu jedem beliebigen Zeitpunkt zum Ausdruck. Als Zustandsvariable akkumulieren sie alle Nettoeffekte, die über die Zeit durch Zu- und Abflüsse ihre Anfangswerte verändern. Diese Akkumulation erfolgt mathematisch betrachtet als Rechteckintegration, die das wahre Integral untersummiierend integriert (vgl. FORRESTER 1972). Bezeichnet man das äquidistante Lösungsintervall (diskrete kleine Zeitdifferenz, hier 1 Jahr) zwischen dem aktuellen Zeitpunkt  $K$  und dem unmittelbar vorangehenden

Zeitpunkt J mit DT, so lautet die Zustandsgleichung in der DYNAMO-Schreibweise (vgl. FORRESTER 1972, SOMMER 1981):

$$\mathbf{Z.K} = \mathbf{Z.J} + (\mathbf{DT}) * (\mathbf{RZ.JK} - \mathbf{RA.JK}) \quad (1)$$

Die Bestandsgleichung muß rechtsseitig den vorangehenden Zustandsvariablenwert Z.J und mindestens je eine Zufluß- und Abflußrate (RZ.JK und RA.JK) bzw. eine Nettoveränderungsrate enthalten. Die einzige Flexibilität einer Zustandsgleichung besteht darin, daß sie auch mehrere Zuflußraten- und Abflußratenvariablen enthalten kann. Zustandsgleichungen sind reine Definitionsgleichungen, die die intertemporale Kontinuität der Modellzustände in Form von Differentialgleichungen erster Ordnung gewährleisten (vgl. SOMMER 1981).

Zur Beschreibung und Modellierung des EARN-Verkehrs werden folgende sechs Zustandsvariablen herangezogen:

<b>ID</b>	die User-Ids pro Jahr,
<b>SENDA</b>	die aktiven EARN-Sender pro Jahr (aktiv in dem Sinne, daß mindestens eine EARN-Sendung im Jahr durchgeführt wird),
<b>RECIA</b>	die aktiven EARN-Empfänger pro Jahr (aktiv in dem Sinne, daß mindestens ein EARN-Eingang pro Jahr empfangen wird),
<b>ERE</b>	die EARN-Kontakte pro Jahr und EARN-Benutzer
<b>SY</b>	die EARN-Sendungen pro Jahr und Sender
<b>RY</b>	die EARN-Eingänge pro Jahr und Empfänger

Ausgehend von der empirischen Beobachtung, daß an der Universität Wien wesentlich mehr EARN-Transaktionen empfangen als versendet werden, ist es sinnvoll, zwischen EARN-Sendungen und EARN-Eingängen sowie zwischen aktiven EARN-Sendern und aktiven EARN-Empfängern zu unterscheiden. Eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Voraussetzung für die Nutzung des Telekommunikationsmediums EARN ist die Verfügbarkeit einer User-Id (EDV-Benutzungs-berechtigung). EARN-Transaktionen setzen ferner Kontakte voraus. Die Bestandsgleichungen für die vier Zustandsvariablen ID, SENDA, RECIA und ERE lauten:

$$\mathbf{ID.K} = \mathbf{ID.J} + \mathbf{DT} * (\mathbf{IDZUN.JK}) * (\mathbf{VM.JK}) \quad (2)$$

$$\mathbf{SENDA.K} = \mathbf{SENDA.J} + \mathbf{DT} * (\mathbf{SENDN.JK}) \quad (3)$$

$$\mathbf{RECIA.K} = \mathbf{RECIA.J} + \mathbf{DT} * (\mathbf{RECIN.JK}) \quad (4)$$

$$\mathbf{ERE.K} = \mathbf{ERE.J} + \mathbf{DT} * (\mathbf{EI.JK} - \mathbf{EO.JK}) \quad (5)$$

mit

<b>IDZUN</b>	jährliche Nettoveränderung der User-Ids (exogen),
<b>SENDN</b>	jährliche Nettoveränderung der EARN-Sender,
<b>RECIN</b>	jährliche Nettoveränderung der EARN-Eingänge,
<b>EI</b>	jährliche Zunahme von EARN-Kontakten,
<b>EO</b>	jährliche Abnahme von EARN-Kontakten,
<b>VM</b>	ein Modifikator, der die Terminalverfügbarkeit anzeigen soll und definiert ist mit:

$$\mathbf{VM.K} = \mathbf{TABLE} (\mathbf{VMT}, \mathbf{ZEIT} \mathbf{1984}; \mathbf{1991}; \mathbf{2004}) \quad (6)$$

mit

$$\mathbf{VMT} = \mathbf{0.13}; \mathbf{0.33}; \mathbf{0.4}$$

wobei VM.K sich durch **TERMINAL/ID** ergibt und Hilfsvariable **TERMINAL** durch folgende zeitabhängige Tabellenfunktion dargestellt wird:

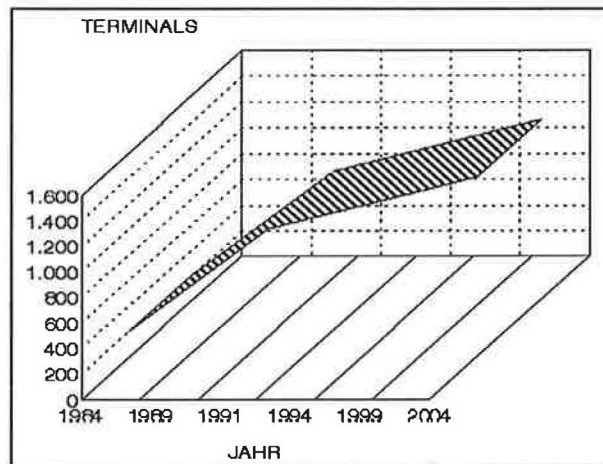
$$\text{TERMINAL.K} = \text{TABLE}(\text{TERMINALT}, \text{ZEIT}, 1984; 1991; 2004) \quad (7)$$

mit

$$\text{TERMINALT} = 200; 1000; 1400$$

Die Hilfsvariable TERMINAL kennzeichnet die Anzahl der Terminals und wird in Form einer zeitabhängigen Tabellenfunktion bestimmt (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Ermittlung von TERMINAL mit Hilfe einer Tabellenfunktion



Im Falle der Ermittlung der Variablen ID, SENDA und RECIA läßt das vorhandene Datenmaterial keine Aufgliederung in Zu- und Abflüsse zu.

Bei der Ermittlung der Zustandsgrößen EARN-Sendungen (SY) und EARN-Eingänge (RY) werden exponentielle Informationsdelays 1. Ordnung berücksichtigt, deren spezifische Zeitcharakteristik bei vorgegebenem Rechenintervall DT von seiner durchschnittlichen Verzögerungszeit abhängt:

$$\text{SY.K} = (1 - \text{DT} * (1/\text{SYAT})) * \text{SY.J} + \text{DT} * (1/\text{SYAT}) * \text{SENDINGSP.J} * \text{SENDA.J} \quad (8)$$

$$\text{RY.K} = (1 - \text{DT} * (1/\text{RYAT})) * \text{RY.J} + \text{DT} * (1/\text{RYAT}) * \text{RECEIPTSP.J} * \text{RECIA.J} \quad (9)$$

wobei von einer durchschnittlichen Verzögerungszeit  $\text{SYAT} = \text{RYAT} = 1,5$  Jahre ausgegangen wird. SENDINGSP sowie RECEIPTSP sind Einflußfaktoren (Hilfsvariable), die durch multiplikatives Verändern der Zustandsgröße SY bzw. RY die jeweilige Höhe der Zugangsrate bestimmen. Sie werden gewonnen als

$$\text{SENDINGSP.K} = \min(\text{ERE.K}, \text{SSMAX.K}) \quad (10)$$

$$\text{RECEIPTS.K} = \min(\text{ERE.K}, \text{RRMAX.K}) \quad (11)$$

SSMAX (bzw. RRMAX) kennzeichnen den maximalen Zeitaufwand eines EARN-Users für die Erstellung einer Sendung (bzw. Lesen eines Eingangs). Die möglichen Sendungen und Eingänge sind abhängig von der Anzahl der bestehenden Kontakte (ERE.K, Gleichung (5)) sowie von dem zeitlichen Maximum, das der jeweilige User für EARN zur Verfügung hat. Je mehr Kontakte somit ein User besitzt, desto weniger Zeit wird er für die einzelnen Kontakte haben. Der maximale Zeitaufwand für die jeweilige EARN-Transaktion wurde in Minuten gemessen und wird durch die Tabellenfunktion SSMAX und RRMAX ausgedrückt. Hierbei wird die rasante technische Entwicklung seit der Errichtung von EARN, die sich im Endeffekt auch auf die Zeit (in Minuten) zur Erstellung einer

Sendung bzw. eines Eingangs auswirkt, in einer zeitabhängigen Tabellenfunktion (SSMAX.K, RRMAX.K) berücksichtigt:

$$\text{SSMAX.K} = \text{TABLE}(\text{SSMAXT}, \text{ZEIT } 1984; 1991; 2004) \quad (12)$$

mit

$$\text{SSMAXT} = 15; 8; 2$$

$$\text{RRMAX.K} = \text{TABLE}(\text{RRMAXT}, \text{ZEIT } 1984; 1991; 2004) \quad (13)$$

mit

$$\text{RRMAXT} = 14; 7.5; 3.6$$

## 2.2. Flußraten und Ratengleichungen

Im Gegensatz zu den Bestandsgrößen, die aus früheren Werten der Zustandsvariablen und den veränderten Strömen berechnet werden, sind Fluß- oder Veränderungsratevariable nicht von ihren früheren Werten abhängig. Flußraten resultieren aus gegenwärtigen Zustandsgrößen, Hilfsvariablen und Konstanten. Ratengleichungen sind Verhaltensgleichungen, in denen die erklärte Variable die Flußvariable bildet und die erklärenden Variablen letztlich nach Substitution aller intermediären Hilfsvariablen Zustandsvariablen sind. Die Hilfsvariablen dienen zur Komplexitätsbewältigung der Ratenverhaltensgleichungen.

Im EARN-Modell werden die Veränderungsraten SENDN (jährliche Nettoveränderung der EARN-Sender), RECIN (jährliche Nettoveränderung der EARN-Empfänger) und EI (jährliche Zunahme von EARN-Kontakten) durch Multiplikation einer konstanten Durchschnittsgröße, eines Modifikators (einer Hilfsgröße), der die Durchschnittsrate modifiziert, und einer passenden Bestandsgröße ermittelt:

$$\text{SENDGN.JK} = \text{SENDGN} * \text{SENDGM.K} * \text{SENDA.K} \quad (14)$$

$$\text{RECIN.JK} = \text{RECIGN} * \text{RECIGM.K} * \text{RECIA.K} \quad (15)$$

$$\text{EI.JK} = \text{RSFN} * \text{CRM.K} * \text{CA.K} \quad (16)$$

mit

<b>SENDGN</b>	durchschnittliche jährliche EARN-Sender Zuwachsrate normal,
<b>SENDGM</b>	EARN-Sender Modifikator,
<b>RECIGN</b>	durchschnittliche jährliche EARN-Eingang Zuwachsrate normal,
<b>RECIGM</b>	EARN-Empfänger Modifikator,
<b>RSFN</b>	Konstante des Beziehungsaufbaus normal (Prozent der neuen Kontakte, die mit EARN weitergeführt werden),
<b>CRM</b>	Kontakt-Beziehungs Modifikator,
<b>CA</b>	neue Kontakte pro Jahr und EARN-User.

Die Modifikatoren SENDGM, RECIGM und CRM bieten typische Manipulationsmöglichkeiten für die konstanten Zuwachsraten SENDGN, RECIGN und RSFN, die im Rahmen von Sensitivitätsanalysen analysiert werden können und in Form von Tabellenfunktionen bestimmbar sind:

$$\text{SENDGM.K} = \text{TABLE}(\text{SENDGMT}, \text{SENDR}, 0; 0.0080; 0.020; 0.025; 0.04) \quad (17)$$

mit

$$\text{SENDGMT} = 6; 2; 0.25; 0.05; 0$$

SENDGM modifiziert die durchschnittliche EARN-Sende-Zuwachsrate (SENDN.K) und nimmt in diesem Fall Werte zwischen 6 und 0 an.

$$\text{RECIGM.K} = \text{TABLE} (\text{RECIGMT}, \text{RECIR}, 0; 0.04; 0.075; 0.09; 0.16) \quad (18)$$

mit

$$\text{RECIGMT} = 6; 2; 0.25; 0.05; 0$$

RECIGM modifiziert die durchschnittliche EARN-Empfänger Zunahmerate (RECIN.K) und nimmt in diesem Fall Werte zwischen 6 und 0 an.

$$\text{CRM.K} = \text{TABLE} (\text{CRMT}, \text{CRR}, 1; 1.25; 2; 3; 4) \quad (19)$$

mit

$$\text{CRMT} = 0; 0.08; 0.35; 0.45; 0.5$$

CRM modifiziert die durchschnittliche EARN-Kontakt Zunahme (EI.K) und nimmt die Werte zwischen 0 und 0.5 an.

SENDR, RECIR und CRR sind Hilfsvariable, die als Quotienten, d.h. als Anteil der aktiven EARN-Sender an den User-Ids, als Anteil der aktiven EARN-Empfänger an den User-Ids bzw. als Anteil der neuen Kontakte an allen EARN-Kontakten definiert sind:

$$\text{SENDR.K} = \text{SENDA.K} / \text{ID.K} \quad (20)$$

$$\text{RECIR.K} = \text{RECIA.K} / \text{ID.K} \quad (21)$$

$$\text{CRR.K} = \text{CA.K} / \text{ERE.K} \quad (22)$$

mit

$$\text{CA.K} = (\text{SENDAM.K} * \text{SENDA.K}) * (\text{RECIAM.K} * \text{RECIA.K}) \quad (23)$$

wobei die Modifikatoren SENDAM.K und RECIAM.K in Form von Modifikatoren vorgegeben sind:

$$\text{SENDAM.K} = \text{TABLE} (\text{SENDAMT}, \text{SENDA}, 0; 100; 200; 1600; 5000) \quad (24)$$

mit

$$\text{SENDAMT} = 0; 30; 40; 120; 210$$

$$\text{RECIAM.K} = \text{TABLE} (\text{RECIAMT}, \text{RECIA}, 0; 100; 200; 1600; 5000; 10000) \quad (25)$$

mit

$$\text{RECIAMT} = 0; 35; 50; 150; 250; 360$$

Schließlich hat die Ratengleichung für die Abflußrate EO die folgende einfache Form:

$$\text{EO.KL} = (1/\text{ERDN}) * \text{ERE.K} \quad (26)$$

wobei unterstellt wird, daß jeder EARN-Kontakt eine durchschnittliche normale "Lebensdauer" (ERDN) von drei Jahren hat.

### 2.3. Struktur des Modells

Das EARN-Modell ist aus drei Modulen aufgebaut:

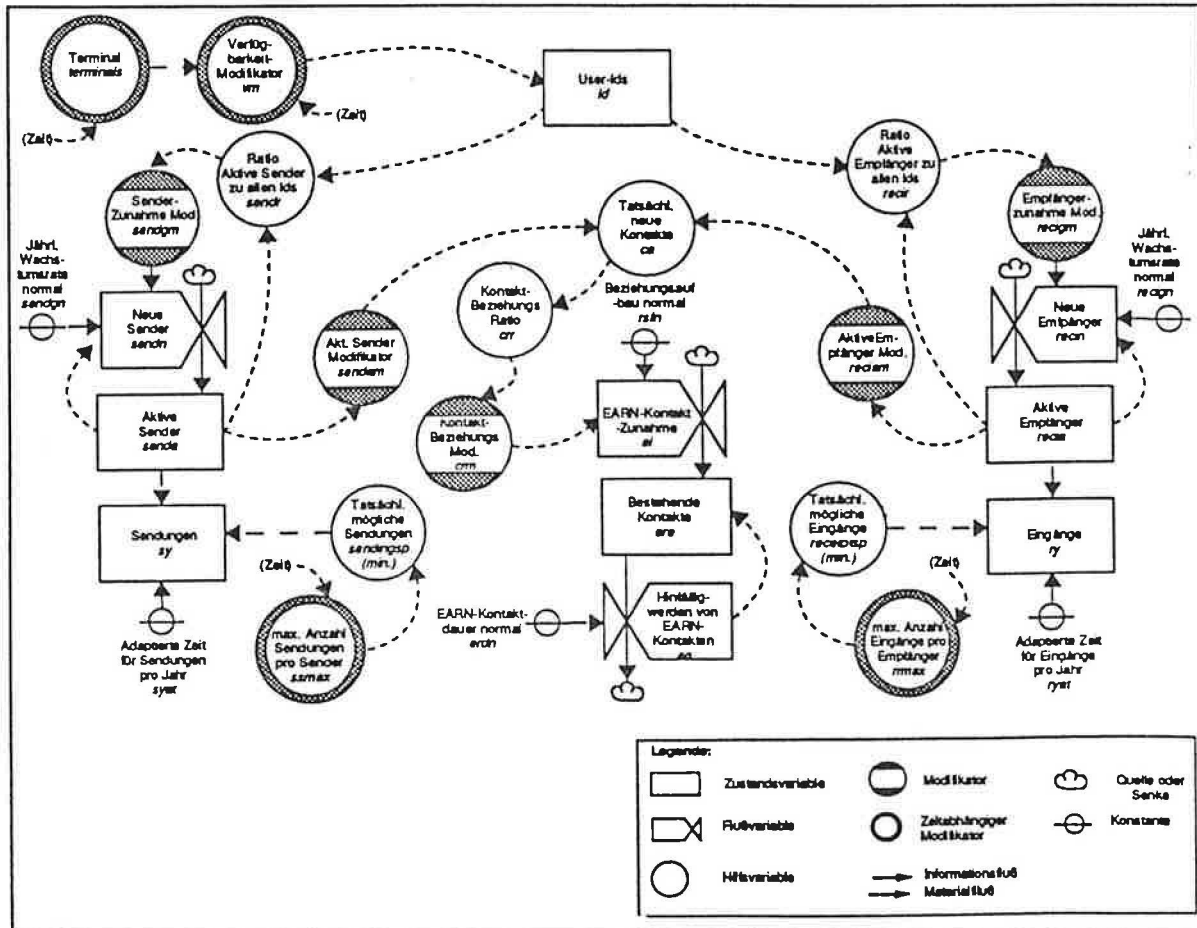
- einem Sender-Modul, zur Simulation des EARN-Sendeaufkommens,



- einem Empfänger-Modul, zur Simulation des EARN-Eingangsaufkommens, und
- einem Kontaktmodul.

Das Flußdiagramm in Abb. 2 zeigt, daß das Sender- und das Empfängermodul symmetrisch aufgebaut sind. Diese beiden Module sind über die Zustandsvariable ID miteinander und über die Hilfsvariable CA mit dem Kontaktmodul verbunden.

Abb. 2: Flußdiagramm des EARN-Modells



### 3. Erste Ergebnisse der Systemsimulation

Die Auswertungen der auf empirischen Daten für die Universität Wien basierenden Ergebnisse bis zum Jahr 2004 konzentrieren sich auf das Null- oder Basisszenario und hier auf die Prognose der Zustandsvariablen ID, SENDA, SY und ERE. Das Modell wurde mit Hilfe des Softwarepakets DYS/ARC entwickelt, das den Quick Basic Compiler der Firma Microsoft verwendet, jedoch wurde es für die vorliegende Arbeit in DYNAMO übersetzt.

#### 3.1. Informationsbasis und Variablenspezifikation

Um die für das EARN-Modell benötigten Informationen zu beschaffen, wurde im Zeitraum 14.1. - 27.1.1991 an der Universität Wien eine Befragung durchgeführt. Grundgesamtheit der Befragung waren alle Personen, die zu diesem Zeitpunkt über eine Benutzungsberechtigung verfügten (das sind

ca. 3500, wobei allerdings nur 71,4% diese auch tatsächlich benutzen). Mit Hilfe des Rechenzentrums konnten die 5,7% aller User-Ids, die EARN regelmäßig verwenden, identifiziert und via EARN kontaktiert und befragt werden. Der erste Teil der Befragung befaßte sich mit EARN-spezifischen Fragen, wie z.B. Standort, Verwendungszweck, Ziele der EARN-Sendungen usw. und mußte im Zeitraum vom 14.1. - 21.1.1991 beantwortet werden. Der zweite Teil wurde nur an diejenigen EARN-User gesandt, die auch an dem ersten Teil teilgenommen hatten. Im Mittelpunkt standen hier Fragen zur Person der Befragten, sozioökonomische Charakteristika, Stellung in der Universität, Vertrautheit mit und Zugang zu Telekommunikationsmedien etc. Insgesamt nahmen 53 Personen (26,5% der regelmäßigen EARN-User) an der Befragung teil, darunter waren 2 Universitätsprofessoren/innen, 5 Universitätsdozenten/innen, 18 Universitätsassistenten/innen, 4 wissenschaftliche Beamte/innen, 16 Studenten/innen. Mehr als dreiviertel der EARN-Benutzer war jünger als 40 Jahre. Die EARN-Kommunikation findet großteils mit Partnern im Ausland statt (92,5% der Fälle), vor allem mit den USA (64,2% der Fälle), gefolgt von Deutschland (24,5% der Fälle) und Großbritannien (9,7%). Durchschnittlich versendet der typische EARN-Benutzer von der Universität Wien aus 21 Transaktionen im Monat, empfängt aber durchschnittlich 87 Transaktionen. Zwei von drei EARN-Benutzern führen die Transaktionen von ihrem Arbeitszimmer via Terminal durch.

Die Bestandsgleichungen (2) - (5), (8) - (9) gehen von folgendem Anfangsbestand für 1984 aus:

**ID.1984** = 1500  
**SENDA.1984** = 1  
**RECIA.1984** = 1  
**ERE.1984** = 1  
**SY.1984** = 60  
**RY.1984** = 240

wobei

**IDZUN** = 125 [neue Benutzungsberechtigungen pro Jahr]  
**SYAT** = 1,5 [Jahre]  
**RYAT** = 1,5 [Jahre]

Die durchschnittliche EARN-Senderzuwachsrate SENDGN wurde zu 20% des Vorjahresbestandes ermittelt, die durchschnittliche EARN-Empfänger Zuwachsrate normal (RECIGN) mit 20% und der Beziehungsaufbau normal RSNF mit 50% (d.h. 50% der neuen wissenschaftlichen Kontakte werden mit EARN weitergeführt) festgelegt. Die Herleitung und Begründung der numerischen Werte der Tabellenfunktionen stützt sich auf eigene Berechnungen, auf deren Wiedergabe hier verzichtet wird.

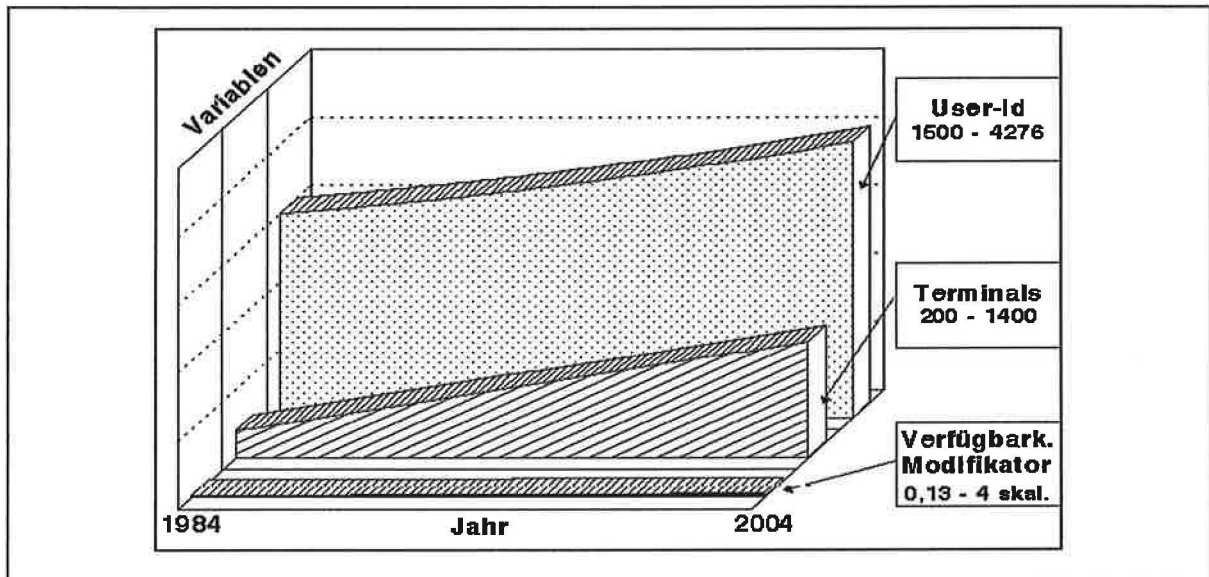
### 3.2. Interpretation der Ergebnisse des Basisszenarios

Die Kurven der Abb. 3 und 4 zeigen das Verhalten der wichtigsten Systemvariablen des Simulationsmodells. Die Abszisse stellt die Zeitachse in Jahresabständen dar. Die Ordinate fungiert als Variablenachse, wobei zu den einzelnen Variablen unterschiedliche Maßstabsbereiche gehören. Im folgenden soll nun die Entwicklung der wichtigsten Systemvariablen des in 2. beschriebenen Modells innerhalb des Zeitraums 1984 - 2004 beschrieben und die bedeutendsten Ursache-Wirkungsketten aufgedeckt werden.

In den 80er Jahren nimmt die Anzahl der User-Ids (ID) und Terminals (TERMINAL) relativ stark zu, während in den 90er Jahren nur mehr ein mäßiger Zuwachs zu beobachten ist (vgl. Abb. 2). Der ID-Verlauf zeigt, daß im Jahr 2004 mit bis zu 4276 User-Ids an der Universität Wien zu rechnen sein wird. Dieses Ergebnis steht auch in Einklang mit den Expertenschätzungen des Rechenzentrums der Universität Wien, nach denen im Zeitraum 1984 - 2000 mit der Vergabe von 3500 Benutzungsberechtigungen gerechnet wird. Ein Sättigungswachstum ist auch für die zeitabhängige

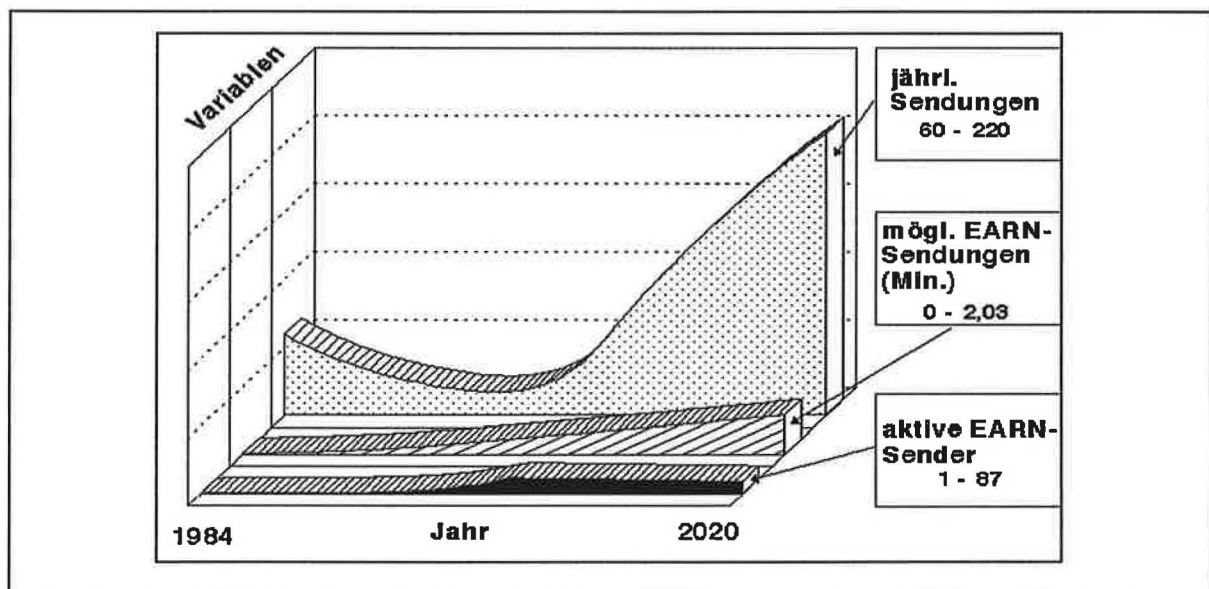
Variable der Terminals (TERMINAL) zu beobachten, ebenso wie für den Verfügbarkeitsmodifikator (VM). Der Verfügbarkeitsmodifikator drückt aus, wievielen Benutzern ein Terminal zur Verfügung steht. Waren es 1984 13 Benutzer pro Terminal, so werden 40 User pro Terminal im Jahr 2004 erwartet. Hierbei wird auch die Entwicklung des Verhältnisses von Studenten und wissenschaftlichem Universitätspersonal berücksichtigt (vgl. Abb. 3).

**Abb. 3: Modellsimulation - Basisszenario (1984 - 2004): Entwicklungsverlauf der Zustandsvariable ID, des Modifikators TERMINAL und des Modifikator**



Wie man in Abb. 4 unschwer erkennen kann, ist die Entwicklung der aktiven Sender (SENDA) durch ein exponentielles Wachstum gekennzeichnet. Der Kurvenverlauf der Hilfsvariablen SENDINGSP erreicht im Jahr 1987 sein Maximum, der Kurvenverlauf der Zustandsvariablen SY - nach einem Zeitverzug von einigen Jahren - im Jahre 1995. Bei gleichbleibender Relation EARN-Sender zu EARN-Empfänger (1:4) sowie der konstanten jährlichen EARN-Benutzer Zuwachsrates (SENDGN bzw. RECIGN = 0,2) von 20% wird für die Zustandsvariable SENDA das Maximum im Jahr 2004 mit 87 aktiven EARN-Sendern erwartet.

**Abb. 4: Modellsimulation - Basisszenario (1984 - 2004): Entwicklungsverlauf der Zustandsvariablen SENDA und SY sowie der Hilfsvariable SENDINGSP**



#### 4. Schlußfolgerung

Die Evaluation der Modellergebnisse ist bis dato noch nicht abgeschlossen. Plausibilitätsüberlegungen jedoch zeigen bereits zu diesem Zeitpunkt, daß die Modellstruktur unseres Erachtens für die vorliegende Aufgabenstellung als zweckmäßig angesehen werden kann. Die Modellergebnisse sind stets in Relation zu den getroffenen Annahmen, Vereinfachungen und Mängeln am Dateninput zu sehen. Zumindest kann eine größenordnungsmäßige und im Trendverhalten plausible Entwicklung verfolgt werden. Eine Übertragung der Modellstruktur auf andere Universitäten und deren Durchrechnung erscheint als interessante zukünftige Arbeit. Besonderes Augenmerk verdienen dabei die Experimentierläufe, die zusätzliche Vergleichsmöglichkeiten schaffen. Schließlich sollten auch die statistischen Tests zur Evaluierung des Modells herangezogen werden.

Mit dem EARN-Modell liegt ein brauchbares Mittel zur Darstellung, Erklärung und Planung der EARN-Nutzung vor.

**Anmerkung:** Die Studie wurde im Rahmen des Forschungsprojektes "Austria in European Communication Networks", dem österreichischen Beitrag zum ESF-Netzwerk NECTAR (Network for European Communication and Transportation Research), mit Mitteln des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung gefördert (P7516).

#### Literatur

FORRESTER, J. W. (1972): Grundzüge der Systemtheorie. Wiesbaden

KLATT, S., KOPF, J. und KULLA, B. (1974): Systemsimulation in der Raumplanung. Hannover

MRACEK, J. und WEHINGER, W. (1986): EARN-Handbuch. Stuttgart

QUARTERMAN, J. S. (1990): The Matrix. New York

SCHÜLEIN, W. (1979): Anwendung des Systemsimulationmodells BAYMO 70 auf die Stadtentwicklung. Basel