



Geographische Modelle und Simulationen

Anmerkungen zur Modellkonstruktion und Entwicklung von Computerprogrammen am Beispiel der Geosimulation GEOLAB und MOBIT

Volker Albrecht, Reiner Dölger, Stephan Sigler, Wolfgang Wasser

Zitieren dieses Artikels:

Albrecht, V., Dölger, R., Sigler, S., & Wasser, W. (1990). Geographische Modelle und Simulationen. Anmerkungen zur Modellkonstruktion und Entwicklung von Computerprogrammen am Beispiel der Geosimulation GEOLAB und MOBIT. *Geographie und ihre Didaktik*, 18(3), S. 130-146. doi 10.60511/zgd.v18i3.383

Quote this article:

Albrecht, V., Dölger, R., Sigler, S., & Wasser, W. (1990). Geographische Modelle und Simulationen. Anmerkungen zur Modellkonstruktion und Entwicklung von Computerprogrammen am Beispiel der Geosimulation GEOLAB und MOBIT. *Geographie und ihre Didaktik*, 18(3), pp. 130-146. doi 10.60511/zgd.v18i3.383

Geographische Modelle und Simulationen

Anmerkungen zur Modellkonstruktion und Entwicklung von Computerprogrammen am Beispiel der Geosimulation GEOLAB¹⁾ und MOBIT²⁾.

von VOLKER ALBRECHT, REINER DÖLGER, STEPHAN SIGLER und WOLFGANG WASSER (Frankfurt)

1. Didaktische und modelltheoretische Überlegungen

1.1 Didaktische Leitideen für die Entwicklung von geographischen Computersimulationen.

Es gibt keinen Zweifel: Computersimulationen sind 'in'. Verbunden damit sind Schlagworte wie 'vernetztes und ökologisches Denken' und 'umweltgerechtes Handeln', die im Zusammenhang mit verschiedenen Lösungsstrategien des Umweltschutzes gerne benutzt werden. Weltweit werden immer mehr umweltbezogene Daten erfaßt und anwendungsbezogen aufgearbeitet. Datenvielfalt und Datenmenge sind sicherlich eine wichtige Voraussetzung für ein 'umweltgerechtes Handeln'. Entscheidend jedoch ist, welchen Ordnungsvorstellungen, Modellen von Natur und Mensch-Umwelt-Verhältnissen diese Daten zugeordnet und für welche politischen Zielvorstellungen sie eingesetzt werden.

Das trifft besonders für Modelle zu, die Grundlage von Simulationen sind und mit deren Hilfe Auswirkungen von Nutzungsveränderungen und -entscheidungen untersucht werden sollen. Für Computersimulation mit didaktischer Zielsetzung gelten zwei Anforderungen:

- die modelltheoretischen Grundlagen der Simulation sollten erkennbar, nachvollziehbar sein und dadurch in Frage gestellt werden können;
- eine lebensweltliche Orientierung sollte gewährleistet sein.

Dazu sollten die Modellkonstruktion, die programmiertechnische Umsetzung und die Gestaltung der Benutzeroberfläche Ansprüchen genügen wie

- Offenheit (offene Lernwege),
- Selbständigkeit (entdeckendes Lernen) und
- strategisches Denken.

Die didaktische Zielsetzung von Computersimulationen findet sicherlich Zustimmung. Schwierig ist es jedoch, ein Programm zu entwickeln, das diesen Anforderungen entspricht. Dazu ist es nicht nur notwendig, die obigen Ziele zu operationalisieren, sondern auch einen Weg zu finden, um didaktische Zielsetzung, Modellentwicklung und programmiertechnische Ausführung zu einem sinnvollen Ganzen zu gestalten. Dieser Aufgabe hat sich seit 1988 eine Arbeitsgruppe am Institut für Didaktik der Geographie der Universität Frankfurt in Kooperation mit einem Softwarehaus (CIS - Computer Informations Systeme in Frankfurt) gestellt. Ergebnisse dieser Kooperation sind ein geo-

ökologisches und ein verkehrsgeographisches Simulationsprogramm ('Geolab' und 'Mobit').

Die folgenden Ausführungen zeigen am Beispiel einer kurzen Begriffserläuterung zur 'lebensweltlichen Orientierung' und Modellkonstruktion theoretische Aspekte auf, mit denen wir konfrontiert wurden, und erläutern Grundzüge der didaktischen und fachwissenschaftlichen Konzepte von Geolab und Mobit.

1.2 Lebensweltliche Orientierung als didaktische Leitlinie von Computersimulation

Die Deutung des Begriffs 'lebensweltlich' ist vielfältig, weil die Begriffe 'Leben' und 'Welt' allumfassend sind. Sie finden Verwendung in den Formulierungen von Pädagogen und Didaktikern, die Erziehung zur Lebensbewältigung und zur Orientierung in der Welt einfordern. Es wäre vordergründig, den Umgang mit Computersimulation deshalb als 'lebensweltlich' zu bezeichnen, weil die zukünftige Welt immer stärker vom Einsatz der Computer bestimmt sein wird.

Lebensweltliche Orientierung als didaktische Leitidee von Computersimulation heißt für uns nicht Wissensaneignung mit Hilfe des Simulationsprogrammes (deklaratives Wissen) oder Kennenlernen der Arbeitsweisen eines PC. Lebensweltliche Orientierung bedeutet für uns kritisch-distanzierter Umgang, durch den dem Benutzer bewußt wird, daß der Prozeß der Wissensaneignung (prozessuales Wissen) mit der Frage gekoppelt ist, wie Erkenntnis zustande kommen kann. Daraus leiten wir eine zentrale Forderung an didaktische Simulationsprogramme ab: Der Benutzer soll sich mit Hilfe des Simulationsprogrammes Wissen aneignen, damit er sich der Grenzen von Aussagekraft und Anwendbarkeit simulierter Prozesse bewußt wird; er soll also die Erkenntnis durch Wissensaneignung und den Nachvollzug der zugrundeliegenden Modellkonstruktion relativieren. Dabei ist es für uns eine offene Frage, in welcher Weise der Anwendungs- und Gültigkeitsbereich durch den Benutzer bestimmt wird, ob anhand des Programmes und/oder durch Alltags- und Vorerfahrungen.

Simulationen mit dem Computer bedeuten uns zweierlei:

- die Abbildung eines angenommenen raumbezogenen Systems (z.B. ökologisches System, Verkehrssystem) durch ein Computerprogramm und
- das Experimentieren mit dem abgebildeten Modell, um die Systemelemente zu erfassen und in Beziehung zueinander zu setzen.

Durch das Experimentieren sollte sich der Benutzer im Idealfall bewußt werden, daß unser Wissen von der Umwelt (oder von der abgebildeten Umwelt im Computer) durch unseren Umgang mit ihr geprägt ist.

Das hat einige Konsequenzen für die Entwicklung entsprechender Computersimulation: Hypothesenbildung über vermutete Zusammenhänge müßten ebenso möglich sein wie Überprüfung mit entsprechenden Analyseinstrumentarien. Hypothesen werden auf einem generalisierten Aussageniveau gebildet, die Überprüfung ihrer Gültigkeit aber anhand von Einzelbeobachtungen vollzogen (Abb.1). Daraus ergab sich für uns das Problem, Modelle und eine Benutzeroberfläche zu entwickeln, die generalisierte Aussagen und Detailtreue in ein sinnvolles Verhältnis zueinander zu bringen vermögen.

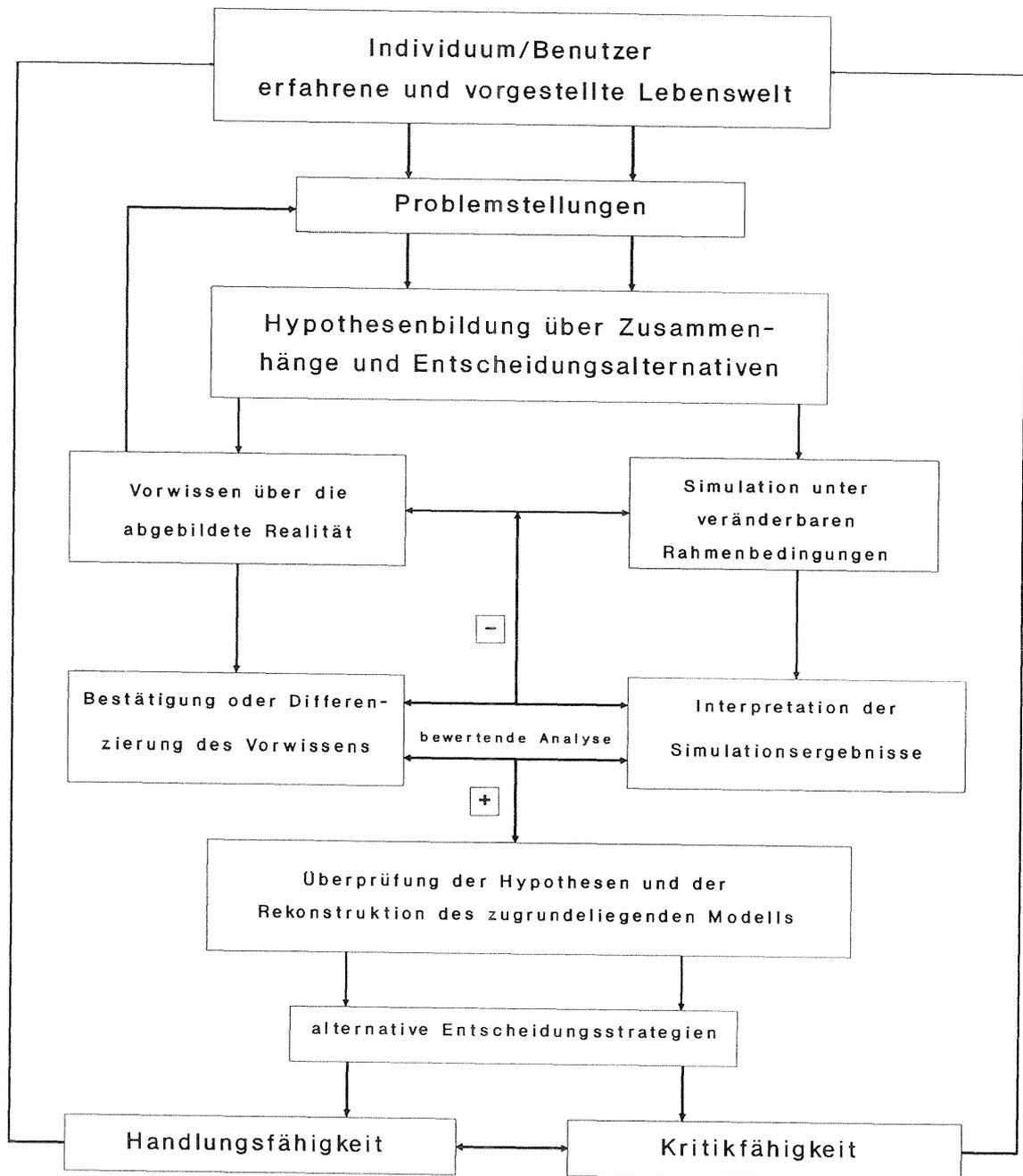


Abb. 1: Die Stellung der Simulation bei der Vermittlung von Handlungs- und Kritikfähigkeit

1.3 Ordnen und Reduktion als fachdidaktische und fachwissenschaftliche Aspekte der Modellbildung

Modelle haben heuristisch-aufklärende Funktion, führen zu neuen Fragen und ordnen die Vielfalt von Einzelelementen zu einem sinnvollen Ganzen (ALBRECHT 1975). Obwohl über diese und andere Qualitäten von Modellen allgemein Übereinkunft besteht, gibt es Meinungsverschiedenheiten darüber, was ein Modell ist und welche Schritte bei der Konstruktion eines Modells durchlaufen werden müssen (vgl. KÖCK 1979; 1985). Die Fragen nach dem Komplexitätsgrad, dem Charakter der abgebildeten Prozesse und dem Verhältnis von qualitativ und quantitativ faßbaren Elementen sind nur einige, die bei der Modellkonstruktion beantwortet werden müssen. Für die pädagogische und didaktische Betrachtung von Modellen ist es wichtig, dem Anwender von Modellen bewußt zu machen, daß Modelle Versuche darstellen, vermutete Zusammenhänge über Prozesse systematisch zusammenfassend abzubilden. Die Abbildungsformen können sehr verschieden sein: von einem Schema, einer Grafik bis hin zu einer mathematischen Gleichung.

Schwierigkeiten bestehen beim Modellbau bei der Übersetzung einer modellhaft abgebildeten Theorie in eine formale 'Kunstsprache', die der Schlußweise der Mathematik folgt. Denn darin wird heute das Ziel jeder Wissenschaft (und damit auch jeder Theorie) gesehen, verbunden mit dem Versuch, "wahre und empirisch gehaltvolle Wenn-Dann-Sätze" zu formulieren (GÜSSEFELDT 1979, S. 322; vgl. auch FRÄNZLE 1971) und in mathematische Strukturen zu übersetzen. Das läßt sich nicht immer leicht durchführen. Der Grund dafür kann sowohl in der ungenügenden Ausarbeitung der Theorie als auch in der Ungeeignetheit ihrer Inhalte liegen. Im ersten Fall müssen die Lücken in der Theorie "zwangsläufig mit fiktiven oder Schätzdaten, schnellen Annahmen und Hypothesen gestopft" werden. "Die Präzision bleibt oberflächlich-formal" und wird mit Darstellung der Ergebnisse zumeist vergessen (HARBORDT 1974/2, S. 273). Im zweiten Fall wäre zu analysieren, inwieweit der Inhalt der Theorie mit den angewendeten Methoden überhaupt angemessen in einem Modell abgebildet werden kann.

Speziell in der sozialgeographischen Modellkonstruktion gestaltet sich die Formalisierung schwierig, da hier menschliches, raumrelevantes Verhalten und seine materielle Ausprägung den Inhalt bilden. Es muß deutlich gemacht werden, daß die Bereiche, in denen der Mensch weitgehend selbstbestimmend handelt, nicht durch Modelle mit rein formal-logischer Struktur darstellbar sind. Daher wird dieses Verhalten zumeist mit statistischen oder stochastischen Verfahren abgebildet. Diese können jedoch keine Erklärung liefern, sondern oftmals nur schwache statistische Zusammenhänge andeuten, die dann sogar als Begründung vorgeschoben werden (vgl. RUPPERT 1986).

Für die Benutzung von (Simulations-) Modellen für didaktische Zwecke gilt ähnliches wie für die 'wissenschaftliche' Modellbildung: Stets müssen die hinter dem Modell stehenden Gedanken, Wahl- und Entscheidungsakte durchschaubar sein; alles andere verschleiert nur den wahren Sachverhalt. Das Denken in Modellen und die Computersimulation sind "keine Wundermethoden, die aus einem schwachen empirischen und theoretischen Input Offenbarungen produzieren, und der (Sozial-) Wissenschaftler ist kein Münchhausen, der sich am Schopfe aus der Misere ziehen könnte" (HARBORDT 1974/2). Auch können sie genaue Beobachtung der realen Welt nicht ersetzen. Gerade

der dem Modell innewohnende Reduktionismus auf das Wesentliche übernimmt eine wichtige Funktion: Die dadurch entstehende Differenz weist über sich auf die Wirklichkeit hinaus.

Die Abbildung einer Theorie in einem Modell ordnet komplizierte Zusammenhänge. Die Simulation kann das Modell und sein Verhalten dem Gedankenexperiment zugänglicher machen. Die Bewertung der Simulationsergebnisse muß jedoch vom Benutzer selbst vorgenommen werden und liegt damit außerhalb der Parameter und Formeln, die das Modell konstituieren.

2. GEOLAB - ein geoökologisches Simulationsprogramm

2.1 Modellkomponenten und Wissensbasis von GEOLAB

GEOLAB ist ein Simulationsprogramm, das Abhängigkeit zwischen Geofaktoren in Hochgebirgen der gemäßigten Breiten beschreibt.

Anhand eines Fundus von fiktiven oder aus der Realität adaptierten Landschaftsbeispielen sollen räumliche Prozesse als Folge von Eingriffen in den Naturhaushalt erkennbar werden. Einsatzfelder sind neben Universität und Sekundarstufe II Ausstellungen sowie die Erwachsenenbildung.

Der im folgenden verwandte Begriff 'GeoLab-Modell' bezieht sich dabei auf das Ökosystemmodell, nicht aber auf die Geländemodelle, die im folgenden als Landschaftsbeispiele bezeichnet werden. Grundlagen für die Entwicklung des GEOLAB-Modells waren die einschlägige Standardliteratur (z. B. ELLENBERG 1978; OZENDA 1988), aber auch Ergebnisse der MAB-Forschungsprojekte in den Alpen, speziell die sehr gut dokumentierten Projekte in der Schweiz (BINZ/WILDI 1988; APEL 1982). Für die Gestaltung von GEOLAB wurde ein qualitativbeschreibender Ansatz gewählt, um auch planerisch-prognostische Ansprüche an das Programm zu vermeiden.

Das Simulationsprogramm basiert auf einem Grundmodell (Abb. 2), das die wichtigsten Elemente der naturräumlichen Gefahrenpotentiale in den Alpen umfaßt.

Klima (Jahresgang des Niederschlags und der Temperatur), Höhenlage, Gestein, Relief und großräumige Lage innerhalb der Alpen sind die wesentlichen naturräumliche Faktoren, die das vom Menschen geprägte Nutzungsgefüge steuern. Das Simulationsprogramm verdeutlicht einige Gefahrenpotentiale unterschiedlicher Erosionsformen in ihrer Abhängigkeit von der Vegetationsschädigung. Steuernde Parameter sind direkte (z.B. Anlegen von Skipisten) oder indirekte (Überweidung, Viehtritt) Eingriffe durch den Menschen sowie autochthone (Wild) und allochthone (saurer Regen) Einflüsse.

Der idealisierte, dreidimensionale Landschaftsausschnitt (Abb. 3) enthält die für das Verständnis geomorphologischer Prozesse (z.B. Bodenerosion) wichtigen Landschaftseinheiten eiszeitlich überformter Alpentäler: Talboden mit Terrassen, steiler Hang mit Lawinenschutzwald (Bannwald), Trogschulter (Almzone) und die Frostschutzzone.

Das Prozeßgefüge im Grundmodell wird von der Vegetations- und Bodenentwicklung bestimmt (Abb.4). Das Schaubild zeigt auch die Verknüpfungen von Nutzungen, Geofaktoren und Prozessen, die Grundlage von GEOLAB sind.

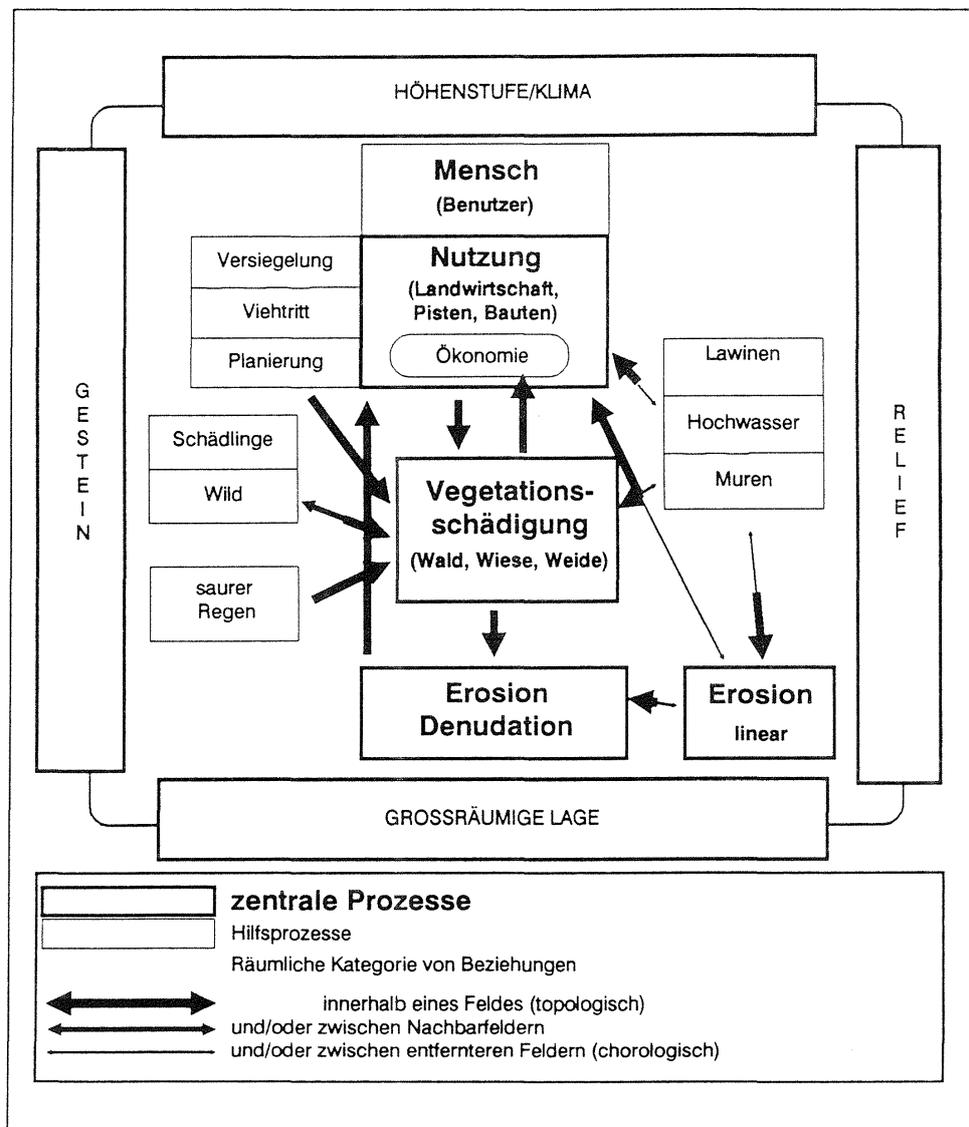


Abb. 2: Grundmodell von GEOLAB

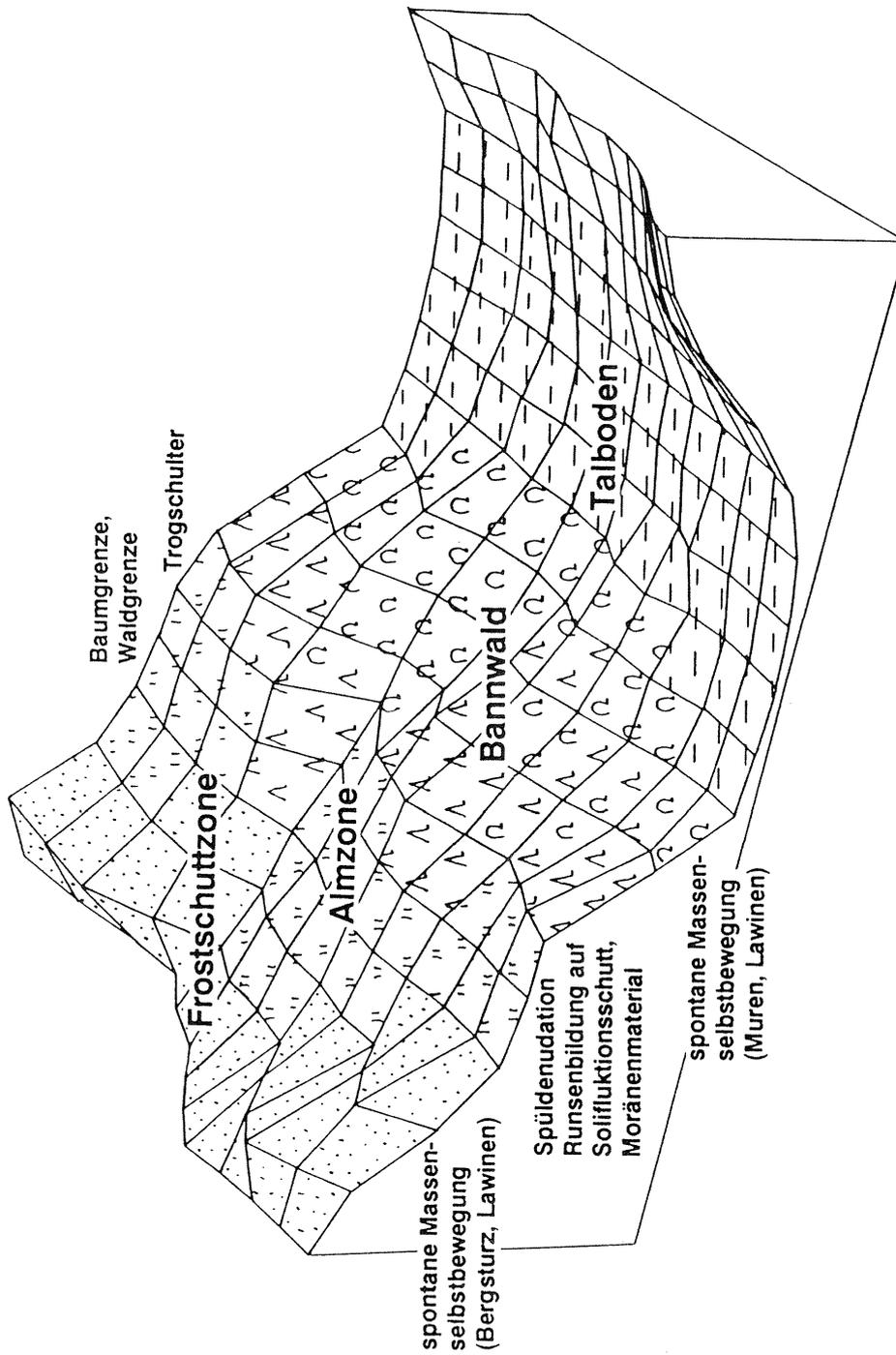


Abb. 3: Schematisierte Darstellung eines Landschaftsausschnittes

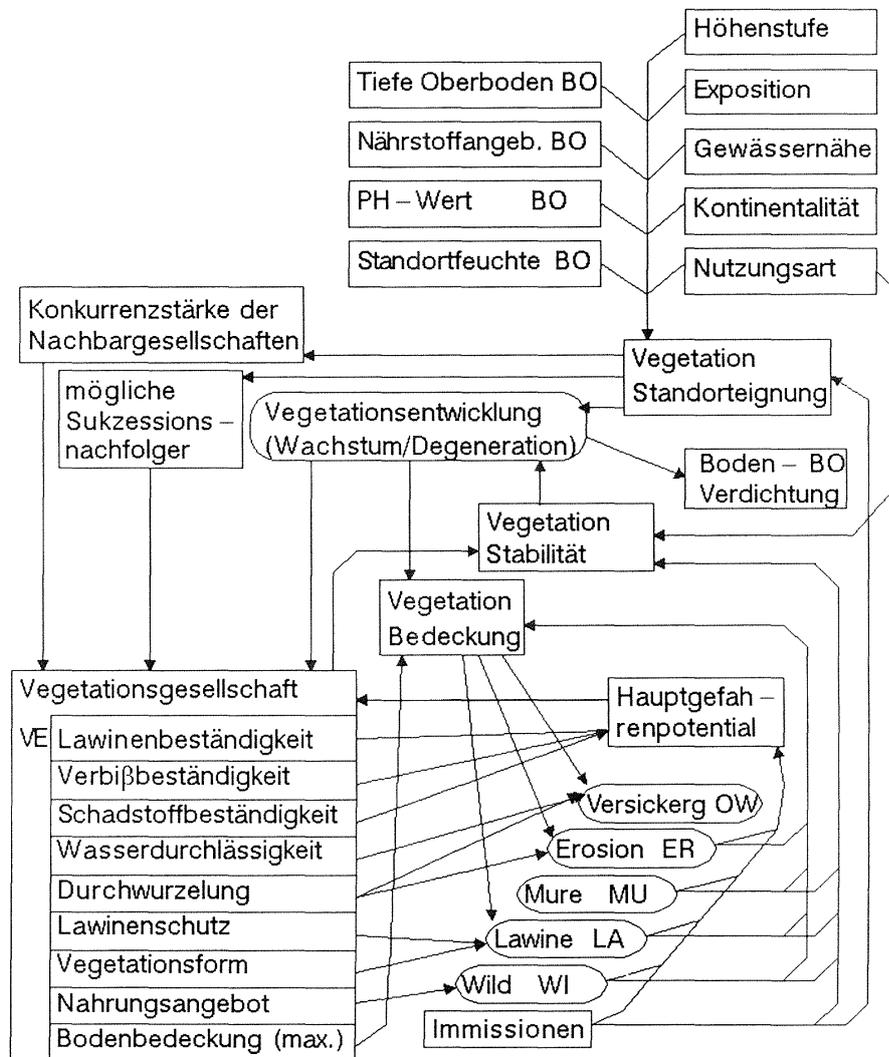


Abb. 5: Komponenten des Teilmodells Vegetationsentwicklung

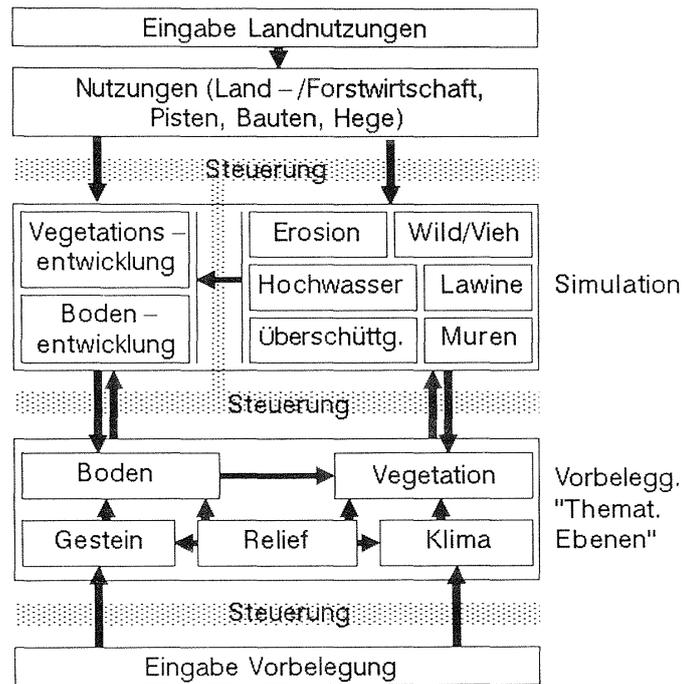


Abb. 4: Modellstruktur von GEOLAB

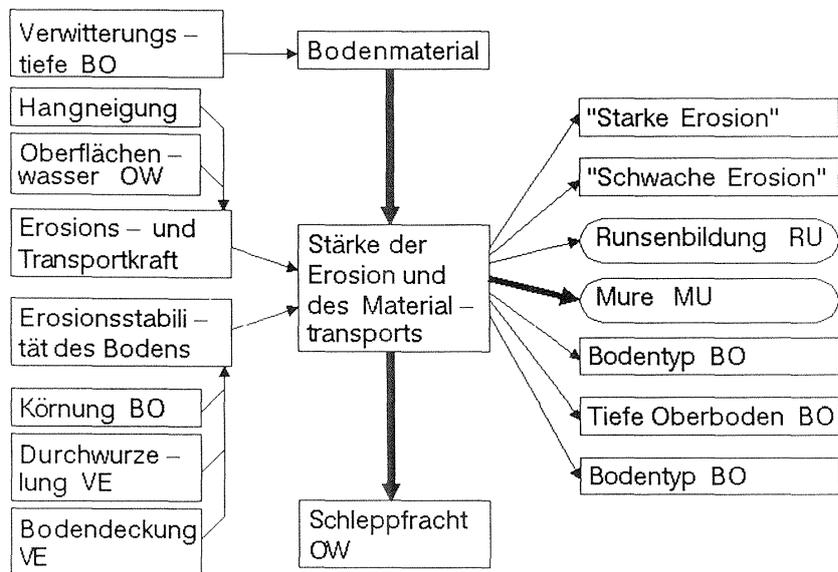


Abb. 6: Komponenten des Teilmodells Bodenentwicklung

Boden			
RANKER			
Ansprüche:	von	bis	
Karbonatgehalt	0	7	
Feuchte	1	10	
Gesteinsdichte	1	10	
max. Neigung 40 Grad	Bachnähe indifferent	Landnutzung indifferent	max. Höhenstufe Alpin
Merkmale:			
min. A-Horizont 5 cm	max. A-Horizont 50 cm	min. B-Horizont nicht def.	max. B-Horizont nicht def.
mittl. PH-Wert leicht basisch	Wasserhalteverm. eher gering	Nährstoffgehalt mäßige	Körnung eher feinkörn.

(Zahlenwerte reichen von 0 = minimal bis 10 = maximal)

Tab. 1: Die in der Wissensbasis hinterlegten Eigenschaften eines Bodens

Abbildung 5 und 6 zeigen die Struktur der Subsysteme "Vegetationsentwicklung" und "Erosion".

Die zentralen Kategorien Böden und Vegetation sind nicht analytisch in Eigenschaften zerlegt, sondern als Typen aufgefaßt, die durch Tabellen in Form eines 'mehr oder weniger' beschrieben sind (vgl. Tab. 1). Boden- und Vegetationstypen werden idealtypisch aus Relief-, Gesteins- und Klimakomponenten abgeleitet. Den Kern dieses Verfahrens bildet die 'Wissensbasis', die im Programm als Tabelle von Eigenschaften hinterlegt ist. Aus ihr kann erschlossen werden, welcher Bodentyp und darauf aufbauend, welche Vegetationsgesellschaft an einem Standort potentiell zu erwarten ist.

Tab. 1 zeigt am Beispiel des Bodentyps Ranker, wie das Wissen über Vorkommen und Eigenschaften von Böden in einer Tabelle verschlüsselt ist, die vom Programm (in etwas veränderter Form) benutzt wird und vom Nutzer im Handbuch eingesehen werden kann (ähnlich auch für Vegetationstypen und Gesteinstypen).

2.2 Vorbelegung der Geofaktorenausstattung und Anlagen von Landnutzung als experimenteller Zugriff zum Geolabmodell

Das Programm GEOLAB bietet über die Menüpunkte "Vorbelegung" und "Landnutzung" zwei Zugriffe, um die Systemelemente Boden, Klima und Vegetation von GEOLAB zu erschließen.

Einerseits befindet sich der Benutzer in der Situation des Planers: Er kann Landnutzungen wie Wiesen, Weiden oder Forstwirtschaft anlegen oder aufgeben. Andererseits kann er auch direkt in die Naturausstattung des Raumes eingreifen, indem er z.B. die Gesteinsdecke oder Klimaparameter verändert und so ganz neue Rahmenbedingungen herstellt.

Auf einzelnen Nutzungsgebieten können verschiedene Pflege- und Bewirtschaftungsmaßnahmen ausgeführt werden. Zusätzlich können Entscheidungen über Tierbestand, Zäune, Wege und Wasserbau getroffen werden. Die Auswirkungen der Landnutzungsentscheidungen können durch Simulation von Gefahrenpotentialen überprüft werden. Jedes Landschaftsmodell wird vom Programm aufgrund von Vorgaben wie Höhenlage, Himmelsrichtungen, Klimatyp, Jahresniederschlag und einheitlich vorgegebenem Gestein automatisch mit Boden und Vegetation ausgestattet. Der Benutzer hat zwei Möglichkeiten, die vom Programm vorgegebene Geofaktorenkonstellation zu verändern und die damit verbundenen Auswirkungen zu überprüfen:

- eine allgemeine Veränderung in bezug auf Höhenlage, Klima- oder Gesteinsvorgaben;
- eine räumliche differenzierte "Vor"-belegung mit Gesteins-, Boden- und Vegetationstypen.

So kann z. B. im Landschaftsmodell "Watzmann" der vorherrschende Dolomit durch ein anderes Gestein ersetzt und die damit verbundenen Auswirkungen auf Gefahrenpotentialen untersucht werden. Die Abhängigkeit der Vegetation und der Böden von anderen Geofaktoren wie Klima oder Gestein kann durch gezielte Einzelflächenanalysen und Flächenstatistiken für einzelne Orte bzw. für beliebige Teilräume (z.B. für das Einzugsgebiet eines Flusses) nachvollzogen werden.

2.3 Die Simulationskomponente

Ein Hauptanliegen des Programmes GEOLAB ist es zu zeigen, wie Eingriffe sich auswirken und welche Seiteneffekte auftreten können. Außerdem sollte geographische Unterrichtssoftware auch räumliche Fernwirkungen (chorologische Dimension) und Nachbarschaftsbeziehungen deutlich machen. Diese sollen am Bildschirm erahnt und durch Flächenanalysen nachvollzogen werden können.

Wichtiges Instrumentarium für die Erreichung dieser Ziele ist des Simulationskomponente von GEOLAB. Im Zusammenhang mit den 'spektakulären' Ereignissen sind sie sicherlich am leichtesten erkennbar, so etwa, wenn Lawinen und Bodenerosion nach einer Maßnahme merklich häufiger oder seltener auftreten.

Beispiel: Bei bestimmten Schneehöhen und Hangneigungen kann es - wenn auch andere Rahmenbedingungen stimmen - zu einem Lawinenriß kommen. Die Lawine wirkt sich dann auch auf die Felder aus, die unterhalb auf ihrer Bahn liegen. Die räumliche Lage des Lawinenstrichs wird sofort im Anschluß an das gefundene Anrißgebiet markiert. Die Raumwirkung von scheinbar lediglich örtlich bedeutenden Ereignissen (z.B. Entfernung von Wald) auf benachbarte Flächen wird sichtbar, da im Rahmen einer Simulation die damit verbundenen Ereignisse (Lawinen, Muren) und deren Wirkungen durch Materialtransport über einen Hang verfolgt werden können. Eine zeitlich länger angelegte Simulation zeigt, daß Schäden an der Vegetation durch Wiederaufwachsen ausgeglichen werden können, während Schädigungen der Bodendecke irreversibel sind.

Fazit: Durch Landnutzungsentscheidungen und die räumliche Verteilung ausgewählter Geofaktoren sind für uns Voraussetzungen gegeben, um eine lebensweltliche Orientierung sowie eine Einsicht in die dem Simulationsprogramm zugrundeliegende Modellkonstruktion zu ermöglichen.

3. MOBIT: Ein Simulationsprogramm zum Stadtverkehr

MOBIT ist ein Simulationsprogramm zum Thema "Verkehr in der Stadt". Es thematisiert die aktuellen Krisensymptome der bestehenden Verkehrssysteme in Mittel- und Großstädten, die weitgehend von der Dominanz des PKW bestimmt sind.

Der motorisierte Individualverkehr legt die Konkurrenzfähigkeit anderer Verkehrsträger fest: Fahrradfahrer werden durch Zerschneidung ihrer Verkehrswege, Busse und Straßenbahnen durch Staus behindert. Hauptziel der städtischen Verkehrspolitik ist es, die Attraktivität des PKW durch planerische Eingriffe wie Verkehrsberuhigung oder Parkplatzverknappung zu verändern.

Daneben ist durch den Aus- oder Rückbau des ÖPNV-Netzes eine Verschiebung der Anteile der Verkehrsträger am Gesamtaufkommen möglich. Ein PKW schafft jedoch für den Besitzer eine Abhängigkeit, die auch bei veränderten Rahmenbedingungen noch nachwirkt. Deshalb ist erst bei erheblich veränderten Reisezeitverhältnissen mit größeren Verschiebungen zugunsten des ÖPNV zu rechnen.

Verkehrsplaner benutzen für die Begründung ihrer Maßnahmen aufwendige Rechenverfahren bzw. Computersimulationen. Ohne solche Techniken sind diese Entscheidungen nur schwer nachvollziehbar. Gleichzeitig ist Verkehr aber kein rein technischer

Vorgang, sondern auch soziales Phänomen. Die Prioritäten in der Verkehrsplanung können also nicht nur durch technokratische Betrachtungen gesetzt werden.

MOBIT soll die Auswirkungen von Verkehrsplanungsstrategien auf Mobilitätschancen und Lebensverhältnisse in der Stadt simulieren. Es ist als generalisiertes Modell konzipiert, das sich auf verschiedene Beispielräume anwenden läßt und die wichtigsten Problemfelder umfaßt. Es wird daher ein Fundus planerischer Eingriffsmöglichkeiten angeboten. Die Ergebnisse der Verkehrsplanung im Rahmen der Simulation sollen jedoch von ihr nicht bewertet werden. Gegenstand von MOBIT ist in erster Linie die Gesamtverkehrsplanung in einem etwa 10 km x 15 km großen Gebiet und nicht die Gestaltung von Verkehrseinrichtungen im Detail. Ein Computerprogramm kann kein vollständiges Bild der Möglichkeiten von Verkehrsplanung liefern. Es kann aber verdeutlichen, daß die Probleme in einem Stadtteil von Planungsfolgen der Verkehrspolitik in einem ganzen Ballungsraum anhängen.

3.1 Didaktisches und fachwissenschaftliches Konzept von MOBIT

Traditionelle, noch weit verbreitete Modelle der Verkehrsplanung orientieren sich meist an dem sequentiell ablaufenden 'Vier-Stufen-Algorithmus':

- Verkehrserzeugung,
- Verkehrsverteilung (meist mit einem Gravitationsmodell im Sinne einer "Sozialen Physik" (RUPPERT, 1982, S. 48),
- Verkehrsmittelwahl,
- Verkehrsumlegung auf das Netz.

Da die dabei errechneten Ergebnisse selten mit den tatsächlichen Werten übereinstimmen, muß das Modell mit einer mathematisch aufwendigen Kalibrierung 'stimmig' gemacht werden. Spätestens dieser Schritt ist für den Laien nicht mehr nachvollziehbar (vgl. RUPPERT 1982, S. 49).

Wegekettens- und handlungsorientierte Modelle versuchen, einen neuen Zugang zur Verkehrsplanung mit höheren Prognosegenauigkeiten zu finden, indem die Verkehrsaktivitäten der Individuen in ihren Lebenszusammenhang eingebettet werden (vgl. KÜCHLER 1985; TH Darmstadt 1986; SPARMANN 1981). Dabei dienen ökonomische und psychologische Kategorien zur Annäherung an den Komplex Verkehrssystem und Verkehrsverhalten: Ökonomische Kategorien beschreiben das Konsumentenverhalten unter der Voraussetzung, daß die Individuen immer nach Nutzenmaximierung streben. Psychologische Kategorien wiederum bilden individuelle Entscheidungsakte mit Verfahren aus der Stochastik auf der Basis von Nutzenbewertungen ab (vgl. KUTTER 1981; RUPPERT 1986). Individuelle Entscheidungsakte werden bei planungsrelevanten Simulationen durch Zufallszahlen 'erzeugt', sind jedoch erst in ihrer Häufigkeitsverteilung als Verhaltensmodell interpretierbar.

Bei MOBIT wurde auf die Simulation psychologischen Individualverhaltens mittels probabilistischer Verfahren verzichtet: Es wird jedoch ein zeit- und kostenökonomisch denkender Verkehrsteilnehmer unterstellt. Aus der Verteilung der nach sozioökonomischen Merkmalen wie Erwerbstätigkeit und Einkommen ausgewählten Bevölkerungs-

gruppen kann das Modellverhalten und damit das Verhalten des einzelnen Individuen unmittelbar aus den Modellannahmen abgeleitet werden.

In MOBIT wird bewußt der traditionell-technokratische 'Vier-Stufen-Algorithmus' in veränderter Form angewendet. Zum einen besitzt er durchschaubare Modellstrukturen, wurde und wird er in der Verkehrsplanung verwendet und ist er hinsichtlich Prognosegenauigkeit und Mängeln weitgehend erforscht. Zum anderen soll die Diskussion lebensweltlicher Erfahrung und der komplexen Hintergründe von Verhalten nicht von einem Computerprogramm vereinnahmt werden. Es geht daher nicht um eine computergestützte Begründung und Optimierung bestimmter Planungsstrategien, sondern um ihre Diskussion und Infragestellung.

3.2 Arbeitsweise von MOBIT

Die Benutzeroberfläche besteht aus einer Menüleiste sowie aus sechseckigen Rasterzellen, die zu strukturell homogenen Regionen zusammengefaßt werden können. Diese sind Schauplatz der funktionalen Verflechtung von Stadtteilen. Im Programm wird die ungerichtete Verkehrsnachfrage (Verkehrserzeugung) aus der Verteilung der Arbeitsplätze und verhaltensähnlicher Personengruppen in den Regionen errechnet. Dabei werden jedoch nicht die Kategorien der amtlichen Statistik benutzt (Arbeiter, Angestellte...), sondern eine Klassifizierung, die sich möglichst an den tatsächlichen Ursachen für unterschiedliche Verkehrsteilnahme orientiert. So kann beispielsweise die Empfindlichkeit der Nutzer eines Verkehrsmittels gegenüber Preiserhöhungen aus dem Einkommen abgeleitet werden. Da bei Mobit zunächst alle Daten 'künstlich erzeugt' bzw. fiktiv vorgegeben werden (jedoch innerlich stets plausibel und widerspruchsfrei bleiben müssen), entfällt das Problem der Datenbeschaffung.

Die Wechselwirkungen zwischen den Stadtteilen sowie dem Umland werden über eine Proportionalverteilung errechnet, wobei mit der Distanz gewichtet wird (Verkehrsverteilung). Die sich daraus ergebenden Verkehrsmengen verteilen sich nach Zeit- und Kosteneffizienz auf die Netze der Verkehrsträger PKW, ÖPNV und Fahrrad (Verkehrsmittelwahl und Verkehrsumlegung): Nach und nach wird der Verkehr auf die jeweils kürzeste Strecke im Netz umgelegt. Da die Kapazität einzelner Netzsegmente begrenzt ist, wird ihre Leistungsfähigkeit durch Stau verringert. Die Ergebnisse dieser Umlegung werden mit den Bestweg-Reisezeiten von ÖPNV und Fahrrad verglichen. Für jede Personengruppe werden Reisezeit- und Kostenvorteile unterschiedlich bewertet und das für die jeweilige Strecke günstigste Verkehrsmittel ausgewählt.

Randbedingungen von Verkehrsmitteln und Interferenzen zwischen ihnen sind auch bei MOBIT von erheblicher Bedeutung:

- Hohe Parkplatzsuchzeiten führen zu einem Konkurrenznachteil des PKW in Gebieten mit knappem Parkplatzangebot;
- Fahrradfahrer werden durch starken PKW-Verkehr behindert, das Fahrradwegenetz zerschnitten;
- Straßengebundener öffentlicher Nahverkehr wird vom PKW-Verkehr beeinflusst.

Nach Eingriffen in das Modell können die Verkehrsmengen, die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel und die Umweltbelastungen wie Lärm und Abgase berechnet und rasterbezogen ausgegeben werden. Durch systematische Variation von Eigenschaften der

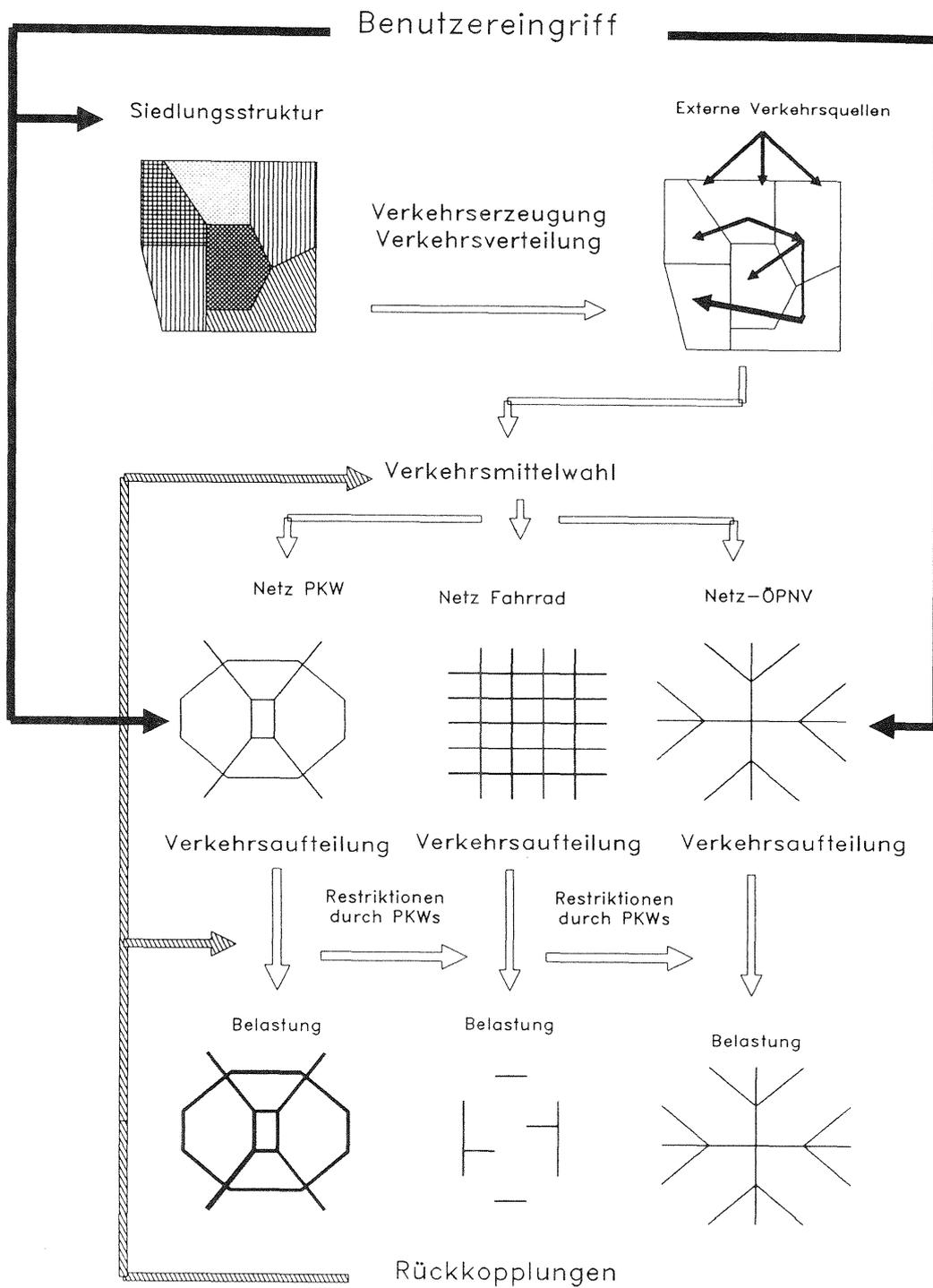


Abb. 7: Schematisierter Simulationslauf von MOBIT

Verkehrsnetze und der Rasterzellen kann der Benutzer Szenarien aufbauen und im Modell durchspielen.

In MOBIT wird versucht, Rückkopplungseffekte zu berücksichtigen: So entstehen durch verbesserte Verkehrsbedingungen erhöhte Verkehrsströme (Selbstinduktion): Es werden weiter entfernte Ziele gewählt, da die Distanzempfindlichkeit der Verkehrsteilnehmer abnimmt. Eine PKW-orientierte Planungsstrategie muß daher mit ständig steigenden Verkehrsmengen fertig werden.

3.3 Gestaltung der Benutzeroberfläche und der Ausgabenmöglichkeiten

Für die Gestaltung der Benutzeroberfläche und der Programmbedienung wurden Erfahrungen aus der Entwicklung des geoökologischen Simulationsprogramms GEOLAB verarbeitet. Die Maus ist Eingabemedium für räumlich differenzierte Eingriffe. Eine Menürepräsentation der wichtigsten Funktionen erleichtert den Zugang und steigert die Neugier des Benutzers, um ihn an das Thema heranzuführen.

Die Menge der verarbeiteten Daten erfordert strukturierte Ausgabemöglichkeiten sowohl auf dem Bildschirm als auch auf einem Drucker. Eigenschaften und Zustandsgrößen des Modells wie Verkehrsströme zwischen Regionen, Belastungszustand von Straßen werden in Form von Karten mit Legende präsentiert. Isochronenkarten und tabellarische Ausgaben ermöglichen Hypothesen über Verkehrsverhalten und Regionalstruktur.

Anmerkungen:

- 1) Das Simulationsprogramm "Geolab" ist Ergebnis eines Kooperationsprojektes zwischen dem Institut für Didaktik der Geographie (IDG) der Universität Frankfurt und dem Softwarehaus Computer Informations Systems (CIS) in Frankfurt.

Mitarbeiter am Projekt waren:

Volker Albrecht, Reiner Dölger und Helmut Wunder (IDG) sowie Norbert Bayer und Wolfgang Wasser (cis). Volker Albrecht ist Professor für Geographie, Reiner Dölger ist Student im Fach Geographie, Helmut Wunder war zur Zeit der Entwicklung Studienreferendar, Norbert Bayer ist Dipl. Ing. Informatik und Wolfgang Wasser ist Diplom-Geograph.

- 2) Die Verkehrssimulation "MOBIT" wird am Institut für Didaktik der Geographie entwickelt. Auf der Basis der Erfahrungen bei GEOLAB wird das Programm im wesentlichen von Reiner Dölger im Rahmen einer Diplomarbeit und von Stephan Sigler als Grundlage einer Staatsexamensarbeit erarbeitet.

Albrecht, V. (1975): Modelle im Geographieunterricht der Sekundarstufe II. - In: Beiheft Geographische Rundschau 5, H. 3, S. 64 - 72.

Literatur

- APEL, H. (1982): Dynamische Simulation eines Bergökosystems (Testgebiet Grindelwald). Theoretischer Ansatz und Modellentwurf, Nr. 13
- BINZ, H. R./WILDI, O. (1988): Das Simulationsmodell MAB-Davos. Schlussberichte zum schweizerischen MAB-Programm, Nr. 33.

- ELLENBERG, H. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht.-2. Aufl., Stuttgart.
- FRÄNZLE, O. (1971): Physische Geographie als quantitative Landschaftsforschung. - In: Schr. Geogr. Inst. - Univ. Kiel, Bd. 37, S. 297 - 309.
- GÜSSEFELD, J. (1979): Die Bedeutung von Modellen in Forschung und Lehre der Geographie. - In: Geogr. Rundschau 31, H. 8.
- HARBORDT, S. (1974): Computersimulation in den Sozialwissenschaften 1, Einführung und Anleitung. - Reinbek.
- HARBORDT, S. (1974): Computersimulation in den Sozialwissenschaften 2, Beurteilung und Modellbeispiele. - Reinbek,
- KÖCK, H. (1979): Der Modellbegriff in der Geographie. - In: Hefte für Fachdidaktik der Geographie 4, H. 2. S. 5 - 12.
- KÖCK, H. (1985): Modellorientierter Geographieunterricht. - In: GW-Unterricht, H. 21, S. 5 - 15; H. 22, S. 5 - 17.
- KÜCHLER, R. (1985): Wegekettenorientierte Verkehrsberechnungsmodelle. - Darmstadt.
- KUTTER, E. / HOLZAPFEL, H. / MARTENS, G. (1981): Ermittlung von Variablen und Parametern möglicher Gesamtmodelle für Verkehrsanalyse und Verkehrsprognose auf der Grundlage der amtlichen Statistik. - In: Bundesminister für Verkehr, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, H. 339.
- OZENDA, P. (1988): Die Vegetation der Alpen im europäischen Gebirgsraum. - Stuttgart.
- RUPPERT, E. (1982): Verkehrsmittelwahl. Ein Simulationsmodell zur Stadtverkehrsplanung im Unterricht. - In: Geographie heute, 3. Jg., H. 12, S. 48 - 56
- RUPPERT, E. (1986): Simulation räumlicher Interaktion. Eine Einführung in den sozialwissenschaftlichen Modellbau. - In: Dortmunder Beitr. zur Raumplanung, Bd. 41, Dortmund.
- SPARMANN, U. (1981): Zur Simulation des Verkehrsverhaltens in verhaltensorientierten Modellen. - In: Schriftenreihe der Verkehrswiss. Gesellschaft, Reihe B, Seminar Karlsruhe, 4/1981, S. 213 - 236.
- TH Darmstadt (1986): Skriptum des Institutes für Verkehrswissenschaft, Fachabteilung Verkehrsplanung. (unveröffentlicht)