



## **Faktor Einzelhandel und Zersiedelung Raumrelevante Auswirkung im Modellansatz**

Bericht zur LVA Computerunterstützte Lösungen  
in komplexen Systemen

---

### **Bearbeitung**

Christoph Guss e0225041  
Daniel Heimgartner e0627081  
Ulrich Kral e0225854

### **Betreuung**

Mag. Dr. Günter Emberger, IVV

### **Institut**

Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik | E231

### **Studium**

Bauingenieurwesen | E610  
Raumplanung und Raumordnung | E630  
Fakultät für Bauingenieurwesen  
Fakultät für Architektur und Raumplanung  
Technische Universität Wien

Sommersemester 2007

---

Wien, Juni 2007



# Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Ziel und Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Modellrelevante Entwicklungen in Österreich</b>	<b>4</b>
1.1	Problemstellung	4
1.2	Einzelhandel	5
1.3	Zersiedelung	8
1.4	Weitere Einflussgrößen	10
1.4.1	Motorisierungsgrad	10
1.4.2	Systemgeschwindigkeit im MIV	11
<b>2</b>	<b>Die Modellierung des Zusammenhangs zwischen Einzelhandel und Zersiedelung</b>	<b>12</b>
2.1	Grundannahmen	12
2.2	Datengrundlagen	12
2.2.1	Raumrelevante Daten	12
2.2.2	Wohnungsstatistik	13
2.2.3	Mobilitätsdaten	13
2.2.4	Lebensmittelhandel	14
2.3	Causal-Loop-Modellierung	14
2.4	System Dynamics-Modellierung	16
2.5	Wirkungsgefüge	20
2.5.1	Szenario 1: MIV-Widerstand: „0“	20
2.5.2	Szenario 2: MIV-Widerstand: „-0.4“	21
2.5.3	Szenario 3: MIV-Widerstand: „+0.5“	22
2.6	Modellrestriktionen	23
<b>3</b>	<b>Erkenntnis und Resümee</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Anhang</b>	<b>24</b>
4.1	Quellenverzeichnis	24
4.2	Abbildungsverzeichnis	24
4.3	Tabellenverzeichnis	25



## 0 Ziel und Aufgabenstellung

Im Rahmen der Lehrveranstaltung *Computerunterstützte Lösungen in komplexen Systemen* am Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik (IVV) der Technischen Universität Wien (TU Wien) im Sommersemester 2007 entstand der vorliegende Bericht als zusammenfassender Abschluss der 1,5-stündigen Übung.

Diese setzt sich als Spezialvorlesung mit dem Erkennen und der Analyse von komplexen, dynamischen Systemen verkehrsrelevanter Materie auseinander, die dahingehend auf einzelne Elemente, ihre Beeinflussung untereinander und dem gesamten Wirkungsgefüge hin untersucht und computergestützt modelliert und simuliert werden.

Zusammenfassend sind die Ziele der Lehrveranstaltung (gemäß Lehrveranstaltungsbeschreibung in TUWIS++ vom 15.03.2007) folgende:

- a. Erkennen von komplexen dynamischen Systemen
- b. Methoden zur Kommunikation von komplexen Zusammenhänge mit anderen
- c. Anwendung qualitativer und quantitativer Methoden zur Erhöhung des Systemverständnisses

Es galt nun innerhalb einer Gruppe in einer selbst gewählten Thematik mit verkehrlichem Einfluss ein solches System zu bearbeiten.

Der vorliegende Bericht zur Beziehung von Einzelhandel und Zersiedelung der Mitglieder Guss (Raumplanung), Heimgartner (Bauingenieurwesen) und Kral (Bauingenieurwesen) ist konsequente Anwendung der vermittelten theoretischen und praktischen Kenntnisse ein komplexes System (in Ansätzen) zu erfassen (Causal-Loop-Methode) und auch rechenbar (System Dynamics) mittels einer Software, hier *Vensim* des Unternehmens *Ventana Systems, Inc.*, abzubilden.



# 1 Modellrelevante Entwicklungen in Österreich

## 1.1 Problemstellung

Spätestens seit dem letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts ist eine wachsende Veränderung des Verhaltens bei der Erledigung der Einkäufe beobachtbar. Fanden früher viele der alltäglichen Einkaufswege nichtmotorisiert im lokalen Rahmen statt, so lässt sich immer öfters etwa die Besorgung von Lebensmitteln mit dem Automobil beobachten. Greißlersterben, Einkaufszentren auf der grünen Wiese oder Entertainmenttempel sind nur einige der Begriffe, die medial dahingehend ein Problem in der Raumstruktur und den Vorstellungen der Bevölkerung thematisierten.

Nicht zuletzt seit Abschluss und Verfehlens des Kyōto-Protokolls zur Reduktion der emittierten Treibhausgase ist der Klimawandel ein Dauerbrenner und der Verkehr einer der Hauptsünder im Fokus der Verursacher, den es zu ändern gilt. Hier liegt die Schwierigkeit: der motorisierte Individualverkehr als Funktion des Transportes von Waren und Personen ist immanenter Bestandteil einer über die Jahre gehegten Wohlstandsstruktur, die so nur durch ihn existieren kann. Umgekehrt determinieren großzügig ausgebaute Infrastrukturprojekte eine disperse Verteilung im Raum. Somit ist es kein Leichtes, Ursache und Wirkung, Problem und Lösung zu identifizieren und zu erforschen. Am Ende sodann bleiben externe Effekte, etwa Umweltschäden, die im technischen Verständnis einer Lösung (Problem → technische Lösung, zum Beispiel: Stau → Erhöhung der Kapazität durch Bau einer weiteren Fahrspur) nicht genügend berücksichtigt werden.

Davon ausgehend entwickelte sich die Grundfrage, ob ein und welcher kausale Zusammenhang zwischen dem Rückgang des Einzelhandels und der Zersiedlung im Raum begünstigt durch das Verkehrssystem als Schnittstelle in Österreich in den zurückliegenden Jahrzehnten besteht. Die Hypothese der Bearbeiter lautete, dass durch die Verminderung des Transportwiderstandes im MIV (etwa vermehrtes Angebot an Straßen, vernachlässigte Investitionen in den ÖV) eine räumliche Optimierung des Einzelhandels (zum Beispiel an der Umfahrungsstraße außerhalb der Ortschaft mit vielen Stellflächen) für dieses System stattfindet (mehr dazu siehe Kapitel 2), die letztendlich im aufschaukelnden, kumulativen Prozess zu einer Ausschließlichkeit und Ausdünnung der Vielfalt führen.

Die wichtigsten statistischen Entwicklungen für das Modell werden in Unterpunkten im Folgenden kurz ausgeführt.



## 1.2 Einzelhandel

Der Einzelhandel als Form des Waren- und Dienstleistungsverkaufs an den Konsumenten war in den letzten Jahrzehnten ebenso von zahlreichen strukturellen Änderungen betroffen. Erst in jüngster Vergangenheit gelten Supermärkte, Discounter und Einkaufszentren, dessen größte Sorge neben der Konkurrenz der große Parkplatz vor der Verkaufsfläche zu sein scheint, als selbstverständlich. Dem war aber nicht immer so.

Die Kleinstrukturierungen in Form von Greißlereien und vielen anderen kleineren Familienbetrieben galten lange als Rückgrat der Versorgung. Vor allem, aber nicht ausschließlich hier, sind immer schnellere Änderungen spürbar (vgl. PILAT, 2006):

- *Wandel der Betriebsformen*

Während bis in die 60er-Jahre kleine Bedienungsläden vorherrschten, sind heute die Betriebe durch größere Verkaufsflächen, das Selbstbedienungsprinzip mit zentraler Kasse, aggressive Preispolitik, sowie ein ergänzendes, vielfältiges Non-Food-Begleitsortiment geprägt.

In den 70er-Jahren beliebte Kaufhäusergewirr weichen oder sind bereits von Fachmärkten (Fachmärkten für Bau-, Garten- und Heimwerkerbedarf sowie Möbelmärkten) mit Selbstbedienung mit zentraler Kasse verdrängt worden, die ihrerseits immer größere Sortimente anbieten oder auf andere Branchen (Elektromarkt, Bekleidung) erweitern werden.

Schlussendlich ballt sich in Einkaufszentren mit Entertainment (Kino,...) und „Eventkultur“ ein immer größeres (Standard)Warensortiment an immer anderen Orten (Bahnhöfe, Hochhäusern). Factory Outlet Center suchen vor allem günstige Baugründe in verkehrsoptimaler Lage an hochrangigen Verkehrsachsen des MIV (Stadtumland).

- *Rückläufige Betriebszahlen und Vergrößerung der Verkaufsfläche*

In Österreich ist die Zahl der Lebensmittelgeschäfte in den letzten 40 Jahren von mehr als 23.000 auf ca. 6.400 zurückgegangen (vgl. GAVAC et al., 2003) wohingegen die Verkaufsfläche nicht nur im Lebensmittelhandel pro Betrieb sukzessive im Steigen begriffen war. Derzeit stehen jedem Österreicher rechnerisch 1,5 m<sup>2</sup> Einzelhandelsfläche (vgl. GAVAC et al., 2003) zur Verfügung.



▪ *Unternehmenskonzentration und Internationalisierung*

Während früher im Einzelhandel unabhängige Einbetriebsunternehmer dominierten, gewinnen im Rahmen des europäischen Binnenmarktes nationale und internationale Mehrbetriebsunternehmen sowie Zusammenschlüsse und Kooperationen selbständiger Einzelhändler (etwa durch Franchising) an Bedeutung. Von den 1995 37.500 auf 33.600 gesunkenen Einzelhändlern im Jahr 2002 in Österreich (vgl. GAVAC et al., 2003) war der Lebensmittelhandel am stärksten betroffen. Hier dominieren die Top 5-Unternehmen (Rewe Austria: 35,5 %, Spar Österreich: 31,3 %, Adeg: 12 %, ZEV Markant [DM, Schlecker, ...]: 8,8 % und Zielpunkt: 5,9 %) 93,5 % des Marktes. In Deutschland decken die obersten 5 nur 61 % ab. Erst die Top 20 kommen auf eine solche Dominanz (vgl. GAVAC et al., 2003).

**Tabelle 1:** Gemeinden und Einwohner ohne Nahversorger 1997 und 2001 in Österreich

Bundesland	1997			2001		
	Gemeinden ohne Nahversorger	Einwohner ohne Nahversorger		Gemeinden ohne Nahversorger	Einwohner ohne Nahversorger	
		absolut	in %		absolut	in %
Burgenland	3	984	0,36	11	5.399	1,7
Kärnten	3	5.334	0,97	7	13.532	2,4
Niederösterreich	24	21.035	1,43	27	25.995	1,7
Oberösterreich	41	35.311	2,65	52	44.132	3,2
Salzburg	7	3.197	0,66	10	5.960	1,2
Steiermark	117	93.589	7,9	140	114.916	9,6
Tirol	35	17.737	2,81	44	25.617	3,8
Vorarlberg	7	2.128	0,64	8	5.870	1,7
Wien	0	0	0	0	0	0
<b>Österreich</b>	<b>237</b>	<b>179.315</b>	<b>2,3</b>	<b>299</b>	<b>241.421</b>	<b>3</b>

**Quelle:** PILAT, Martin; 2006; nach: GROHALL, Karl-Heinz; 2003.

Zwar deuten die angesprochenen Tendenzen einen tiefliegenden Wandel in der Landschaft der Einzelhändler an, umso dramatischer wird dies bei Betrachtung von konkreten Zahlen von Betroffenen ohne Nahversorgung in den österreichischen Bundesländern. Von 1997 bis 2001 ist in allen Fällen bis auf Wien das Angebot



weiter verschmälert und mehr Menschen ohne fußläufige Nahversorgung. In der Steiermark beträgt jener Satz beinahe 10 %, also fast 115.000 Menschen Bundesweit liegt der Schnitt bei immerhin 3 %.

Insgesamt kategorisiert und identifiziert jedes Bundesland in seiner spezifischen Raumplanungs- und Raumordnungskompetenz verschieden, was bei solchen bereits bestehenden Problemen für Ziele und Maßnahmen zu treffen sind. Insgesamt scheint das hehre Ziel der vorausschauenden, nachhaltigen Entwicklungsplanung in der Raumplanung nach wie vor einer vorherrschenden Reaktionsplanung, und selbst diese mit Verzögerungen, zu unterliegen.

Exemplarisch das restriktive Tiroler Einkaufszentrenprogramm von 2005 mit folgender Erkenntnis, die immerhin Anlass zu zukünftigen Ordnung verspricht:

Zu den **Verkehrswirkungen** ist festzuhalten, dass Handel und Verkehr untrennbar miteinander verbunden sind. Die Errichtung eines Handelsbetriebes verursacht neuen Verkehr und zieht Verkehrsverlagerungen im Standortbereich nach sich. Ein Handelsbetrieb bzw. Einkaufszentrum mit 10.000 m<sup>2</sup> Kundenfläche weist im Durchschnitt ca. 500 Stellplätze auf. Bei mehrfacher Belegung bedeutet dies ca. 4.000 PKW - Bewegungen am Tag, wobei es zu beachten gilt, dass beim Einkaufsverkehr starke Schwankungen auftreten.

Die Frage der Erreichbarkeit ist zum Schlüsselkriterium für die Standortwahl im Einzelhandel geworden, dies gilt für innerörtliche Standortlagen und Ortsrandlagen gleichermaßen. Die Einzelhandelsbetriebe an den Orts- und Stadträndern sind stark oder ausschließlich auf Autokunden orientiert und daher in besonderem Maße verkehrswirksam.

**Quelle:** Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Raumordnung – Statistik; 2006.



### 1.3 Zersiedelung

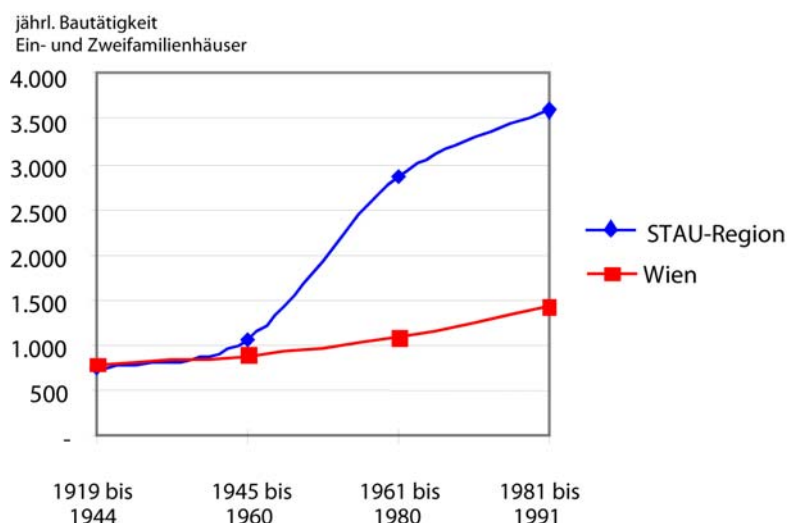
Zersiedelung bezeichnet die Ausprägung im Raum, sich tendenziell jenseits von bereits bestehenden und zusammenhängenden bebauten Flächen auszubreiten und so ein unstrukturiertes (unkontrolliertes) Wachstum mit einer Vielzahl von Effekten voranzutreiben. In seiner typischsten Ausprägung kennt man es in Österreich als das Einfamilienhaus im Grünen samt Garage im Stadtumland, was sich nach neuester IMAS-Umfrage zum Thema Hausbau auch mit den Vorstellungen der Österreicher deckt: rund 70 % sehen das Einfamilienhaus als Idealbild der häuslichen Selbstverwirklichung, des familiären Glücks und Erhöhung der Lebensqualität, welches sprichwörtlich erst so intensiv durch den Motor (des) Pkw(s) ermöglicht wurde. Mediale Aufbereitung und jahrzehntelange Versäumnisse lassen an der Effizienz und Notwendigkeit der Raumplanung zweifeln. Doch gerade dieser obliegt die Aufgabe der Ordnung.

Der in weiterer Folge auch als Urban Sprawl bezeichnete Prozess führt zu einer immer weiteren Trennung der Grundfunktionen von Wohnen, Arbeiten, Erholen und Bewegen (vgl. Charta von Athen), deren Kombination eben nur noch durch letztere, meist per MIV (Verkehrsinduktion), zusammengeführt werden kann, da die räumliche Nähe Stück für Stück nicht mehr

gegeben ist. Das Leitbild des kompakten Siedlungskörpers scheint in den Köpfen vieler Planer seit dem Masseneinsatz des Pkws schlicht obsolet beziehungsweise substituierbar geworden zu sein. So wundern auch viele Auswirkungen der Versäumnisse nicht, die nicht nur den Einzelhandel betreffen, etwa:

- Nahversorgung, aber nur in Einkaufszentren außerhalb
- Absterben der lokalen Wirtschaft (Kaufkraftabfluss) und Identität
- Baulandüberhang, aber oft keine Verfügbarkeit

**Abbildung 1:** Bautätigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern von 1919 – 1991 im Großraum Wien



**Quelle:** LOIBL, Wolfgang et al.; 2002.

**Anmerkung:** STAU-Region bezeichnet hier die Region Wien-Umgebung in einem ungefähr 50 km Radius von der Stadtgrenze Wiens





- belastete Kommunalbudgets durch Errichtung und Erhaltung von Basisinfrastruktur in der Fläche
- Kommunale Konkurrenz statt regionaler Aufgabenteilung
- Umweltbelastungen durch MIV-affine Strukturen

In Zahlen bedeutet dies für Österreich etwa (vgl. WEBER, 2006):

- eine tägliche Bruttobodeninanspruchnahme von 21 Hektar
- jährliche Bodeninanspruchnahme von zusätzlich 7 – 12 m<sup>2</sup>/Person
- ungenutztes, gewidmetes Bauland von ~ 30 %
- **fußläufige Erreichbarkeit eines Lebensmittelgeschäftes im Streusiedlungsgebiet von nur 6 %**

**Abbildung 2:** Szenarien zukünftiger Siedlungsstrukturen und Interaktionsmuster

	Siedlungsstruktur	Interaktionsmuster
Urbanisierung (ca. 1850 - 1950)		
Suburbanisierung (ca. 1950-1980)		
Desurbanisierung (ca. 1980-2000)		
Zukunft 1: Fortsetzung der Desurbanisierung (Urban Sprawl)		
Zukunft 2: Reurbanisierung (Dezentrale Konzentration)		
Zukunft 3: Die nachhaltige Stadtlandschaft		

**Quelle:** HESSE, Markus; SCHMITZ, Stefan; 1998.



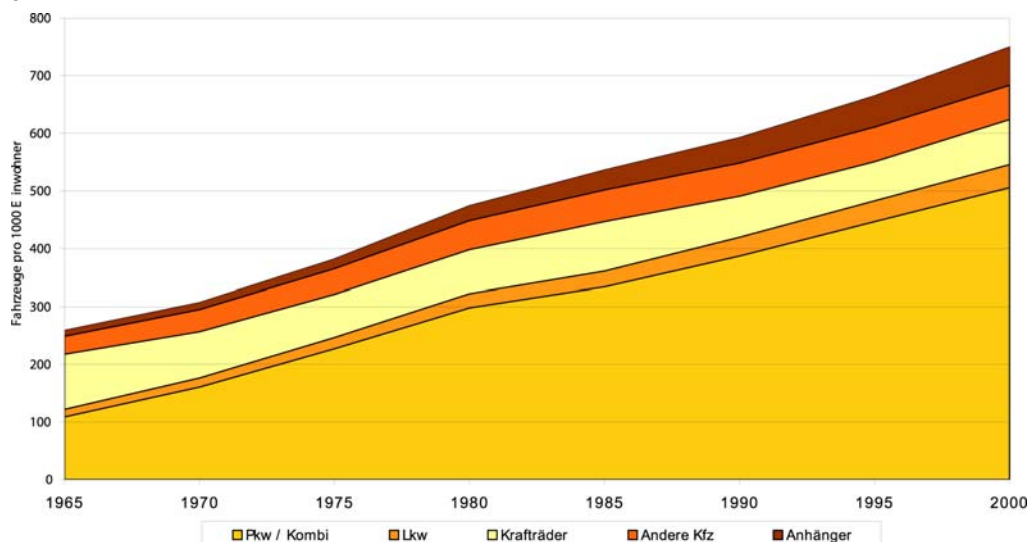
## 1.4 Weitere Einflussgrößen

### 1.4.1 Motorisierungsgrad

Der Motorisierungsgrad, statistisch manchmal auch Motorfahrzeugdichte genannt, gibt typischerweise das Verhältnis zwischen Fahrzeugbestand und Bevölkerung in einem bestimmten Gebiet an. Meist normiert auf ... Pkw/1.000 Einwohner ist er wertvolle Vergleichsgröße in internationalen Verkehrsstatistiken zwischen Regionen und Staaten. Prinzipiell ist bei einem hohen beziehungsweise wachsenden Motorisierungsgrad mit gesteigerter Nachfrage, also höherem Aufkommen und Leistung, zu rechnen.

Der Motorisierungsgrad in Österreich erhöhte sich von 1965 bis zum Jahr 2000 sukzessive um mehr als 350 % von 109 Pkw auf 505 Pkw/1.000 Einwohner. Die jährlichen Steigerungsraten waren zwar in den 70er-Jahren mit durchschnittlich 6 – 7 % deutlich höher als in den 90er-Jahren mit nur noch 2,5 %, doch gegenüber anderen Fahrzeugklassen ist die Pkw-Penetration bis heute (Österreich gesamt Ende 2006: 508,7) die stärkste. Vor allem in ländlichen, peripheren Regionen wie dem Burgenland ist dieser mit 581,4 deutlicher höher als in Wien mit nur 398,5/1.000 Einwohner. Gerade dort geht eine immer stärker IV-Affinität mit Überalterung, Siedlungssterben, Verlust der Lebensqualität und Abwanderung einher.

**Abbildung 3:** Entwicklung des Motorisierungsgrades im Straßenverkehr von 1965 – 2000 in Österreich



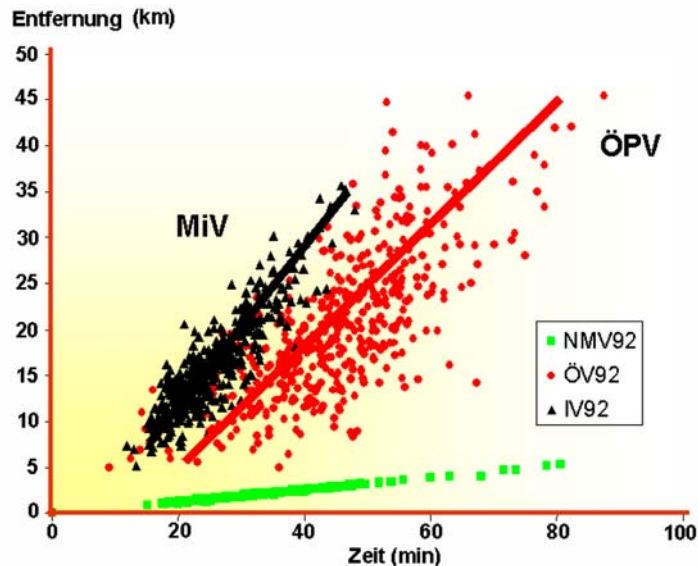
**Quelle:** Statistik Austria; Österreichisches Bundesministerium für Verkehr, Technologie und Innovation; Herry Verkehrsplanung / Consulting; 2002.



### 1.4.2 Systemgeschwindigkeit im MIV

Die dargelegte zunehmende Motorisierung erschließt den Systemvorteil des Pkw für jeden weiteren eintretenden Verkehrsteilnehmer. Die Systemgeschwindigkeit, also Strecke zu reiner Fahrzeit, ist dabei in den letzten Jahren jährlich bis zu 1 km/h in einem gemessenen Querschnitt angestiegen (vgl. HÖFLER, 2002), sofern die Struktur in einem Gebiet dies zuließ. Ähnliches hat man in auch Deutschland beobachtet.

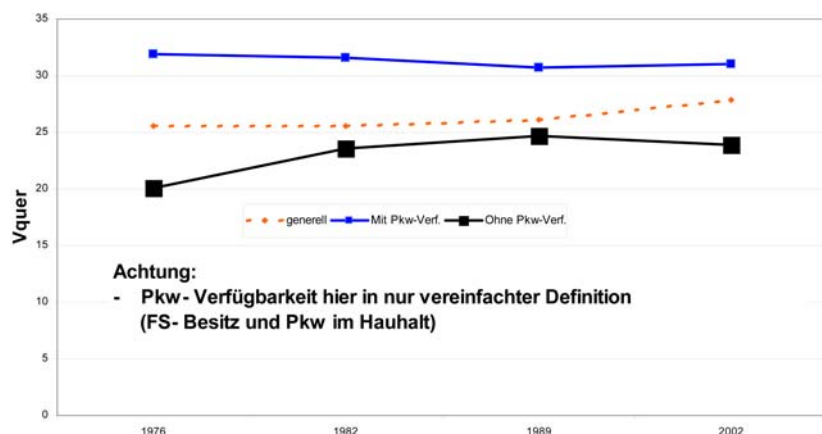
**Abbildung 4:** Zeit-Entfernungsdiagramm 1992 der Wege in Oberösterreich (VE 1992)



Quelle: HÖFLER, Leonhard; 2002.

Dennoch blieb die gemittelte Reisegeschwindigkeit beinahe gleich: durch die prinzipiell höhere Geschwindigkeit im MIV werden unter Annahme eines konstanten Mobilitätszeitbudgets (die „gewonnene“ Zeit wird reinvestiert) größere Entfernungen akzeptabel und Rationalisierung und Konzentration in weiter räumlicher Streuung möglich (die angesprochene Schere: versplitterte Wohnsiedlungen oder Einkaufszentren am Stadtrand). Da zum Abbau der so entstandenen Gefälle zwischen mobilen und immobilen Menschen auch Öffentliche Verkehrsmittel nötig sind, die eine starke Konzentration der Verkehrsströme zur wirtschaftlichen Überlebensfähigkeit bedingen, sinkt die Erschließung und Attraktivität in den entstehenden Ausdünnungszonen. Viele Bedürfnisse können nur noch über weite Entfernungen mit dem Pkw befriedigt werden und dies wiederum steigert die Nachfrage nach schnelleren Systemen.

**Abbildung 5:** Entwicklung der Systemgeschwindigkeit 1976 – 2002 in Deutschland



Quelle: CHLOND, Bastian; 2004.



## 2 Die Modellierung des Zusammenhangs zwischen Einzelhandel und Zersiedelung

### 2.1 Grundannahmen

Um den Zusammenhang zwischen Einzelhandel und Zersiedelung modellieren zu können, müssen bestimmte Grundannahmen getroffen werden. Dies betrifft vor allem die kausalen Zusammenhänge zwischen Entitäten, welche danach im Causal-Loop-Diagramm dargestellt werden.

Eine der wichtigsten Grundannahmen für die Modellierung ist das konstante Zeitbudget, welches durch die Verkehrsforschung in den letzten Jahren wiederholt bestätigt wurde. Dies bedeutet, dass jeder Mensch eine bestimmte Zeit im Verkehrssystem verbringt, unabhängig vom gewählten Verkehrsmittel.

Dank der Grundannahme des konstanten Zeitbudgets können ausgehend von der Systemgeschwindigkeit sowohl ein kausaler Zusammenhang auf die Einzugsgebietsfläche und die Tagesweglänge im Einkaufsverkehr hergestellt werden. Die Anzahl der Geschäfte können durch die Einzugsgebietsfläche ebenfalls bestimmt werden.

Zur Schließung des Regelkreises sind aber weitere Grundannahmen notwendig. Zwischen der Anzahl Geschäfte und dem Zersiedelungsgrad besteht kein gleichwertig starker kausaler Zusammenhang wie beispielsweise zwischen der Einzugsgebietsfläche und der Anzahl Geschäfte. Um den Zusammenhang darzustellen, wurde die Hypothese gemacht, dass eine Verminderung der Anzahl von Geschäftsstandorten die Zersiedelung fördert. Dieses Phänomen ist zwar beobachtbar, aber nicht direkt beweisbar.

Die nächste Grundannahme, dass ein höherer Zersiedelungsgrad den Pkw-Anteil im Einkaufsverkehr erhöht, ist wieder besser belegbar, da ein Gebiet mit hohem Zersiedelungsgrad nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand gut mit dem öffentlichen Verkehr erschlossen werden könnte.

### 2.2 Datengrundlagen

#### 2.2.1 Raumrelevante Daten

Zur Festlegung der Einzugsgebietsfläche je Geschäftsstandort wurde der Dauersiedlungsraum mit zirka 32.000 km<sup>2</sup> als Referenz verwendet (Statistik Austria).



## 2.2.2 Wohnungsstatistik

Da die Zeitreihenanalyse des Gebäudebestandes nur für Niederösterreich recherchiert werden konnte, dient sie als Näherung, umgelegt auf Österreich.

Der Anteil von Ein- und Zweifamilienhäusern am Gesamtgebäudebestand in Niederösterreich (Statistik Austria) war im Jahr 1981 61 % bzw. im Jahr 2001 83 %.

Für das Ausgangsjahr der Modellierung (1960) wurde ein Anteil von 50 % angenommen.

## 2.2.3 Mobilitätsdaten

### ▪ *Zeitbudget für den Wegezweck „Einkauf“*

Empirische Erhebungen im Jahr 2002 ergaben ein Zeitbudget von 16 Minuten (BMVIT).

### ▪ *Tageswegelänge für den Wegezweck „Einkauf“*

Empirische Erhebungen im Jahr 2002 ergaben eine Tageswegelänge von 5 km (BMVIT).

### ▪ *Modal Split im Jahr 1995*

Fuß: 37 %, Rad: 6 %, MIV: 48 %, ÖV: 9 % (BMVIT)

### ▪ *Modal Split im Jahr 1960*

Die Verkehrsmittelwahl zum Zweck „Einkauf“ wurde für das Jahr 1960 aufgrund folgender Rahmenbedingungen abgeschätzt:

- » Aufgrund des Pkw-Bestandes im Jahr 1960 (~ 400.000 Pkw) und im Jahr 2000 (~ 4.000.000 Pkw)
- » Es wurde angenommen, dass sich die Einzelhandelsstrukturen vorwiegend an der Tageswegelänge des Umweltverbundes orientierten, da der Anteil an Pkw-Besitzern, gemessen an der Gesamtbevölkerung, im Jahr 1960 verhältnismäßig gering war.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde ein Pkw-Anteil von 2% im Jahre 1960 angenommen. Die verbleibenden 98% werden dem Umweltverbund zugeordnet.



▪ *Systemgeschwindigkeit*

Für das Jahr 1995 ergibt sich bei Berücksichtigung des Modal Splits und den spezifischen Geschwindigkeiten einzelner Verkehrsträger eine Systemgeschwindigkeit von ~ 18 km/h. Aufgrund des Zeitbudget von 16 Minuten ergibt sich eine rechnerische Tagesweglänge von ~ 5 km. Dies deckt sich mit den empirischen Erhebungen.

### 2.2.4 Lebensmittelhandel

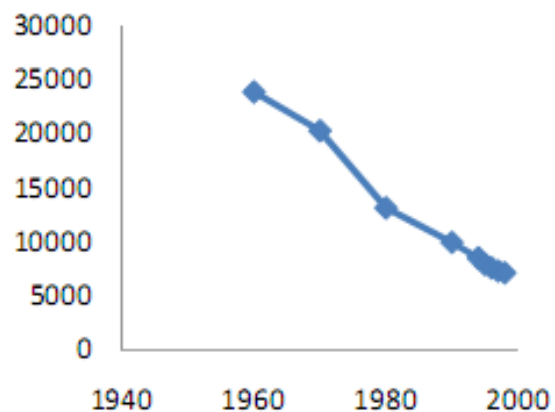
Die Anzahl der Lebensmittelgeschäfte (vgl. STROBL, 1999) liefern eine Grundlage zur Kalibrierung des Modells.

**Tabelle 2:** Anzahl der Lebensmittel – Einzelhandelsgeschäfte von 1960 – 1994 in Österreich

Jahr	Anzahl der Geschäfte
1960	23.900
1970	20.310
1980	13.176
1990	9.989
1994	8.552

Quelle: STROBL, Leopold; 1999.

**Abbildung 6:** Anzahl der Lebensmittel – Einzelhandelsgeschäfte von 1960 – 1994 in Österreich



Quelle: STROBL, Leopold; 1999.

### 2.3 Causal-Loop-Modellierung

Causal-Loop-Modelle werden für qualitative Modellierungen von dynamischen Prozessen verwendet. Das Causal-Loop-Modell ist beim weiteren Vorgehen eine wichtige Basis für die Erstellung eines quantitativen Modells. Ohne sich Gedanken über die qualitativen Zusammenhänge zu machen, ist eine quantitative Modellierung nicht sinnvoll. Deshalb ist es notwendig, diese Modellierung sorgfältig durchzuführen und dabei insbesondere sich selbst verstärkende Regelkreise zu identifizieren. Um die Übersichtlichkeit im Modell zu erhalten, sollte die Anzahl der Entitäten auf ein erfassbares Maß von aussagekräftigen Entitäten beschränkt werden.

Als erstes müssen dabei die Entitäten, welche im Modell verwendet werden sollen, gefunden und definiert werden. In unserem Modell wurden folgende Entitäten verwendet:



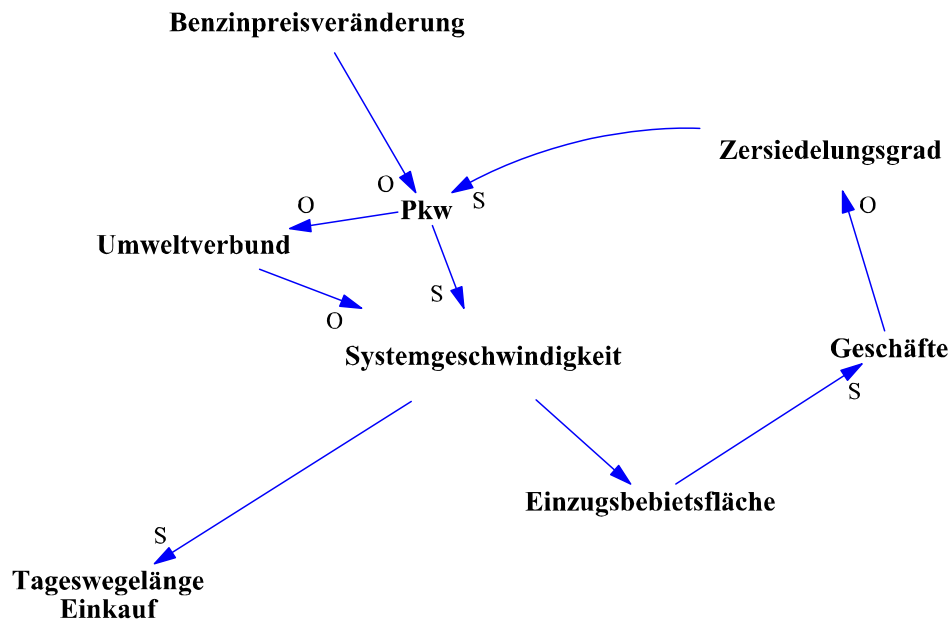
- **Systemgeschwindigkeit**  
Die durchschnittliche Geschwindigkeit aller Verkehrsteilnehmer, errechnet aus dem Modal Split (Gewichtung) und den durchschnittlichen spezifischen Geschwindigkeiten der einzelnen Verkehrsmittel
  
- **Einzugsgebietsfläche**  
Fläche des Dauersiedlungsraum, welche durch einen Geschäftsstandort bedient wird.
  
- **Geschäfte**  
Anzahl der Lebensmittelgeschäfte in Österreich
  
- **Zersiedelungsgrad**  
Als Maß für den Grad der Zersiedelung wurde der Anteil an Einfamilienhäusern am Gesamtgebäudebestand verwendet.
  
- **Pkw / Umweltverbund**  
Prozentualer Anteil des Pkw- bzw. Umweltbund-Verkehrs im Einkaufsverkehr
  
- **Widerstand im MIV-Verkehrssystem**  
Der Widerstand im MIV-Verkehrssystem ist ein Wert, der mehrere Faktoren, welche die Verkehrsmittelwahl beeinflussen, einschließt. Dazu gehören beispielsweise der Benzinpreis, die vorhandene Infrastruktur für die fahrenden und parkenden Fahrzeuge, die Auslastungsgrade dieser Infrastruktur, etc.
  
- **Tagesweglänge Einkauf**  
Die durchschnittliche pro Person zurückgelegte Wegstrecke pro Tag für den Zweck Einkauf (Nahversorgung des täglichen Bedarfs)

Im weiteren Verlauf der Modellierung werden die Entitäten miteinander durch Pfeile verbunden, welche den Wirkungszusammenhang und die Wirkungsrichtung angeben sollen. Bei der Pfeilspitze wird zusätzlich durch die Bezeichnung „s“ oder „o“ angegeben, ob der Wirkungszusammenhang positiv (s für same) oder negativ (o für opposite) ist. Ein positiver Wirkungszusammenhang bedeutet, dass beispielsweise eine ansteigende Entität A, welche mit einer Entität B durch einen Pfeil von A nach B mit der Bezeichnung „s“ verbunden ist, eine proportional ebenfalls ansteigende



Entität B zur Folge hat. Ist der Pfeil mit „o“ bezeichnet, wird die Entität B genau in die entgegengesetzte Richtung beeinflusst. Ein Regelkreis ist dann selbstverstärkend, wenn die Anzahl der „o“ in einem Regelkreis 0 oder gerade ist.

Abbildung 7: Causal-Loop-Modell zum Faktor Einzelhandel und Zersiedelung



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

## 2.4 System Dynamics-Modellierung

Die quantitative Modellierung wurde mit dem Programm Vensim des Unternehmens *Ventana Systems, Inc.* vorgenommen. Die Struktur des Modells orientiert sich an den Überlegungen, welche für das Causal-Loop-Diagramm gemacht wurden. Im Gegensatz zum Causal-Loop-Diagramm sollen hier auch die quantitativen Auswirkungen von Veränderungen der Einflussfaktoren dargestellt werden können. Das Causal-Loop-Diagramm wurde gegenüber den ersten Überlegungen schon soweit vereinfacht, dass für die Modellierung in Vensim keine zusätzlichen Simplifizierungen mehr gemacht werden mussten.

Anhand der einzelnen Elemente und deren Zusammenspiel soll das Modell – hier ausgehend von der Systemgeschwindigkeit – erklärt werden.





### ▪ Systemgeschwindigkeit

Die durchschnittliche Geschwindigkeit aller Verkehrsteilnehmer, wird aus den Anteilen des Umweltverbundes und des Pkw-Verkehrs gewichtet, wobei für den Umweltverbund 7 km/h und für den Pkw-Verkehr 30 km/h als spezifische Geschwindigkeiten angenommen wurden:

$$\text{Systemgeschwindigkeit} = \frac{\text{Anteil\_PKW}}{100} * 30 + \frac{\text{Anteil\_Umweltverbund}}{100} * 7$$

### ▪ Einzugsgebietsfläche je Geschäftsstandort

Die Einzugsgebietsfläche wurde als *Stock* definiert. Mit einer If-Bedingung wird entweder ein *Flow* für die Gebietsausdehnung (Zufluss bei Zunahme der Systemgeschwindigkeit) oder ein *Flow* für die Gebietsschrumpfung (Abfluss bei Abnahme der Systemgeschwindigkeit) aktiviert.

Der Initialwert wurde mit folgender Formel bestimmt:

$$\text{Einzugsgebietsfläche} = 4 * \text{Systemgeschwindigkeit}_{1960}^2 * \text{Zeitbudget}^2 * 3.14$$

Die Rate für den Zufluss wird wie folgt definiert:

$$\text{Gebietsausdehnung} = (x\text{delay}^2 - \text{Systemgeschwindigkeit}^2) * \text{Zeitbudget}^2 * 4 * 3.14$$

Die Rate für den Abfluss wird wie folgt definiert:

$$\text{Gebietsausdehnung} = (\text{Systemgeschwindigkeit}^2 - x\text{delay}^2) * \text{Zeitbudget}^2 * 4 * 3.14$$

wobei *xdelay* die Systemgeschwindigkeit des vorhergehenden Jahres ist.

### ▪ Geschäfte

Die Anzahl der Geschäfte wurde aus dem Quotienten aus der Fläche des Dauersiedlungsraums und der Einzugsgebietsfläche errechnet und dann mit dem Faktor 37.123 kalibriert:

$$\text{Anzahl\_der\_Geschäfte} = \frac{\text{Fläche\_Dauersiedlungsraum}}{\text{Einzugsgebietsfläche}} * 37.123$$



## ▪ Zersiedelung

Die Zersiedelung wurde als *Stock* definiert. Mit einer If-Bedingung wird entweder ein *Flow* für die steigende (Zufluss bei Zunahme des Anteils an Einfamilienhäusern am Gesamtgebäudebestand) oder ein *Flow* für abnehmende Zersiedelung (Abfluss) aktiviert. Als Startwert dient  $z_0$ , welcher für unsere Auswertungen auf 50 (%) gesetzt wurde.

Die Rate für den Zufluss wird wie folgt definiert:

$$\text{steigende\_Zersiedelung} = (\text{Einzugsgebietsfläche} - \text{edelay}) * 0.001 * \text{Zersiedelung}$$

Die Rate für den Abfluss wird wie folgt definiert:

$$\text{abnehmende\_Zersiedelung} = (\text{edelay} - \text{Einzugsgebietsfläche}) * 0.001 * \text{Zersiedelung}$$

wobei *edelay* die Einzugsgebietsfläche des vorhergehenden Jahres ist.

## ▪ Pkw / Umweltverbund

Der Anteil Pkw wurde ebenfalls als *Stock* definiert. Mit einer If-Bedingung wird entweder ein *Flow* für die Zunahme oder ein *Flow* für die Abnahme ausgelöst. Die Faktoren für die Ansteuerungen der positiven oder negativen *Flows* sind der Zersiedelungsgrad und der Widerstand im MIV-Verkehrssystem. Als Initialwert wurde der Pkw-Bestand von 1960 erfasst.

Die Rate für die Zunahme wird wie folgt definiert:

$$\text{Zunahme\_Anteil\_Pkw} = (-0,175) * \text{Widerst.} * \text{Ant\_Pkw} + \frac{\text{Zersiedelung}}{100 * \text{zdelay}} * \text{Ant\_Pkw}$$

Die Rate für den Abfluss wird wie folgt definiert:

$$\text{Zunahme\_Anteil\_Pkw} = (0,175) * \text{Widerst.} * \text{Ant\_Pkw} + \frac{\text{Zersiedelung}}{100 * \text{zdelay}} * \text{Ant\_Pkw}$$

wobei *edelay* die Einzugsgebietsfläche des vorhergehenden Jahres ist.



▪ **Widerstand im MIV-Verkehrssystem**

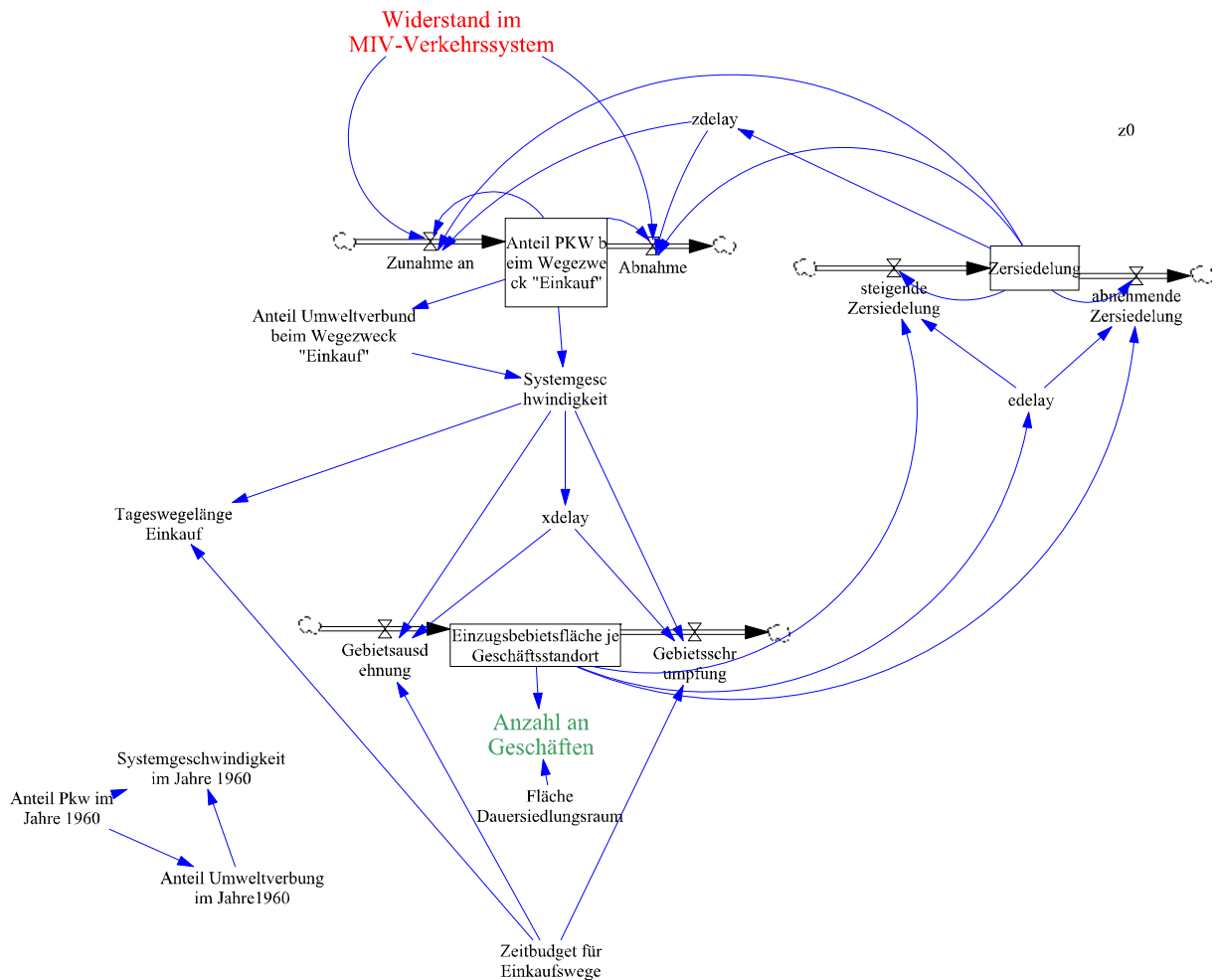
Der Widerstand im MIV-Verkehrssystem ist ein Wert, der für dieses Modell zwischen -0,5 und 0,5 festgelegt wurde. Dieser kann in 0,05er Schritten variiert werden und somit die Auswirkungen von variablen Verkehrswiderständen sichtbar zu machen.

▪ **Tagesweglänge Einkauf**

Diese rechnet sich ganz einfach aus:

$$\text{Tagesweglänge} = \text{Systemgeschwindigkeit} * \text{Zeitbudget}$$

Abbildung 8: System Dynamics-Modell in Vensim zum Faktor Einzelhandel und Zersiedelung



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung



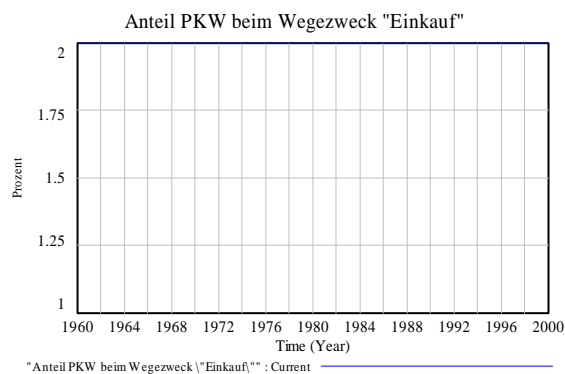
## 2.5 Wirkungsgefüge

Das Wirkungsgefüge des Modells kann anhand einiger Szenarien erklärt werden. Als Beispiel können 3 Szenarien bei Veränderung des Widerstands im MIV-Verkehrssystem genommen werden.

### 2.5.1 Szenario 1: MIV-Widerstand: „0“

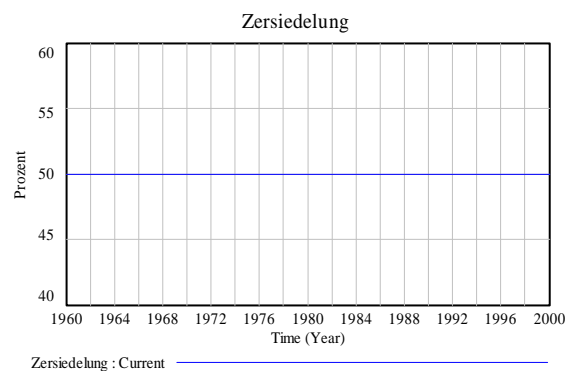
Bei diesem Szenario bleiben alle Daten konstant am Ausgangswert vom Jahr 1960.

**Abbildung 9:** Anteil Pkw beim Wegezweck „Einkauf“ – Szenario 1



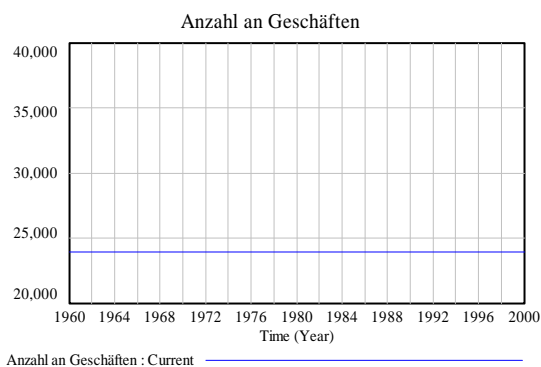
Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 10:** Zersiedelung – Szenario 1



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 11:** Anzahl an Geschäften – Szenario 1



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

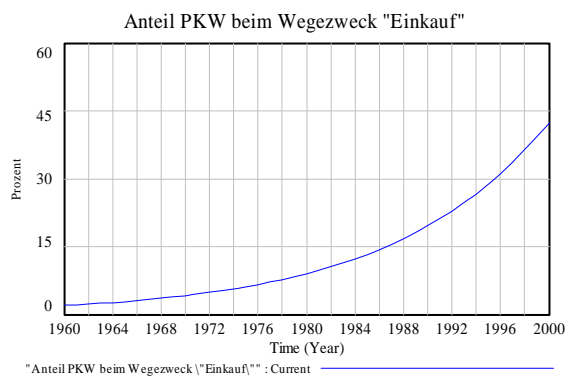
Die Anzahl der Geschäfte beträgt im Jahr 1960 23.900.



## 2.5.2 Szenario 2: MIV-Widerstand: „-0.4“

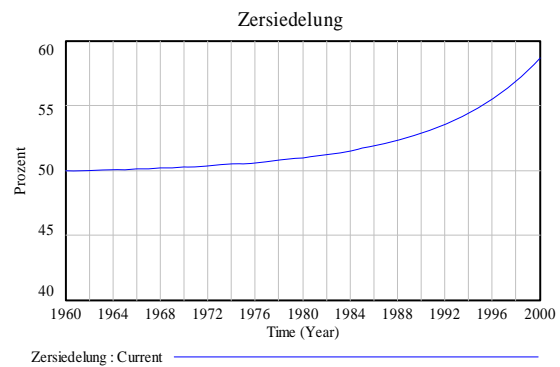
Dieses Szenario beschreibt anhand einer ständigen Widerstandsreduktion im MIV-Systemrelativ relativ genau den Verlauf der Entwicklung der Anzahl Geschäfte in Österreich von 1960 – 2000.

**Abbildung 12:** Anteil Pkw beim Wegezweck „Einkauf“ – Szenario 2



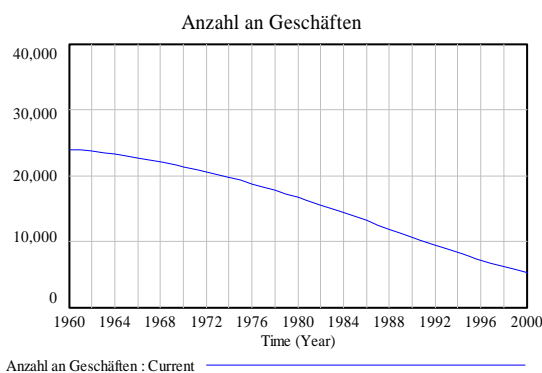
Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 13:** Zersiedelung – Szenario 2



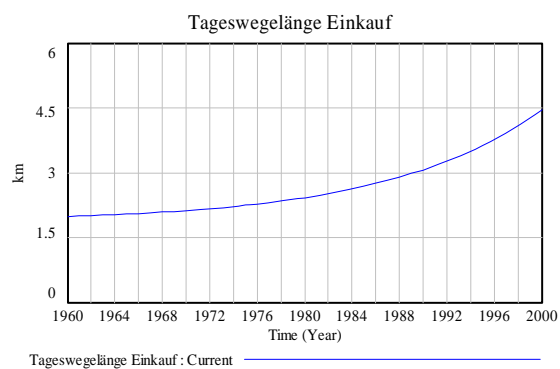
Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 14:** Anzahl an Geschäften – Szenario 2



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 15:** Tagesweglänge Einkauf – Szenario 2



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

Die Anzahl der Geschäfte nimmt von 23.900 auf 5.200 ab (-78 %). Das Modell errechnet 8.300 Geschäfte im Jahr 1994. Dies deckt sich mit der tatsächlichen Anzahl an Lebensmittelgeschäften von ~8.600 und lässt auf eine plausible Kalibrierung schließen.

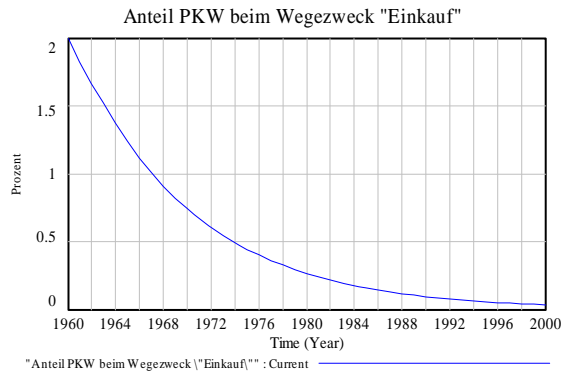
Die mittlere Tagesweglänge nimmt von 1,6 km auf 4,5 km zu. Ohne in dieser Arbeit näher auf die spezifischen Auswirkungen eingehen zu können, seien einige der negativen Konsequenzen benannt: Erhöhung des Energieverbrauchs und einhergehende Emissionssteigerung, soziale und wirtschaftliche Verödung des ländlichen Raumes und Strukturänderung zugunsten des MIV, etc.



### 2.5.3 Szenario 3: MIV-Widerstand: „+0.5“

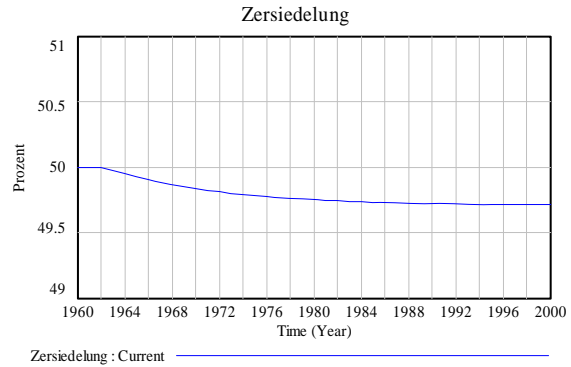
Bei diesem Szenario werden die Auswirkungen eines starken Widerstandes für den MIV dargestellt. Das Modell geht von der Annahme aus, dass im Jahre 1960 der Widerstand im Individualverkehr gesteigert wird.

**Abbildung 16:** Anteil Pkw beim Wegezweck „Einkauf“ – Szenario 3



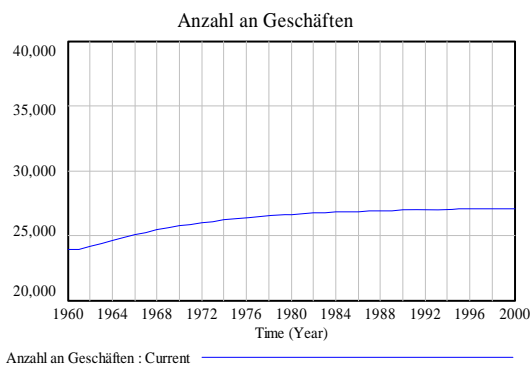
Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 17:** Zersiedelung – Szenario 3



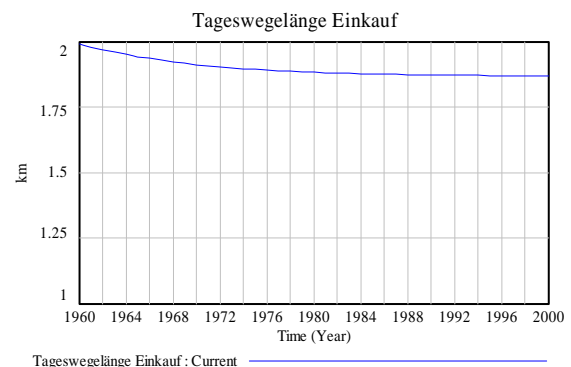
Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 18:** Anzahl an Geschäften – Szenario 3



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

**Abbildung 19:** Tagesweglänge Einkauf – Szenario 3



Quelle: Eigene Bearbeitung und Darstellung

Der für heutige Verhältnisse geringe Pkw-Anteil wird bei diesem Szenario auf ein verschwindend geringes Niveau von weniger als 1 % gedrückt. Dies hat eine Zunahme von Geschäften von 23.900 auf 27.100 (+12 %) zur Folge.

Die Tagesweglänge nimmt geringfügig ab.



## 2.6 Modellrestriktionen

Das vorliegende Modell kann keine exakten Daten liefern, hingegen können dynamische Prozesse sehr gut veranschaulicht werden. Viele Daten, die notwendig wären, um ein exaktes Modell zu dieser Thematik zu erstellen, sind nicht oder nur kostenpflichtig zugänglich und viele Wirkungsmechanismen sind nicht genügend erforscht.

Im Rahmen dieser Übung versteht und begnügt sich das Modell auf die verständliche und nachvollziehbare Präsentation der möglichen Entwicklungen bei Änderungen der Parameter.

## 3 Erkenntnis und Resümee

Zur eingesetzten Methodik von Causal-Loop und System Dynamics:

obwohl gerade Verkehr selbst und als Schnittstelle für viele komplexe Systeme angesehen werden kann, ist es gerade zu erschreckend, dass die systemdynamische Modellierung in Zeiten von intensiver Benutzung von rechnergestützter Visualisierung und Präsentation derart (bewusst) vermieden wird. Unter dem Blickwinkel einer systemdynamischen Betrachtung erscheinen heute vielleicht noch unpopuläre Maßnahmen (beispielhaft Senkung der Pendlerpauschale, MIV-Kapazitätsreduktion etc.) als Beitrag zur Erreichung verkehrspolitischer Ziele.

Insofern kann und soll zukünftig der Diskurs der umfassenden Betrachtung solcher komplexer Systeme zu einem besseren Verständnis von Planung für alle Beteiligte führen. Dabei ist mit Sicherheit etwa die technische Umsetzung oder statistische Aufbereitung weniger Problem als überhaupt das Erfassen und Berücksichtigen von allen Einflussfaktoren auch über Grenzen und Kompetenzen hinweg. Es ist somit zu wünschen, dass sich diese Methodensammlung zur Visualisierung von möglichen Entwicklungen gegenüber kurzfristigen, eindimensionalen Patentrezepten verstärkt Anklang findet.



## 4 Anhang

### 4.1 Quellenverzeichnis

- WEBER, Gerlind: Zersiedeln wir die Steiermark? Präsentation im Rahmen des Forum Akademie 5 an der Technischen Universität Graz, Mai 2006; Universität für Bodenkultur, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur; Wien, 2006.
- CHLOND, Bastian: Budgets für Mobilität – Einflussfaktoren und Veränderungspotenziale, (Der Tag hat 24 h und wie wird er optimiert?), Lehrveranstaltungsunterlage; Universität Karlsruhe (TH), Institut für Verkehrswesen; Karlsruhe 2004.
- Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Raumordnung – Statistik: Tiroler Einkaufszentrenprogramm 2005, Erläuterungsbericht; Innsbruck, 2006.
- Statistik Austria; Österreichisches Bundesministerium für Verkehr, Technologie und Innovation; Herry Verkehrsplanung / Consulting: Verkehr in Zahlen, Österreich, Ausgabe 2002; Wien, 2002.
- HÖFLER, Leonhard: Öffentlicher Verkehr und Pkw im Systemvergleich - Eine moderne Version des Märchens vom Hasen und Igel. In: Der öffentliche Sektor, Forschungsmemoranden; Herausgeber: BLAAS, Wolfgang, Technische Universität Wien, Institut für Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik; Wien, 2002.
- PILAT, Martin: Regionale Einzelhandelskonzepte, Version 2, Projektseminar aus angewandter Geographie, Raumforschung und Raumordnung; Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung; Wien, 2006.
- LOIBL, Wolfgang; GIFFINGER, Rudolf; SEDLACEK, Sabine; KRAMAR, Hans; SCHUH, Bernd: "STAU-Wien" Stadt-Umlandbeziehungen in der Region Wien: Siedlungsentwicklung, Interaktionen und Stoffflüsse; Endbericht – Teil A: Ergebnisse; ARC Seibersdorf research Report, ARC—S-0181a, BV, 67 pp.; Wien, 2002.
- AXHAUSEN, Kay W.; VRTIC, Milenko: Was ist Verkehrsplanung? Prozesse, Probleme und Mengen, Lehrveranstaltungsunterlage; Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme; Zürich, 2007.
- HESSE, Markus; SCHMITZ, Stefan: Stadtentwicklung im Zeichen von „Auflösung“ und Nachhaltigkeit. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7/8; Bonn, 1998.
- GAVAC, Karin: Perspektiven im Handel. In: Perspektiven für den österreichischen Handel. Analysen – Fallstudien – wirtschaftliche Implikationen; Teil I; Wien, 2003.
- STROBL, Leopold: Der selbstständige Lebensmitteleinzelhändler als Nahversorger in der Steiermark – Historische Entwicklungen und Ansätze für die Zukunft. Dissertation an der Karl-Franzens-Universität Graz; Graz, 1999.

### 4.2 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b>	Bautätigkeit von Ein- und Zweifamilienhäusern von 1919 – 1991 im Großraum Wien	Seite 8
<b>Abbildung 2:</b>	Szenarien zukünftiger Siedlungsstrukturen und Interaktionsmuster	Seite 9
<b>Abbildung 3:</b>	Entwicklung des Motorisierungsgrades im Straßenverkehr von 1965 – 2000 in Österreich	Seite 10
<b>Abbildung 4:</b>	Zeit-Entfernungsdiagramm 1992 der Wege in Oberösterreich (VE 1992)	Seite 11
<b>Abbildung 5:</b>	Entwicklung der Systemgeschwindigkeit 1976 – 2002 in Deutschland	Seite 11
<b>Abbildung 6:</b>	Anzahl der Lebensmittel – Einzelhandelsgeschäfte von 1960 – 1994 in Österreich	Seite 14





<b>Abbildung 7:</b>	Causal-Loop-Modell zum Faktor Einzelhandel und Zersiedelung	Seite 16
<b>Abbildung 8:</b>	System Dynamics-Modell in Vensim zum Faktor Einzelhandel und Zersiedelung	Seite 19
<b>Abbildung 9:</b>	Anteil Pkw beim Wegezweck „Einkauf“ – Szenario 1	Seite 20
<b>Abbildung 10:</b>	Zersiedelung – Szenario 1	Seite 20
<b>Abbildung 11:</b>	Anzahl an Geschäften – Szenario 1	Seite 20
<b>Abbildung 12:</b>	Anteil Pkw beim Wegezweck „Einkauf“ – Szenario 2	Seite 21
<b>Abbildung 13:</b>	Zersiedelung – Szenario 2	Seite 21
<b>Abbildung 14:</b>	Anzahl an Geschäften – Szenario 2	Seite 21
<b>Abbildung 15:</b>	Tagesweglänge Einkauf – Szenario 2	Seite 21
<b>Abbildung 16:</b>	Anteil Pkw beim Wegezweck „Einkauf“ – Szenario 3	Seite 22
<b>Abbildung 17:</b>	Zersiedelung – Szenario 3	Seite 22
<b>Abbildung 18:</b>	Anzahl an Geschäften – Szenario 3	Seite 22
<b>Abbildung 19:</b>	Tagesweglänge Einkauf – Szenario 3	Seite 22

### **4.3 Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1:</b>	Gemeinden und Einwohner ohne Nahversorger 1997 und 2001 in Österreich	Seite 6
<b>Tabelle 2:</b>	Anzahl der Lebensmittel – Einzelhandelsgeschäfte von 1960 – 1994 in Österreich	Seite 14