



**Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines nachhaltigen Energiekonsums (e-co)**

---

**Die geplante und durchgeführte Erweiterung des Modells e3.at um  
ein Wohnungsbestandsmodell**

---

**Anett Großmann, Marc Ingo Wolter**

**Working Paper Nr. 1**

Wien, 28.01.2009

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zielsetzung .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Datenlage &amp; Modellierungsansätze .....</b>	<b>4</b>
2.1. Die regionale ökonomische Entwicklung .....	4
2.2. Die demographische Entwicklung und das Haushaltsbildungsverhalten .....	5
<b>3. Wohnungsmodul .....</b>	<b>5</b>
3.1. Die Entwicklung der Fertigstellungen .....	5
3.2. Die Wohnungsbauinvestitionen in e3.at.....	7
3.3. Die differenzierte Modellierung der Wohnungsbestände und ihrer Eigenschaften .....	8

## 1. Zielsetzung

Die Modellerweiterung um den Wohnungsbestand hat das Ziel, den Energieverbrauch der privaten Haushalte auf Bundesländerebene insbesondere im Hinblick auf den Energieverbrauch zur Wärmeerzeugung besser abzubilden. Damit ergibt sich eine Reihe von Notwendigkeiten, die im Rahmen der Modellierung berücksichtigt werden müssen. Ausgehend von der Fragestellung, wie sich der Wärmebedarf der privaten Haushalte auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen auswirkt, müssen die Entwicklung der Anzahl der Wohnungen, der Größe dieser Wohnungen, die Verteilung der Wohnungen auf Gebäudegrößen, der Energiebedarf pro m<sup>2</sup> und die Struktur der Energieträger zur Wärmeerzeugung erfasst werden. Ferner sind diese Informationen auf geeignete Weise zu verknüpfen. Dabei gilt grundsätzlich: Je detaillierter die Erfassung der einzelnen Einflussfaktoren ist, desto valider sind die Aussagen über die zukünftige Entwicklung.

Neben den genannten Einflussfaktoren sind die demographische Entwicklung unter Einbeziehung des Haushaltsbildungsverhaltens der Einwohner, das Einkommen der Haushalte und die regionale Verteilung sowohl der Bevölkerung als auch des Wohnungsbestandes wichtige Determinanten des Wohnungsbaus und damit auch der gesamten Wohnungsbauinvestitionen.

Der Einfluss der demographischen Entwicklung wird deutlich, wenn beispielsweise angenommen wird, dass die regionale Verteilung der Bevölkerung in Zukunft unverändert bleibt und gleichmäßig anwächst. Da Fernwärme in der Regel nur in Agglomerationsräumen eingesetzt werden kann, wird bei einer abweichenden regionalen Verteilung (beispielsweise kann nur Wien einen Bevölkerungszuwachs verzeichnen) ein größerer oder kleinerer Anteil der Fernwärme an der Wärmeerzeugung möglich sein. Ferner unterscheiden sich die Größen der Wohnungen nach ihrer regionalen Lage: In ländlichen Räumen gibt es größere Wohnungen in kleineren Gebäuden (Gebäuden mit einer oder zwei Wohnungen). In städtisch geprägten Regionen verhält es sich eher umgekehrt. Nicht zuletzt unterscheidet sich, ausgehend von der vorherrschenden Branchenstruktur, die ökonomische Dynamik in den Regionen.

Vor dem geschilderten Hintergrund wird ein Modellierungsansatz gewählt, der nicht nur die für den Wärmebedarf der privaten Haushalte wichtigen Einflussgrößen enthält, sondern zudem eine regionale Verteilung nach Bundesländern berücksichtigt. Demzufolge legt die Modellbeschreibung zunächst die Datenlage dar, um sich danach mit der Abbildung der regionalen ökonomischen Entwicklung zu befassen. Es schließt sich die Beschreibung der Modellierung der regionalen Wohnungsmodule an. Zum Schluss wird die Integration in das bestehende Modell e3.at beschrieben.

## 2. Datenlage & Modellierungsansätze

### 2.1. Die regionale ökonomische Entwicklung

Ausgangspunkt für die Ermittlung der regionalen Entwicklung ist die in der Vergangenheit beobachtete Entwicklung der Arbeitnehmer nach 16 Branchen und 9 Bundesländern. Die Entwicklung der Beschäftigung in den Bundesländern ist von der Bundesentwicklung geprägt:

$$(1) \ b^{\text{aner}}(i,t) = f(\text{ataner}(i,t)) \text{ für alle } i = \{1, \dots, 16\} \text{ und } bl = \{1, \dots, 9\}$$

bl – Bundesland

i – Wirtschaftsbereiche

t - Zeit

aner – Beschäftigte

ataner – Beschäftigte in Österreich

Die auf der Ebene der Bundesländer ermittelten Arbeitnehmer werden mithilfe eines Skalierungsverfahrens mit der Zahl der Arbeitnehmer auf der Bundesebene in Übereinstimmung gebracht.

Unter Beibehaltung der regionalen Unterschiede einer Branche kann die Jahreslohnsumme  $bl^{\text{antrn}}(i,t)$  (Bruttolohn eines Arbeitnehmers einer Branche zuzüglich Lohnnebenkosten) fortgeschrieben werden. Wird die Anzahl der Arbeitnehmer mit der Jahreslohnsumme multipliziert, ergeben sich die regional unterschiedlichen Lohnzahlungen einer Branche. Die in einer Region gezahlte Lohnsumme ist dann die Summe der branchenspezifischen Lohnsummen der entsprechenden Region.

Mit der Lohnsumme einer Region ist ein Großteil des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte erfasst. Weitere Einkommensbestandteile sind Vermögenseinkommen und das Einkommen aus dem sozialen Sicherungssystem. Davon sind Einkommensteuern und Sozialbeiträge zu subtrahieren. Diese Übergänge zum Primäreinkommen und dann zum verfügbaren Einkommen werden auf der Ebene der Bundesländer erfasst, wobei für beide Übergänge jeweils nur ein Aggregat zur Verfügung steht.

Schließlich entsteht das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte als eine wichtige Determinante der Wohnungsbautätigkeit in einer Region.

## **2.2. Die demographische Entwicklung und das Haushaltsbildungsverhalten**

Die demographische Entwicklung beschreibt – grob gesprochen – die alters- und anzahlmäßige Verteilung der Bevölkerung auf eine Bevölkerungspyramide. Wichtige demographische Prozesse sind Fertilität, Mortalität und – insbesondere auf regionaler Ebene von Bedeutung – die Wanderungsbewegungen. Auf eine eigenständige Modellierung (vgl. z.B. Wolter, 2005) wurde in diesem Zusammenhang verzichtet und stattdessen auf die Bevölkerungsvorausschätzung von Statistik Austria (Interaktive Datenbank: <http://sdb.statistik.at/superwebguest/login.do?guest=guest&db=dbbevstprog>) zurückgegriffen. Zu beachten ist, dass Bevölkerungsvorausschätzungen für einen Zeitraum von 15 Jahren eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit haben (Esenwein-Rothe 1982), allerdings bei einer zunehmenden regionalen Gliederung von der Unsicherheit hinsichtlich der Wanderungsbewegungen betroffen sind.

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist das Haushaltsbildungsverhalten. Es beschreibt die Organisation der Bevölkerung in Haushalte. Vor allem die Differenzierung nach Haushaltsgröße ist für den Wohnungsmarkt von Bedeutung. Je kleiner die Haushalte sind, desto mehr Wohnungen werden benötigt. Insbesondere die Alterung der Bevölkerung und die damit einhergehende Zunahme von kleinen Rentnerhaushalten treibt die Anzahl der Haushalte in Zukunft weiterhin an. Aber auch der grundsätzliche Trend weg von der Großfamilie wird in Zukunft die Anzahl der Haushalte stärker steigen lassen als die Bevölkerung insgesamt. Auch hier wird auf die regionalen Prognosen von Statistik Austria (2008) zurückgegriffen.

## **3. Wohnungsmodul**

### **3.1. Die Entwicklung der Fertigstellungen**

Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Bestandes ist der Bestand des Vorjahres, die Abgänge und die Neuzugänge. Die Wohnungsbestände werden in der Statistik differenziert nach Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden erfasst; beide zusammen ergeben den gesamten Gebäudebestand. Für die Wohngebäude und Gebäude liegen ferner Informationen über die Trennung nach Baualtersklassen (*bakl*) – allerdings nur für 2001 – vor.

Die Entscheidung der Haushalte richtet sich aber auf die Wohnung und deren Eigenschaften. Daher wird zusätzlich der Bestand an Wohnungen nach Baualtersklassen aufgenommen. Ferner wird dieser Bestand zu

im Durchschnitt 85% als Hauptwohnsitz in Anspruch genommen. Über die Wohnungen in der Abgrenzung Hauptwohnsitz liegen aus dem Mikrozensus die meisten Informationen vor.

Ausgehend von der Entwicklung der Anzahl der Haushalte und deren verfügbaren Einkommen werden die Fertigstellungen neuer Wohnungen ermittelt. Dazu wird – soweit die Datenlage es zulässt – in einem ersten Schritt für jedes Bundesland (*bl*) die durchschnittliche Quadratmeterzahl pro Wohnung in Abhängigkeit vom Einkommen pro Haushalt gesetzt (per Regression oder per Elastizitätsmessung).

$$(2) \text{dmq}(bl,t) = f(lb6n00bh(bl,t)/lphhs(bl,t), \text{TREND})$$

Dmq – durchschnittliche Quadratmeterzahl pro Wohnung

Lb6n00bh – verfügbares Einkommen der privaten Haushalte

Lphhs – Anzahl der Haushalte nach Bundesländern

Die Folge ist eine zunehmende gewünschte Quadratmeterzahl je Wohnung in Abhängigkeit von der Einkommenssituation der Haushalte. Multipliziert mit der Anzahl der Haushalte ergibt sich die gewünschte Quadratmeterzahl einer Region insgesamt.

$$(3) \text{gewünschte } qm(bl,t) = \text{dmq}(bl,t) * lphhs(bl,t)$$

Dmq – durchschnittliche Quadratmeterzahl pro Wohnung

Lphhs – Anzahl der Haushalte nach Bundesländern

Qm - Quadratmeter

Dividiert durch die durchschnittliche Wohnungsgröße in qm der letzten Baualtersklasse ergibt sich die Anzahl der Fertigstellungen  $wofg(bl,t)$ .

$$(5) \quad wofg(bl,t) = \text{gewünschte } qm(bl,t)/dqm(bakl)$$

durchschnittliche Quadratmeter pro Wohnung der letzten Baualtersklasse

Die Anzahl der Wohnungen wird um die Abgänge an Wohnungen (*lawg*) korrigiert: Neben den Nettozugängen an Wohnungen werden die Fertigstellungen um die Anzahl der Wohnung erhöht, die notwendig ist um den Vorjahresbestand zu erhalten.

Diese Fertigstellungen werden dann in der entsprechenden Baualtersklasse eingebucht. Nach der Korrektur um die Wohnungen, die keine Hauptwohnsitze sind (im Durchschnitt sind 85% aller Wohnungen Hauptwohnsitze) ergibt sich die Anzahl der Hauptwohnsitze einer bestimmten Baualtersklasse.

### **3.2. Die Wohnungsbauinvestitionen in e3.at**

Die Wohnungsbauinvestitionen der privaten Haushalte aber auch anderer Akteure (u.a. sozialer Wohnungsbau des Staates) sind Teil der Bruttoanlageinvestitionen, die im Kontensystem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen verbucht werden. Allerdings gibt diese Quelle keine Auskunft über die Verteilung der Bruttoanlageinvestitionen auf Bau- und Ausrüstungsinvestitionen.

Die Bruttoanlageinvestitionen werden ferner nach Wirtschaftsbereichen erfasst. Der Wirtschaftsbereich Realitätswesen umfasst sämtliche Investitionen in diesem Bereich, die, neben wenigen Ausrüstungsinvestitionen, sich insbesondere aus Bauinvestitionen zusammensetzen. Diese Bauinvestitionen sind als Bruttoinvestitionen zu interpretieren, die neben dem Ausbau des Kapitalstocks auch jene zur Erhaltung desselben umfassen. D.h. neben den Neubauaktivitäten sind auch die Ausbaumaßnahmen am bestehenden Kapitalstock enthalten.

Um die genannten Komponenten (Neubau und Ausbau) ansatzweise korrekt zu trennen, kann auf keine vorhandene Statistik zurückgegriffen werden. Allerdings kann die Neubauaktivität wertmäßig abgeschätzt werden. Ausgehend von den Informationen über die Baukosten des Neubaus eines Ausgangsjahres und der vorliegenden Preisentwicklung für die Bruttoanlageinvestitionen des Wirtschaftsbereichs Realitätswesen sowie der Annahme, dass Ausbau und Neubau grundsätzlich sehr ähnliche Preisentwicklungen haben, können die durchschnittlichen Ausgaben pro Wohnungsneubau für alle Jahre berechnet werden. Nach Multiplikation mit der Anzahl der fertiggestellten Wohnungen, die als Zeitreihe von 1991 bis 2002 vorliegt und die bis 2005 verlängert worden ist, ergibt sich ein Investitionspfad –gemessen in Euro – für die Neubauaktivität.

Werden von den Bruttoanlageinvestitionen des Wirtschaftsbereichs Realitätenwesen die Neubauaktivität subtrahiert, dann enthält der Rest neben statistischen Ungenauigkeiten, die in ihrer Höhe nicht abschätzbar sind und den Ausrüstungsinvestitionen, die auch der Bereich Realitätenwesen tätigt, vor allem die Investitionen in den Ausbau des Kapitalstocks (u.a. Renovierungsmaßnahmen).

### 3.3. Die differenzierte Modellierung der Wohnungsbestände und ihrer Eigenschaften

Ausgehend von der Verteilung der Wohnungen auf unterschiedliche Größenklassen des letzten verfügbaren Zeitraums werden die Neubauwohnungen den Wohnungsgrößenklassen zugeteilt. Im nächsten Schritt werden die Wohnungen über größenklassenspezifische Übergangswahrscheinlichkeiten auf Gebäude verschiedener Größe verteilt. Grundsätzlich sind kleine Wohnungen eher in Gebäuden mit mehr als zwei Wohnungen zu finden, während sich Wohnungen über 100 qm eher in Einfamilien- oder Zweifamilienhäusern befinden.

Unter der Annahme, dass die durchschnittliche Quadratmeterzahl einer Wohnungsgrößenklasse der Mittelwert ihrer Grenzen ist (100 bis 120 qm ergibt 110 im Durchschnitt) kann die Quadratmeterzahl nach Baualtersklassen und Gebäudetypen berechnet werden. Zusammen mit Informationen über die notwendige Heizenergie pro qm wird anschließend der Energieverbrauch in kW pro Baualtersklasse ermittelt.

An dieser Stelle wird ein Diffusionsprozess implementiert, der unterstellt, dass in einem Business as Usual – Szenario Häuser nach jeweils 25-40 Jahren aufwendig renoviert werden und im Zuge einer solchen Renovierung auch eine energetische Sanierung vorgenommen wird (European Commission, 2008). D.h. nur Gebäude, die mindestens 25 Jahre alt sind, werden saniert. Die eingesetzte Technologie für die Sanierung und damit die erreichte Energieeinsparung kann nicht die thermische Isolierung von Neubauten erreichen. Es wird angenommen, dass aber zumindest die Hälfte des Unterschiedes gemessen in kWh/m<sup>2</sup>a durch eine Sanierung eingespart werden kann. Eine vollständige Diffusion der neuen Dämmungen dauern also etwa 25-40 Jahre. Im Rahmen von Szenarien kann z.B. auf Grund von Förderungen sowohl die durchschnittliche Dauer bis zur Renovierung verkürzt werden und auch die Energieverbräuche für Neubauten verändert werden.

Nachdem der Energieverbrauch pro Baualtersklasse ermittelt wurde, stellt sich als nächstes die Frage nach dem verwendeten Energieträger. Es wird nach acht Energieträgern und den Baualtersklassen unterschieden. Auch hier wird ein Diffusionsprozess als Teil des Bauszenarios integriert. Heizungen müssen im Durchschnitt nach 20 Jahren ersetzt werden. Zum Zeitpunkt des Ersatzes entscheidet sich dann der Hauseigner hinsichtlich des Energieträgers neu und zwar gemäß der Verteilung die zurzeit für die neueste Baualtersklasse vorliegt. Im Rahmen von Szenarien kann sowohl der durchschnittliche Ersatzzeitraum als auch die Verteilung der letzten Baualtersklasse (z.B. mehr Wärme aus Wärmepumpen) verändert werden.

Durch Aggregation über alle Baualtersklassen ergibt sich der Energieverbrauch nach Bundesländern und Energieträgern für die Wohnungen (Hauptwohnsitze). Diese Informationen werden über die Bundesländer aggregiert und in der Energiebilanz unter Berücksichtigung der Übergangsproblematik aufgenommen.



## 4. Literatur

Esenwein-Rothe, I. (1982). Einführung in die Demographie. Bevölkerungsstruktur und Bevölkerungsprozess aus der Sicht der Statistik. Franz Steiner Verlag. Wiesbaden.

European Commission (2008). Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council on the energy performance of buildings. Brussels, 13.11.2008, COM(2008) 780 final ([http://www.enev-online.de/epbd/epbd\\_2009\\_neufassung\\_entwurf\\_engl\\_081113.pdf](http://www.enev-online.de/epbd/epbd_2009_neufassung_entwurf_engl_081113.pdf)).

Statistik Austria (2008). Haushalte 2001-2050 nach Größe und Bundesländern.  
[http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/bevoelkerung/demographische\\_prognosen/haushaltsprognosen/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/demographische_prognosen/haushaltsprognosen/index.html), download am 13.10.2008)

Das Projekt „e-co“ wird im Rahmen des österreichischen Energieforschungs- und Technologieprogramms „Energie der Zukunft“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit gefördert.



E.ON Energy Research Center