

# ELAS – Energetische Langzeitanalysen von Siedlungsstrukturen

## Endbericht

### Projektpartner:

**Institut für Raumplanung und Ländliche Neuordnung  
Universität für Bodenkultur Wien**  
Gernot Stöglehner,  
Hermine Mitter, Michael Weiß, Georg Neugebauer



**Institut für Prozess- und Partikeltechnik,  
Technische Universität Graz**  
Michael Narodoslawsky, Nora Niemetz, Karl-Heinz Kettl,  
Michael Eder, Nora Sandor



**STUDIA Schlierbach  
Studienzentrum für internationale Analysen**  
Wolfgang Baaske, Bettina Lancaster



### Fördergeber

**Klima- und Energiefonds**  
Programmverantwortung



**Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)**  
Programmmanagement



Land Oberösterreich



Land Niederösterreich



Stadtgemeinde Freistadt



Wien, Juni 2011

# **ELAS – Energetische Langzeitanalysen von Siedlungsstrukturen**

## **Forschungsbericht**

### Antragsteller:

Institut für Raumplanung und Ländliche Neuordnung (IRUB), Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur Universität für Bodenkultur Wien

Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

Projektleitung: Gernot Stöglehner

Projektmitarbeit: Hermine Mitter, Michael Weiß, Georg Neugebauer

Kontakt: gernot.stoeglehner@boku.ac.at

### Projektpartner:

Institut für Prozess- und Partikeltechnik, Technische Universität Graz

Inffeldgasse 21b, A-8010 Graz

Projektleitung: Michael Narodoslawsky

Projektmitarbeit: Nora Niemetz, Karl-Heinz Kettl, Michael Eder, Nora Sandor

Kontakt: narodoslawsky@tugraz.at

Studia Schlierbach, Studienzentrum für internationale Analysen

Panoramaweg 1, A-4553 Schlierbach

Projektleitung: Wolfgang Baaske

Projektmitarbeit: Bettina Lancaster

Kontakt: baaske@studia-austria.com

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds, Programm Neue Energien 2020, des Landes Oberösterreich, des Landes Niederösterreich sowie der Stadtgemeinde Freistadt gefördert.

Wien, Juni 2011

### Bitte diese Studie wie folgt zitieren:

Stöglehner, G., Narodoslawsky, M., Baaske, W., Mitter, H., Weiss, M., Neugebauer G.C., Niemetz, N., Kettl, K.-H., Eder, M., Sandor, N., Lancaster, B. (2011): ELAS – Energetische Langzeitanalysen von Siedlungsstrukturen. Projektendbericht. Gefördert aus Mitteln des Klima- und Energiefonds, des Landes Oberösterreich, des Landes Niederösterreich und der Stadtgemeinde Freistadt. Wien.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	2
1.1	Aufgabenstellung .....	2
1.2	Schwerpunkte des Projektes .....	3
1.3	Einordnung in das Programm.....	4
1.3.1	Energiestrategische Ziele.....	4
1.3.2	Systembezogene Ziele.....	5
1.3.3	Technologie-strategische Ziele.....	6
1.4	Verwendete Methoden .....	6
1.5	Aufbau der Arbeit .....	8
2	Inhaltliche Darstellung des ELAS-Rechners .....	9
2.1	Grundprinzip .....	9
2.1.1	Bestandsanalyse.....	9
2.1.2	Planungsvorhaben .....	11
2.1.3	Szenarien.....	11
2.2	Ergebnisse .....	12
2.2.1	Energieverbrauch.....	12
2.2.2	Ökologischer Fußabdruck (Sustainable Process Index, SPI).....	13
2.2.3	CO <sub>2</sub> - Lebenszyklusemissionen.....	13
2.2.4	Regionalökonomische Analyse (RÖA) .....	14
2.3	Berechnungsbeispiel.....	16
2.4	Diskussion des ELAS-Modells.....	19
3	Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	21
3.1	Datenerhebungen und Berechnungen in den Fallbeispielen.....	21
3.2	Szenarienbildungen zu den Fallbeispielen .....	23
3.3	Berechnungen von Modellsiedlungen.....	24
4	Ausblick und Empfehlungen .....	26
5	Verzeichnisse.....	30
5.1	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	30
5.2	Literatur- und Quellenverzeichnis .....	30
6	Anhang.....	32

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

Wie wirkt sich die Standortwahl auf den Energieverbrauch einer Siedlung aus? Welche Einflüsse darauf hat die Art der Bebauung, Gebäudequalität, die Mobilität? Wie wirkt sich die Wahl des Energieträgers auf den Umweltverbrauch und die Klimabilanz aus? Welche regionalökonomischen Effekte sind mit der Energieversorgung von Siedlungen verbunden?

Diese Fragen rücken jenseits von Diskussionen über die thermische Qualität von Gebäuden immer stärker in den Mittelpunkt des Interesses. So wurde bereits in zahlreichen Publikationen und Studien der Schluss gezogen, dass die Siedlungsentwicklung eine Stellgröße ist, die den Energieverbrauch zu beeinflusst. Dabei kommt zum Ausdruck, dass räumliche Kriterien wie Funktionsmischung, Dichte, Nähe (vgl. dazu z.B. Brunner et al. 1999, CNU 1996, Farr 2008, Gaffron et al. 2005, 2008, Kanatschnig & Weber 1998, Lineau 1995, Newman & Jennings 2008, Prehal & Poppe 2003, Register 2002) sowie die Standortwahl (vgl. dazu z.B. Bruck et al. 2002, Heinze & Voss 2009, Prehal & Poppe 2003, SIR 2007, Treberspurg 1999) wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Allerdings sind diese Kriterien nicht immer im Sinne der Energieeffizienz umgesetzt bzw. driften häufig fachliche Leitbilder und reale Entwicklungen auseinander (vgl. dazu Dallhammer 2008, Steininger 2008, Stöglehner & Grossauer 2009).

Im Forschungsprojekt „PlanVision – Visionen für eine energieoptimierte Raumplanung“ (Stöglehner et al. 2011) wurden im System Raumplanung-Energieversorgung 34 Systemelemente identifiziert, die unterschiedliche Steuerungswirksamkeit erlangen. Gemäß Vester (2007) werden vier Verhaltensweisen von Systemelementen unterschieden:

- aktive Elemente: beeinflussen andere Elemente sehr stark, werden aber selbst in geringerem Umfang beeinflusst. Sie eignen sich daher besonders gut als Hebel, um Veränderungen herbeizuführen;
- passive Elemente: beeinflussen andere Elemente in geringem Umfang, werden aber selbst stark beeinflusst. Diese Elemente eignen sich daher sehr gut als Indikator, um Steuerungswirksamkeit durch Veränderungen anderer Elemente nachzuvollziehen;
- kritische Elemente: beeinflussen andere Elemente sehr stark und werden selbst stark beeinflusst. Zur Steuerung sind diese Elemente im Vergleich zu den aktiven Elementen deswegen weniger gut geeignet, weil Veränderungen dieser Elemente eine Vielzahl von Systembeziehungen verändern und zu schwer vorhersehbaren Wechselwirkungen, Rückkopplungen etc. und zu einer Destabilisierung des Systems führen können;
- puffernde Elemente: beeinflussen andere Elemente in geringem Umfang und werden auch nur in geringem Umfang beeinflusst. Puffernde Elemente wirken stabilisierend, sind aber als Ansatzpunkte zur Veränderung von Systemen deswegen wenig geeignet, weil Systemänderungen nur mit sehr hohem Aufwand herbeigeführt werden können.

Als für die Steuerung des Gesamtsystems besonders relevante aktive Systemelemente wurden in PlanVision Funktionsmischung, Dichte, Standort sowie das Rohstoffangebot heraus-

gestellt (Stöglehner et al. 2011). Bis dato konnte jedoch der Einfluss räumlicher Entscheidungen betreffend der Wohnfunktion auf den Energieverbrauch, aber auch das Verhältnis zwischen Energie für die Errichtung von Bauten und Infrastrukturanlagen, den Betrieb derselben sowie für den Energieverbrauch für Mobilität nicht beziffert werden. Für die Wohnfunktion schafft das Projekt ELAS sowohl ein Berechnungsmodell (AP3) als auch die Datenbasis (AP4), um auf nachvollziehbare und konsistent quantifizierbare Weise den Energieverbrauch für Siedlungen, den abgeleiteten Umweltverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die damit verbundenen regionalökonomischen Effekte abzuschätzen.

Damit können ausgehend von der Daseinsgrundfunktion Wohnen Auswirkungen der aktiven Steuerungselemente auf den Energieverbrauch und die weiteren Analyseparameter modelliert werden. Durch Veränderungen der Eingabeparameter können Auswirkungen von raumordnerischen Entscheidungen auf die Energieversorgung sichtbar gemacht werden. Damit wird ein Entscheidungs- und Analysetool geschaffen, das Varianten von Wohnprojekten bezüglich Standort u.a. in Lage zu anderen Daseinsgrundfunktionen (Funktionsmischung, Nähe), Siedlungsdichte, verwendete Energieträger (Rohstoffe) und bezüglich ihrer Auswirkungen auf den Energiebedarf, dessen Abdeckung sowie deren induzierter ökonomischer und umweltbezogener Effekte miteinander vergleichen kann.

## **1.2 Schwerpunkte des Projektes**

Der derzeitige Stand des Wissens zum Forschungsthema ist breit bezogen auf Erkenntnisse zum energieeffizienten Bauen auf Ebene einzelner Baukörper, jedoch noch relativ lückenhaft was die Quantifizierbarkeit siedlungsstrukturelle Aspekte angeht. Energieverbrauch, Energieeinsparung und Energieversorgung sind derzeit (noch) Randthemen in der Raumplanung.

Profunde Grundlagenforschung über die Zusammenhänge von Energieverbrauch, Energieversorgung und Siedlungsstruktur unter Einbeziehung der Mobilität der BewohnerInnen über entscheidungsrelevante Abschnitte des Lebenszyklus von Bauten und Anlagen in den Siedlungen fehlt. Diese Wissenslücken werden mit dem vorliegenden Projekt geschlossen, wobei eine ganzheitliche Betrachtung unter weiten Systemgrenzen stattfindet: Gebäude verschiedener Baualter, technische Infrastrukturen, Lagekriterien, Mobilitätsverhalten, Energieversorgungsoptionen werden ebenso in den Arbeitsumfang eingeschlossen wie die damit zu assoziierenden langfristigen Auswirkungen auf Umwelt, gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen, womit auch ein Beitrag zur Nachhaltigkeitsdebatte geleistet wird.

Als entscheidungsrelevante Abschnitte des Lebenszyklus werden in dieser Studie jene Phasen verstanden, die Sanierung, Abriss bzw. Neubau von Gebäuden und Anlagen betreffen. Dies bedeutet z.B. bei einem Altbau jenen Lebenszyklusabschnitt, der mit der Sanierung eingeleitet wird: Energieverbrauch für Abbrucharbeiten, Herstellung der Sanierung, Betrieb des Gebäudes nach der Sanierung bis zur nächsten Sanierung. Bei Neubau würde dies bedeuten, Energie für die Neuerrichtung und Betrieb bis zur ersten anstehenden Sanierung zu betrachten.

## **1.3 Einordnung in das Programm**

Das Programm „Neue Energien 2020 – 1. Ausschreibung“ verfolgt Ziele auf mehreren Ebenen. Dies sind energiestrategische Ziele, systembezogene Ziele sowie Technologiestrategische Ziele. Das Projekt PlanVision liefert zu allen drei Ebenen Beiträge zur Erfüllung dieser Ziele.

### **1.3.1 Energiestrategische Ziele**

ELAS wird durch die Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen im Wege der Erweiterung der Datenbasis maßgeblich beitragen, langfristig klimaschützende Raum- und Wirtschaftsstrukturen zu schaffen, und zwar insbesondere Siedlungsstrukturen. Sie ermöglichen es, maßgeblich und langfristig den Einsatz von fossilen und nuklearen Energieträgern zu reduzieren und die Energieeffizienz des Wirtschaftssystems „Siedlung“ und seiner ganzheitlichen Vernetzung entscheidend zu erhöhen. Weil für betroffene Akteure und Akteurinnen mit diesen Reduktionen wirtschaftliche Vorteile verbunden sein werden und die Handelnden in die Analyse eingebunden sind, erfüllt ELAS Kriterien der Nachhaltigkeit in Bezug auf ökonomische, ökologische und soziale Dauerhaftigkeit.

#### **Sicherstellung der Kriterien der Nachhaltigkeit: ökonomisch, ökologisch und sozial dauerhaft**

ELAS fokussiert auf die Reduzierung des Energieverbrauchs in und durch Siedlungen. Dieses Ziel ist ein bedeutendes ökologisches Ziel, weil Siedlungsstrukturen in einer ganzheitlichen Betrachtung für einen wesentlichen Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Energie- und Ressourceneinsatzes Österreichs verantwortlich sind. ELAS verfolgt dieses Ziel unter Berücksichtigung ökonomischer und sozialer Aspekte.

#### **Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz des Wirtschaftssystems**

ELAS geht davon aus, dass Siedlungsstrukturen vielfach Ressourcen und Energie ineffizient einsetzen. Das ELAS-Modell macht berechenbar, wie stark die Ressourcen- und Energieeffizienz verbessert werden kann, und welche Konsequenzen das für Betreiber, Kommunen und Regionen nach sich ziehen wird. Insbesondere Analysen zu wirtschaftlichen Konsequenzen sollen die Motivation ansprechen, dass Entscheider(innen) energiesparende Investitionen tätigen. Die Erkenntnisse werden durch das ELAS-Modell multiplizierbar, sodass öffentliche EntscheidungsträgerInnen in die Lage versetzt werden, Siedlungsstrukturen ressourcen- und energieeffizient zu planen.

#### **Aufbau und Sicherung langfristig klimaschützender Raum- und Wirtschaftsstrukturen**

Dieses Programmziel ist das zentrale Ziel des vorgeschlagenen Vorhabens. ELAS will ganz dazu beitragen, langfristig klimaschützende Raum- und Wirtschaftsstrukturen aufzubauen und zu sichern. Der zentrale Beitrag von ELAS besteht in der Schaffung von objektiven Datengrundlagen, aus denen erkennbar ist, wie Raumstrukturen, insbesondere Siedlungen in ihrem sozio-ökonomischen Umfeld, den Energie- und Ressourcenverbrauch beeinflussen. ELAS erstellt ein im Internet frei verfügbares Rechenmodell, mit Hilfe dessen auch andere Kommunen kostengünstig ihren raumstrukturinduzierten Energieverbrauch analysieren kön-

nen. Informationsmaterialien, die den Zugang zu diesen Rechenmodellen ermöglichen, werden erstellt. Diese Materialien unterstützen Kommunen und Bauträger in ihren Entscheidungen zugunsten klimaschützender Siedlungsstrukturen.

### **Erzielung struktureller und langfristig quantitativ maßgeblicher Effekte**

Durch die Anwendung des ELAS-Modells können langfristig quantitativ maßgebliche Struktureffekte erzielt werden: Die dargestellten Alternativen sollen es ermöglichen, den Energieverbrauch durch siedlungsstrategische Maßnahmen dauerhaft zu reduzieren. Dieses Ziel kann als „maßgeblich“ gelten, weil in der systemischen Betrachtung Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion und Folgekosten enthalten sind. Einzelgebäudliche Betrachtungen vernachlässigen oft die Energieverbrauch und Kosten für Errichtung, Renovierung und Mobilität. Diese Lücke soll durch ELAS geschlossen werden.

### **1.3.2 Systembezogene Ziele**

Von ELAS können Multiplikations- und Signalwirkungen ausgehen, weil die erarbeitete Datenbasis in vielen tausenden Siedlungen Österreichs nutzbringend eingesetzt werden kann. Durch die Anwendung des ELAS-Modells ist im Sinne energiestrategischer Ziele darstellbar, wie viel Einsatz von Energieträgern reduziert werden kann, und welche Umweltwirkungen sowie ökonomischen Vorteile für die Betroffenen dabei entstehen.

### **Reduktion des Verbrauchs fossiler und nuklearer Energieträger**

ELAS wird dazu beitragen, Entscheidungen für energieeffiziente Siedlungsstrukturen zu treffen. Damit können Material- und Energieströme reduziert werden, sodass sich daraus auch eine Reduktion des Verbrauchs fossiler und nuklearer Energieträger ergibt. Die Bewertung der Umweltauswirkungen macht auch als Fußabdruck und CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen sichtbar, welchen Einfluss verschiedene Energieträger auf die Umwelt haben.

### **Multiplizierbarkeit, Hebelwirkung und Signalwirkung**

Das ELAS-Konzept ist multiplizierbar. Das Modell kann auf tausende österreichische Siedlungen übertragen werden. Voraussetzung dazu ist die fachgerechte Daten- und Szenarienerfassung für diese Siedlungen. Das System ELAS steht online auch nach Projektende für derartige Übertragungen zur Verfügung.

Die 10 Modellfälle können als Pilote betrachtet werden, von denen eine Signalwirkung ausgeht. Zusätzliche Hebelwirkungen werden sich einstellen, wenn jene Maßnahmen, die sich durch ELAS als besonders potenzialträchtig erweisen, in politischen Programmen gestützt werden. ELAS wird diese Hebelwirkungen fördern, indem wir Verantwortliche auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene über die Möglichkeiten und Chancen aus der Umsetzung von ELAS-Ergebnissen informieren.

### **(Kosten-)Effizienz der Treibhausgasreduktion**

Die Kosteneffizienz der Treibhausgasemissionen in den vorgeschlagenen Maßnahmen ist Gegenstand der ökonomischen Untersuchung.

### **1.3.3 Technologie-strategische Ziele**

Technologie-strategisch bedeutsam ist die Einbeziehung von Gebietskörperschaften auf verschiedenen Ebenen (Länder, Gemeinden) in das Projekt. Damit sind erste Umsetzungen höchst wahrscheinlich, da einige dieser Körperschaften auch ko-finanzieren und sich einen Nutzen erwarten. ELAS bringt Österreich eine wichtige Stärkung der Technologiekompetenz, weil die langfristige Optimierung von Siedlungsstrukturen unter energiepolitischen Aspekten mit ELAS erstmalig durch ein durchgängiges und ganzheitliches, die energetischen Langfrist-Folgen abschätzendes Analysemodell unterstützt wird.

#### **Erhöhung des inländischen Wertschöpfungsanteils**

Durch Reduktion von fossilem und nuklearem Energieverbrauch sinkt die Energieimportabhängigkeit. Gleichzeitig erhöht sich der inländische Wertschöpfungsanteil im Energiesystem.

#### **Kooperationen mit Gebietskörperschaften und Unternehmungen aus Industrie, Energie- und Versicherungswirtschaft**

Technologiestrategisch bedeutsam ist die Einbeziehung von Gebietskörperschaften auf verschiedenen Ebenen (Länder, Gemeinden) in das Projekt. Damit sind erste Umsetzungen wahrscheinlich, da sich diese Körperschaften einen direkten Nutzen erwarten.

## **1.4 Verwendete Methoden**

Die Methodik von ELAS ist folgendermaßen aufgebaut: Zunächst werden anhand von Literaturrecherchen strukturelle, soziale, ökonomische, technische und Umwelt-Parameter für die weiteren Betrachtungen identifiziert (vgl. Arbeitspaket 1). Das daraus erstellte Set von Parametern dient als Arbeitsgrundlage für die weiteren Arbeitspakete. Diese Parameter werden im ELAS-Modell zueinander in Beziehung gesetzt (vgl. Arbeitspaket 3). Das ELAS-Modell setzt sich aus Elementen des Life Cycle Assessment sowie des „Sustainable Process Index“ zusammen und berechnet Energieflüsse von Siedlungen (Bau, Sanierung und Betrieb von Bauten und Anlagen sowie Mobilität) über definierte Abschnitte ihrer Lebenszyklen. Der Zeitraum definiert sich aus der Spanne zwischen Neubau und der ersten Sanierung bzw. zwischen zwei Sanierungsabschnitten, d.h. einem „Sanierungszyklus“. Das ELAS-Modell wird weiters mit einem regionalwirtschaftlichen Umrechnungsmodell gekoppelt, um eine Umrechnung der Ergebnisse des ELAS-Modells in regionale Arbeitsplätze und regionale Wertschöpfung durchführen zu können.

In 10 Fallstudien aus 7 Gemeinden wird eine energetische Analyse von Siedlungsstrukturen durchgeführt (vgl. Arbeitspaket 2 – „Auswahl der Fallbeispiele“ sowie Arbeitspaket 4 – „Datenerhebung“). Für die betrachteten Strukturen ist eine Bandbreite von 20 bis 428 Haushalten gegeben. In Summe wurden in den 10 Fallbeispielssiedlungen an 1585 Haushalte Fragebögen verteilt, wovon 587 Haushaltsfragebögen und 1.047 Personenfragebögen retourniert wurden, was bezogen auf die Haushalte einen Rücklauf von durchschnittlich 37% aller ausgegebenen Fragebögen bedeutet. Die Erhebungsphase betraf die identifizierten Parameter und begann mit je einem Startworkshop pro Fallbeispielsgemeinde. Daraufhin wurden

Fragebögen zu privaten Gebäuden an Haushalte verteilt sowie Interviews zu Infrastruktureinrichtungen mit KommunevertreterInnen durchgeführt. Weiters werden Primärerhebungen z.B. zur Siedlungsstruktur und Infrastrukturausstattung sowie Erreichbarkeiten durchgeführt. Bei Bedarf werden die erhobenen Daten durch Berechnungen aufgrund von publizierten Werten ergänzt. Die Erhebungsergebnisse werden in je einem Gebietsbrief pro Siedlung zusammengestellt.

Auf Basis der Erhebungsergebnisse sind Szenarien zu entwickeln (vgl. Arbeitspaket 5). Der Anspruch, einen „Sanierungszyklus“ in einer energetischen Betrachtung zu berechnen, bedeutet, dass bestimmte Veränderungen der Parameter nicht ex-post erhoben werden können, sondern prognostisch antizipiert werden müssen. Diese Zukunftsbetrachtungen werden durch die Bildung von Szenarien angestellt. Die Szenarientwicklung betrifft die Variation verschiedener Schlüsselparameter. Die Szenarientwicklung findet erstens deduktiv auf Basis vorhandener Studien, zweitens mittels Workshops statt, drittens durch Ableitung aus Befragungen zur Zukunftseinschätzung, die Teil der Befragung sind.

In der Datenanalyse wird das ELAS-Modell für die Fallstudien durchlaufen, wobei die erhobenen Daten sowie die generierten Szenarien einfließen (vgl. Arbeitspaket 6). Systembeziehungen zwischen den Parametern werden identifiziert und eine vergleichende Analyse zwischen den Fallbeispielen angestellt. Es wird dargestellt, wie sich der Energieverbrauch über die betrachteten Lebenszyklusabschnitte der Siedlungen entwickelt, mit welchen sozialen und ökonomischen Auswirkungen dies einher geht und wer die KostenträgerInnen bzw. NutznießerInnen sind. Dafür wird ein Software-Tool generiert, in dem die Ausprägungen der wesentlichen Indikatoren für eine Siedlung sowie ihr sozio-ökonomisches Umfeld über eine Eingabemaske eingegeben und mit den Szenarien zusammengeführt werden können. Durch die Anwendung in den Fallbeispielen wird das Modell überprüft und gegebenenfalls adaptiert.

Letztendlich entsteht das wesentliche Ergebnis des Projektes, der ELAS-Rechner als eine web-basierte Freeware, mit der interessierte Personen eigenständig energetische Analysen von Siedlungsstrukturen vornehmen können. Der ELAS-Rechner verknüpft ein sehr komplexes Modell mit einer sehr komplexen Datenbasis, die aus Literaturrecherchen und Datenerhebungen aus den 10 Fallbeispielen gespeist wird. Der ELAS-Rechner ist in einer deutschen Vollversion sowie in einer englischen Version ohne regionalökonomische Analyse – die in einem internationalen Kontext mit österreichischen Bundesländerdaten keinen Sinn machen würde – auf der Homepage [www.elas-calculator.eu](http://www.elas-calculator.eu) kostenfrei verfügbar.

## 1.5 Aufbau der Arbeit

Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgte im Wesentlichen in sechs Arbeitspaketen, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Für jedes dieser Arbeitspakete ist ein entsprechender Bericht entstanden, der die Methodik des Arbeitspakets und die jeweiligen Ergebnisse darstellt. Diese Studie ist als Rahmenschrift für die sechs Arbeitspaket-Berichte zu verstehen, welche aus Exzerpten aus den Arbeitspaket-Berichten besteht und die wesentlichen Ergebnisse zusammenfasst. Die Arbeitspaket-Berichte sind als Anhänge diesem Endbericht beigefügt.

**Tabelle 1: Arbeitspakete des Projektes ELAS**

AP Nr.	Titel Arbeitspaket (AP)
1	Identifizieren der Parameter (sozial, strukturell, ökonomisch, technisch, legislativ)
2	Auswahl der Fallbeispiele anhand struktureller Parameter
3	Modellierung – Verknüpfung der Parameter
4	Datenerhebung
5	Szenarienbildung
6	Datenanalyse

In Kapitel zwei der Rahmenschrift erfolgt eine inhaltliche Darstellung des ELAS-Rechners, der das wesentliche Ergebnis des Projektes darstellt. In Kapitel drei werden Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den umfangreichen Datenerhebungen sowie aus den Berechnungen mit dem ELAS-Rechner dargestellt. Kapitel vier enthält Ausblick und Empfehlungen.

## 2 Inhaltliche Darstellung des ELAS-Rechners

In diesem Kapitel wird der ELAS-Rechner dargestellt. Für eine detaillierte Dokumentation wird auf den Bericht zu Arbeitspaket 3 im Anhang verwiesen.

### 2.1 Grundprinzip

Der ELAS-Rechner dient der energetischen Langzeitanalyse von bestehenden oder geplanten Wohnsiedlungen. Es sind die wesentlichen Kenngrößen des Siedlungsprojektes (z.B. Standortparameter des Planungsvorhabens, bestehende oder zu errichtende Wohnfläche, bestehende oder geplante Energiebereitstellung, vorhandene oder erwartete Wohnbevölkerung, Ausstattung der Siedlung mit technischer Infrastruktur etc.) einzugeben. Daraufhin wird mit Hilfe des Rechners der Energieverbrauch der Siedlung für Wärme, Elektrizität und Mobilität der BewohnerInnen sowie für Errichtung und Betrieb der öffentlichen Infrastruktur berechnet. Der Aufbau des Rechners und die Parameter der Abfrage sind in Abbildung 1 dargestellt.

Der Rechner soll unterschiedlichen Zielgruppen ermöglichen, eine Siedlung zu analysieren. Grundsätzlich kann der Rechner im Privatmodus oder Gemeindemodus benutzt werden. Der Privatmodus richtet sich an Einzelpersonen, welche vor allem daran interessiert sind, wie sich unterschiedliche Kriterien auf den persönlichen Fußabdruck, den Energieverbrauch und die Wertschöpfungseffekte auswirken. Im Vergleich zum Gemeindemodus sind die Abfragen angepasst, sodass mit geringen Kenntnissen der Rechner bedient werden kann.

Der Gemeindemodus ist dazu gedacht, eine Siedlung als Ganzes zu betrachten und dabei mehrere Gebäudegruppen zu definieren. Strukturelle Parameter werden detailliert abgefragt, jedoch werden immer veränderbare Defaultwerte vorgeschlagen, um die Eingabe zu erleichtern.

Die Durchrechnung einer Siedlung kann von folgendem Ausgangspunkt starten:

- Bestandsanalyse einer Siedlung;
- Planungsvorhaben „auf der grünen Wiese“.

#### 2.1.1 Bestandsanalyse

In diesem Modus werden Daten abgefragt, die bereits für eine bestehende Siedlung vorliegen. Abbildung 1 veranschaulicht die abgefragten Parameter im jeweiligen Modus. Auf insgesamt sechs Seiten werden Parameter zur Lage, zu den Gebäuden (inklusive Raumwärme-, Warmwasserbereitstellung), zur Elektrizität (Stromverbrauch und Stromproduktion), zur kommunalen Infrastruktur, zur Mobilität und zu regionalökonomischen Kennzahlen abgefragt. Ein zentrales Kriterium stellt die Zentralitätsstufe dar, von der unmittelbar die Mobilität abhängt. Anhand eines Kriterienkatalogs und einer Abfragehilfe im Rechner definiert der/die AnwenderIn seine geographische Lage und ordnet den Standort der Siedlung einer von fünf Zentralitätsstufen zu.

## ELAS – Rechner

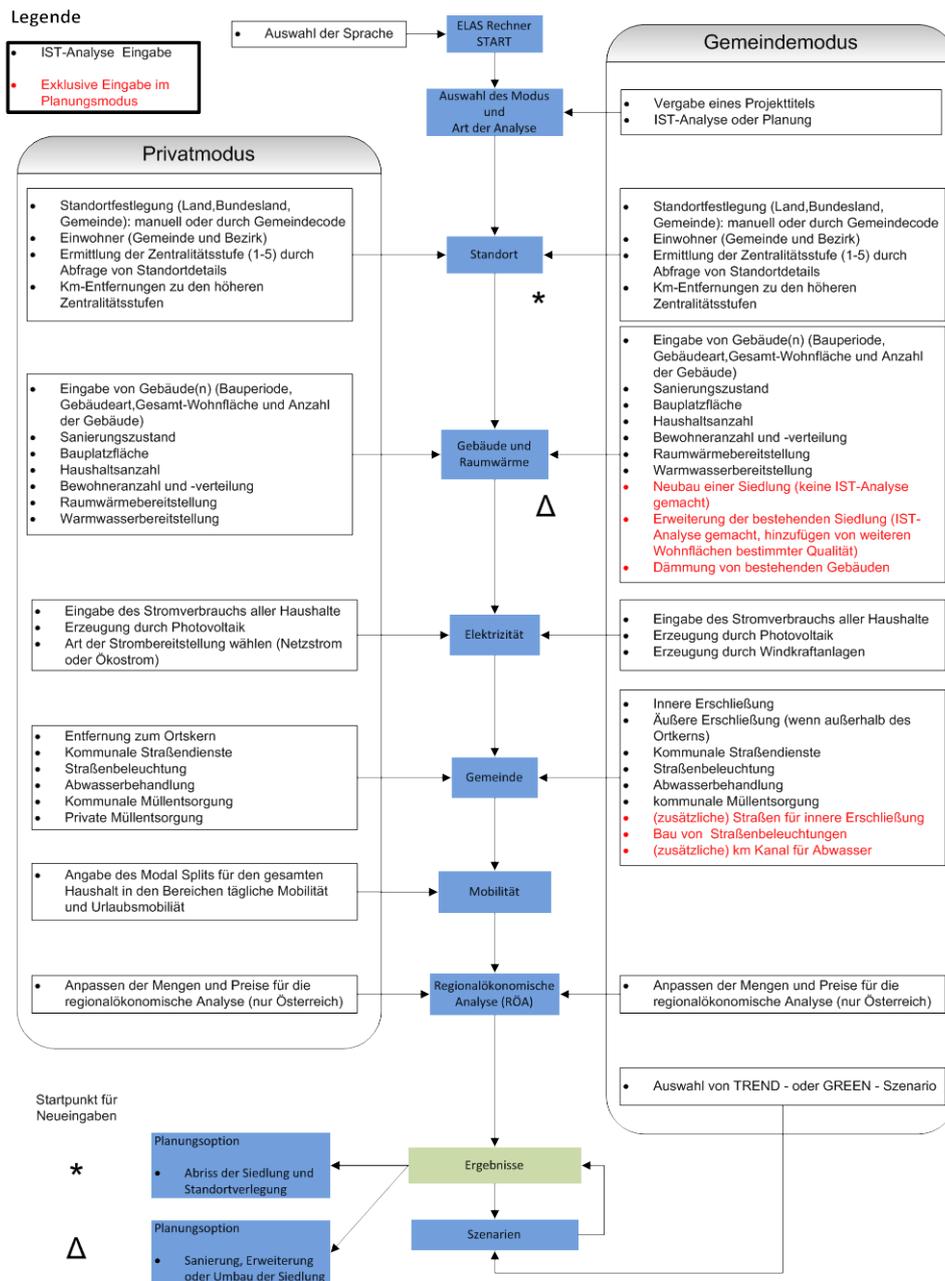


Abbildung 1: Schematischer Ablauf des ELAS Rechners

Folgende Zentralitätsstufen werden unterschieden:

- Z-Stufe 1: Ort ohne Zentralität, ohne intakte Nahversorgung;
- Z-Stufe 2: Ort ohne Zentralität, jedoch mit intakter Nahversorgung;
- Z-Stufe 3: Kleinzentrum;
- Z-Stufe 4: regionales Zentrum (z.B. Bezirkshauptstadt);
- Z-Stufe 5: überregionales Zentrum (z.B. Landeshauptstadt).

Nach einer getroffenen Auswahl der Zentralitätsstufe definiert der/die BenutzerIn die km-Entfernungen in die jeweils höheren Stufen. Daraus kann in einem späteren Schritt auf die Mobilität der SiedlungsbewohnerInnen geschlossen werden. Da die Mobilität der gesamten Siedlung dem/der AnwenderIn (z.B.: PlanerIn) im Regelfall nicht bekannt ist, erfolgt eine Berechnung der Mobilität im Hintergrund des Rechners. Hierbei bedient sich der Rechner einer Datengrundlage, die aus der umfassenden Befragung innerhalb der zehn Fallbeispielsgemeinden sowie aus Literaturstudien stammt. Mit Hilfe der Befragungsergebnisse wurden z.B. Mobilitätsdaten ermittelt, die abhängig von fünf Zentralitätsstufen, drei Altersgruppen und Wegzweck 75 spezifische Modal-Splits als Grundlage für den Rechner beinhalten. Die Ausgabe der errechneten Mobilitätsdaten wird dem/der AnwenderIn angezeigt und ist bei genauerer Kenntnis jederzeit veränderbar. Berücksichtigt wurden die Alltagsmobilität sowie auch das Urlaubsmobilitätsverhalten.

Nach Eingabe aller relevanten Daten bietet die Ergebnisseite Informationen zu ökologischen und ökonomischen Parametern, welche im Kapitel „Ergebnisse“ ausführlich erläutert werden. Bei der Ist-Analyse beziehen sich die Ergebnisse auf ein Jahr und schließen den Betrieb für Wohnraum und kommunale Dienstleistungen der eingegebenen Siedlung mit ein.

### **2.1.2 Planungsvorhaben**

Einerseits kann ausgehend von „der grünen Wiese (Green Field)“ eine geplante Siedlung mit dem ELAS-Rechner analysiert werden und Aufschluss darüber geben, welche Auswirkungen die Errichtung an dem ausgewählten Standort mit den geplanten Strukturen aus energetischer, ökologischer sowie aus ökonomischer Sicht haben wird. Andererseits kann, wenn bereits eine IST-Analyse durchgeführt worden ist, ebenfalls in den Planungsmodus gewechselt werden, wobei es dem/der AnwenderIn möglich ist, Gebäudegruppen zu sanieren, Zubauten zu machen, einzelne Gebäudegruppen abzureißen aber auch eine Siedlungserweiterung vorzunehmen. Eine weitere Option ist, die gesamte Siedlung abzureißen und den Standort zu verlegen bzw. am gleichen Standort neu zu errichten.

Durch den Abriss kommt ein ökologischer Rucksack zu tragen, sofern ein Gebäude den Abschreibungszeitraum von 66 Jahren noch nicht erreicht hat und abgerissen wird. Somit wird der verbleibende ökologische Fußabdruck des abgerissenen Hauses, zum Fußabdruck des Neubaus aufsummiert und anschließend der Fußabdruck, der durch den Abriss entsteht (z.B. Maschineneinsatz) mit eingerechnet.

Im Planungsmodus werden sowohl der Betrieb als auch die Bautätigkeiten innerhalb einer Siedlung berücksichtigt.

### **2.1.3 Szenarien**

Nach jeder Durchrechnung im Gemeindemodus kann bei der Ergebnisdarstellung in die Szenarienbildung gewechselt werden. Gestützt auf zwei vorgefertigte Szenarien werden die Berechnungsergebnisse der analysierten Siedlung auf das Jahr 2040 abgebildet. Basierend auf den bereits vorhandenen Eingabewerten wird mit Hilfe veränderter Berechnungsdaten in den Bereichen Mobilität und Elektrizität eine Neuberechnung durchgeführt. Der/die AnwenderIn kann aus zwei Szenarien wählen:

### **Trend – Szenario**

Dieses Szenario fußt auf aktuellen Prognosen im Bereich Energie und Mobilität. Hierbei werden folgende Annahmen für die Neuberechnung getroffen:

- Elektrizität: steigender Energieverbrauch mit 2,2 % pro Jahr, Veränderung des Stromerzeugermixes;
- Mobilität: Erhöhung der Gesamt-km im Bereich der Alltagsmobilität um 25% und des PKW-Anteils an Biogasautos (auf 10%) und Elektroautos (auf ca. 15%) bis 2040.

### **Green – Szenario**

Im Green-Szenario wird von einem bewussteren Umgang mit Energie und Ressourcen ausgegangen, was folgende Veränderungen bis 2040 mit sich bringt:

- Elektrizität: Gesamtstromverbrauch der Siedlung sinkt um 33%, 100% Ökostrom (aus Wasser, Biomasse, Wind etc.);
- Mobilität: Erhöhung der Gesamtkilometer entspricht dem Trendszenario (25%), PKW-Antrieb erfolgt mit Biogasautos (70%) und Elektroautos (30%), Busantrieb ausschließlich mit Biogas.

Nach jedem Szenario werden die Ergebnisse neu berechnet und können nach Ausdruck der Ergebnisse miteinander verglichen werden. Im letzten Kapitel „Berechnungsbeispiel“ wurde eine fiktive Siedlung mit dem ELAS-Rechner analysiert, um eine Vorstellung der Funktionalität geben zu können.

## **2.2 Ergebnisse**

Der ELAS-Rechner liefert Ergebnisse, die sowohl die ökonomischen als auch ökologischen Aspekte von einem oder mehreren Wohnobjekt(en) in einem Siedlungsverbund abbilden. Der/die AnwenderIn erhält Daten zu folgenden Kategorien:

- Energieverbrauch
- Ökologischer Fußabdruck
- CO<sub>2</sub> – Emissionen
- Umsätze
- Wertschöpfung
- Importe
- Arbeitsplätze

Die der Berechnung zu Grunde liegenden Methoden werden im Folgenden kurz dargestellt, für eine detaillierte Dokumentation der Verrechnungen und der zugrunde gelegten Zahlen wird auf den Bericht zum Arbeitspaket 3 verwiesen.

### **2.2.1 Energieverbrauch**

Der Energieverbrauch wird je nach Betriebsart des Rechners auf unterschiedliche Arten errechnet. Im Zweig der IST-Analyse werden bei der Berechnung bestehender Strukturen

sämtliche Energieverbräuche für den Betrieb berücksichtigt. Dies beinhaltet Raumwärme, Warmwasser, Elektrizität, Betrieb der kommunalen Infrastruktur und Mobilität.

Im Planungsmodus wird zusätzlich zum Betrieb noch der Energieverbrauch zur Errichtung der Infrastruktur kalkuliert. Dabei wird die gesamte graue Energie für den Bau von Gebäuden, Straßen, Kanal, Abriss und auch Sanierung einbezogen. Dieser Errichtungsenergieverbrauch wird separat zum Betriebsenergieverbrauch in der Ausgabe der Ergebnisse ausgewiesen. Die graue Energie entspricht dem kumulierten Energieaufwand (KEA) und beinhaltet für ein Produkt (z.B.: Ziegel für Hausbau) sämtliche Energie aus der Produktionsvorkette.

### 2.2.2 Ökologischer Fußabdruck (Sustainable Process Index, SPI)

Es gibt verschiedene Arten von ökologischen Fußabdrücken, die das menschliche Verhalten in unterschiedlichem Ausmaß berücksichtigen. Eine Berechnungsart stellt der so genannte Sustainable Process Index (SPI<sup>®</sup>) dar (Krotscheck and Narodoslowsky, 1996). Bei dieser Methode werden alle Stoff- und Energieflüsse, die für ein Produkt oder eine Dienstleistung notwendig sind, in Flächen umgerechnet. Das betrifft im Normalfall sowohl die Herstellung als auch den Gebrauch eines Produktes und beinhaltet auch die entstandenen Emissionen. Die Umrechnung dieser Stoff- und Energieflüsse geschieht nach zwei Prinzipien:

- Menschliche Materialflüsse dürfen globale Stoffkreisläufe nicht verändern: Dieses Prinzip bezieht sich in erster Linie auf den Kohlenstoffkreislauf und bedeutet, dass nicht mehr fossiler Kohlenstoff (aus Kohle, Erdöl, Erdgas, ...) in Umlauf gebracht werden darf, als die Meere wieder aufnehmen und sedimentieren können.
- Menschliche Materialflüsse dürfen die Qualität der lokalen Umwelt nicht verändern: Das bedeutet, dass Schadstoffeinträge in den Boden, in die Luft und ins Wasser die Aufnahmefähigkeit der lokalen Umwelt nicht überschreiten dürfen.

Die Gesamtfläche des Fußabdrucks setzt sich aus folgenden Teilflächen zusammen:

-  direkter Flächenverbrauch für Infrastruktur
-  Flächenverbrauch für nicht erneuerbare Ressourcen
-  Flächenverbrauch für erneuerbare Ressourcen
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von fossilem Kohlenstoff (C)
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in Wasser
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in Boden
-  Flächenverbrauch für die Aufnahme von Emissionen in Luft

*Je größer der ökologische Fußabdruck, desto schlechter für die Umwelt!*

### 2.2.3 CO<sub>2</sub> - Lebenszyklusemissionen

Aus dem ökologischen Fußabdruck heraus kann die Menge an CO<sub>2</sub> Emissionen errechnet werden. Durch die Unterteilung des Fußabdrucks in 7 Kategorien ist es möglich die CO<sub>2</sub> Emissionen aus dem Bereich „Flächenverbrauch für die Aufnahme von fossilem Kohlenstoff (C)“ abzuleiten. Der Verbrauch der fossilen Rohstoffe ist über die gesamte Produktionskette aller berücksichtigten Güter und Dienstleistungen einbezogen. Aus der Fläche wird die Men-

ge an Kohlenstoff ermittelt. Die Grundlage dafür stellt der natürliche Kohlenstoffzyklus dar. Nachdem die Gesamtkohlenstoffbilanz von Biomasse ausgeglichen ist – emittiertes CO<sub>2</sub> während der Verbrennung wird später wieder gebunden durch den Neuaufbau von Biomasse – stellt der Meeresboden die einzige dauerhafte CO<sub>2</sub> Senke dar. Basierend auf der Sedimentationsrate des Meeresbodens (500 m<sup>2</sup>/kg\*a) (Krotscheck & Narodoslowsky 1996) kann die emittierte Menge pro Jahr ermittelt werden.

Der Begriff „Lebenszyklusemission“ bedeutet, dass die Emissionen nicht nur lokal in der Siedlung anfallen, sondern global zu betrachten sind. Dies beinhaltet auch CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Lebenszyklus aller Produkte (wie z.B.: Benzin, Dämmmaterial). Durch das Verhalten der Siedlung können diese Emissionen der Siedlung zugeschrieben werden, jedoch wird nicht die gesamte CO<sub>2</sub>-Menge des Ergebnisses auch in der jeweiligen Siedlung emittiert.

#### **2.2.4 Regionalökonomische Analyse (RÖA)**

Siedlungen sind ein regionalökonomischer Faktor. Eine regionalwirtschaftliche Analyse stellt wirtschaftliche Effekte dar, speziell solche mit einem Bezug zum Energieverbrauch, den eine Siedlung verursacht. Die Ergebnisparameter der RÖA sind Umsätze, Wertschöpfung und Beschäftigung sowie die Importe. Die Ergebnisse werden auf den regionalen Ebenen „Österreich gesamt“ und „Bundesland“ dargestellt.

Die regionalökonomische Analyse (RÖA) des ELAS-Rechners hat 2 methodische Elemente:

- ein System der Erfassung von wirtschaftlich relevanten Impulsen und
- ein System der Verrechnung dieser Impulse zu regionalwirtschaftlichen Effekten (Regionalökonomisches Modell).

Das System der Erfassung von wirtschaftlich relevanten Impulsen lehnt sich an die Struktur der ökologischen Betrachtungsweise an. Die Aktivitäten, die zu ökologischen Effekten (Emissionen, Fußabdruck, Energieeinsatz) führen, sind in der Regel auch ökonomisch relevant und umgekehrt. Die Erfassung von wirtschaftlich relevanten Impulsen verzichtet auf Differenzierungen, die zwar ökologisch bedeutend sind, aber wenige Kostenunterschiede generieren. Die wirtschaftlichen Impulse werden untergliedert in die Errichtung (Sanierung, Abriss etc.) der Wohngebäude, in den Betrieb der Wohngebäude, in kommunale Aktivitäten (Errichtung und Betrieb kommunaler Infrastruktur, kommunale Services) und in die Mobilität. Wesentlich für die Erfassung der Impulse sind die Berechnung von Mengen (zum Beispiel Abfallmengen, Reisebewegungen etc.) und deren Bewertung durch Preise.

Der Verrechnung der von Siedlungen generierten wirtschaftlichen Impulse zu regionalwirtschaftlichen Effekten erfolgt unter Berücksichtigung sektoraler Verflechtungen der Volkswirtschaft. Diese Verflechtungen sind in sogenannten Input-Output-Tabellen (Miller & Blair 2009) abgebildet. Für Österreich stellt Statistik Austria ein laufend aktualisiertes System von Input-Output-Tabellen zur Verfügung, die aktuellste Version bezieht sich auf das Jahr 2007. Die ELAS RÖA verwendet Input-Output-Daten von EUROSTAT (o.J.), bestehend aus einer Input-Output-Tabelle für Österreich mit 15 Sektoren nach ÖNACE 2000. Die Input-Output-Tabellen geben wieder, welcher Sektor welche Güter erzeugt (Aufkommenstabelle) und wie

die Güter erzeugt werden (Verwendungstabelle), d.h. welche Inputs ein Sektor benötigt um ein bestimmtes Gut überhaupt herstellen zu können.

Als Inputs gelten die Ausgaben der Hauptakteure: die ErrichterInnen der Wohngebäude, ihre BetreiberInnen und BewohnerInnen, die Kommunen und Serviceunternehmen. Die siedlungsverursachten Ausgaben erzeugen Umsätze in jenen Unternehmen, von denen Güter und Dienstleistungen bezogen werden. Diese Unternehmen generieren Wertschöpfung und beschäftigen Personal. Darüber hinaus kaufen sie Leistungen anderer Unternehmen zu. Dies setzt Wirtschaftskreisläufe in Gang, die mit Hilfe von Input-Output-Tabellen berechnet werden können. Die Effekte werden dem jeweiligen Bundesland, Österreich gesamt oder dem Ausland zugeordnet.

Das Input-Output-Modell bildet die Grundlage für die Analyse einer Vielzahl von wirtschaftspolitischen Fragestellungen. Input-Output-Tabellen zeigen den Intermediärverbrauch an Gütern, die zur Erzeugung des gesamten im Inland produzierten Aufkommens eines bestimmten Gutes notwendig waren. In den Input-Output-Tabellen wird die Güterverwendung getrennt nach heimisch produzierten und importierten Gütern ausgewiesen. Die Input-Output-Tabellen zeigen, aus welchen Anteilen sich der Produktionswert zusammensetzt: aus der Wertschöpfung einerseits und andererseits aus den Vorleistungen.

Das Input-Output-Modell ermöglicht eine Analyse der gesamten Kette von Vorleistungen. Es können nicht nur die Vorleistungen eines einzelnen Produktionsschrittes festgestellt werden, sondern auch die Vorleistungen der Vorleistungen und so fort, sodass die gesamten Auswirkungen einer wirtschaftlichen Transaktion festgestellt werden können. Mit der sogenannten Inversen der Leontieff-Matrix, die aus der Input-Output-Tabelle errechnet wird, wird die gesamte Vorleistungskette abgebildet. Die wichtigsten Ergebnisse der Input-Output-Modelle betreffen die Umsätze, die Wertschöpfung und die Beschäftigung:

- Umsätze und ihre Multiplikatoren: Multiplikatoren stellen dar, wie viel Folgeumsätze aus einem in das System eingebrachter Euro Umsatz erzeugt werden, indem er wieder verwendet wird.
- Wertschöpfung: Nicht allein die Umsätze sind ein wichtiges Ergebnis der Input-Output-Analyse, sondern vor allem auch die heimische Wertschöpfung: Diese ermöglicht es, Arbeit zu entlohnen, Gewinne zu erwirtschaften und die Produktionsfaktoren zu entlohnen (Löhne für die Arbeit, UnternehmerInnenlohn, Kapitalzinsen etc.).
- Beschäftigung: Transformatoren stellen die Verbindung her zwischen dem eingesetzten Euro und dem Beschäftigungseffekt. Die Beschäftigungseffekte werden in Vollzeitäquivalenten (VZÄ) dargestellt. Die Transformatoren unterscheiden sich deutlich nach Branche (sie sind beispielsweise in der Landwirtschaft relativ hoch), sie sinken jedoch durch Produktivitätsfortschritt im Zeitverlauf.

## 2.3 Berechnungsbeispiel

In diesem Kapitel wird ein Berechnungsbeispiel aus der Stadtgemeinde Freistadt, die Siedlung Petringerfeld, eingefügt, das aus mehreren Gebäudegruppen – Gebäude unterschiedlicher Bauweisen und Baualter – besteht. Für eine detaillierte Dokumentation der Eingangsparmeter wird auf den Bericht des Arbeitspakets 6 verwiesen. Hier werden die Ergebnisse im Überblick, sowie die Detailergebnisse zum Energieverbrauch, zum ökologischen Fußabdruck, zu den CO<sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen und zur regionalökonomischen Analyse als Screenshots der Ergebnis-Ausgabe im ELAS-Rechner dargestellt.

In Abbildung 2 sind die Gesamtergebnisse bezogen auf ein Jahr für die betrachtete Siedlung angegeben. Die Ergebnisdarstellung kann in unterschiedlichen Einheiten erfolgen, als Standard sind kWh, m<sup>2</sup> und kg eingestellt.

**Abbildung 2: Gesamtergebnisse als Übersichtstabelle im ELAS-Rechner**

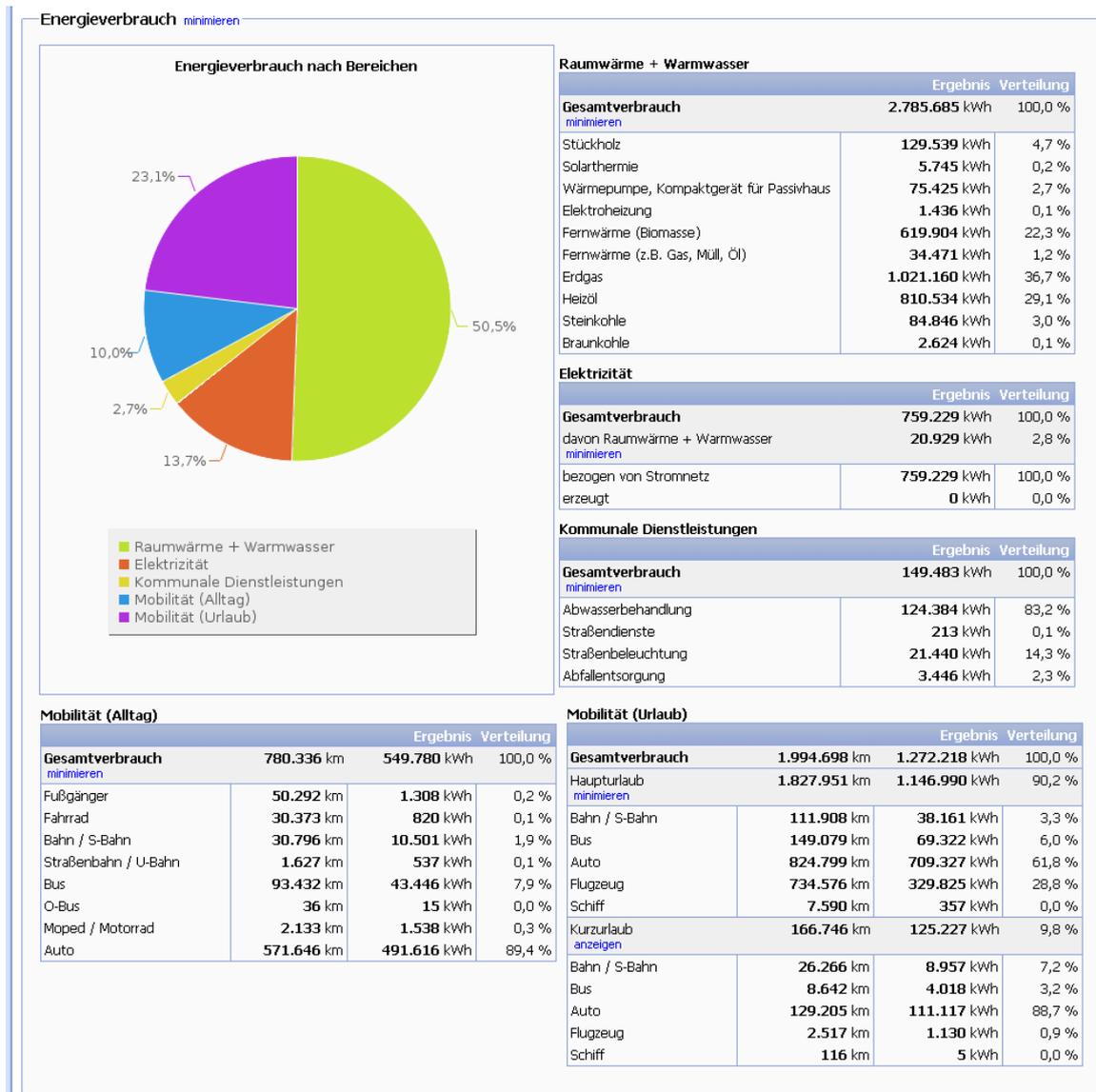
Gesamtergebnisse bezogen auf ein Jahr [minimieren](#)

Kategorie	Ergebnis
Energieverbrauch	5.516.395 kWh
Ökologischer Fußabdruck	448.201.930 m <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub> - Lebenszyklus - Emissionen	1.802.291 kg
Umsätze	1.803.483 €
Wertschöpfung	829.709 €
Importe	295.988 €
Arbeitsplätze	10,4

In den folgenden Diagrammen werden nun die detaillierten Ergebnisse zu den Bereichen Energieverbrauch, ökologischer Fußabdruck und regionalökonomische Analyse abgebildet. Die Ausgabe im ELAS-Rechner erfolgt sowohl in Form von Diagrammen als auch in einer tabellarischen Aufschlüsselung, die gezielte Vergleichbarkeit einzelner Faktoren ermöglicht. Dem/der AnwenderIn ist es möglich sowohl die getätigten Eingabedaten als auch die Berechnungsergebnisse in einer klar strukturierten Form auszudrucken und durch Vergabe eines Projekttitels zu Beginn der Durchrechnung in einer späteren Betrachtung der Ergebnisse diese eindeutig einer Siedlung zuordnen zu können. Die Speicherung der Daten erfolgt lokal auf dem PC als \*.elas-File, das in keinem anderen Programm ausgelesen werden kann. Dadurch können auch vertrauliche Daten eingegeben werden, deren Schutz durch diese Funktion gewährleistet ist.

In Abbildung 3 ist die Verteilung des Energieverbrauchs in Bereiche zu sehen. Die Darstellung erfolgt sowohl in Diagrammen als auch tabellarisch in Detailergebnissen.

Abbildung 3: Energieverbrauch der Siedlung Pettringerfeld in Freistadt



Mit dem ELAS-Rechner werden auch die ökologischen Auswirkungen, die durch eine Siedlung und deren BewohnerInnen verursacht werden, dargestellt. In Tabelle 2 sind sowohl die CO<sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen als auch der ökologische Fußabdruck für die IST-Analyse der Siedlung Pettringerfeld in Freistadt dargestellt.

Tabelle 2: CO<sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen und ökologischer Fußabdruck, Pettringerfeldsiedlung

CO<sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen in kg/Jahr

Bereich	Ergebnis	Verteilung
Raumwärme + Warmwasser	619.842 kg	34,4 %
Elektrizität	503.445 kg	27,9 %
Kommunale Dienstleistungen	43.618 kg	2,4 %
Mobilität (Alltag)	183.445 kg	10,2 %
Mobilität (Urlaub)	451.940 kg	25,1 %
<b>Gesamt</b>	<b>1.802.291 kg</b>	<b>100 %</b>

Ökologischer Fußabdruck (SPI) in m<sup>2</sup>

Bereich	Ergebnis	Verteilung
Raumwärme + Warmwasser	158.899.709 m <sup>2</sup>	35,5 %
Elektrizität	148.786.020 m <sup>2</sup>	33,2 %
Kommunale Dienstleistungen	12.387.466 m <sup>2</sup>	2,8 %
Mobilität (Alltag)	38.716.402 m <sup>2</sup>	8,6 %
Mobilität (Urlaub)	89.412.333 m <sup>2</sup>	19,9 %
<b>Gesamt</b>	<b>448.201.930 m<sup>2</sup></b>	<b>100 %</b>

Abbildung 4 zeigt die Darstellung der ökologischen Parameter in Diagrammen.

**Abbildung 4: CO<sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen und SPI, Pettringerfeldsiedlung**

Verteilung der CO<sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen

Verteilung des Ökologischen Fußabdrucks

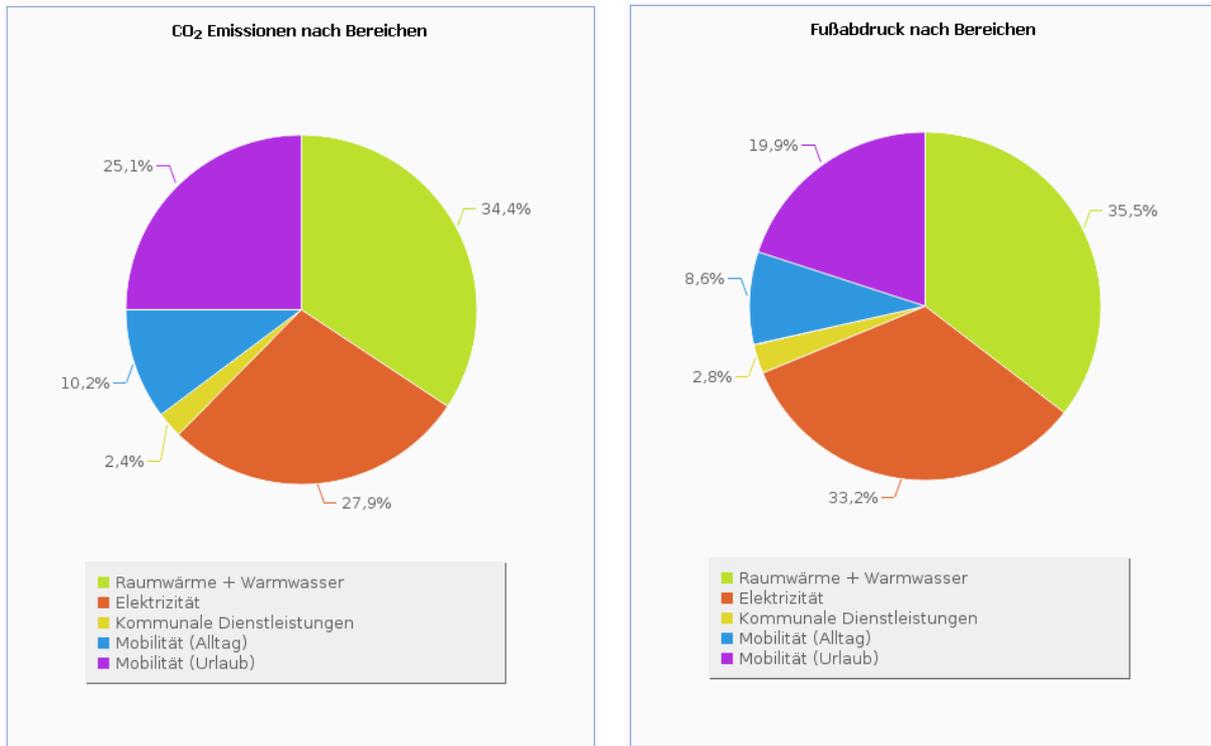


Abbildung 5 enthält die Ergebnisse der regionalökonomischen Analyse (RÖA). Die regionalökonomischen Effekte pro Jahr werden für Gesamtösterreich, für das Bundesland in dem die Siedlung liegt (im Fall der Pettringerfeldsiedlung für Oberösterreich) und für die anderen Bundesländer ausgegeben. Bei den Importen werden auch jene aus dem Ausland berücksichtigt.

**Abbildung 5: Regionalökonomische Effekt der Pettringerfeldsiedlung in Freistadt (Oö)**

Regionalökonomische Effekte bezogen auf ein Jahr <small>minimieren</small>				
<b>Gesamtübersicht RÖA</b>				
Umsätze in Österreich		1.803.483 €		
Wertschöpfung in Österreich		829.709 €		
Import nach Österreich		295.988 €		
Arbeitsplätze in Österreich		10,4		
Umsätze im eigenen Bundesland		1.500.541 €		
Wertschöpfung im eigenen Bundesland		613.070 €		
Import aus dem Ausland und anderen Bundesländern		512.627 €		
Arbeitsplätze im eigenen Bundesland		8,3		
Umsätze in anderen Bundesländern		302.942 €		
Wertschöpfung in anderen Bundesländern		216.639 €		
Import aus anderen Bundesländern		216.639 €		
Arbeitsplätze in anderen Bundesländern		2,1		
<b>Wertschöpfungseffekte nach Verursacher - Österreich</b>				
Kategorie	Umsätze	Wertschöpfung	Importe	Arbeitsplätze
Wohnraum Errichtung	0 €	0 €	0 €	0,0
Wohnraum Betrieb	555.263 €	250.069 €	90.323 €	2,3
Kommunale Errichtung und Betrieb	40.919 €	22.573 €	4.364 €	0,3
Externe Effekte (Mobilität)	1.207.301 €	557.067 €	201.301 €	7,8
<b>Gesamt</b>	<b>1.803.483 €</b>	<b>829.709 €</b>	<b>295.988 €</b>	<b>10,4</b>
<b>Wertschöpfungseffekte nach Verursacher - Oberösterreich</b>				
Kategorie	Umsätze	Wertschöpfung	Importe	Arbeitsplätze
Wohnraum Errichtung	0 €	0 €	0 €	0,0
Wohnraum Betrieb	499.624 €	208.518 €	131.874 €	2,0
Kommunale Errichtung und Betrieb	34.598 €	18.687 €	8.250 €	0,3
Externe Effekte (Mobilität)	966.319 €	385.865 €	372.503 €	6,0
<b>Gesamt</b>	<b>1.500.541 €</b>	<b>613.070 €</b>	<b>512.627 €</b>	<b>8,3</b>

## 2.4 Diskussion des ELAS-Modells

Im Folgenden soll nun kurz auf Stärken, Schwächen, Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten des ELAS-Modells eingegangen werden.

### **Stärken des Modells**

Mit dem ELAS-Rechner kann der Energieverbrauch samt seinen umwelt- und sozioökonomischen Berechnungen einer Siedlungsplanung abgeschätzt und Varianten berechnet werden. Im Variantenvergleich können z.B. Standortvarianten (wie Ortskern vs. Siedlungssplitter) und Varianten der Gebäudestruktur, technische Varianten bezüglich der Gebäudeerrichtung, Energieversorgung, Variationen der Haushaltsgrößen, Wohnungsgrößen, des Mobilitätsverhaltens der BewohnerInnen miteinander verglichen werden. Durch die Veränderung von Eingabeparametern und die Anwendung der im Rechner implementierten festen Szenarien kann die Bandbreite der Entwicklungen abgeschätzt werden. Somit ist mit dem ELAS-Rechner ein Entscheidungstool geschaffen worden, mit dem Siedlungsprojekte energetisch und aus Umweltsicht in verschiedenen Dimensionen optimiert werden können.

### **Schwächen des Modells**

Wenn auch eine große Datenmenge hinter den ELAS-Berechnungen steht, so sind an einigen Stellen dennoch fundierte Schätzungen notwendig. In den Rechner fließt eine Vielzahl von Annahmen ein, z.B. wird mit 75 verschiedenen Modal Splits gerechnet, die aus den eigenen Befragungen ermittelt wurden. Dies war notwendig, weil die in der Literatur verfügbaren Modal Splits auf Wegzahl, die hier verwendeten aber auf zurückgelegten Kilometern je Verkehrsmittel basieren. Weitere Annahmen wurden aus Studien, Statistiken oder aus eigenen Erhebungen und Befragungen gezogen. Damit sind Abweichungen dadurch gegeben, wenn das reale vom angenommenen Energieverbrauch und Mobilitätsverhalten abweicht. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit kann dafür nicht angegeben werden. Um hier Fehlerquellen für eine konkrete Modellierung zu vermeiden, wurden möglichst viele Annahmen sichtbar und veränderbar gemacht. Es werden vom Rechner Default-Werte vorgeschlagen, die von den AnwenderInnen verändert werden können, wenn genauere Informationen vorhanden sind. Dadurch können sich die Ergebnisse durchaus verschieben, was aber auch gleichzeitig Handlungsoptionen für die Optimierung von Siedlungsprojekten aufzeigt. Durch weitergehende Forschungsaktivitäten können hier die Stichproben vergrößert – derzeit liegen z.B. bei Haushalts- und Personenkenzzahlen knapp 600 Haushaltsbefragungen und knapp 1.100 Personenfragebögen zugrunde – und die Robustheit der Default-Werte gesteigert werden.

### **Grenzen des Modells**

Die Berechnungsergebnisse sind nur teilweise dazu geeignet, Benchmarking zwischen einzelnen Siedlungen im Bestand oder zwischen Gemeinden zu betreiben. Dafür sind zunächst zu viele Parameter wählbar und veränderbar. Dies bedeutet, dass z.B. pro-Kopf-Vergleiche von Energiebedarf, Fußabdruck etc. genauso wie Vergleiche je Wohneinheit oder je m<sup>2</sup> Wohnfläche nur dann sinnvoll sind, wenn sichergestellt werden kann, dass die Rahmenbedingungen für den Vergleich konstant gehalten werden. Um hier keine Missverständnisse zu

produzieren, werden Rückrechnungen auf derartige Vergleichszahlen im Rechner derzeit bewusst nicht angeboten.

Weiters werden in den Berechnungen die Annahmen und Eingangsgrößen des Modells wiedergegeben. Damit reproduzieren die Berechnungen, was aus den Erkenntnissen bestehender Studien oder eigener Befragungen zutage tritt. Dies bedeutet z.B. bei der Einschätzung der Mobilität, dass die Bevölkerung in Orten höherer Zentralität tendenziell einen deutlich geringeren Mobilitätsaufwand hat als die Bevölkerung in Orten niedriger Zentralität, eine Siedlung im Siedlungssplitter einen höheren Mobilitätsaufwand bedeutet als eine Siedlung im Ortskern. Siedlungen in Gemeinden höherer Zentralität schneiden damit tendenziell besser ab als in Orten geringerer Zentralität. Darüber hinaus haben aber weitere Aspekte Einfluss, wie etwa die Altersstruktur oder das Haushaltseinkommen und überlagern den Effekt der Zentralität. Damit ist z.B. Benchmarking zwischen Gemeinden nicht möglich.

### **Anwendungsmöglichkeiten des Modells**

Die Stärken, Schwächen und Grenzen des Modells bedeuten für unterschiedliche Zielgruppen wieder einen unterschiedlichen Nutzeneffekt des Rechners. Abhängig davon, mit wieviel Entscheidungsmacht ein/e EntscheidungsträgerIn ausgestattet ist, beschreiben einzelne Eingabegrößen einfach den Bestand und geben daher Rahmenbedingungen an oder sind relevant für Planungsentscheidungen: Die Zentralität einer Gemeinde ist für Private eine Rahmenbedingung, während sie für öffentliche Körperschaften zumindest teilweise eine veränderbare Größe darstellt.

Für unterschiedliche Entscheidungsebenen können entsprechende Schlussfolgerungen aus dem Rechner gezogen werden. Wenn es darum geht, strategische Empfehlungen für die Klima- und Energiepolitik, übergeordnete Infrastrukturplanungen, Gesetzgebungen, Förderungen und fiskalische Instrumente zu machen, empfiehlt sich die Arbeit mit „fiktiven“ Modellsiedlungen, in denen einzelne Parameter verändert werden und so der Einfluss eines Parameters iterativ bestimmt werden kann.

Wenn es um raumplanerische Entscheidungen der öffentlichen Hände sowie Standortentscheidungen für Wohnprojekte von Bauträgern oder die Wohnortwahl sowie dessen Ausgestaltung von Privatpersonen geht, sind „reale“ Daten zu verwenden, wobei jene Aspekte modelliert werden können, die in der Entscheidungsmacht des jeweiligen Entscheidungsträgers stehen, sei(en) dies das Land, eine Gemeinde oder Private. Hier liegt die Stärke des Rechners darin, nachvollziehbar quantifizierbare Entscheidungsgrundlagen bereitzustellen, wie bereits bei den Stärken dargestellt ist.

Für Gemeinden sind Standortvergleiche und Standortoptimierungen sowie Vergleiche und Optimierungen technischer Varianten an einem gewählten Standort innerhalb einer Gemeinde ein Hauptnutzen des Rechners, wobei verschiedene Ansatzpunkte für die Optimierungen angeboten werden. Private können darüber hinaus, sofern sie z.B. den Wohnstandort neu wählen, im Gemeindevergleich einschätzen, wie sich die Wohnstandortwahl auf den Energiebedarf und die damit verbundenen Kosten voraussichtlich auswirken wird. So kann die diesbezügliche Entscheidungsbasis durch die Anwendung des Rechners erweitert werden.

### 3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Ergebnisse und Schlussfolgerungen können auf drei Ebenen gezogen werden. Zunächst wurden umfangreiche Datenerhebungen in 10 Fallbeispielssiedlungen aus sieben ober- und niederösterreichischen Gemeinden durchgeführt, wie im Bericht zu Arbeitspaket 4 dokumentiert ist. Des Weiteren wurden mit dem Rechner die Fallbeispiele energetisch bewertet, Szenarien gebildet sowie „fiktive“ Modellsiedlungen berechnet, wie aus dem Bericht zu Arbeitspaket 6 ersichtlich ist. In den folgenden Unterkapiteln werden Ergebnisse und Schlussfolgerungen zur Datenerhebung und Berechnungen in den Fallbeispielen, zu den Szenarienbildungen sowie zu den Berechnungen von Modellsiedlungen dargestellt.

#### 3.1 Datenerhebungen und Berechnungen in den Fallbeispielen

Das ELAS Modell verarbeitet die empirischen Ergebnisse der Datenerhebung in den zehn untersuchten Siedlungen. Die vom ELAS Modell errechneten Ergebnisse stellen Gesamteffekte der jeweiligen Siedlung dar und umfassen den Energieverbrauch, den ökologischen Fußabdruck, die CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen und die wirtschaftlichen Indikatoren der Umsätze, Wertschöpfung, Importe und Arbeitsplätze. Bezogen auf die Zahl der Haushalte bzw. auf die Zahl der in den Siedlungen lebenden Personen ermöglichen diese Indikatoren einen Vergleich der untersuchten Siedlungen, aus dem folgende Schlussfolgerungen gezogen werden können: Aus dem Vergleich des Gesamtenergieverbrauchs je Haushalt kommt ein deutlicher (aber nicht ausschließlicher) Einfluss der Zentralität zum Ausdruck: Die höchsten Effekte je Haushalt zeigen sich tendenziell jeweils in Siedlungen mit geringer Zentralität, die niedrigsten Effekte in Siedlungen mit hoher Zentralität. Von diesem Ranking gibt es jedoch auch Abweichungen.

Eine weitere Erklärungsvariable ist die Haushaltsgröße. Ihr Einfluss spiegelt sich in den durch die Personenzahlen dividierten Ergebnissen wider. Auch im Gesamtenergieverbrauch je Person zeigt sich der Einfluss der Zentralität. Beim ökologischen Fußabdruck und bei den CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen verschieben sich jedoch die Positionen vor allem bedingt durch die fossilen Energieverbräuche. Die damit verbundenen heimischen Wirtschaftseffekte (Wertschöpfung, Umsätze und Arbeitsplätze) sind verhältnismäßig gering. In der Pro-Kopf-Betrachtungsweise zeigt sich auch die relativ günstige Position einer Niedrigenergiesiedlung: Sie verfügt über die niedrigsten CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen und den zweitniedrigsten ökologischen Fußabdruck je Person. Die Umsatz- und Wertschöpfungseffekte dieser Siedlung sind jedoch an drittschwächster Position.

Die sieben Indikatoren zeigen untereinander starke Korrelationen, sowohl bei den Werten je Haushalt als auch bei den Werten je Kopf. Auffällig sind die starken positiven Korrelationen zwischen den ökologischen und den ökonomischen Indikatoren. Ein höherer Energieverbrauch setzt sich tendenziell in höheren Umsätzen um, Umsätze ziehen tendenziell Energieverbrauch nach sich. Dieser Zusammenhang ist nicht zwingend, aber dennoch statistisch gesichert. Er führt dazu, dass ökologisch ungünstiges Siedlungsverhalten regionalwirtschaftlich belohnt wird. So können Transportunternehmen von einer dezentralen Besiedelung profi-

tieren, wenn sie ihre Kilometerleistung an den Kunden weiterverrechnen können. Für ein Heizwerk ist eine schlechte Gebäudeisolierung ebenfalls ein Vorteil, denn sie führt zu einem erhöhten Wärmebedarf. Siedlungsbedingte Mobilitätsaufwendungen und Betriebskosten lösen daher Umsätze aus, die manche zu Gewinnern macht. Diese Logik kann zu einem Hemmnis einer ökologischen Siedlungsreform werden, gleichzeitig aber zu ihrem Promotor. Denn die erhöhten Aufwendungen werden von AkteurInnen getragen, denen an einer Reduktion ihrer Lasten gelegen ist: den Gemeinden und den BewohnerInnen der Siedlungen. Die Aufwendungen verringern die Kaufkraft der Bevölkerung und der Gemeinden; diese haben daher ein Interesse, ihre siedlungsbedingten Kosten zu senken. Die eingesparten Mittel könnten sie für andere Güter und Dienstleistungen besser verwenden (Opportunitätsnutzen) und damit ihren Wohlstand erhöhen. Wenn dieser Folgeprozess eingeleitet wird, löst er Umsätze und Wertschöpfung aus und kompensiert die Umsatzrückgänge, die eine Ökologisierung der Siedlungsstrukturen zunächst nach sich zieht.

Darüber hinaus müssen siedlungsbedingte Wirtschaftsaktivitäten nicht zwangsläufig zu Lasten der Ökologie gehen, wie die Abweichungen vom Zusammenhang zwischen Umsätzen und CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen belegen. Entscheidend ist der jeweilige Sektor, in den die Mittel fließen, bzw. der ökologische Fußabdruck, der mit einer siedlungsbedingten Investition verbunden ist – Hackschnitzelnahwärme mag genauso viel kosten wie ein Erdgasanschluss, die CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen unterscheiden sich jedoch erheblich. Auf Ebene der Haushalte werden Einflussfaktoren für den Energieverbrauch aufgrund der empirischen Datenbasis aus den Untersuchungsgemeinden analysiert und hier Schlussfolgerungen nach den Kategorien des Energieverbrauchs Fahrleistung, Stromverbrauch und Raumwärme dargestellt:

### **Fahrleistung**

Die Fahrleistung (in km je Äquivalenzperson<sup>1</sup>) wird maßgeblich beeinflusst durch die Einkommensverhältnisse und durch die Zentralität der Siedlung. Haushalte mit hohem (Äquivalenz-)Einkommen neigen zu hoher (Äquivalenz-)Fahrleistung, Haushalte mit niedrigem Einkommen zu niedriger Fahrleistung. Die Zentralität hingegen ermöglicht ein ausgeprägtes Nahversorgungsverhalten und reduziert damit die Fahrleistung. Ein wichtiger sozioökonomischer Einflussfaktor ist auch die Altersstruktur. Siedlungen mit einem hohen Anteil von Personen im Alter von 30 bis unter 60 Jahren sind durch ausgeprägte Fahrleistung gekennzeichnet. Siedlungen mit einem hohen Anteil von Personen über 60 Jahren verursachen geringe Fahrleistung.

### **Stromverbrauch**

Der Stromverbrauch (in kWh je Äquivalenzperson) einer Siedlung hängt vor allem ab vom Alter der BewohnerInnen, von der Geräteausstattung und von der Flächenausstattung. Ein hoher Anteil älterer Menschen lässt auf einen hohen Stromverbrauch schließen, ebenso eine

---

<sup>1</sup> Durch diese Berechnung wird gemäß einem Konzept der Statistik Austria (Konsumerhebung 2009/2010) unterstellt, dass mit zunehmender Haushaltsgröße und abhängig vom Alter der Kinder eine Ersparnis im Haushalt durch gemeinsames Wirtschaften erzielt wird. Eine allein lebende erwachsene Person wird dabei als Referenzpunkt betrachtet (Gewicht=1), der Mehrbedarf der weiteren Haushaltsmitglieder wird mit 0,5 (Erwachsene) bzw. 0,3 (Kinder) bewertet.

hohe Geräte- oder Flächenausstattung. Zentralität und das damit zusammenhängende Nahversorgungsverhalten reduziert hingegen den Stromverbrauch.

### **Raumwärme**

Der Raumwärmebedarf (in kWh je Äquivalenzperson) steigt signifikant mit der Flächenausstattung der Wohnungen, mit der Haushaltsgröße (in Einwohnern) und mit dem durchschnittlichen Alter der BewohnerInnen. Das Einkommen hat keinen eindeutigen signifikanten Einfluss. Siedlungen mit hoher Zentralität haben (vermutlich aufgrund der damit verbundenen geringen Flächenausstattung je Äquivalenzperson) einen niedrigen Raumwärmebedarf.

## **3.2 Szenarienbildungen zu den Fallbeispielen**

Im Rahmen des Projektes wurden die in Abschnitt 2.1.3 entwickelten Szenarien (Trendszenario und Green-Szenario) für die Entwicklung bis 2040 auf die 10 Fallbeispielssiedlungen angewandt. Diese Berechnungen sollten durch den Vergleich des status quo mit den Ergebnissen der Szenarien Erkenntnisse über die Auswirkungen der Szenarien-Annahmen bei der Evaluierung gut aufgeklärter Realsituationen gewinnen.

Die Berechnungen ergaben ähnliche Steigerung des Energieverbrauches für alle Siedlungen im Trend-Szenario von zwischen 10 und 17 Prozent. Die Energieeinsparungen im Green-Szenario bewegen sich zwischen 8,5 und 14%. Dies bedeutet in der Gesamtsicht, dass die Szenarien eine Bandbreite von „Energiezukünften“ abbilden, in der der Energieverbrauch (bezogen auf den optimistischen Wert des Green-Szenarios) sich zwischen 20 und 36% unterschiedlich gestaltet. Die größten Unterschiede zwischen den Szenarien treten dabei in den Siedlungen mit hoher Zentralitätsstufe auf, der Grund dafür ist in der starken Gewichtung der Stromreduktion um 33% im Green-Szenario zu sehen, da in diesen Siedlungen der Mobilitätsanteil (der in beiden Szenarien ähnlich anwächst) geringer ist. Überdies sind dies auch Siedlungen, die relativ wenig Energie für Raumwärme aufwenden, was Änderungen im Strombereich besonders signifikant hervortreten lässt.

Ein erstaunliches Ergebnis zeichnet sich bei der Analyse der ökologischen Auswirkung des Trend-Szenarios, sowohl mit Hilfe des ökologischen Fußabdruckes als auch mit den CO<sub>2</sub>-Lebenszyklus-Emissionen ab. Obwohl der Gesamtenergieverbrauch deutlich ansteigt, bleibt der ökologische Druck fast gleich. Dies ist auf die „Ökologisierung“ der Energiebereitstellung in diesem Szenario zurückzuführen: Sowohl der Mix der Strombereitstellungs-Technologien als auch der Mix der Antriebsenergie für den Individualverkehr ist hier umweltschonender als zurzeit angenommen worden. Dies führt dazu, dass in diesem Szenario der angenommene Mehrverbrauch an Energie durch die angenommenen Veränderungen in den Energiebereitstellungstechnologien nahezu ausgeglichen wird.

Ein vollkommen anderes Bild ergibt die Analyse des ökologischen Druckes im Green-Szenario. Sowohl mit dem ökologischen Fußabdruck als auch mit den CO<sub>2</sub>-Lebenszyklus-Emissionen ergeben sich weit größere Reduktionen, als dies den (moderaten) Energieeinsparungen entsprechen würde. Der Grund ist in den Systemänderungen in der Strombereitstellung und der Energiebasis der Mobilität in diesem Szenario zu finden, wobei letzterer

Einfluss überwiegt. Generell sind die Reduktionen in den CO<sub>2</sub>-Lebenszyklus-Emissionen etwas ausgeprägter dargestellt als im ökologischen Fußabdruck. Der Grund dafür liegt in der umfassenderen Betrachtung des Umweltdruckes durch den ökologischen Fußabdruck, der neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen auch noch Ressourcenbereitstellung und andere Emissionen in Luft, Wasser und Boden berücksichtigt. Damit wird der Einfluss der CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion relativiert.

Besonders eindrucksvoll ist die Reduktion für die Siedlungen, die bereits heute hohe Energieeffizienz aufweisen und ihren Wärmebedarf nachhaltig decken. In einer derartigen Beispielsiedlung fällt die Reduktion mit über 70% im ökologischen Fußabdruck (72% für CO<sub>2</sub>-Lebenszyklus-Emissionen) dramatisch aus. Die massive Reduktion des Strombedarfs als auch die Ökologisierung der Bereitstellungstechnologien im Strom- und Mobilitätsbereich ist dort besonders klar zu sehen, da der (nicht geänderte) Wärmeanteil am abgebildeten ökologischen Druck klein ist.

Starke Reduktionen ergeben sich auch für Siedlungen mit höchster Zentralitätsstufe (bis 60%). Die bestimmenden Faktoren hier sind die vollständige Ökologisierung des öffentlichen Verkehrs, ebenso wie die Einsparung und Ökologisierung im Strombereich, die dem Green-Szenario zu Grunde liegt. Ähnliche Reduktionen ergeben sich unter Umständen auch für die Siedlungen geringer Zentralität, wenn auch aus anderen Gründen. Hier sind insbesondere die ökologischen Vorteile im Mobilitätsbereich sichtbar. Werden die Ergebnisse der Szenarien-Analyse in ihrer Gesamtheit betrachtet, so zeigt sich dass

- das Trend-Szenario zwar einen deutlich größeren Energiebedarf für alle Siedlungen ausweist, durch die angenommenen technisch-systemischen Veränderungen der Umweltdruck jedoch weitgehend auf dem heutigen Stand gehalten wird;
- das Green-Szenario zwar nur Energieeinsparungen im Bereich von 8,5 bis 14% auswirft, jedoch beträchtliche Reduktionen des Umweltdruckes (zwischen 45 und 60% im ökologischen Fußabdruck) ergibt. Grund dafür ist die Ökologisierung des Strombereitstellungssystems und der Mobilität, die in diesem Szenario grundgelegt wird;
- beide Szenarien gegenüber dem derzeitigen Zustand eine geringere regional-ökonomische Wirkung aufweisen, diese Reduktion aber im Green-Szenario etwas weniger ausgeprägt ist.

Die relative Reduktion des ökologischen Druckes im Green-Szenario fällt unterschiedlich für die einzelnen Fallbeispielssiedlungen aus. Wesentliche Parameter dafür sind einerseits der „Basiswert“ der Wärmebereitstellung. Andererseits zeigen Siedlungen geringer Zentralität und solche mit hohemzeitigem Stromverbrauch große absolute Veränderungen des ökologischen Druckes.

### **3.3 Berechnungen von Modellsiedlungen**

Neben der Anwendung der Zukunftsszenarien auf die Beispielsiedlungen wurden noch weitere Modellrechnungen im Planungsmodus des ELAS-Rechners durchgeführt und analysiert. Diese dienen dazu, die Wirkungen einzelner Annahmen im Modell sichtbar zu machen.

Eine Vergleichsrechnung diente der Darstellung des Einflusses des Gebäudetyps auf die Ergebnisse des ELAS-Rechners. Dazu wurden Mustersiedlungen definiert, die in Standort, Zentralitätsstufe und BewohnerInnenzahl konstant gehalten wurden, im Gebäudetyp jedoch unterschiedlich waren. Um den Vergleich im Wesentlichen auf den Gebäudetyp zu fokussieren wurde in allen Fällen Neubau in Holzleichtbau, fossile Wärmeisolierung, Heizenergie und Warmwasserbereitung zu 100% aus Pellets gedeckt, angenommen. Die Entfernung zur Kläranlage beträgt 5 km, zum Altstoff-Sammelzentrum 2 km. Es wurden Einfamilienhaus-, Reihenhaus- und mehrgeschossige Wohnhaussiedlungen miteinander verglichen.

Die Ergebnisse zeigen dramatische Vorteile für den mehrgeschossigen Wohnbau. Obwohl in der direkten Energieeinsparung hier wieder relativ moderate Unterschiede auftreten (28% Reduktion gegenüber der Einfamilienhaussiedlung), so sind die Reduktionen im ökologischen Druck, angezeigt im ökologischen Fußabdruck und fast ident in den CO<sub>2</sub>-Lebenszyklus-Emissionen, mit 80 % dramatisch. Dies ist weniger durch die geringere Wohnfläche pro Person zu erklären, die sich im mehrgeschossigen Wohnbau ergibt, sondern zeigt wesentliche Infrastruktureinflüsse auf: geringere innere Erschließung, aber auch geringere Aufwendungen zur Ver- und Entsorgung verglichen mit Einfamilienhäusern und bessere Energiekennzahlen von mehrgeschossigen Wohnbauten schlagen hier zu Buche.

Trendanalysen ergeben, dass für das Einfamilienhaus im Green-Szenario unterdurchschnittliche Reduktionen von gerade einmal 9% im ökologischen Fußabdruck (7,5% in den CO<sub>2</sub> Lebenszyklus-Emissionen) zu erreichen sind. Jedenfalls reicht hier die Ökologisierung des Umfeldes keineswegs dazu aus, den Nachteil dieses Gebäudetyps auszugleichen. Insgesamt lässt sich aus diesen Ergebnissen eine klare Begründung zur Forcierung von verdichteten Bauformen ablesen.

Weitere interessante Ergebnisse aus den Modellrechnungen ergeben die Verteilung des energetischen Aufwandes zwischen den Kategorien des Energieverbrauchs. Stecken in einer neu errichteten Siedlung in Zentralitätsstufe 3 im Einfamilienhausbau mehr als die Hälfte der Gesamtenergie in der öffentlichen Infrastruktur und fast 90% der CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen sowie etwas über 80% des ökologischen Fußabdrucks, so beträgt beim mehrgeschossigen Wohnbau der Infrastrukturanteil unter 15% des Energieverbrauchs, ca. die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusemissionen sowie 40% des ökologischen Fußabdrucks.

Dies untermauert auf der einen Seite die Ineffizienz von Einfamilienhaussiedlungen durch die hohen Energieausgaben für die Infrastruktur, zeigt aber auch, dass bei mehrgeschossigen Wohnbauten der Energieverbrauch wesentlich deutlicher durch den laufenden Betrieb bestimmt wird und somit die Lage im Zentrum als wesentliches Energiesparkriterium hervortritt. Weiter zeigt es, dass die Ausgestaltung der öffentlichen Infrastruktur einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch der Siedlung hat und damit zu einem bedeutenden Faktor für den Gesamtverbrauch der Siedlungen wird. Somit können Ausbaustandards und eine Zurückhaltung bei der Neuerschließung sowie die konsequente Nutzung von Baulücken und Nachverdichtungen einen wesentlichen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz sowie zur Erreichung energiepolitischer Zielsetzungen leisten.

## 4 Ausblick und Empfehlungen

Mit diesem Projekt wurden ein komplexes Modell und eine umfangreiche Datenbasis geschaffen, um den Gesamtenergieeinsatz für Siedlungen zu ermitteln. Damit ist ein Werkzeug geschaffen worden, das quantifizierbare Entscheidungsgrundlagen für Siedlungsvorhaben liefert, um Siedlungen aus energetischer Sicht sowie aus Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes zu optimieren und regionalökonomisch zu bewerten. Der Nutzen des Modells geht aber über den Einzelfall weit hinaus. Durch die Anwendung des Modells auf verschiedene Situationen können auf vier Ebenen Handlungsoptionen und Handlungsspielräume getestet werden, um Strategien und Maßnahmen zu energieeffizienten, umweltfreundlichen und regionalökonomisch sinnvollen Siedlungsstrukturen für Wohnen zu entwickeln und zu bewerten. Eine Ebene betrifft Bund und Länder in ihrer Eigenschaft als gesetzgebende Körperschaften, die zweite Ebene schließt Länder und Gemeinden in ihrer Rolle als Raumplanungsbehörden ein, die dritte Ebene spricht Private, seien dies Einzelpersonen oder Bauträger an, die ein konkretes Projekt entwickeln. Die vierte Ebene adressiert die PlanerInnen in ihrer Rolle als BeraterInnen der ersten drei Ebenen und wird nicht gesondert ausgeführt, als dass PlanerInnen beim Aufbereiten von Entscheidungsgrundlagen mit entsprechenden Nutzenaspekten für ihre KlientInnen unterstützt werden.

### **Ebene der gesetzgebenden Körperschaften**

Die Anwendung des ELAS-Rechners auf Modellsiedlungen, seien diese real existierend oder gedacht, liefert vor allem Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Rechtsnormen oder das Setzen sonstiger Rahmenbedingungen wie Förderungen, die eine energieeffiziente sowie umwelt- und klimaschützende Energieversorgung von Wohnsiedlungen anstreben. Aus diesen Anwendungsfällen können Empfehlungen abgegeben werden.

Der Energieaufwand für Gebäude ist je nach Siedlungstyp oft um ein vielfaches geringer als der Aufwand für die öffentliche Infrastruktur. Aus Sicht der Klima- und Energiepolitik sind Eingriffe in den Siedlungsbestand zu rechtfertigen und durchaus wünschenswert, um eine bessere Auslastung der Infrastruktur sicherzustellen. Dies betrifft insbesondere Nachverdichtung und Baulückenschließung. Wenn Klimaschutzziele erfolgreich umgesetzt werden wollen und eine vollständige Versorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger erreicht werden soll, ist die Raumordnung vermehrt in die Pflicht zu nehmen. Hier sind aus Sicht des Klimaschutzes und der Energiepolitik verbindliche Vorgaben an die Raumplanung zu machen, die Zersiedelung hintanhaltend und Funktionsmischung, Nähe und Dichte propagieren. Dies ermöglicht die Vermeidung von Verkehr bzw. Verlagerung auf den Umweltverbund, einen effizienteren Einsatz der öffentlichen Infrastruktur, die in der Errichtung wesentlich mehr Energie verbraucht wie die Gebäude, sowie die Senkung des Energieverbrauchs im Betrieb der Siedlung.

Regelungen sind für Neufestigungen von Siedlungen relativ einfacher umzusetzen als für den Bestand. Da aber dieser sehr umfangreich und vielfach wenig energieeffizient ist, muss auch in diesen eingegriffen werden können. Bauliche Veränderungen „rechnen“ sich stofflich-energetisch in zur Nutzungsdauer vergleichsweise geringen Zeiträumen. Dabei sind

nicht nur Nachverdichtung oder Wärmedämmung gemeint, sondern auch durchaus die Standortverlagerung von Siedlungen, wenn andere Rahmenbedingungen ebenfalls dafür sprechen (z.B. Gefahrenzonen, Hochwasser, Schrumpfung, Freihalten von Infrastrukturkorridoren, Bereitschaft der BewohnerInnen u.v.m.).

Die Infrastruktur stellt bezüglich Errichtung einen bedeutenden stofflich-energetischen Aufwand dar. Damit ist auch die öffentliche Hand selbst im privaten Wohnbau eine bedeutende Energiekonsumentin. Für den Infrastrukturausbau bedeutet dies, die Bedarfsfrage in Abstimmung mit der Raumplanung sorgsam zu prüfen und Ausbauziele sowie Qualitätsstandards (z.B. Versorgungsgrade, Gestaltungsnormen, Versiegelungsgrade etc.) festzulegen und anzuwenden, die Energieeffizienz unterstützen.

Um Klima- und Energiepolitik sowie eine im Sinne des Umwelt- und Klimaschutzes ambitioniertere Raumordnung zu ermöglichen und zu Durchsetzungskraft zu verhelfen, sind unter anderem eine engagierte Bodenpolitik sowie eine Veränderung von Förderregimen, bezogen auf den Wohnbau insbesondere der Wohnbauförderung notwendig, die zumindest Dichtemaße und Lagekriterien bzw. Förderzielgebiete oder auch die Veränderung von Steuern sowie deren Aufteilung auf die Gebietskörperschaften (Finanzausgleich) umfasst. Für weitreichende Vorschläge dazu wird auf das Projekt PlanVision (Stöglehner et al. 2011) verwiesen.

Für die Regionalentwicklung ergeben sich aus dem ELAS-Rechner insofern interessante Ergebnisse, als dass hier aus Sicht von Energieeffizienz, Umwelt- und Klimaschutz optimierte Siedlungen relativ geringere sozioökonomische Effekte erzielen können. Hier tritt ein aber nur scheinbarer Widerspruch von Ökologie und Ökonomie zu Tage. Dies ist darin begründet, dass es im Interesse der NutzerInnen gelegen ist, die Energiekosten zu minimieren, um für weitere Aktivitäten verfügbares Einkommen zu erhalten, das möglicherweise regionalökonomisch wirksamer ist als der Energieverbrauch. Da der wesentlichste ökonomisch wirksame Anteil der Siedlung die Mobilität ist und somit üblicherweise nur ein geringer Anteil in der Region bleibt, ist damit ein Kaufkraftabfluss gegeben, der bei anderer Siedlungsstruktur vermieden werden und somit verfügbares Einkommen für regionalen Konsum schaffen kann. Des Weiteren ist anzumerken, dass die Verwendung erneuerbarer Energieträger und regionaler Baustoffe tendenziell positive regionalökonomische Effekte erzielen lässt. Vordergründiges Senken der ökonomischen Umsätze durch ökologisch und energetisch sinnvolle Siedlungsprojekte soll daher nicht einmal aus ökonomischer Sicht als Gegenargument gegen Energieeffizienz gelten, weil durch Einsparungen in diesem Bereich das frei verfügbare Einkommen und damit die regionale Kaufkraft gestärkt wird.

### **Ebene der Raumplanungsbehörden**

Hier sind im Wesentlichen Länder und Gemeinden angesprochen. Da der ELAS-Rechner primär als Planungsinstrument für die Raumordnung gedacht war, ist hier der Hauptnutzen gegeben, um Siedlungen in Bestand und Planung analysieren und bewerten zu können. Gemeinden wird bei Anwendung des Rechners die Möglichkeit geboten, Siedlungsplanungen gegebenenfalls einschließlich des Bestandes aus energetischer Sicht miteinander zu vergleichen und bezüglich Umweltauswirkungen und sozioökonomischen Auswirkungen zu bewerten. Dabei können verschiedene Arten von Varianten miteinander verglichen werden:

- Siedlungen desselben Typs an verschiedenen Standorten,
- Varianten der Ausgestaltung von Siedlungen an einem Standort z.B. bezüglich Siedlungsgröße, Siedlungsdichte, Gebäudeeffizienz, gewählter Energieträger, siedlungsinterner Energieproduktion,
- Bestandssanierung, Nachverdichtung und Siedlungserweiterung,

beziehungsweise kann eine iterative Optimierung von Siedlungsstandort und Siedlungsgestaltung erreicht werden.

Der ELAS-Rechner kann auf allen Planungsebenen, d.h. örtliches Entwicklungskonzept, Flächenwidmungsplan und Bebauungsplan eingesetzt werden. Damit wird die Treffsicherheit, Transparenz und Nachvollziehbarkeit raumplanerischer Entscheidungen erhöht, indem eine komplexe wissenschaftliche Basis durch ein relativ einfach zu bedienendes Werkzeug integriert werden kann. Wenn die Ergebnisse des ELAS-Rechners entsprechend in der planerischen Abwägung berücksichtigt werden, dient dies dazu, energieeffizientere, umweltfreundlichere, klimafreundlichere und regionalökonomisch sinnvolle Siedlungsplanungen voranzutreiben. Planungslösungen können gegenüber der Gemeindebevölkerung, relevanten Stakeholdern sowie gegenüber der Aufsichtsbehörde besser argumentiert werden, da die Grundlagenforschung für raumplanerische Entscheidungen bezüglich wissenschaftlicher Fundierung, Transparenz und Nachvollziehbarkeit weiter verbessert wird.

Die Länder können durch den ELAS-Rechner in der Ausübung ihrer Aufsichtsfunktion über die örtliche Raumordnung unterstützt werden, indem quantifizierbare und nachvollziehbare Entscheidungsgrundlagen bereitgestellt und geprüft werden. Dies trifft insbesondere zu, wenn im jeweiligen Raumordnungsgesetz Planungsziele und -grundsätze zu Klimaschutz und Energieversorgung festgelegt sind.

Wenn eine starke Regionalplanung bzw. vermehrte interkommunale Kooperation in der Raumplanung umgesetzt wird, würden die Länder bzw. Gemeindeverbände in der Planung verstärkt gefordert werden. Der ELAS-Rechner könnte wie auf der örtlichen Ebene für Standortvergleiche und die Festlegung von regionalen Siedlungsschwerpunkten als Planungs- und Bewertungstool angewendet werden.

### **Ebene der privaten AnwenderInnen**

Private AnwenderInnen kann der ELAS-Rechner bei der Einschätzung von Siedlungs- bzw. Wohnprojekten zur Bewertung von Optionen, Argumentation von Entscheidungen sowie beim Abschätzen langfristiger Energieausgaben unterstützen.

Wie im Bericht zu Arbeitspaket 6 ausgeführt wurde, kann für Bauträger insbesondere interessant sein,

- die Standortgunst für bestimmte Projekte zu bewerten;
- zu ermitteln, welche Planungsvarianten energieeffizienter und umweltfreundlicher sind;
- einzuschätzen, welche Energieausgaben auf die künftigen BewohnerInnen zukommen bzw. durch die Wahl einer Wohnung im speziellen Projekt vermieden werden können;
- darzustellen, mit welchem Nutzen Sanierungen einhergehen;

- gegebenenfalls rasch einzuschätzen, inwieweit wenig rentable Bestandssiedlungen aufgegeben werden und mit/ohne Standortverlegung wiedererrichtet werden können.

Privatpersonen können speziell folgende Fragen mit dem Rechner ergründen (siehe Bericht des Arbeitspakets 6):

- Wahl der Bebauungsform, ob Einfamilienhaus, Reihenhaus, mehrgeschoßiger Wohnbau etc. auf den Energiebedarf und die persönliche Umweltbilanz;
- Auswirkung der Wohnungsgröße auf den Energiebedarf und die persönliche Umweltbilanz;
- Auswirkung der technischen Ausgestaltung eines Gebäudes, d.h. des Gebäudeeffizienzstandards, privater Energieproduktion, der Wahl des Energieträgers auf den energetischen Aufwand und die persönliche Umweltbilanz;
- Erkennbarkeit des Infrastrukturaufwandes der öffentlichen Hand für das eigene Wohnprojekt;
- Sichtbarmachen der Auswirkungen energierelevanter Entscheidungen des täglichen Lebens, z.B. Mobilitätsverhalten, privater Stromverbrauch sowie großer Investitionen, z.B. Wärmedämmung;
- Abschätzen der langfristigen Energieausgaben, wobei verschiedene Preissituationen direkt eingegeben werden können.

Der ELAS-Rechner wirkt entscheidungsvorbereitend und bewusstseinsbildend, weil Zusammenhänge der energetischen Wirkung eigener Entscheidungen sowie deren Effekte bezüglich Umweltverbrauch, Klimaschutz und Regionalökonomie rund ums Wohnen sowie in Bezug von Wohnen und Mobilität aufbereitet werden. Der ELAS-Rechner unterstützt daher, in persönlichen Energiestrategien den Energieeinsatz unter Berücksichtigung von Wohnstandortwahl, Ausgestaltung des Wohnstandortes und eigenem Verhalten zu optimieren.

### **Resümee**

Durch das Projekt ELAS wird ein Werkzeug kreiert, das die Entscheidungsgrundlagen im Wohnbau in neuartiger Weise schafft und eine hochkomplexe wissenschaftliche Basis aufbereitet. Die VerfasserInnen dieses Projektes sind davon überzeugt, dass die breite Anwendung dieses Tools dazu beiträgt, dass energieeffizientere, umweltfreundlichere und klimaschützende Rahmenbedingungen für die Gestaltung von Siedlungsstrukturen als auch entsprechende konkrete Siedlungsprojekte zustande kommen können. Daher wird die umfassende Anwendung des ELAS-Rechners sowohl für die Gestaltung von Rahmenbedingungen als auch die Analyse und Bewertung von konkreten Projekten empfohlen. Gleichzeitig ist auch weiterer Forschungsbedarf gegeben, um die Datenbasis des ELAS-Rechners weiter zu verbessern und eventuell auch zusätzliche Wirkungspfade berücksichtigen und zusätzliche Berechnungen bereitstellen zu können.

## 5 Verzeichnisse

### 5.1 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Ablauf des ELAS Rechners .....	10
Abbildung 2: Gesamtergebnisse als Übersichtstabelle im ELAS-Rechner .....	16
Abbildung 3: Energieverbrauch der Siedlung Pettringerfeld in Freistadt .....	17
Abbildung 4: CO <sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen und SPI, Pettringerfeldsiedlung .....	18
Abbildung 5: Regionalökonomische Effekt der Pettringerfeldsiedlung in Freistadt (Oö) .....	18
Tabelle 1: Arbeitspakete des Projektes ELAS .....	8
Tabelle 2: CO <sub>2</sub> Lebenszyklus Emissionen und ökologischer Fußabdruck, Pettringerfeldsiedlung .....	17

### 5.2 Literatur- und Quellenverzeichnis

Bruck, M., Geissler, S., Lechner, R. (2002): Total Quality Planung und Bewertung (TQ-PB) von Gebäuden. Leitfaden. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

Brunner, O., Gutmann, R., Lung, E., Mayerhofer, R., Skala, F. (1999): Forderungen für die Realisierung einer ausgewogenen Nutzungsmischung bei der Siedlungsentwicklung. In: Wachten, K., Brunner, O., Kaiser H.-J. [Hrsg.]: Kurze Wege durch die Nutzungsmischung. Grundlagen für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung. Linzer Planungsinstitut: Linz.

CNU – Congress for the New Urbanism (1996): Charta des New Urbanism. [http://www.cnu.org/sites/www.cnu.org/files/Charta\\_deutsch.pdf](http://www.cnu.org/sites/www.cnu.org/files/Charta_deutsch.pdf) [letzter Zugriff: 8.3.2011]

Dallhammer, E. (2008): Verkehrsbedingte Treibhausgase. Die Verantwortung der Siedlungspolitik. In: RAUM 71/2008, S. 37–39.

EUROSTAT (div. Jg.): Statistical Yearbook.

Farr D (2008): Sustainable Urbanism: urban design with nature. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Gaffron, P., Huismans, G., Skala, F. (2005): Ecocity Book I: A better place to live. Facultas Verlags- und Buchhandels AG: Vienna.

Gaffron, P., Huismans, G., Skala, F. (2008): Ecocity Book II: How to make it happen. Facultas Verlags- und Buchhandels AG: Vienna.

Heinze, M., Voss, K. (2009): Ziel Null Energie. Erfahrungen am Beispiel der Solarsiedlung Freiburg am Schlierberg. In: Deutsche Bauzeitschrift, Jg. 57, 1, 72 – 74.

Kanatschnig, D, Weber, G. (1999): Nachhaltige Raumentwicklung in Österreich. Wien.

Krotscheck, C., Narodoslowsky, M. (1996) The Sustainable Process Index. A new dimension in ecological evaluation. Ecological Engineering 6: 241-258.

Lienau, C. (1995): Die Siedlungen des ländlichen Raumes. 2. Auflage Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig

Miller, R.E., Blair, P.D. (2009): Input-Output Analysis: Foundations and Extensions, 2nd edition. Cambridge University Press.

Newmann, P, Jennings, I. (2008): Cities as sustainable ecosystems. Island Press.

Prehal, A., Poppe, H. (2003): Siedlungsmodelle in Passivhausqualität. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 1/2003. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.

Register, R., (2002), Ecocites: Building Cities in Balance with Nature, Berkeley California: Berkeley Hills Books.

SIR Salzburger Institut für Raumordnung & Wohnen (Hrsg.) (2007): Infrastrukturkostenstudie Salzburg. Zusammenhänge von Bebauungsart und -dichte sowie Erschließungskosten. SIR-Konkret, 04/2007. Eigenverlag, Salzburg. URL: [http://www.salzburg.gv.at/infrastrukturkosten\\_web-2.pdf](http://www.salzburg.gv.at/infrastrukturkosten_web-2.pdf)

Statistik Austria (2010): Statistisches Jahrbuch Österreichs 2010, Wien.

Statistik Austria (2010): Konsumerhebung 2009/2010, Wien. [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/soziales/verbrauchsausgaben/konsumerhebung\\_2009\\_2010/index.html#index3](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/soziales/verbrauchsausgaben/konsumerhebung_2009_2010/index.html#index3)

Steininger, K.W. (2008): Raumplanung als Emissionsbremse. Großes Potenzial in der Theorie, wenig Effizienz in der Praxis. In: RAUM 71/2008, S. 22–26.

Stöglehner G., Grossauer F. (2009): Raumordnung und Klima. Die Bedeutung der Raumplanung für Klimaschutz und Energiewende. Wissenschaft & Umwelt - Interdisziplinär, 12/2009, 137-142.

Stöglehner, G., Narodoslowsky, M., Steinmüller, H., Steininger, K., Weiss, M., Mitter, H., Neugebauer G.C., Weber, G., Niemetz, N., Kettl, K.-H., Eder, M., Sandor, N., Pflüglmayer, B., Markl, B., Kollmann, A., Friedl, C., Lindorfer, J., Luger, M., Kulmer, V. (2011): PlanVision – Visionen für eine energieoptimierte Raumplanung. Projektendbericht. Gefördert aus Mitteln des Klima- und Energiefonds. Wien.

Treberspurg, M. (1999): Neues Bauen mit der Sonne. Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. 2. Aufl. Springer-Verlag, Wien.

Vester, F. (2007): Die Kunst vernetzt zu denken. dtv, 6. Aufl. 2007

## **6 Anhang**

Der Anhang besteht aus folgenden Arbeitspaket-Endberichten:

- 1 Identifizieren der Parameter
- 2 Auswahl der Fallbeispiele anhand struktureller Parameter
- 3 Modellierung – Verknüpfung der Parameter
- 4 Datenerhebung
- 5 Szenarienbildung
- 6 Datenanalyse