

## Invert<sup>1</sup>

# Das Simulationstool zur Bewertung von Förderstrategien im Gebäude-, Strom- und Transportsektor



Michael Stadler, Lukas Kranzl  
Arbeitsgruppe Energiewirtschaft, Technische Universität Wien  
Gusshausstraße 25-29/373-2, 1040 Wien  
Tel.: +43 1 58801/37361, Fax: +43 1 58801/37397  
Email: [stadler@eeg.tuwien.ac.at](mailto:stadler@eeg.tuwien.ac.at)

## 1. Schlagwörter

CO<sub>2</sub> Emissionen, Fördermaßnahmen, verbraucherseitige Maßnahmen im Gebäudebereich, erneuerbare Energieträger (EET), Kraftwärmekopplungen, Fernwärme, Wärmenetze, Bio-Treibstoffe, Solar-thermische Anlagen, Bottom-Up Simulationstool.

## 2. Motivation für Invert

Die europäische Union und deren Mitgliedsstaaten investieren jährlich Unmengen von Geld in erneuerbare Energieträger (EET), rationellen Einsatz von Energie und die Erhöhung der Effizienz und damit in die Reduktion von CO<sub>2</sub> Emissionen. Wobei nicht genau abgeschätzt werden kann wie effizient diese öffentlichen Gelder zu einer CO<sub>2</sub> Reduktion führen. Es gibt verschiedenste Zielgebiete wie Gebäude-, Transport- und Stromsektor. Es stellt sich aber die Frage: Würde das Geld in einer anderen Form (anderen Förderstrategie) und in einem anderen Sektor eine höhere Effizienz bezüglich CO<sub>2</sub> Reduktionen bewirken?

D.h.

- Oftmalig wird das Geld falsch zugewiesen.
- Die Unterstützungen sind auf einem falschen Niveau (zu hoch oder zu niedrig).
- Das Geld wird oft verwendet ohne jegliche nachträgliche Performance zu bestimmen.

Aus diesem Grund wurde das Projekt Invert von der europäischen Union finanziert und von der Arbeitsgruppe Energiewirtschaft (Energy Economics Group) koordiniert. Die Projektlaufzeit beträgt zwei Jahre, wobei das Projekt Ende April 2005 endet. Im Rahmen dieses Projekts wurde von der Arbeitsgruppe Energiewirtschaft in einer 1½ jährigen Entwicklungszeit das Simulationstool Invert designed. Das Programm kann von der Invert Homepage [www.Invert.at](http://www.Invert.at) gratis bezogen und verwendet<sup>2</sup> werden. Das Setup enthält auch eine Beispieldatei und eine Bedienungsanleitung um den Umgang mit Invert zu erlernen.

## 3. Ziel des Vortrages

Das Ziel dieses Vortrages ist es, das Programm zu erläutern, die Stärken als auch Schwächen des Programms darzustellen und mögliche Einsatzgebiete für Forschungseinrichtungen, politische Entscheidungsträger, Lieferanten von Wärme als auch Erzeuger von „Supply“-Technologien aufzuzeigen.

<sup>1</sup> Ein Forschungsprojekt im „ALTENER Program of the European Commission, DG TREN Contract N<sup>o</sup>: 4.1030/Z/02-094“.

<sup>2</sup> Das Programm ist aber durch ein Registrierungstool gegen unsachgemäße Verwendung geschützt. D.h. es kann gratis verwendet werden, aber es muss jedoch um eine Lizenz angesucht werden. Dieser „Licence Request“ kann voll automatisch und sehr rasch ohne Zeitverlust durchgeführt werden.

#### 4. Allgemeiner Aufbau von Invert

Das umfassende Computerprogramm *Invert*<sup>3</sup> gibt dem Benutzer in einem dynamischen Modellierungsrahmen die Möglichkeit Förderstrategien für Energie auf der Erzeuger- und Verbraucherseite zu bewerten und gegenüber zustellen. Das Simulationstool bietet die Möglichkeit Kosten für die Gesellschaft (z.B. durch Investitionszuschüsse, Steuererleichterungen, CO<sub>2</sub> Steuern, Einspeisetarife, Soft Loans,...) und deren Gewinne (z.B. CO<sub>2</sub> Emissionsrückgang) abzuschätzen. Das Programm ermöglicht weiters eine Abschätzung der Zuwächse an erneuerbaren Energieträgern als auch die Bewertung von Energiesparmaßnahmen (Energieeffizienz) im Gebäudebereich (Althausanierung, Verwendung von Solar-thermischen Anlagen,...). Das Besondere an *Invert* ist das Design, welches es ermöglicht die Kopplung von Gebäudemaßnahmen und Maßnahmen auf der Erzeugerseite (Strom, Wärme) abzubilden. Weiters bietet das Programm die Möglichkeit der Integration von Kraftwärmekopplungssystemen und deren Verteilnetze. *Invert* erlaubt die Abbildung von mehreren Wärmenetzen und deren Interaktion mit dem Gebäudebereich. Wobei *Invert* es ermöglicht auf der Erzeugerseite erneuerbare Energieträger (EET) wie Biomasse, Photovoltaik, Wind, usw. zu berücksichtigen. Neben den EET können auch konventionelle Kraft-Wärme-Kopplungen (KWK) als auch konventionelle Heizkraftwerke berücksichtigt werden. Auf der Verbraucherseite bietet das Programm die Möglichkeit sowohl konventionelle als auch EET zu berücksichtigen.

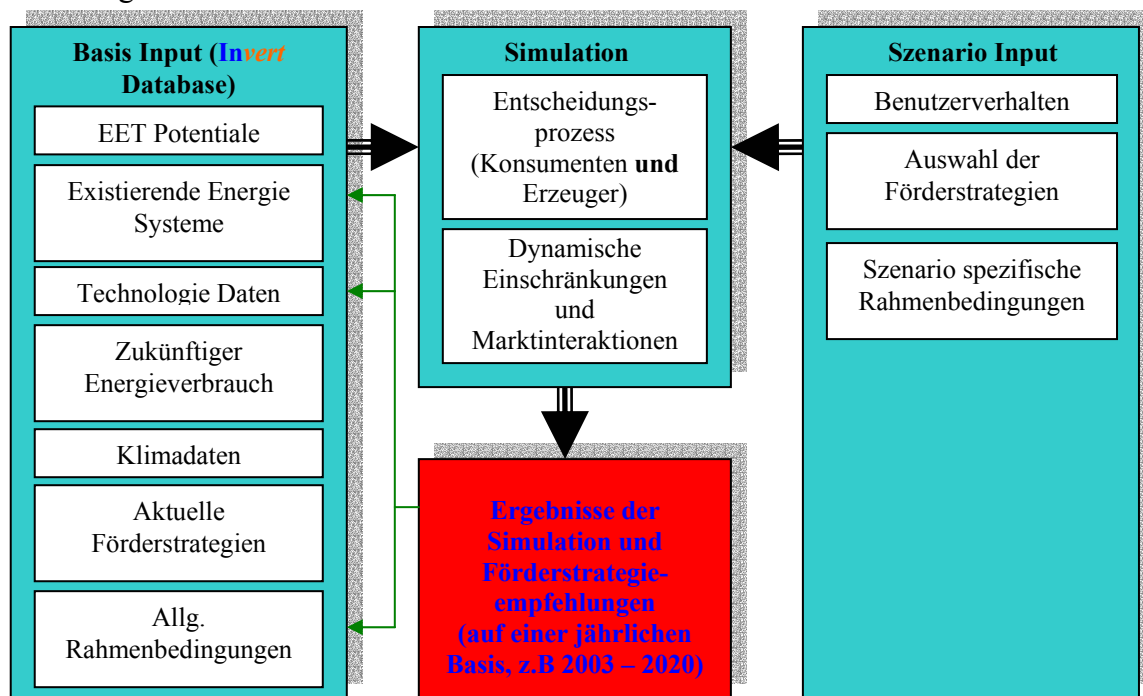


Abbildung 1: Struktogramm von *Invert*

Auf diese Weise ermöglicht das Programm eine Abschätzung der Effizienz von Fördermaßnahmen auf der Verbraucher- und Erzeugerseite für die einzelnen Teilbereiche Gebäude, Strom und Transport.

Auf Basis eines „Least cost“ Ansatzes können die CO<sub>2</sub> Einsparungen in einer bestimmten Region bestimmt werden. Das Programm ermöglicht es ist in seinem flexiblen Design jede europäische Region abzubilden.

Ein wesentlicher Bestandteil von *Invert* ist die sog. „Referenz Szenario Analyse“. Eine Hauptaufgabe von *Invert* besteht in der Bewertung der Effizienz von lokalen und globalen

<sup>3</sup> Für weitere Informationen siehe: [www.Invert.at](http://www.Invert.at)

Förderstrategien. Um eine Aussage über deren Effizienz zu machen, vergleicht *Invert* die Ergebnisse einer bestimmten Simulation (und den damit verbundenen Förderstrategien) mit einem spezifizierten Basisszenario und ermittelt so die Effizienz der gewählten Strategie gegenüber der Basisannahme nach Gleichung 1.

$$\text{Kumulierte Effizienz} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta \text{CO}_2 \text{ Emissionen}_i}{\sum_{i=1}^n \Delta \text{Transfer Kosten}_i} \quad \text{Gleichung 1}$$

$\Delta \text{CO}_2$ Emissionen <sub>i</sub>	Veränderung der CO <sub>2</sub> Emissionen gegenüber dem Basisszenario für das Jahr i
$\Delta$ Transfer Kosten <sub>i</sub>	Veränderung der Transfer-Kosten gegenüber dem Basisszenario für das Jahr i
n	Anzahl der bereits simulierten Jahre

Bei *Invert* handelt es sich auch um ein Datenbank-Management-System, welches in flexibler Weise die Definition eigener Datensätze (Gebäudeklassen, Heizsysteme, Energieträger, Preise, Soft Barriers,...) erlaubt und die entsprechenden Simulationen auf Basis des „Least cost“<sup>4</sup> Ansatzes durchführt. Wobei das Programm über einen interaktiven Simulationsmodus verfügt, indem die Fördermaßnahmen jedes Jahr – nach einer erfolgreichen Simulation – adaptiert werden können (je nach dem Erreichen bestimmter Vorgaben).

#### 4.1. Konsumentenentscheidung

Einer der wichtigsten Unterschiede zu anderen Tools besteht in der Tatsache, das *Invert* die Simulation auf Basis der „Individuellen Payback Time“ und nicht anhand der Lebensdauer durchführt. D.h. das Programm verwendet eine Risikobewertung der Zukunft als Ausgangspunkt für die Berechnung der jährlichen Kosten, welche für die Investitionsentscheidung notwendig sind.

Das Programm berücksichtigt alle Kosten und Gewinne (z.B. Energieersparnis durch ein solarthermisches System) für die „Individuelle Payback Time“ und nicht für die gesamte Lebensdauer. Dieser Ansatz kann auf den ersten Blick Verwirrung auslösen, ist aber bei näherer Betrachtung durchaus sinnvoll. Mit diesem Risikoansatz ist es möglich, das Verhalten der Konsumenten besser – im Vergleich zu dem unrealistischen Durchschnittsansatz auf Basis der Lebensdauer – abzuschätzen und die maximal auftretenden jährlichen Kosten aus der Sicht der Konsumenten zu bewerten. Die Konsumenten wollen oder können nicht längere Perioden in der Zukunft bewerten und verwenden deshalb die „kürzere“ „Individuelle Payback Time“. Was passiert in 20 Jahren? Welcher Energiepreis wird in 20 Jahre relevant sein? Welches Heizsystem wird in der Zukunft das attraktivste sein? D.h. entscheidet sich ein Hausbesitzer in eine neue Isolierung des Gebäudes - mit einer Lebensdauer von 30 Jahren - zu investieren, ist es sehr schwierig für den Entscheidungsträger diese lange Zeit abzuschätzen. Deshalb versucht der Konsument auch den Kredit nicht in der Lebensdauer abzubezahlen sondern in der „Individuellen Payback Time“ von z.B. 15 Jahren. Deshalb ist auch die relevante Zeit für die Entscheidung die „Individuelle Payback Time“ und nicht die Lebensdauer.

Das Programm ist aber sehr flexible designed und erlaubt somit jede „Individuell Payback Time“ zu verwenden. Es kann somit der/die AnwenderIn entscheiden ob er/sie die „Individuelle Payback Time“ (=Risikobewertung) oder die Lebensdauer (=risikolose Durchschnittsansatz) verwenden möchte.

<sup>4</sup> „Least Cost“ Ansatz: In jene Technologie (Heizsystem, Kühlsystem, Warmwassersystem, EET – Kraftwerk,...) mit den geringsten jährlichen Kosten wird investiert.

## 5. Features von Invert

### 5.1. Implementierte Förderstrategien in Invert

Alle derzeit<sup>5</sup> in Invert implementierten Förderstrategien können Tabelle 1 und Tabelle 2 entnommen werden.

Bereich	Teilbereich	CO <sub>2</sub> Steuer	Investitionszuschuss	Soft Loans	Einspeisetarif
Gebäude	Heizsysteme für Gebäude	✓	✓	✓	x
	Warmwasseraufbereitung (inklusive Solarthermische Anlagen)	✓	✓	✓	x
	Klimaanlagen	✓	✓	✓	x
	Fernwärme	✓	✓	✓	x
Strom	RES-E <sup>6</sup>	✓	✓	x	✓
	RES-CHP <sup>7</sup>	✓	✓	x	✓
	Fernwärme	✓	✓	x	✓
Bio-Treibstoff	Bio-Treibstoffe	✓	x	x	x

Neben dem kostenorientierten Ansatz können natürlich auch Benutzerverhalten in einfacher Weise über sog. „Soft Barriers“ abgebildet werden. Nicht jeder Konsument handelt gleich „rational“ (sofern es das überhaupt gibt) und entscheidet sich für die „kostengünstigste“ Variante bei z.B. der Althausanierung.

**Tabelle 1: Derzeit verfügbare Förderstrategien in Invert**

Mit diesen sog. „Soft Barriers“ ist es möglich verschiedenste soziale und technische Barrieren (oder Anreize) abzubilden.

Weiters gibt es oft auch nicht die Möglichkeit in den Sanierungsprozess eines Gebäudes einzugreifen (Mietwohnungen) und deshalb entsteht wieder eine Verzerrung der Sichtweise der „besten“ und „günstigsten“ Option. Solche Verzerrungen können durch die Modellierung mit „Soft Barriers“ einfach abgebildet werden und somit kann einer „realistischen“ Entscheidung im Modell Rechnung getragen werden.

Bereich	Teilbereich	Steuererleichterung		Zuschuss zu Treibstoffkosten	Flächenstilllegungsprämie
		(Leistung)	(Energie)		
Strom	RES-E	✓	✓	✓	x
	RES-CHP	✓	✓	✓	x
	Fernwärme	✓	✓	✓	x
Bio-Treibstoff	Bio-Treibstoffe	x	✓	x	✓

Abbildung 2 zeigt die Eingabemasken für die Förderstrategien im Gebäudebereich.

**Tabelle 2: Derzeit verfügbare Förderstrategien in Invert**

Die zwei Hauptförderstrategien im Gebäudebereich können für jede vom Anwender definierte Gebäudeklasse (z.B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus) und definierte Heiz-, Warmwasser- und Klimaanlage-technologie angegeben werden. Weiters können Förderstrategien für die Gebäudeisolierung (Außenwand, Dachboden, Fußboden und Fenster), sowie solarthermische Anlagen, spezifiziert werden. Im Stromsektor werden die Förderstrategien nach RES-E und RES-CHP unterschieden. Es werden nur Förderstrategien für EET im Strommodul des Programms berücksichtigt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Implementierung der Förderstrategien in Invert im Stromsektor. Auch hier kann wieder jeder definierten Technologie eine eigene Fördermaßnahme zugewiesen werden.

<sup>5</sup> Dezember 2004. Invert wird laufend weiterentwickelt und deshalb ist geplant weitere Förderstrategien, wie Wärmequoten für KWK-Anlagen im Programm zu implementieren.

<sup>6</sup> Renewable Energy Source - Electricity

<sup>7</sup> Renewable Energy Source - Combined Heat and Power

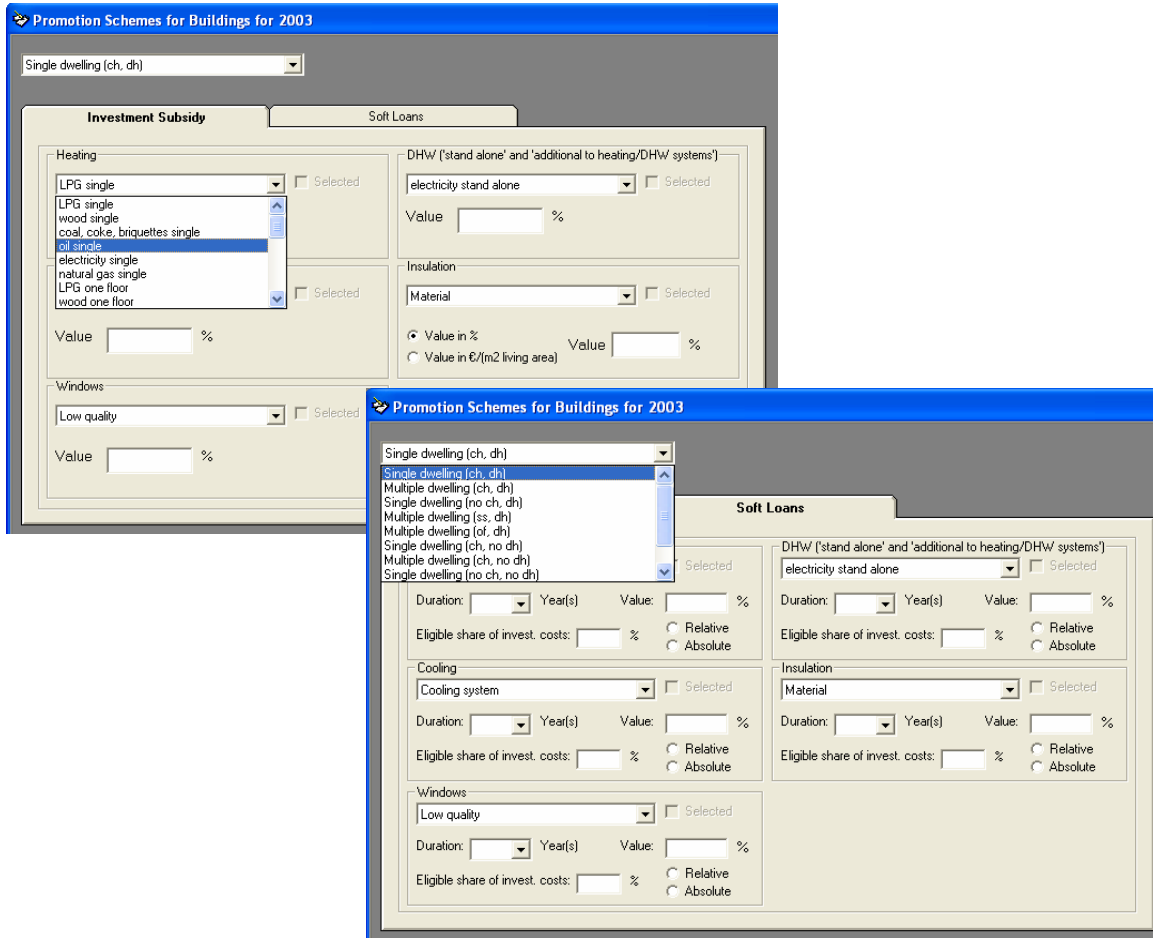


Abbildung 2: Förderstrategien im Gebäudebereich

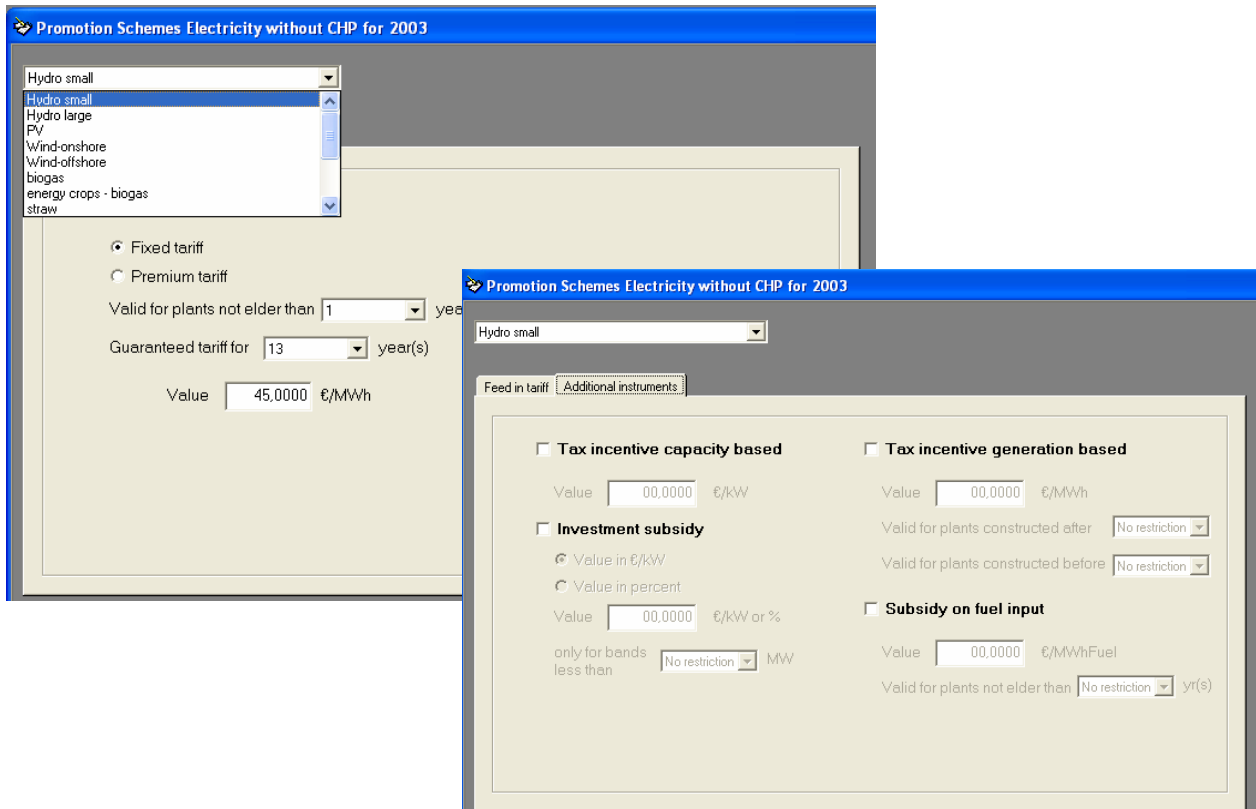


Abbildung 3: Förderstrategien im Stromsektor

## 6. Programmtechnische Features von Invert

- 👉 Dynamisches Bottom-Up Modellierungstool<sup>8</sup>
- 👉 Referenzszenariotool um verschiedene Szenarien hinsichtlich CO<sub>2</sub> Emissionen und Kosten für die CO<sub>2</sub> Reduktion (Transfer-Kosten) für jeden Sektor wie Gebäude (Heizen, Klimaanlage, Warmwasseraufbereitung und Isolierungen), Strom und Bio-Treibstoffe zu vergleichen.
- 👉 Datenbank-Management-System um vordefinierte Datensätze zu verhindern. Das Management-System erlaubt jedem Anwender jede beliebige Technologie, Energieträger, Kraftwerkstechnologie usw. in Abhängigkeit der regionalen Bedürfnisse zu definieren und die entsprechenden Daten einzugeben. Invert stellt alle Datenabhängigkeiten her und ermöglicht bei der Dateneingabe - in Form von Auswahlfeldern - die definierten Daten fehlerfrei zu übernehmen.

num	Building type heating	Building class	Number of Buildings	Auswahl der vorher definierten Gebäudeklassen	Specific demand [kWh/tpa]
1	SD 1 wood ss	SD nc 1	08		30,3500
2	SD 1 coal ss	SD nc 1	16		30,3500
3	SD 1 oil ss	SD nc 2	42,0000	oil single	00,3500
4	SD 1 ele ss	SD nc 3	43,0000	electricity single	00,4000
5	SD 1 gas ss	SD nc 4	19,0000	natural gas single	00,4000
6	MD 1 LPG ss	SD nc 5	02,0000	LPG single	00,3500
7	MD 1 wood ss	SD nc 6	26,0000	wood single	00,3500
8	MD 1 coal ss	SD nc 7	51,0000	coal, coke, briquettes	00,3500
9	MD 1 oil ss	SD nc ndh	172,0000	oil single	00,3500
10	MD 1 ele ss	MD ss 1	190,0000	electricity single	00,4000
11	MD 1 gas ss	MD ss 1	384,0000	natural gas single	00,4000
12	SD 2 wood ss	MD ss 1	25,0000	wood single	00,3500
13	SD 2 coal ss	SD nc 2	50,0000	coal, coke, briquettes	00,3500
14	SD 2 oil ss	SD nc 2	99,0000	oil single	00,3500
15	SD 2 ele ss	SD nc 2	146,0000	electricity single	00,4000
16	SD 2 gas ss	SD nc 2	61,0000	natural gas single	00,4000
17	MD 2 wood ss	MD ss 2	07,0000	wood single	00,3500
18	MD 2 coal ss	MD ss 2	15,0000	coal, coke, briquettes	00,3500
19	MD 2 oil ss	MD ss 2	29,0000	oil single	00,3500
20	MD 2 ele ss	MD ss 2	78,0000	electricity single	00,4000

Abbildung 4: Visuelle Datenbankstruktur von Invert

- 👉 Datenimporttool um einfach Daten aus Excel oder „alten“ Versionen von Invert zu importieren.
- 👉 „Copy Paste“ aus Excel wird unterstützt.
- 👉 „Copy Paste“ nach Excel wird unterstützt.
- 👉 Eingabechecktool welches automatisch falsche Daten erkennt und die Eingabe unterbindet und/oder notwendige Information zur Verfügung stellt.

22	SD nc ndh 1	before 1919	single dwelling (no ch, no	01,2603	02,5861
23	SD nc ndh 2	1919-1944	single dwelling (no ch, no	01,0578	02,5631
24	SD nc ndh 3	1945-1960	single dwelling (no ch, no	01,0461	02,5281
25	SD nc ndh 4	1961-1970	single dwelling (no ch, no	01,0646	02,4821
26	SD nc ndh 5	1971-1980	single dwelling (no ch, no	01,0546	02,4821
27	SD nc ndh 6	1981-1990	single dwelling (no ch, no	01,0300	02,4821
28	SD nc ndh 7	after 1990	single dwelling (no ch, no	01,0300	02,7601
29	MD 1	before 1919	multiple dwelling (ch, dh)	14,5000	02,5631
30	MD 2	1919-1944	multiple dwelling (ch, dh)	14,1600	02,5281
31	MD 3	1945-1960	multiple dwelling (ch, dh)	13,5100	02,4821
32	MD 4	1961-1970	multiple dwelling (ch, dh)	14,1600	02,4821
33	MD 5	1971-1980	multiple dwelling (ch, dh)	17,6900	02,4821

Abbildung 5: Eingabechecktool um falsche Daten zu erkennen

<sup>8</sup> Invert ist in englischer Sprache verfügbar.

- 👉 Direkte Datenbearbeitung in *Invert* (Taschenrechnerfunktionen wie Multiplikation, Division und Sortierfunktionen).
- 👉 Interaktiver Simulationsmodus, welcher es erlaubt jedes Jahr dynamisch und interaktiv die Förderstrategien anzupassen, um bestimmte Ziele zu erreichen.
- 👉 “Step Backward Simulation”-Modus, welcher es erlaubt bei nicht erreichten bestimmten Zielen ein Jahr in der Simulation zurückzugehen.
- 👉 Vollautomatischer Simulationsmodus bis zu einem beliebig wählbaren Simulationsjahr.
- 👉 Informationssystem um Simulationserror zu erkennen und zu beheben. Das Informationssystem bestimmt wo der Fehler aufgetreten ist und wie er behoben werden kann.

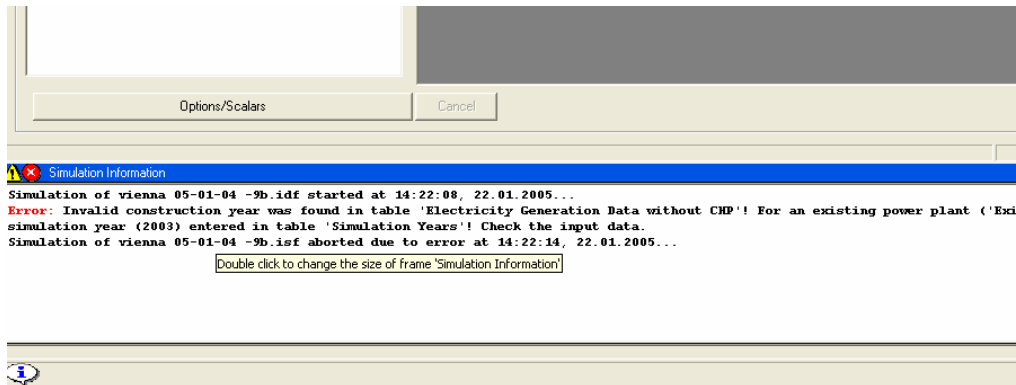


Abbildung 6: Simulationserror Informationssystem

- 👉 „Graph Wizard“ („Diagram Wizard“) um automatisch Datenreihen der Ergebnisse zu generieren.

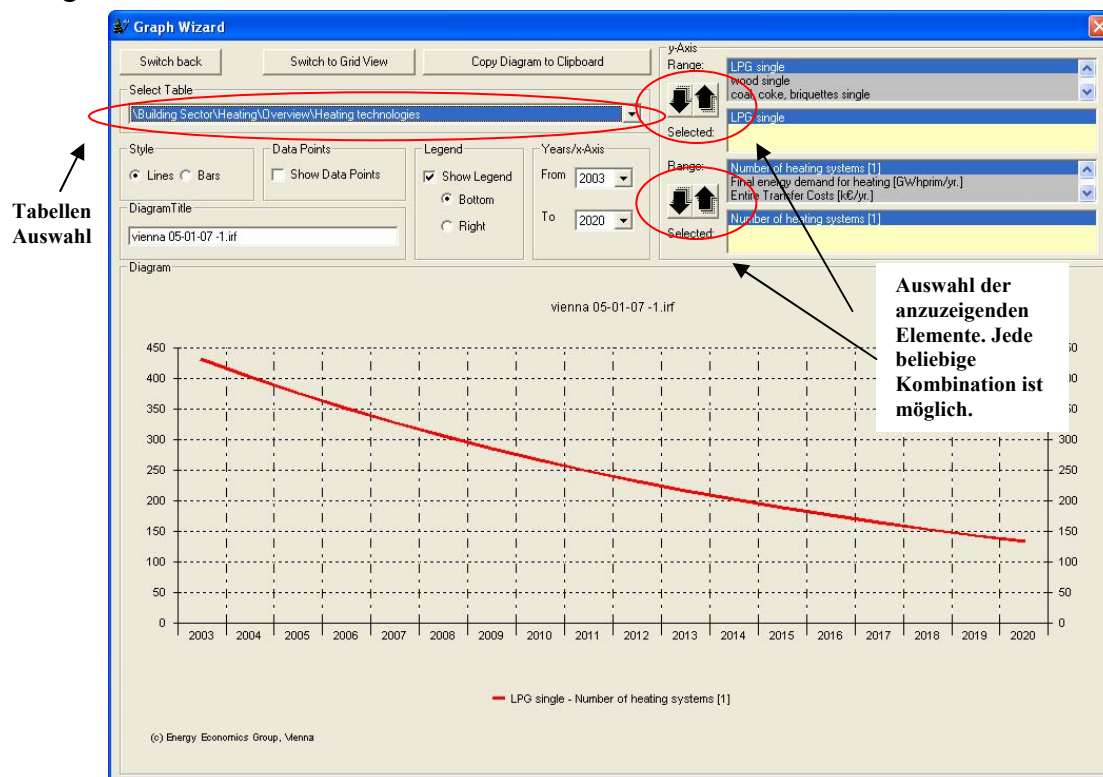


Abbildung 7: „Graph Wizard“ („Diagram Wizard“) in *Invert*

- 👉 „Live Update Tool“ um automatisch Updates für das Programm zu erhalten.
- 👉 Umfangreiche Bedienungsanleitung inkludiert.

## 7. Modellierung von Energiesparmaßnahmen auf der Gebäudeseite

Ein wesentliches Modul in *Invert* ist das DSM-Modul (Demand-Side-Measures<sup>9</sup>), welches es erlaubt mögliche verbraucherseitige Maßnahmen – wie neue Fenster, zusätzliche Isolierung an Wänden, Dachböden, und Fußböden – zu simulieren. Das Modul simuliert auf Basis des Heizsystems oder Kühlsystems (für mediterrane Regionen) die Konsumentenentscheidung für eine zusätzliche Isolierung (oder neue Fenster) nach Gleichung 2 bzw. Gleichung 3.

Heizen:

$$\min \Delta K_H = K_H^{neu} - K_H^{alt} = K_I \times \alpha + p_{Brennstoff} \times (E_H^{neu} - E_H^{alt}) \quad \text{Gleichung 2}$$

Kühlen:

$$\min \Delta K_K = K_K^{neu} - K_K^{alt} = K_I \times \alpha + p_{Brennstoff} \times (E_K^{neu} - E_K^{alt}) \quad \text{Gleichung 3}$$

mit:

$\Delta K_H$	Veränderung der <i>Heizkosten</i> durch verbraucherseitige Maßnahmen
$\Delta K_K$	Veränderung der <i>Kühlkosten</i> durch verbraucherseitige Maßnahmen
$K_H^{neu}$	Jährliche Kosten <i>mit</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Heizsystems</i>
$K_H^{alt}$	Jährliche Kosten <i>ohne</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Heizsystems</i>
$K_K^{neu}$	Jährliche Kosten <i>mit</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Kühlsystems</i>
$K_K^{alt}$	Jährliche Kosten <i>ohne</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Kühlsystems</i>
$K_I$	Investitionskosten für verbraucherseitige Maßnahmen, $K_I=f(\text{Qualität der Fenster, Dicke der Isolierung, gewähltes DSM-Szenario})$
$\alpha$	Annuität, $\alpha=f(\text{min}(\text{Lebensdauer, "Individuelle Payback Time"}))$
$p_{Brennstoff}$	Spezifische Kosten für den Energieeinsatz
$E_H^{neu}$	Energiebedarf <i>mit</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Heizsystems</i>
$E_H^{alt}$	Energiebedarf <i>ohne</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Heizsystems</i>
$E_K^{neu}$	Energiebedarf <i>mit</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Kühlsystems</i>
$E_K^{alt}$	Energiebedarf <i>ohne</i> verbraucherseitigen Maßnahmen auf Basis des <i>Kühlsystems</i>

Das DSM-Modul basiert auf der Annahme, dass die Konsumenten entweder auf Basis des Heizsystems oder auf Basis des Kühlsystems ihre Entscheidung über Maßnahmen auf der Gebäudeseite treffen. Diese Annahme<sup>10</sup> bedeutet, dass in der Simulation etwaige Gewinne bei den Kühlsystemen durch verbraucherseitige Maßnahmen vernachlässigt werden, wenn die Entscheidung auf Basis des Heizsystems getroffen wurde. Umgekehrt werden alle etwaigen Gewinne bei den Heizsystemen durch verbraucherseitige Maßnahmen vernachlässigt, wenn die Entscheidung auf Basis des Kühlsystems getroffen wurde. In der Praxis bedeutet dies, dass die Anreize für verbraucherseitige Maßnahmen immer höher sind als von *Invert* berechnet, wenn ein Heiz- und Kühlsystem im entsprechenden Gebäudetyp vorhanden ist.

Wesentlich im Zusammenhang mit der DSM-Simulation ist die Tatsache, dass *Invert* die Berechnungen auf Basis von Standards durchführt („Insulation Quality Scenario“). D.h. der Anwender spezifiziert eine bestimmte Qualität („Insulation Quality Scenario“,) z.B. „Low“, „Medium“ oder „High“ und *Invert* simuliert auf Basis dieser Angaben ob und wie viele Konsumenten (Stakeholders) auf diesen Standard wechseln. Dieser programmtechnische Ansatz erlaubt geringe Simulationszeiten und damit höheren Anwenderkomfort<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Verbraucherseitige Maßnahmen

<sup>10</sup> Diese Annahme ist nicht aus programmtechnischen Gründen notwendig geworden. Sie resultiert einfach aus der Tatsache, dass es keine statistischen Informationen über die Verbindung zwischen Heiz- und Kühlsystem für viele Regionen gibt. D.h. es kann keine Aussage getroffen werden, welches Heizsystem in welchen Gebäudetyp mit welchem Kühlsystem kombiniert ist. Damit ist es auch nicht möglich deren Überlagerung zu berechnen.

<sup>11</sup> Würde eine „echte“ Optimierung für jeden Gebäudeteil, Heizsystem und Gebäudeklasse durchgeführt, würde sich die durchschnittliche Simulationszeit von 20min für 20 Simulationsjahre auf über 8Stunden erhöhen. Wobei sich auch keine wesentliche Verbesserung der Ergebnisse ergeben würde.



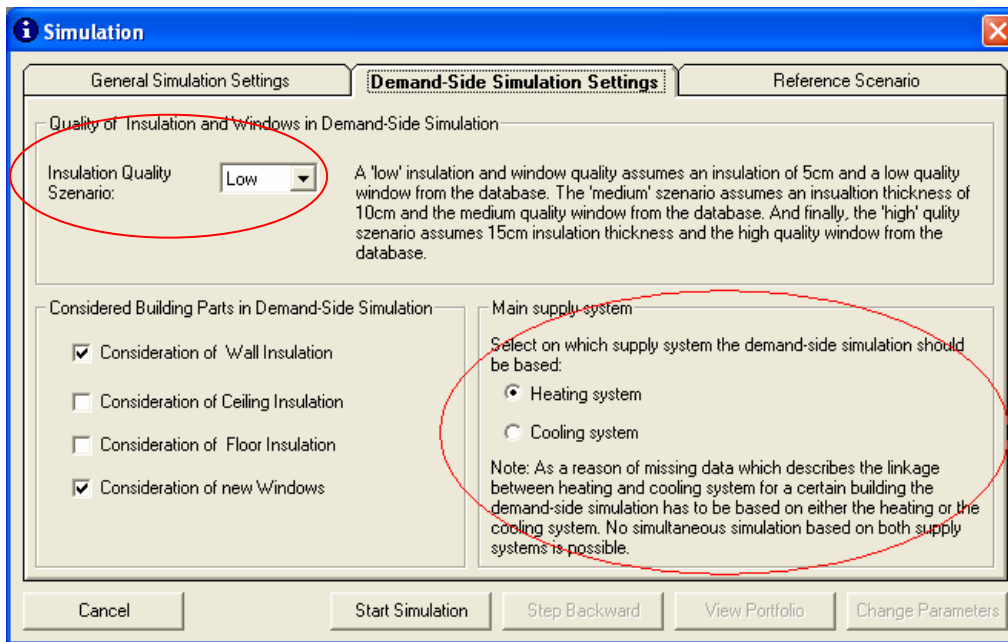


Abbildung 8: Parameter für die Simulation von verbraucherseitigen Maßnahmen in Invert

## 8. Modellierung von Fernwärmenetzen

Im Allgemeinen ist Invert so konzipiert, dass es aggregierte Ergebnisse für die CO<sub>2</sub> Emissionen und Transferkosten für alle berücksichtigten Sektoren angibt. Es liefert jedoch nach Wunsch auch disaggregierte Ergebnisse für Technologien, Energieträger und für Fernwärme.

Eine der wesentlichen Stärken von Invert ist die Berücksichtigung von Fernwärme. Invert erlaubt die Definition von beliebig vielen Wärmenetzen und deren Zuordnung zu Wärmekraftwerken und KWK-Anlagen (erneuerbare und konventionelle).

Das Wärmemodul ist so konzipiert, dass alle Gebäude in einer bestimmten definierten Wärmenetzregion den Bedarf an Wärme vorgeben. Der Bedarf ergibt sich schlicht aus dem Preis, welcher endogen berechnet wird und den möglichen Wärmenetzausbau für jedes Jahr, sowie aus den Barrieren (soziale, technische Barrieren) für Fernwärme. Dieser berechnete Wärmebedarf wird über das „Supply“ Modul gedeckt, welches die Erzeugung von Wärme über erneuerbare KWK-Anlagen, konventionelle KWK-Anlagen und Wärmekraftwerke berechnet.

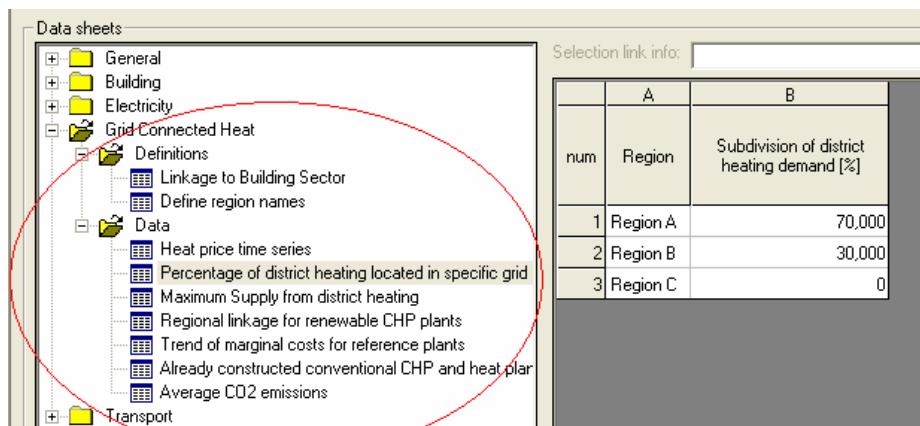


Abbildung 9: Fernwärme in Invert

Derzeit ist das Fernwärmemodul noch hinsichtlich der neuen Netze beschränkt. Invert erlaubt die Simulation von bereits bestehenden Netzen und deren Ausbau aber nicht den Neubau. Diese Restriktion soll aber in zukünftigen Versionen abgebaut werden<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Es ist geplant, dass im Mai 2005 Invert<sup>+</sup> verfügbar ist.

## 9. Schlussfolgerungen

Bei *Invert* handelt es sich um ein sehr flexibles und „offenes“ Bottom-Up Simulationstool, welches es erlaubt in einer bedienerfreundlichen Form die Daten in das Modell zu übertragen und praktisch jede europäische Region zu simulieren.

Es gibt eine Vielzahl von Hilfestellungen (Datenbank-Management-System, Eingabechecktool, Simulationserror-Informationssystem, usw.) im Programm um auch den nicht geübten Anwender das Arbeiten mit *Invert* zu erleichtern.

Aber trotz all dieser Hilfselemente sollte der Benutzer im Bereich Modellierung von Energiesystemen eine Vorkenntnis besitzen. Aufgrund der flexiblen Art von *Invert* kann eine Vielzahl von Fällen direkt bzw. indirekt im Modell über geeignete Annahmen und Vereinfachungen berücksichtigt werden. Aber eben diese Annahmen und Vereinfachungen erfordern ein gewisses Feingefühl vom Anwender.

Als Beispiel sei hier angeführt, dass es im Gebäudebereich Fördermaßnahmen in Abhängigkeit vom Alter des Gebäudes gibt. *Invert* erlaubt derzeit aber nicht solche Altersgrenzen direkt im Modell einzugeben. Aber durch die Möglichkeit der flexiblen Definitionen im Modell können z.B. zusätzliche Gebäudekategorien (z.B. „Einfamilienhaus-ALT“ bzw. „Einfamilienhaus-NEU“) definiert werden. Nun erlaubt aber das Programm jeder Gebäudekategorie-Technologie-Kombination eine eigene Förderung zuzuweisen. D.h. es ist nun möglich dem „Einfamilienhaus-ALT“ eine gewisse Förderung zuzuweisen, während das „Einfamilienhaus-NEU“ keine Förderung bekommt. Es kann auf diese Weise also eine Altersgrenze flexible definiert werden.

Ein weiterer Vorteil von *Invert* besteht in der Möglichkeit verbraucherseitige Maßnahmen im Gebäudebereich mit Maßnahmen auf der Erzeugerseite (insbesondere Fernwärme) gegenüberzustellen und so ein realistisches Bild von Gebäudesanierungen zu erstellen. Natürlich sind derzeit noch nicht alle Aspekte der Fernwärme (wie Neubau von Wärmenetzen) im Programm implementiert. Jedoch erlaubt das überaus einfache Datenbank-Management-System es, das Programm zu erweitern und deshalb werden viele neue Aspekte zukünftig in das Programm übernommen werden.

Aufgrund der Vielzahl von Ergebnissen, dargestellt im Portfolio und der Möglichkeit auch Wärmenetze und deren Ausbau zu simulieren, kann *Invert* Antworten für Forschungseinrichtungen, politische Entscheidungsträger aber auch für Energieversorger liefern.

Im Vergleich zu anderen Simulationstools besitzt *Invert* eine sehr detaillierte und umfangreiche Hilfesammlung in Englischer Sprache von über 80Seiten, welche auch Hinweise auf die verwendeten Formeln und Algorithmen gibt. Somit ist es möglich, das Programm in kurzer Zeit zu bedienen und zu erlernen.

## 10. Literatur

- /1/ „**The *INVERT* Simulation Tool, User Manual – Version 1.0.0, Working Paper of Phase 5 of the project INVERT**” a research project within the ALTENER Program of the European Commission, DG TREN Contract N<sup>o</sup>: 4.1030/Z/02-094, Michael STADLER, Lukas KRANZL, and Claus HUBER, September 2004.
- /2/ „**Rational Use of Energy and Renewable Energy Sources – A Review of current Policy Strategies and Promotion Schemes, Work Package 1 of *INVERT***” a research project within the ALTENER Program of the European Commission, DG TREN N<sup>o</sup>: 4.1030/Z/02-094, Kaj JOERGENSEN, Lukas KRANZL, Elena TSIOLIARIDOU, Maria-Assumpcio LOPEZ-POLO, Michael STADLER, Gustav RESCH, and Reinhard HAAS, February 2004.