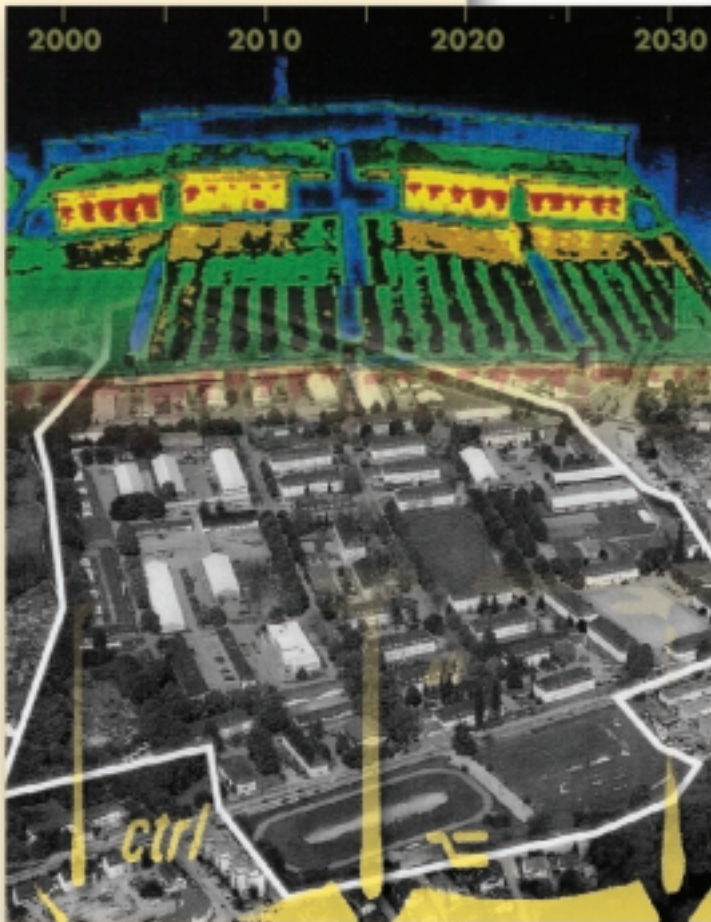


## IKARUS – Instrumente für den Klimaschutz



Das IKARUS-Instrumentarium zur Analyse und Bewertung von Klimagas-Reduktionsstrategien besteht aus mehreren Computermodellen und einer umfassenden Datenbank.

*Unterschiedlichste Strategien und technische Lösungen konkurrieren um einen möglichst effizienten Beitrag zum globalen Klimaschutz. Mit Hilfe von IKARUS lassen sich Strategien zur Reduktion klimarelevanter Spurengase sehr differenziert auf ihre ökologischen, wirtschaftlichen und energietechnischen Auswirkungen hin analysieren und vergleichend bewerten. Das verfügbare Instrumentarium nutzt eine breite Datenbasis, die - allgemein anerkannt und öffentlich zugänglich - die Transparenz von Modellrechnungen und Szenarien gewährleistet. Das Instrumentarium bezieht sich in seiner derzeitigen Form auf die energiewirtschaftlichen Verhältnisse Deutschlands.*

Deutschland trägt derzeit bei einem Anteil von ca. 1,3 % an der Weltbevölkerung zu etwa 4 % zu den weltweiten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Insbesondere die industriell führenden

Länder sind sowohl aufgrund ihrer hohen Verbräuche als auch wegen ihres wissenschaftlichen und industriellen Know-hows besonders gefordert, Lösungen zur Vermeidung negativer Folgen der Energienutzung zu entwickeln und anzubieten. Das IKARUS-Instrumentarium kann genutzt werden, um deutsche Beiträge im Rahmen internationaler Verpflichtungen zu analysieren.

Zur nachhaltigen Reduktion von energiebedingten Klimagasemissionen wie auch zur Erhöhung der Umwandlungseffizienz sind unterschiedliche Strategien denkbar. Die volkswirtschaftlichen Konsequenzen, die sich aus den verschiedenen Maßnahmen ergeben können, finden im Rahmen der Klimaschutzdiskussion zunehmend Beachtung. Deshalb ist es wichtig, den Entscheidungsträgern auf unterschiedlichen Handlungsebenen ein Instrumentarium an die Hand zu geben, das die vielseitigen Wechselwirkungen innerhalb des Energiesystems transparent macht und sinnvolle Gesamtstrategien und Einzellösungen schneller umsetzen hilft. IKARUS ermöglicht die Analyse künftiger energiewirtschaftlicher und insbesondere technischer Entwicklungen wie Effizienzsteigerungen unter Berücksichtigung der zukünftigen Nachfrage nach Energiedienstleistungen (z.B. Industrieproduktion, Personenkilometer). Die Nutzungsmöglichkeiten von IKARUS stehen im Vordergrund dieser Information. Daneben werden das inhaltliche Konzept, die einzelnen Instrumente von IKARUS, Einsatzbereiche und Anwendungsbeispiele vorgestellt.

# Das Konzept

Die Bereitstellung einer umfangreichen Datenbasis und flexibler Analyseinstrumente ermöglicht eine fundierte Bearbeitung von gesamtenergiewirtschaftlichen, sektorspezifischen oder einzeltechnikorientierten Fragestellungen.

Das IKARUS-Instrumentarium besteht im wesentlichen aus mehreren EDV-gestützten Modellen und einer Datenbank. Seine Entwicklung erfolgte auf der Grundlage intensiver Fachdiskussionen und unter Beteiligung unterschiedlicher Institute. Das Datenmaterial wurde von etwa 50 Institutionen zusammengetragen und dient nicht nur als Basis für die Modellrechnungen, sondern stellt bereits für sich genommen eine wertvolle Informationsbasis dar, die für die Beantwortung eines breiten Fragenspektrums genutzt werden kann. Alle Komponenten sind auf Standard-PC lauffähig und besitzen eine nutzerfreundliche Bedienoberfläche.

## Einsatzbereiche und Anwendungsmöglichkeiten

Je nach Anwendungsfall stehen dem Nutzer unterschiedliche Komponenten zur Auswahl. Das Optimierungsmodell liefert Ergebnisse zu gesamtenergiewirtschaftlichen Fragestellungen, die vor allem die Wechselwirkungen innerhalb des Energiesystems

einbeziehen. Die einzelnen Teilmodelle ermöglichen sektorspezifische Betrachtungen (z.B. Verkehr), die auch wiederum neue Ausgangsparameter für die gesamtenergiewirtschaftliche Betrachtung im Optimierungsmodell liefern können. Regionale und lokale Fragestellungen sind mit den Modellen nur bedingt abzubilden; dies setzt insbesondere voraus, dass zusätzliche Datensätze (z.B. regionale Daten) eigenständig erhoben und angepasst werden. IKARUS wurde in erster Linie als nationales Strategieinstrument entwickelt. Mit der Ausweitung des Instrumentariums sind die Anwendungsmöglichkeiten von IKARUS jedoch breiter geworden, zumal alle wesentlichen Komponenten auch einzeln eingesetzt werden können. Für individuelle Detailplanungen ist IKARUS aber nur bedingt geeignet ②.

## Ausgangssituation: Bedarf an Strategiebildung und -bewertung

Die vom Deutschen Bundestag 1987 eingesetzte Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ hat eine umfangreiche Bestandsaufnahme zum Wissen über die Wirkung klimarelevanter Gase ge-

liefert und konkrete Handlungsempfehlungen für ihre nachhaltige Reduktion erarbeitet. Die zweite, 1991 eingesetzte Enquete-Kommission hat diese Pionierarbeit erfolgreich weitergeführt. Während der Arbeit wurde deutlich, dass eine allgemein anerkannte umfassende Datengrundlage zum Energiesystem der Bundesrepublik Deutschland fehlte, auf deren Basis in sich konsistente CO<sub>2</sub>-Reduktionsstrategien formuliert und gegeneinander abgewogen werden können. An diesem Punkt setzt das Anfang der 90er Jahre vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) initiierte IKARUS-Projekt an.

## Ziele von IKARUS

IKARUS verfolgt zwei Ziele:  
 ■ die Bereitstellung einer Datenbank mit technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Daten zum bundesdeutschen Energiesystem als umfassende Informationsquelle für ein breites Anwenderspektrum,  
 ■ die Erarbeitung von darauf aufbauenden, flexiblen und nutzerfreundlichen Computermodellen zur Entwicklung von CO<sub>2</sub>-Reduktionsstrategien.  
 Ein tieferes Verständnis der Funktions- und Reaktionsweise des stark vernetzten Energiesystems soll dazu beitragen, der notwendigen Diskussion um koordinierte Klimaschutzstrategien neue Impulse zu geben und die Umsetzung sinnvoller Einzelmaßnahmen zu beschleunigen.  
 Dies betrifft alle Handlungsebenen wie Politik, Wissenschaft, Industrie, Verbände, Planung und Verwaltung.

2 Das Anwendungsspektrum der verschiedenen IKARUS-Komponenten

	EINSATZZWECK	POTENZIELLE ANWENDER	EINSATZBEREICHE			ANWENDUNGSBEISPIELE
			Einzeltechnikanalysen	sektor. Detailanalysen	national	
<b>Optimierungsmodell</b>	Analyse nationaler Klimagas-Reduktionsstrategien	Ministerien, Verbände, große Unternehmen, wiss. Einrichtungen	●	●		z. B. Auswirkungen einer zielorientierten CO <sub>2</sub> -Reduktionsstrategie
<b>Makroökon. Modell (MIS)</b>	Analyse volkswirtschaftlicher Auswirkungen von Klimagas-Reduktionsstrategien	wie Optimierungsmodell	●	●		z. B. Beschäftigungseffekte als Folge einer CO <sub>2</sub> -Steuer auf den Energiemix
<b>Technik-Kettenmodell</b>	Vergleich von Techniken unter Berücksichtigung vor- oder nachgelagerter Technikketten	wie Optimierungsmodell		●	●	z. B. Emissionsvergleich von Einsatztechniken mit gleicher Versorgungsaufgabe unter Berücksichtigung der vorgelagerten Emissionen
<b>Teilmodell Industrie</b>	Branchenspezifische Analyse von Energieverbrauch und Emissionen	Ministerien, Industrieverbände, Unternehmen, wiss. Einrichtungen	●	●	●	z. B. Auswirkungen verbesserter Industrieöfen auf den Energieverbrauch betroffener Branchen
<b>Teilmodell Raumwärme</b>	Analyse von Klimagas-Minderungsstrategien zur Raumwärme- und Warmwasserbereitung im Haushaltssektor	Ministerien, Verbände, Unternehmen, wiss. Einrichtungen, Ingenieur- und Architekturbüros	●	●	●	z. B. Analyse der Auswirkungen einer verschärften Wärmeschutzverordnung (national, Gebäudeensembles, Einzelgebäude)
<b>Teilmodell Verkehr</b>	Analyse von Klimagas-Minderungsstrategien für den Personen- und Güterverkehr	Ministerien, Verbände, Automobilbranche, wiss. Einrichtungen	●	●	●	z. B. Auswirkungen einer Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die Schiene
<b>Datenbank</b>	Umfangreiches Informationssystem zur Bewertung von Techniken im Energiesektor; Datenpool für Modelle	Ministerien, Verbände, Unternehmen, wiss. Einrichtungen, Ingenieur- und Planungsbüros		●	●	z. B. Technikvergleich solare Nahwärme versus BHKW-Einsatz

● besonders geeignet ● geeignet ● bedingt geeignet

## Modell

Ein Modell ist immer nur eine Abstraktion des Realsystems, aber niemals die einzig mögliche. Die Ergebnisse, die ein Modell liefert, sind somit direkt abhängig von der Qualität der zugrundeliegenden Daten und der sinnvollen Vereinfachung der zu beschreibenden Wirklichkeit.

## Simulationsmodell

Modell zur Abbildung direkter Reaktionen eines Systems auf Veränderungen äußerer Bedingungen ohne Berücksichtigung möglicher Rückwirkungen auf das System selbst.

## Optimierungsmodell

Modell zur Abbildung von Reaktionen eines Systems auf Veränderungen äußerer Bedingungen unter Berücksichtigung der Rückwirkungen auf das System nach Maßgabe eines bestimmten Zielkriteriums (z. B. minimale Kosten) und sonstiger gegebener Rahmenbedingungen. Der hierfür notwendige Optimierungsalgorithmus schränkt die Möglichkeiten einer detaillierten Abbildung des jeweiligen Realsystems ein. Optimierungsmodellen wird der Vorzug gegeben, wenn die komplexen Rückwirkungen auf das System in Bezug auf das Untersuchungsziel wichtiger sind als Abbildungsdetails.

## Basisjahr, Analysejahre

Quasi-statische Modelle sowie Simulationsmodelle erfordern die Festlegung von diskreten Zeitschritten (Stützjahre), für die die Modelle zu Aussagen gelangen. Derzeitige Stützjahre sind die Jahre 1995, 2005 und 2020. Zum Projektende werden Zeitstützpunkte um die Jahre 2000, 2010 und 2030 erweitert implementiert sein.

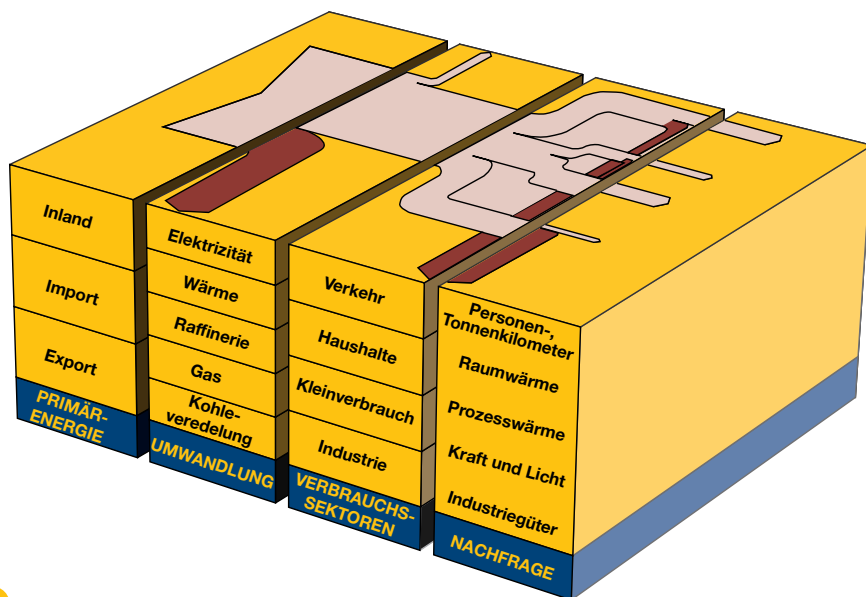
## Aggregierte Daten

Aus Einzelinformationen verdichtete und typisierte Daten, die generalisierende Aussagen ermöglichen.

## Besondere Vorteile von IKARUS

Außergewöhnlich ist, dass die den Modellen zugrundeliegenden Strukturen und die umfangreiche Datenbasis unter Beteiligung unterschiedlicher wissenschaftlicher Institute **7** und intensiver Diskussionsprozesse entstanden ist, wodurch von vorneherein ein breiter Konsens erreicht werden konnte. Um auch außerhalb des Entwicklungsteams eine weit gefächerte Anwendung des Instrumentariums zu ermöglichen, wurde auf folgende Kriterien besonderes Augenmerk gelegt:

- Lauffähigkeit des Instrumentariums auf der PC-Ebene, um eine breit gestreute Anwendung zu ermöglichen,
- nutzerfreundliche Bedienungsfläche aller Komponenten,
- Nachvollziehbarkeit der einzelnen Rechenschritte in den Modellen sowie eine ausführliche und nutzerfreundliche Ergebnisdarstellung,
- weitestgehende Transparenz der zugrundeliegenden Daten für den Nutzer sowie die
- wiederholte Präsentation der Arbeitsergebnisse in Workshops mit Zielgruppen aus der Praxis (z.B. Firmen, Verbände, Politische Parteien).



Die Struktur des gesamtenenergiewirtschaftlichen Modells folgt dem Energiefluss der Bundesrepublik Deutschland

## Inhalte

Modelle können wichtige Erkenntnisse vor allem zu den Wechselwirkungen innerhalb des stark vernetzten Energiesystems liefern. Sie untersuchen etwa exogene Einflüsse auf das Energiesystem (z.B. höhere Energiepreise, CO<sub>2</sub>-Reduktionsvorgaben, Kapazitätsgrenzen einzelner Energieträger, Reinvestitionszyklen oder neue Technologieentwicklungen) oder bewerten alternative energiepolitische Minderungsstrategien. Die zur Bestimmung alternativer Minderungsstrategien wesentlichen Größen sind der Technik-Mix bei der Energienutzung und -wandlung (welche Energietechniken werden zu welchem Zeitpunkt und mit welchen Kapazitäten optimal eingesetzt?), die Kosten (welche genauen Kosten entstehen durch die eingesetzten Techniken?) und die verschiedenen Treibhausgasemissionen (welche Emissionen entstehen in welcher Höhe?).

Für das Instrumentarium gelten inzwischen folgende Randbedingungen:

- Untersuchungsgegenstand ist das Energiesystem der gesamten Bundesrepublik Deutschland mit den Basisjahren 1995 und 2000. Die Daten für das neue Basisjahr 2000 werden zur Zeit erhoben und sind spätestens Ende 2002 allgemein verfügbar. Analysejahre sind 2005 und 2020, in Zukunft zusätzlich die Jahre 2010 und 2030. Damit sind sowohl das Zieljahr für das nationale Reduktionsziel (2005) als auch das mittlere Zieljahr des Kyoto-Protokolls (2010) Gegenstand der Analysen.

- Das Instrumentarium besteht in erster Linie aus Technikbeschreibungen von der Nutzenergie- bzw. Energiedienstleistungsebene bis hin zur Primärenergieebene und bildet damit die Energieflüsse und Energieumwandlungsschritte bedarfsorientiert ab **3**. Wirtschaftliche Einflussgrößen wie Kapitalverfügbarkeit und -kosten, Entwicklung von Rohstoff- und Güterpreisen, Außenhandel

mit Energieträgern, Reinvestitionszyklen und verfügbare Kapazitäten (z.B. Leistungsgrenzen für den bestehenden Kraftwerkspark) können über die Rahmenbedingungen für Szenarien berücksichtigt werden.

- Neben Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) werden folgende, das Klima unmittelbar oder mittelbar beeinflussende Emissionen betrachtet: Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Nicht-Methan-Kohlenwasserstoff (NMKW) und stratosphärischer Wasserdampf sowie zukünftig die im Kyoto-Protokoll zusätzlich aufgeführten Klimagase.

## Einzelkomponenten

Das Instrumentarium ist entsprechend der Komplexität der Aufgabenstellung und der technologischen Vielfalt der Energieanwendungen im Laufe der Entwicklungszeit gewachsen. Ursprünglich sollte IKARUS aus einem Optimierungsmodell, das entsprechend der Ausgangsparameter die jeweils kostengünstigste CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategie aufzeigt, und einer Datenbank bestehen. Diese sollte lediglich die Modelldatensätze für die Rechenläufe zur Verfügung stellen. Zusätzlich sind aufgrund des Bedarfs weitere Simulationsmodelle (Teilmodelle) entwickelt worden, mit denen detaillierte sektorspezifische Fragestellungen bearbeitet werden können. Darüber hinaus wurde die Datenbank zu einem eigenständigen Informationsinstrument ausgeweitet, dessen Datenbestand in seiner Detaillierung weit über die Modelldatensätze hinausgeht. Eine direkte Kopplung von Modellen und Datenbank wurde zugunsten einer flexibleren Handhabung aufgegeben; jede Komponente ist - bis auf das Teilmodell Industrie - für sich allein nutzbar.

# Das Instrumentarium

Das IKARUS-Instrumentarium ist modular aufgebaut; alle Komponenten - Modelle und Datenbank - sind von der Grundstruktur aufeinander abgestimmt. Jede Einzelkomponente stellt jedoch ein vollwertiges Produkt dar, das jeweils Ergebnisse auf unterschiedlichen Anwendungsebenen liefert.

## Datenbank

Dem IKARUS-Anwender bieten sich mehrere EDV-gestützte Modelle, eine Datenbank mit umfassender Datensammlung sowie weitere Simulationsprogramme, sogenannte Programmtools. Die einzelnen Modelle arbeiten zwar auf Grundlage eigener Datenbasen **4**. Zentraler Informationspool ist jedoch die IKARUS-Datenbank mit ihrem umfangreichen Fundus an belastbaren Energiedaten. Die Datenbank ist in die Bereiche Technikdaten, Rahmendaten und Modell-

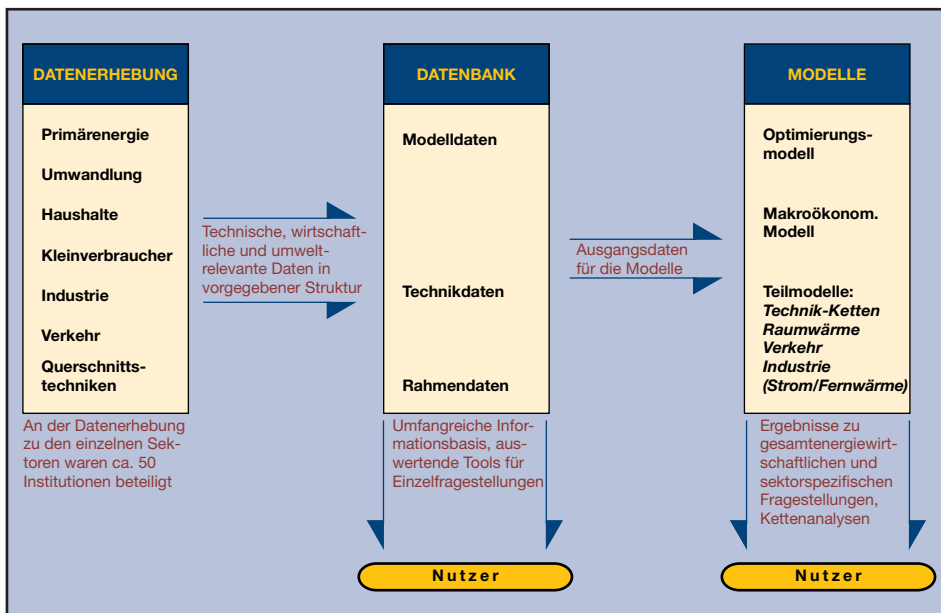
**Technikdaten:** Die Technikdaten stellen den Hauptteil der Datenbank dar und beinhalten technische, wirtschaftliche und umweltbezogene Daten zu Einzeltechniken (z.B. Gaskraftwerk, Wärmepumpe). Ihr Detaillierungsgrad geht weit über den Bedarf des Optimierungsmodells hinaus **5**. Die Einzeldaten sind jeweils für die bereits genannten Basis- und Analysejahre vorhanden. Bei den Technikbeschreibungen handelt es sich nicht um einen Produktkatalog, sondern um typisierte, repräsentative Techniken, deren Eigenschaften aber z.T. auf Herstellerangaben zurückgehen. Die einzelnen Daten sind durch Literaturangaben belegt und, soweit nötig, zusätzlich kommentiert. Die Technikdatenbank ist entsprechend dem Optimierungsmodell in die einzelnen Stufen

Primärenergie, Umwandlung und Anwendung mit den Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher, Industrie und Verkehr gegliedert. Zusätzlich wurde der Bereich Querschnittstechniken gebildet, der sektorübergreifende Techniken beschreibt (z.B. Lichttechnik, elektrische Antriebe). Die Technikdaten sind ausgehend von den inhaltlichen Anforderungen des jeweiligen Teilbereichs unterschiedlich strukturiert **6**.

**Rahmendaten:** Die Rahmendaten informieren über die volkswirtschaftlichen Randbedingungen, die sowohl den Ist-Zustand (im Basisjahr 1995 bzw. 2000) als auch die zu erwartenden Entwicklungen für die Analysejahre (2005 und 2020, später auch 2010 und 2030) wiedergeben, u. a. demographische Angaben, Strukturdaten, Energiebilanzen, Preise von importierten Energieträgern.

**Modelldaten:** Die Modelldaten, die eine vergleichsweise kleine Untermenge des gesamten Datenbestandes darstellen, sind die Ausgangsdaten für das Optimierungsmodell. Inhaltlich bauen sie vor allem auf den Technikdaten auf. Eine umkehrbare Zuordnung der Modelldaten zu den Technikdaten ist nur zum Teil möglich, da diese unterschiedliche Detaillierungsgrade aufweisen, d. h. eine Modell-Technik stellt oft einen Technik-Mix aus gewichteten Einzeltechniken dar. In der Datenbasis der Teilmodelle ist aber nachvollziehbar abgelegt, wie die Einzeltechniken zu Aggregaten verdichtet werden.

Die drei Säulen des IKARUS-Projektes. Der Nutzer profitiert von der umfangreichen Datensammlung, die Grundlage für die verschiedenen Modellrechnungen ist



## Einsatzbereiche der Datenbank:

Eine große Zahl von Einzelinformationen ermöglicht die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit, der energetischen Effizienz sowie der Emissionen unterschiedlichster Techniken. Damit stellt die Datenbank ein umfassendes Informationskompodium zum bundesdeutschen Energiesystem dar. Für ihre Nutzung wurde ein menügeführtes Retrievalsystem mit einer grafischen Oberfläche entwickelt, das ein Navigieren durch den Datenbestand erlaubt. Eine Stichwortsuche erleichtert das Auffinden des jeweils gesuchten Technikbereichs. Ferner besteht die Möglichkeit des Technikvergleichs. Bei den Querschnittstechniken werden viele Merkmale in Form dynamisch erzeugter Kennlinien dargestellt. Im Sektor Raumwärme wird das Retrieval durch ein besonderes Programm-Tool ergänzt. Es erlaubt dem Nutzer, den Energiebedarf, die Emissionen sowie die Wirtschaftlichkeit des nahezu beliebig kombinierbaren „Gesamtsystems Gebäude“ (inkl. der Auswahl verschiedener bauphysikalischer Standards und Nutzungsbedingungen) mit Heizsystem, Warmwassersystem und raumluftechnischer Anlage individuell zu ermitteln.

Die Datenbank ist z.B. für folgende Zwecke einsetzbar:

- detaillierte Informationsbasis zum Stand der Technik in vielfältigen Zusammenhängen (z.B. Energiepolitik, Energiekonzepte, Planung),
  - Technikvergleiche in der Vorplanungsphase für die Auswahl von Gerätetypen sowie deren Dimensionierung oder für Analyse Zwecke,
  - Hintergrundinformation und Hilfestellung für die Gestaltung der Nutzereingaben in den Modellen oder für die Deutung der Modellergebnisse,
  - Selektion von Eingangsdaten für eigene Simulationsprogramme.
- Datenbanksystem:** Aufgrund der Komplexität und des großen Umfangs der Datenbank wurde als EDV-Plattform das im professionellen Bereich weit verbreitete relationale Datenbankmanagementsystem Oracle für Windows eingesetzt.

## Optimierungsmodell

Das Optimierungsmodell bildet das Energiesystem der Bundesrepublik Deutschland in Form vernetzter Prozesse ab. Solche Prozesse sind z.B. die Gewinnung oder der Import von Primärenergie, die Umwandlung in Sekundärenergie (z.B. Stromerzeugung) und deren Verteilung sowie schließlich die Nutzung beim Endverbraucher für die Nachfrage nach Energiedienstleistungen (z.B. Transport von Gütern und Personen, Industrieproduktion). Dabei werden die Vielzahl der Optionen für verschiedene Techniken, die zugehörigen spezifischen Emissionen, die individuellen Kosten sowie die möglichen Vernetzungen der Energieflüsse erfasst. Neben ökonomischen und technischen Daten werden relevante energiepolitische Rahmenbedingungen (z.B. Umfang der inländischen

MODELLRELEVANTE MERKMALE FÜR ALLE TEILBEREICHE (ANZAHL: 24)	
Merkmale	Dimension
Leistungsgröße (netto)	z.B. kW, t/a
Leistungsgröße (brutto)	z.B. kW, t/a
Außerbetriebnahmezeitraum	a
Frühestmögliche Inbetriebnahme	-
Gesamtwirkungsgrad	-
Bauzeit	a
Ökonomische Lebensdauer	a
Auslastung	-
Herstell- und Bauhermenekosten	DM
Sonstige Kosten der Bauzeit	DM
Summe der fixen Kosten	DM/a
Summe der variablen Kosten	DM/a
Außerbetriebnahmekosten	DM
Beseitigungskosten	DM
CO <sub>2</sub> -Emissionen	kg/a

Übergreifend für alle Sektoren sind 24 Merkmale modellrelevant. Die Technikatdaten der Datenbank enthalten weitere umfangreiche Merkmale zur Beschreibung der einzelnen Techniken, hier beispielhaft angedeutet für die kostenrelevanten Daten in der Prozessgruppe "Photovoltaik" im Sektor Primärenergie

WEITERE MERKMALE IN DEN TECHNIKDATEN, z.B. kostenrelevante Daten für die Prozessgruppe „Photovoltaik“	
Merkmale	Dimension
Investitionen für Planung	DM
Investitionen für Infrastruktur	DM
Investitionen für Montage	DM
Investitionen für Verkabelung	DM
Sonstige Investitionsausgaben	DM
Investitionen bezogen auf die Leistung	DM/kW
Versicherung während der Bauzeit	DM
Steuern während der Bauzeit	DM
Einmaliger Zuschuß	DM
Investitionen für Ersatzteile	DM

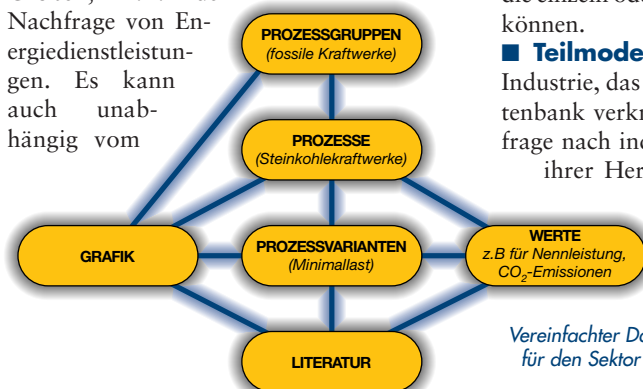
Steinkohleförderung) berücksichtigt. Das Energiesystem wird vom optimierenden Modell so gestaltet, dass die Nachfrage nach Energiedienstleistungen erfüllt wird. Die Nachfragen sind quasi die „treibenden Kräfte“ im Modell. Mit dem mathematischen Verfahren der Linearen Programmierung wird die Befriedigung des zukünftigen Energiebedarfs im Modell in der Form ermittelt, dass die gesetzten energie- und umweltpolitischen Ziele mit minimierten Kosten erreicht werden. Dabei werden Art und Menge der zu verwendenden Energieträger sowie Typ und Kapazität der Energietechniken bestimmt. Außerdem ermittelt das Modell die für die Volkswirtschaft entstehenden Gesamtkosten.

### ■ Eingriffsmöglichkeiten

**des Nutzers:** Für jedes Analysejahr wird dem Modellnutzer ein Referenzdatensatz angeboten, der im Rahmen des IKARUS-Projektes erarbeitet wurde. Dieser beinhaltet z. B. die Datenbeschreibungen von ca. 2.000 Energiewandlungstechniken, die Nachfragen nach Energiedienstleistungen, die Importenergeträgerpreise etc. Alle Daten können vom Nutzer verändert werden. Sämtliche Änderungen, die gegenüber dem Referenzdatensatz erfolgen, werden automatisch protokolliert.

### ■ Makroökonomische Analyse:

Anhand des Makroökonomischen Modells (MIS) werden die Optimierungsergebnisse hinsichtlich volkswirtschaftlicher Widerspruchsfreiheit bewertet. Die Anbindung von Optimierungsmodell und MIS erfolgt nicht automatisch über einen Algorithmus, sondern über eine Handlungsanweisung, damit die Ergebnisse nachvollzogen werden können. Das MIS-Modell dient im Vorfeld der Optimierungsläufe auch zur Analyse der von außen auf das System einwirkenden Größen, z.B. der Nachfrage von Energiedienstleistungen. Es kann auch unabhängig vom



Optimierungsmodell als eigenständiges Analyseinstrument eingesetzt werden.

### Teilmodelle

Der detaillierten Analyse sektor- oder einzeltechnikbezogener Fragestellungen, für die das Optimierungsmodell nur bedingt geeignet ist, dient eine Reihe spezifischer Simulationsmodelle.

**■ Technikketten-Modell:** Ziel der Technik-Kettenanalyse ist es, konkurrierende Techniken mit gleicher Versorgungsaufgabe unter Berücksichtigung der jeweils vor- oder nachgelagerten Techniken zu vergleichen (z.B. der Vergleich Kraft-Wärme-Kopplung mit der Einzelproduktion von Strom und Wärme für die Versorgung von Haushalten). Für die aufgebauten Technikketten können Energie-, Emissions- und Kostenbilanzen auf der Basis der Modelldaten berechnet werden.

**■ Teilmodell Raumwärme:** Am „Gesamtsystem Gebäude“ können mit Hilfe dieses Modells Emissionsminderungsmöglichkeiten und damit einhergehende Kosten durch Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenpakete ausgelotet werden. Die Untersuchungen beziehen sich sowohl auf Einzelgebäude als auch auf Gebäudeensembles und lassen sich regional eingrenzen oder im nationalen Rahmen einordnen. Ausgangspunkt sind die Energiedienstleistungen „Raumwärme“ und „Brauchwarmwasser“, die einzeln oder gekoppelt befriedigt werden können.

**■ Teilmodell Industrie:** Das Teilmodell Industrie, das als einziges direkt mit der Datenbank verknüpft ist, verbindet die Nachfrage nach industriellen Gütern mit den zu ihrer Herstellung verfügbaren Verfahren, Anlagen, Techniken etc. Es aggregiert dabei die in der Datenbank abgeleg-

ten Energienachfragen, die daraus resultierenden Emissionen sowie zusätzliche Kosten für Energiesparinvestitionen. So können z.B. die Auswirkungen verbesserter Industrieöfen und Trockner auf den Energiebedarf der betroffenen Branchen und der Industrie insgesamt analysiert werden.

**■ Teilmodell Verkehr:** Dieses Modell ermöglicht detaillierte Analysen im Bereich „Mobilität“. Ausgehend von den vorgegebenen Verkehrsleistungen (z.B. Personenkilometer, Tonnenkilometer) werden für die Analysejahre und einzelne Regionen Fahrleistungen, Energieverbräuche, Emissionen und Kosten bilanziert. Die Verkehrsleistungen sind nach Verkehrsarten (z.B. Personennahverkehr) differenziert und lassen sich auch für unterschiedliche Fahrzwecke (z.B. Ausbildung, Beruf) ermitteln. Das individuelle Verkehrsverhalten wird somit berücksichtigt. Zur Umsetzung von Verkehrsleistungen auf Fahrleistungen kommen Verkehrstechniken (z.B. PKW) und deren Charakteristika (z.B. Personenbesetzungszahl) zum Einsatz. Die Verkehrstechniken wiederum setzen sich aus den Beständen sowie deren Antriebstechniken zusammen. Alle Parameter sind veränderbar, so dass eigene Szenarien definiert und deren energie-, emissions- und kostenseitige Auswirkungen analysiert werden können.

Die IKARUS-Projektpartner. Daneben waren viele weitere Institute als Unterauftragnehmer beteiligt

### PROJEKTPARTNER

**Auftraggeber:** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Ref. III A6, 53182 Bonn

**Auftragnehmer + Koordination:** Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE), 52425 Jülich

**Modelle** (außer Industriemodell): Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE), 52425 Jülich

**Makroökonomisches Modell:** Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) und Bremer Energie Institut (BEI), 28359 Bremen

**Datenbank-Entwicklung und -vertrieb:** Fachinformationszentrum Karlsruhe GmbH, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen

**Daten Primärenergie:** Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), 14195 Berlin

**Daten Umwandlungssektor:** Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart

**Daten Haushalte:** Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, TU München, 80333 München

**Daten Kleinverbraucher:** Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik (IfE), TU München, 80333 München; Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FHG-ISI), 76139 Karlsruhe; Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE), 80995 München

**Daten Industrie** (und Industriemodell): Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FHG-ISI), 76139 Karlsruhe

**Daten Verkehr:** TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg, Immissionsschutz und Energiesysteme, 51105 Köln

**Daten Querschnittstechniken:** Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE), 80995 München

Vereinfachter Datenbankaufbau für den Sektor „Umwandlung“

# Anwendungsbeispiele

*Die Komponenten des IKARUS-Instrumentariums sind in verschiedenen Anwendungsfeldern einsetzbar. Eine benutzerfreundliche Bedienoberfläche sowie flexible Ausgabeformate und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten zielen auf eine möglichst breite Nutzung in Fachkreisen.*

Jede nach Fragestellung kann der Nutzer zwischen unterschiedlichen Komponenten des IKARUS-Instrumentariums wählen. Alle Komponenten setzen auf einer umfangreichen Datenbasis auf (Referenzbelegung), die aber vom Nutzer z.T. ergänzt oder verändert werden kann. Die Flexibilität des Instrumentariums erhöht sich weiter, wenn vom Nutzer eigene Datensätze, z.B. regionale Daten, erhoben werden. So wurde beispielsweise das Teilmodell Raumwärme auf die konkrete Situation einer deutschen Großstadt angewendet. Vier Beispiele sollen die Nutzungsmöglichkeiten veranschaulichen. Sie wurden so gewählt, dass die Möglichkeiten des Instrumentariums als gesamtwirtschaftliches Analyseinstrument, aber auch in Bezug auf die einzelnen Verbrauchssektoren bis hin zur Untersuchung von Einzeltechniken dargestellt werden sollen. Die Ergebnisse sind dabei immer im Kontext der getroffenen Annahmen zu interpretieren, die an dieser Stelle nicht inhaltlich diskutiert werden können.

## Beispiel Datenbank

In der Datenbank sind im Bereich Raumwärme repräsentative Typgebäude nach Größen- und Baualtersklassen abgelegt. So sind, summiert über alle Alterklassen, für die alten Bundesländer 32 Typgebäude des Wohnbereichs enthalten (neue Bundesländer: 14) und 40 Typgebäude des Nicht-Wohnbereichs (neue Länder: 21). Hinzu kommen die Typgebäude des Neubaus, die nicht mehr nach alten und neuen Ländern unterschieden werden. Diese Typgebäude können im Wohnbereich in bis zu 21 Varianten enthalten sein, wobei jede Variante einem bestimmten Wärmeschutzniveau entspricht. Im folgenden Beispiel wird für ein Einfamilienhaus (EFH) der Baualtersklasse 1969-78 der Effekt von zwei wärmeschutztechnischen Maßnahmen an der Gebäudehülle sowie einer Erneuerung der Heizungsanlage hinsichtlich Heizwärmededarf und Endenergieverbrauch dargestellt. Maßnahme 1 besteht im Austausch einfachverglaster Fenster gegen Fenster mit Isolierverglasung. Für Maßnahme 2 wird zusätzlich eine Dämmung der Außenwände angenommen. Die Daten des Endenergiebedarfs werden von einem in die Nutzeroberfläche der Datenbank integrierten Berechnungstool basierend auf der europäischen CEN-Norm 832 ermittelt. Der Datenbanknutzer ist dadurch nicht auf eine Auswahl vorberechneter Gebäude-/Anlagenkombinationen beschränkt. Er hat die Möglichkeit, diese selbst zu variieren. Dabei kön-

nen außer dem Gebäudetyp, dem wärmetechnischen Zustand, den Heiz- und Warmwasserbereitungs-Systemen sowie den dazugehörigen Verteilsystemen zusätzlich weitere Randbedingungen vorgegeben werden, die das Nutzerverhalten berücksichtigen. Dazu zählen z.B. die gewünschte Raumtemperatur, die Personenbelegung sowie der Warmwasserverbrauch. Im ausgeführten Beispiel **14** **15** wurden diese Randbedingungen konstant gehalten. Die Werte für den spezifischen Endenergiebedarf beinhalten auch den Aufwand für die Warmwasserbereitung, der in der Datenbank separat ausgewiesen wird. Außer den hier gezeigten Merkmalen enthält die Datenbank viele weitere Daten, u.a. zu Kosten, Emissionen, Hilfsenergien (z.B. elektrischer Strom für die Pumpe).

## Weitere typische Fragestellungen

Wie sind die technischen und wirtschaftlichen Daten eines GuD-Kraftwerkes im Vergleich zu einem Steinkohlekraftwerk gleicher Leistungsklasse? Welche Auswirkungen haben unterschiedliche Antriebskonzepte (Motoren und Umrichter) hinsichtlich Energieverbrauch, Kosten und Wirtschaftlichkeit (Amortisationsdauer einzelner Varianten)?

## Beispiel Optimierungsmodell

Die Bundesregierung hat sich das Ziel gesetzt, die nationalen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 25 % zu reduzieren, bezogen auf das Emissionsniveau von 1990. Mit dem Modell lassen sich z.B. die kostengünstigsten CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen ermitteln sowie die Auswirkungen unterschiedlicher Ausgangsvariablen auf den kostenoptimalen Technik-Mix aufzeigen.

Ausgehend von allgemeinen Rahmendaten, wie beispielsweise der Entwicklung von Importenergeträgerpreisen sowie der Nachfrage nach Energiedienstleistungen, werden für die Bundesrepublik Deutschland ein Referenz- sowie ein Reduktionsszenario erstellt. Das Reduktionsszenario unterscheidet sich von der Referenzentwicklung durch die Vorgabe von CO<sub>2</sub>-Reduktionszielen für die Jahre 2005 (-25%) und 2020 (-40%). Im Referenzszenario werden die Reduktionsvorgaben nicht erreicht **8**. Um die Zielsetzungen erfüllen zu können, sind Minderungsmaßnahmen in allen energiewirtschaftlichen Sektoren erforderlich **9**. Hinter den Minderungsbeiträgen verbergen sich konkrete Beiträge auf Einzeltechnikbasis, wie beispielsweise der Zubau von GuD-Kraftwerken und Windkraftanlagen oder zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen im Altbaubereich.

## Weitere typische Fragestellungen

Wo können in der Energieversorgung, -umwandlung und -nutzung mit dem geringsten Kostenaufwand Emissionen eingespart werden? Wie steigen in Abhängigkeit von der Höhe des Reduktionsziels und der zur Wahl stehenden Alternativen die Kosten der Emissionsminderung?

## Beispiel Raumwärmemodell

Die Wirkung eines hohen Wärmedämmniveaus bei Neubauten soll gegenüber CO<sub>2</sub>-senkenden Maßnahmen an Altbauten der alten Bundesländer bis zum Jahr 2020 verglichen werden. Für Neubauten werden ab 1996 die Wärmeschutzverordnung (WschVO95) und ab 2001 die Energieeinsparverordnung (EnEV) zugrunde gelegt. Der hohe Altbaubestand (errichtet vor 1990) dominiert bis 2020 das Gesamtverhalten **10**. Deutliche Reduktionen der Endenergie-mengen und CO<sub>2</sub>-Emissionen sind daher vorwiegend durch Maßnahmen im Altbaubestand zu erreichen (Heizungsaustausch, Niedrigenergiehaus-Standard) **11**.

## Weitere typische Fragestellungen

Wie groß ist der derzeitige Endenergieverbrauch für die Raumwärmeerzeugung nach Energieträgern und welche Emissionen sind damit verbunden?

Welchen Beitrag können einzelne Maßnahmen oder Maßnahmebündel in verschiedenen Typgebäuden zur Emissionsminderung leisten?

## Beispiel Verkehrsmodell

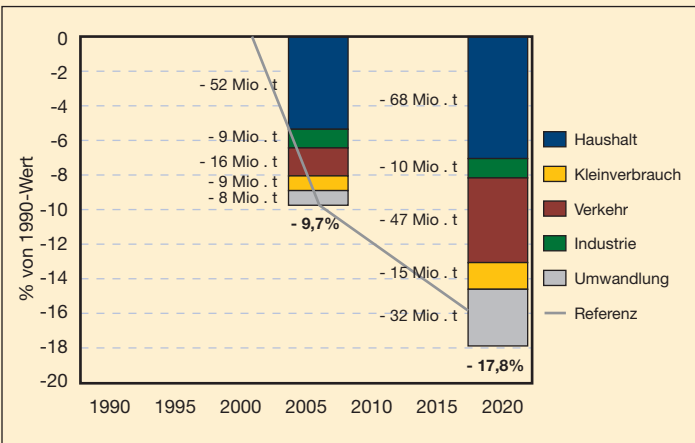
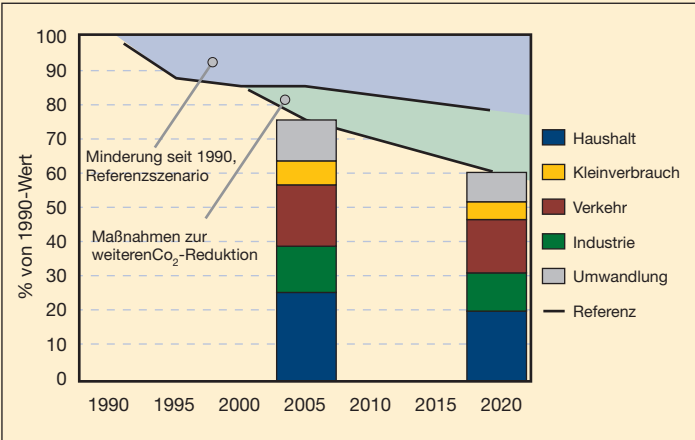
Anhand eines Verkehrsverlagerungs-Szenarios soll die Wirksamkeit jeder Maßnahme im Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Emissionssenkungen im Verkehr untersucht werden. Ausgehend von der Entwicklung der Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr **12** wird im Verkehrsverlagerungs-Szenario eine Steigerung der Verkehrsleistung im öffentlichen Personenverkehr um 50 % zur Reduktion des motorisierten Individualverkehrs im Jahr 2020 unterstellt. Im Güterverkehrsbereich wird eine 50 %ige Zunahme des Schienengüterverkehrs zur Entlastung der Straße angenommen. Während sich ohne verkehrsverlagernde Maßnahmen eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Personenverkehr durch den Einsatz energieeffizienter Antriebstechniken errechnet, steigen die Kohlendioxidemissionen im Güterverkehr durch die starke Zunahme der Güterverkehrsleistungen auf der Straße an. Die CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale der Verkehrsverlagerungsmaßnahmen im Personen- und Güterverkehrsbereich liegen verglichen mit dem Referenz-Szenario im Jahr 2020 bei 5 % bzw. 8 %.

## Weitere typische Fragestellungen

Welche energie- und emissionsseitigen Auswirkungen ergeben sich durch die Aufteilung der Verkehrsleistungen auf verschiedene Verkehrsmittelarten (Modal Split)? Wie wirkt sich die zukünftige Einführung neuartiger Fahrzeugtechniken auf Energieverbrauch, Kosten und Emissionen einzelner Verkehrsträger aus? Welche Beiträge können Emissionsvorschriften für Kraftfahrzeuge zur Minderung der Verkehrsemissionen leisten?

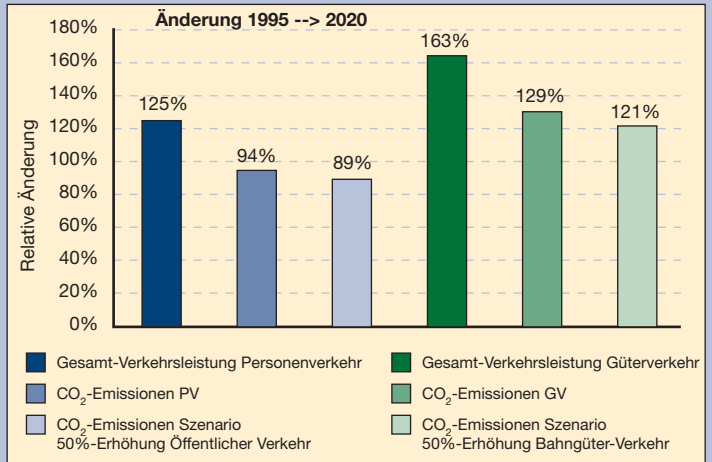
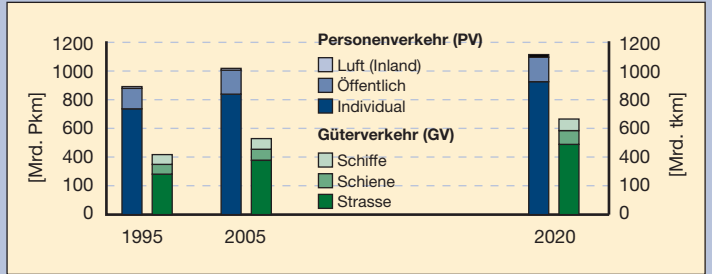
## OPTIMIERUNGSMODELL

- 8 CO<sub>2</sub>-Emissionen in den jeweiligen Szenarien
- 9 Sektorale CO<sub>2</sub>-Minderungsbeiträge



## VERKEHRSMODELL

- 12 Entwicklung der Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr bis 2020
- 13 Vergleich der Verkehrsleistungen und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Jahre 1995 und 2020 ohne bzw. mit verkehrsverlagernden Maßnahmen

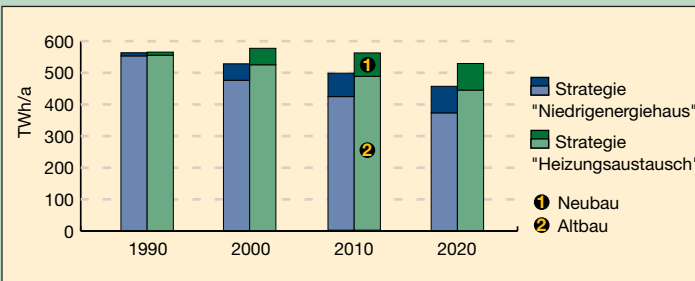
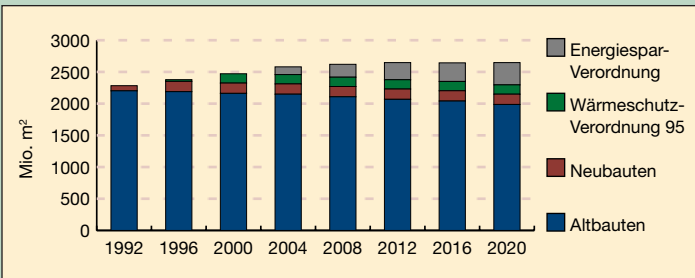


## DATENBANK

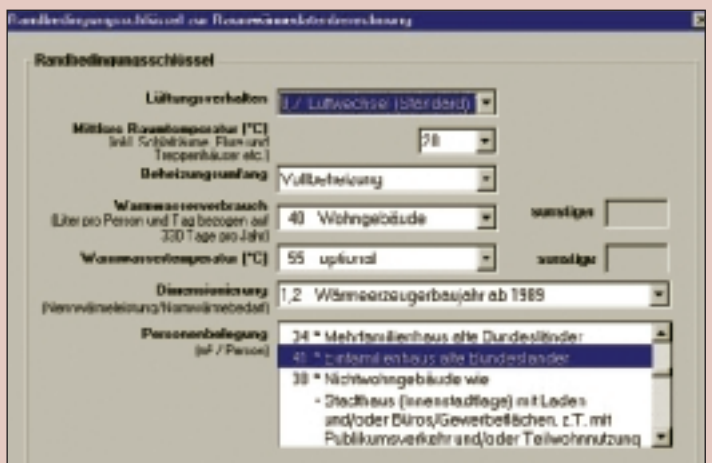
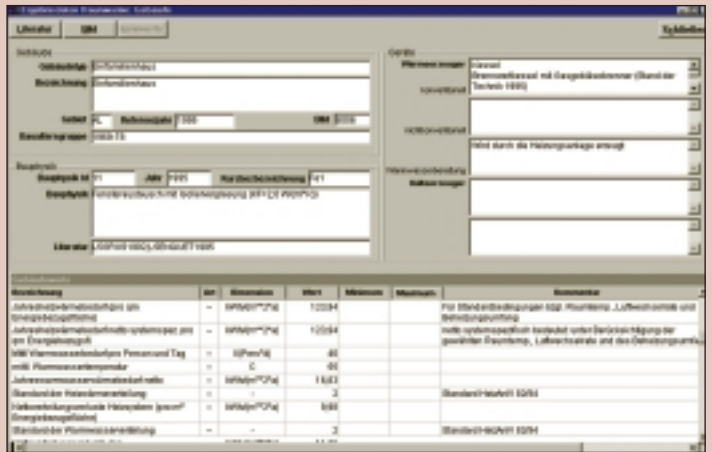
- 14 Auswirkungen unterschiedlicher bau- und heizungstechnischer Maßnahmen auf ein Einfamilienhaus der Baujahrsklasse 1969-78 (158 m<sup>2</sup> Wohnfläche, 18,5 °C mittlere Raumtemperatur)
- 15 Ergebnisübersicht für das Gebäudebeispiel „Einfamilienhaus“
- 16 Randbedingungsschlüssel zur Raumwärmedatenberechnung

## RAUMWÄRMEMODELL

- 10 Entwicklung der Wohnflächen bis 2020
- 11 Senkung des Endenergiebedarfes im Altbaubestand durch verschiedene Maßnahmen (Heizungsaustausch, Niedrigenergiehaus-Standard)



Merkmal	Ist-Zustand	Maßnahme 1	Maßnahme 2
k-Wert Fenster (W/m <sup>2</sup> K)	2,8	2,0	2,0
k-Wert Außenwände (W/m <sup>2</sup> K)	0,62	0,62	0,38
k-Wert Dach (W/m <sup>2</sup> K)	0,36	0,36	0,36
spezifischer Heizwärmebedarf (kWh/m <sup>2</sup> a)	136	124	105
Endenergiebedarf Erdgas (kWh/m <sup>2</sup> a)			
Gasheizkessel Bj. 1976-82	245	230	205
Endenergiebedarf Erdgas (kWh/m <sup>2</sup> a)			
Gas-Brennwertkessel Bj. 1995	169	157	139



# Nutzungshinweise

Der breite Einsatz von IKARUS kann dazu beitragen, der Klimaschutzdiskussion durch sachliche, auf breiter Basis akzeptierte Ergebnisse neue Impulse zu geben.

**B**esonderheiten des IKARUS-Instrumentariums sind die umfangreiche Datenbasis, der modulare Systemaufbau, die komfortablen Bedienungsoberflächen und flexiblen Ausgabeformate sowie die Laufbarkeit der Komponenten auf PC. Trotz der nutzerfreundlichen Bedienung der einzelnen Komponenten ist insbesondere für die Nutzung der Modelle ein energiewirtschaftlicher Erfahrungshintergrund erforderlich. Die Datenbank dagegen kann allgemein

als breit angelegtes Informationskompilium zum Stand und zur voraussichtlichen Entwicklung verfügbarer Energietechniken genutzt werden. Die zentralen IKARUS-Komponenten sind auf CD-ROM verfügbar. Eine nächste aktualisierte Version (Basisjahr 2000) wird voraussichtlich im Laufe des Jahres 2002 angeboten werden können. Modellrechnungen können auch im Auftrag durchgeführt werden.

## Softwarevoraussetzungen

- Pentium-PC oder dazu kompatibler PC,
- 32 MB RAM-Speicher,
- jeweils ca. 600 MB freie Festplattenkapazität,
- Grafikkarte mit der Auflösung 1024x768,
- CD-ROM-Laufwerk
- Windows 9x, ME, NT, 2000
- für die Datenbank: Oracle Personal Edition oder Oracle Server (Version für Oracle Lite in Vorbereitung)

## Datenbank

Fachinformationszentrum Karlsruhe  
Tel: 07247/808-351, Fax: 07247/808-134  
eMail: kw@fiz-karlsruhe.de

## Modelle, allg. Informationen

Forschungszentrum Jülich,  
Technologie-Transfer-Büro (TTB)  
Tel: 02461-61-3770

## Vertrieb

IKARUS Modell-CD ROM  
(Optimierungsmodell, MIS-Modell,  
Kettenmodell) inkl. enthaltener  
kommerzieller Software  
€ 600,- zzgl. MWSt.

IKARUS-Teilmodelle Raumwärme+Verkehr  
auf CD-ROM  
€ 25,- zzgl. MWSt.

## Kosten

IKARUS Datenbank-CD ROM  
€ 450,- zzgl. MWSt.

## Literaturverzeichnis

- [1] Laue, H.J.; Weber, K.H.; Tepel, J.W. : IKARUS-Datenbank. Ein Informationssystem zur technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Bewertung von Energietechniken. Abschlussbericht Teilprojekt 2 "Datenbank". Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Umwelt. Bd. 4., Forschungszentrum Jülich, 1997
- [2] Markewitz, P.; Heckler, R.; Holzapfel, Ch.; Kuckshinrichs, W.; Martinsen, D.; Walbeck, M.; Hake, J.-Fr. : Modelle für die Analyse energiebedingter Klimagasreduktionsstrategien. IKARUS-Abschlussbericht Teilprojekt 1 „Modelle“. Schriften des Forschungszentrums Jülich. Reihe Umwelt. Bd. 6, Forschungszentrum Jülich, 1998
- [3] Wagner, H.-F.; Stein, G. (Hrsg.): Das IKARUS-Projekt: Klimaschutz in Deutschland. Strategien für 2000-2020; Berlin: Springer, 1999. ISBN 3-540-65375-9, mit CD-ROM
- [4] Wagner, U.; Stein, G. (Hrsg.) : Energiezukunft 2030, Schlüsseltechnologien und Techniklinien, Beiträge zum IKARUS-Workshop 2000 am 2./3. Mai 2000 in Schliersee. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Bd. 26, Forschungszentrum Jülich, 2000
- [5] Im Rahmen von IKARUS sind über 80 Monographien und Studien zu den Teilprojekten und spezifischen Problemstellungen erschienen. Bestellung: Forschungszentrum Jülich, Zentralbibliothek, 52425 Jülich, Tel.: (02461) 61-5368, Fax: -6103, E-Mail: ZB-publikation@fz-juelich.de

## Projektorganisation

Förderung der Vorhaben  
Bundesministerium für Wirtschaft und  
Technologie (BMWi)  
53182 Bonn

Projekträger Jülich (PTJ) des BMWi  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Dr. Sabine Semke  
52425 Jülich

Projektkoordination  
Forschungszentrum Jülich GmbH,  
Programmgruppe Systemforschung und  
Technologische Entwicklung (STE)  
Dr. Gotthard Stein  
52425 Jülich

Förderkennzeichen  
ET9188A, ET9188B, ET9901

## Impressum

ISSN  
1436-2066

Herausgeber  
Fachinformationszentrum Karlsruhe,  
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische  
Information mbH,  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Nachdruck  
Nur zulässig mit vollständiger Quellenangabe  
und gegen Zusendung eines Belegexemplares.  
Nachdruck der Abbildungen nur mit  
Zustimmung des jeweils Berechtigten.

Redaktion  
Uwe Friedrich

Fachliche Beratung  
Dr. Peter Markewitz, Programmgruppe System-  
forschung und Technologische Entwicklung  
(STE), Forschungszentrum Jülich;  
Dr. Karl-Heinz Weber, Fachinformationszentrum  
Karlsruhe GmbH

Kontakt  
Weitere Informationen zu diesem Thema  
erhalten Sie beim Informationsdienst BINE.  
Wenden Sie sich an die untenstehende  
Adresse, wenn Sie vertiefende Informationen,  
spezielle Auskünfte, Adressen etc. benötigen,  
oder wenn Sie allgemeine Informationen zum  
energie- und umweltgerechten Planen und  
Bauen wünschen.



**BINE**

Informationsdienst

Fachinformationszentrum Karlsruhe  
Meckenstraße 57, 53129 Bonn  
Tel. 0228 / 9 23 79 0  
Fax 0228 / 9 23 79 29  
eMail bine@fiz-karlsruhe.de  
Internet: www.bine.info