



[IÖR-pdf-Download](#)

Szenarien der Rohstoff- und Flächeninanspruchnahme für das Bauen und Wohnen 2025

Clemens Deilmann

Erstveröffentlicht in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden,
53 (2004) Heft 1-2

(Für die hier als Download zur Verfügung gestellte Version wurde der Artikel geringfügig überarbeitet.)

Szenarien der Rohstoff- und Flächeninanspruchnahme für das Bauen und Wohnen 2025

Im Rahmen der Forschung zu einer nachhaltigkeitsorientierten Raumentwicklung stützt sich das IÖR auf den Ansatz der bedürfnisfeldorientierten Stoffstromanalyse. Häuser, Lebensmittel und andere Güter sowie Dienstleistungen werden von Menschen auf Grund ihrer Bedürfnisse nachgefragt. Die Bedürfnisse der Menschen lassen sich in verschiedene Felder, wie Mobilität, Arbeit, Kultur und Bildung, Gesundheit, Bauen und Wohnen, Ernährung, aufteilen. Die wirtschaftlichen Aktivitäten für Herstellung, Vertrieb und Entsorgung der notwendigen Angebote für diese Bedürfnisfelder verursachen Rohstoffinanspruchnahme und Umweltbelastungen. Untersuchungen, die die mit diesen Aktivitäten verbundenen Stoffströme sowohl als Input- als auch als Output-Strom analysieren, nennt man bedürfnisfeldorientierte Stoffstromanalysen.

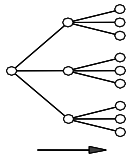
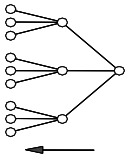
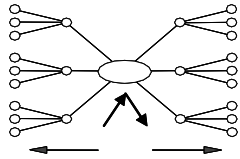
	Betrachtung		
	stoffbezogen	produktbezogen	bedürfnisfeldbezogen
			
Betrachtungsgegenstand	Stoffe u. deren Verbreitung durch techn. und natürliche Systeme	Endprodukt und dessen Produktlinie	reale Einflüsse des Bedürfnisfeldes auf umweltrelevante Stoffströme
Betrachtungsrichtung	stromabwärts - down stream	stromaufwärts - up stream	down und up stream

Bild 1: Betrachtungsrichtungen der Stoffstromanalysen [1]

Diese gehen über die umweltmediale und einzelstoffbezogene Umweltbetrachtung hinaus in Richtung systemarer Stoffdarstellungen: Während produkt- oder unternehmensbezogene Methoden wie Produktökobilanzen oder Öko-Audit detaillierte Ergebnisse zu einzelnen Produkten bzw. Betrieben liefern, schaut die bedürfnisfeldorientierte Stoffstromanalyse auch auf die hinter den Produkten liegende Nachfrageseite. Sie verbindet Effizienz- und Suffizienzdiskussion [2]. „Im Beispielfeld „Bauen und Wohnen“ zeigen sich die Wechselwirkungen zwischen

Umweltbeeinflussung und Lebensstilen, sozialen Strukturen und Bedürfnissen, Angebots- und Konsumgewohnheiten“ [3].

Der Ansatz bedürfnisfeldorientierter Stoffströme ist wie kein anderer dazu geeignet, das Beziehungsgeflecht zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten zu verdeutlichen.

Strukturtypen der Wohnbebauung

Die städtische Lebensweise hat in ihrem geschichtlichen Verlauf eine Vielzahl von Produkten für das Bedürfnisfeld Wohnen hervorgebracht. Treibende Kraft ist die Nachfrage. Um sich ein Bild von den Produkten der gebauten Umwelt vor allem im Hinblick auf die wichtigsten Umweltproblemfelder zu verschaffen, sind Gestalt, Funktion, Energie- und Rohstoffinhalte zu analysieren. Zugleich sind Vereinfachungen notwendig. Neben der Gebäudetypologie – einer vereinfachenden Zusammenfassung vieler verschiedener „realer“ Häuser – wird der Strukturtypansatz zur Aufteilung des Wohnungsbestandes in typische Bebauungsformen angewendet [4, 5, 6]. So lässt sich der Gebäudebestand charakterisieren und mit Hilfe statistischer Hochrechnungen abbilden.

Das IÖR hat in den vergangenen 10 Jahren eine erhebliche Kompetenz in der Anwendung von Strukturtypen zur Charakterisierung der Bebauung entwickelt: ARLT ET AL. [6] haben in ihrer Forschung zu „Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Bodenversiegelung und Bodenpreis“ alle kreisfreien Städte entlang sechs städtebaulicher Strukturtypen beschrieben und analysiert (Maßstabsebene 1:25.000). HEBER, LEHMANN [7, 8] liefern einen Ansatz zur Einschätzung von „Versiegelung und Entsiegelungspotenzialen für Wohn- und Gewerbeflächen“ (Maßstabsebene 1:10.000 bis 1:1000) mit über 18 Strukturtypen der Bebauung. DEILMANN ET AL. [9] haben zur „Erfassung der Stoffströme unterschiedlicher Wohnbebauung“ (Maßstabsebene 1:1000) zehn Bebauungstypen bestimmt (www.ioer.de/NAWO). Auch bei der bebauungsstrukturellen Gliederung von IWANOW, EICHHORN für Dresden – im „Rechenprogramm zur kommunalen Wohnungsnachfrageprognose“¹ – werden über den Stadtstrukturtypenansatz die Bestandsentwicklung und die Wohnungsnachfrage präzisiert. Weitere Anwendungen finden sich im EU-Projekt PAYT und im UBA-Projekt BASiS-2. Mit dem Stadtstrukturtypenansatz lässt sich die Physiognomie der Stadt beschreiben. Darauf aufbauend können Energie-, Rohstoff- und Flächeninanspruchnahme des Bauens und Wohnens prognostiziert werden. Diese Indikatoren lassen sich auf Grund der Feinkörnigkeit der eingegebenen bautechnischen Daten weiter ausdifferenzieren.

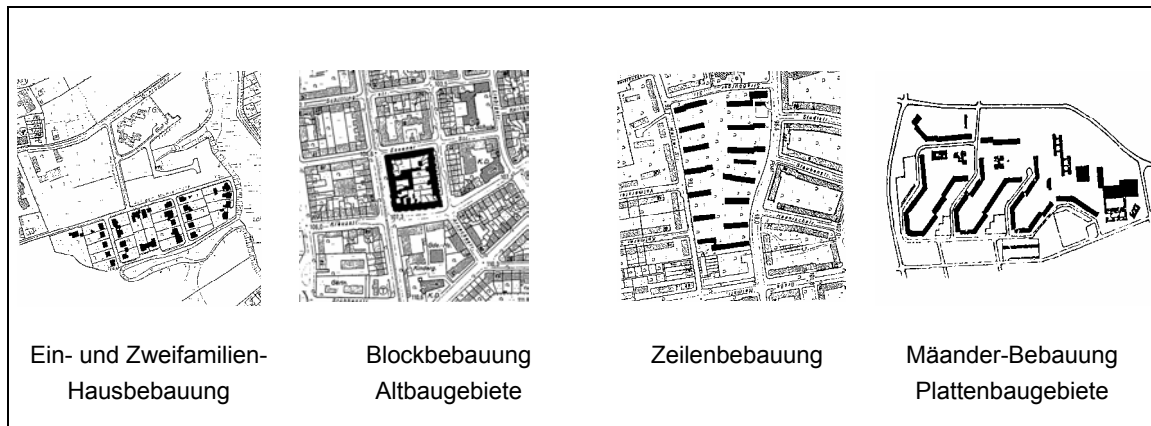


Bild 2: Beispiele unterschiedlicher Strukturtypen der Wohnbebauung (IÖR)

Szenarioannahmen für das Bauen und Wohnen 2025 im Rahmen des Modells BASiS-2

In den vergangenen Jahren hat das Öko-Institut Darmstadt in Zusammenarbeit mit der TU Dresden und dem IÖR das Software-Programm BASiS-2 im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt. Das Modell nutzt Ergebnisse empirischer Analysen von Stoffströmen und Flächeninanspruchnahme für Wohngebäude einschließlich stadttechnischer wohngebietsinterner Infrastruktur (bottom up) sowie statistische Daten (top-down). Mit Hilfe eines Szenarioeditors, der Teil des Programms ist, lassen sich verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten des Wohnungsbestandes simulieren. BASiS 2 ist ein nationales Bilanzierungswerkzeug, das entwickelt wurde, um Umweltentlastungspotenziale für das Bedürfnisfeld Bauen zu ermitteln und daraus Handlungsalternativen für ein nachhaltig umweltverträgliches Bauen und Wohnen aufzuzeigen. Es ist ein „tool to talk“. Dies bedeutet, dass relevante Akteure des Bauens und Wohnens auf Bundes- und Länderebene direkt mit eingebunden werden sollten, um die Umwelteffekte denkbarer Pfade der zukünftigen Siedlungsentwicklungsszenarien aufzuzeigen und zu diskutieren. In diesem Diskussionsprozess können die Akteure Wirkungen des eigenen politischen Handelns unmittelbar „erfahren“.

Das Berechnungsmodell BASiS-2 besteht aus sieben Hauptkomponenten:

- Wohnungsnachfrage (Haushalte und Bevölkerung, Prognosen zur zukünftigen Nachfrage und Entwicklung)
- Regionaltypen (differenziert in Agglomerationsräume, Suburbane Räumen und Ländliche Gebiete)
- Stadtstrukturtypen (charakteristische Formen der Wohnbebauung)
- Technische Infrastruktur (Bauelemente, Netzstrukturen)

- Gebäudetypen (Repräsentanten von Altersklassen, Technologien und Design)
- Bauelemente (Datenbank mit Bauprodukten und Gewichtung entsprechend ihrer Marktanteile)
- Ressourcen (inkl. Effekte der vorgelagerten Prozessketten, GEMIS Gesamtemissionsmodell integrierter Systeme 4.0)

Auf Grund des integrativen Charakters des Modells (von der Bevölkerungsentwicklung bis zum Bauprodukt) ist es möglich, den Ressourcenverbrauch für Wohnzwecke nach verschiedenen Rohstoffgruppen (Holz, Erze, Steine, Sande) oder Branchen (Betonindustrie, Aluminiumindustrie etc.), nach relevanten Emissionen (wie CO₂, SO₂ etc.) auszuwerten und die zukünftige Flächeninanspruchnahme (neues Bauland, Brachen, Nachverdichtung) abzuschätzen. BASiS-2 erlaubt darüber hinaus die Isolierung spezifischer Entwicklungsfaktoren, um z.B. verschiedene Bebauungsmuster oder Effizienzscenarien der Bautechnologie in ihrer Relevanz auszuloten.

Um die Entwicklung des Wohnungsbestandes bis 2025 abzubilden, wurden im Rahmen des UBA-Projektes beispielhaft zwei Szenarien geschrieben. In einem intensiven Dialog mit Experten der Stadtplanung und Wohnungswirtschaft wurden Annahmen zur Entwicklung wichtiger Merkmale getroffen (s. u.). Diese mussten mit Daten für 2025 hinterlegt werden. Hierzu wurden zwei weitere, mit externen Fachleuten besetzte, Workshops zu den Themen „Wohnungsprognosen“ sowie „Ressourcen- und flächenschonendes Bauen und Wohnen“ durchgeführt. Ziel war es, zwei deutlich unterschiedliche Szenarien aufzustellen, um die Bandbreite der denkbaren Entwicklungen und die entsprechend unterschiedlichen Entwicklungen der Umweltbelastungen zu verdeutlichen. Beiden Szenarien wurden vergleichbare demographische und gesamtwirtschaftliche Entwicklungen zu Grunde gelegt. Es würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen, die Annahmen im Einzelnen darzustellen [10]. Daher werden im Folgenden nur drei Aspekte, die die Entwicklung der Bestandsstruktur betreffen, vorgestellt: Die Verteilung des Neubaus auf die Raumtypen³ (Tab. 1), Anteil Innenentwicklung zu Außenentwicklung und Energetische Standards im Neubau (Tab. 2).

Tab. 1: Verteilung des Neubaus auf die Raumtypen

Annahmen Raumtypen	Referenz-Szenario Bundesländer		Nachhaltigkeits- Szenario Bundesländer	
	Alt	Neu	Alt	Neu
	Kernstädte	21%	18 %	35 %
Erw. suburb. Raum	56 %	46 %	43 %	30 %
Ländlicher Raum	23 %	36 %	22 %	30 %
Erläuterung	Ableitung nach Daten Wohnungsprognose BBR/IÖR		Forcierte Revitalisierung, Suburbanisierung verlangsamt	

Tab. 2: Innen- vor Außenentwicklung und energetische Standards im Neubau

Annahme Aspekt	Referenz-Szenario alle Bundesländer	Nachhaltigkeits-Szenario alle Bundesländer
Annahmen Innen/Außen	Kein Anstieg des aktuellen Anteils der Innenentwicklung 30 %, konstant	Anstieg des Anteils Innenentwicklung auf 75 % bis 2010, anschließend konstant
<i>Erläuterung</i>	<i>Quelle: BBR Baulandumfrage 97/98</i>	<i>Konsequente Ausschöpfung der theoretischen Potenziale (difu/Exwost)</i>
Energetische Standards	Ab 2002 Niedrigenergiehausstandard Bis 2025 Anstieg auf 5 % Passivhausbau/a	bis 2025 Anstieg auf 35 % Passivhäuser/a
<i>Erläuterung</i>	<i>Energiesparverordnung in Kraft</i>	<i>Verstärkte politische Initiativen, wirtschaftliche Etablierung der Passivhausbauweise</i>

Ergebnisse der Szenarien 2025 für Wohnfläche, Netto-Wohnbauland, ausgewählte Stoffströme und CO₂-Emissionen

Die Ergebnisdarstellung dieses Abschnittes basiert auf den zwei durch Expertenrunden definierten Szenarios. Der Anwender von BASiS-2 kann aber auch eigene Szenarioannahmen treffen.

In der nachfolgenden Grafik (Bild 3) ist die Entwicklung der gesamten Wohnfläche bis zum Jahr 2025 aufgeführt. Ausgehend von 3.200 Mio. m² im Jahr 2000 wird im Referenzszenario die Wohnfläche auf 3.900 Mio. m² und im Nachhaltigkeitsszenario auf 3.800 Mio. m² anwachsen. Im Nachhaltigkeitsszenario werden deutlich mehr innerstädtische Brachen zu Wohnflächen umgenutzt und es wird weniger auf der „grünen Wiese“ gebaut. „Wird sowohl für das Jahr 2000 als auch für das Jahr 2025 von rund 82,5 Mill. Einwohnern in Deutschland ausgegangen, steigt die durchschnittliche Pro-Kopf-Wohnfläche von 39,2 m² im Jahr 2000 auf 47,7 m² (Referenz-Szenario) bzw. 46,2 m² (Nachhaltigkeitsszenario) bis zum Jahr 2025 weiter an.“ Beachtenswert an dieser Aussage aus dem Endbericht [10] ist der kaum nennenswerte Unterschied der beiden Szenarien bezüglich der Wohnflächeninanspruchnahme. Daran wird deutlich, dass das Nachhaltigkeitsszenario kein einseitiges Verzichtsszenario ist.

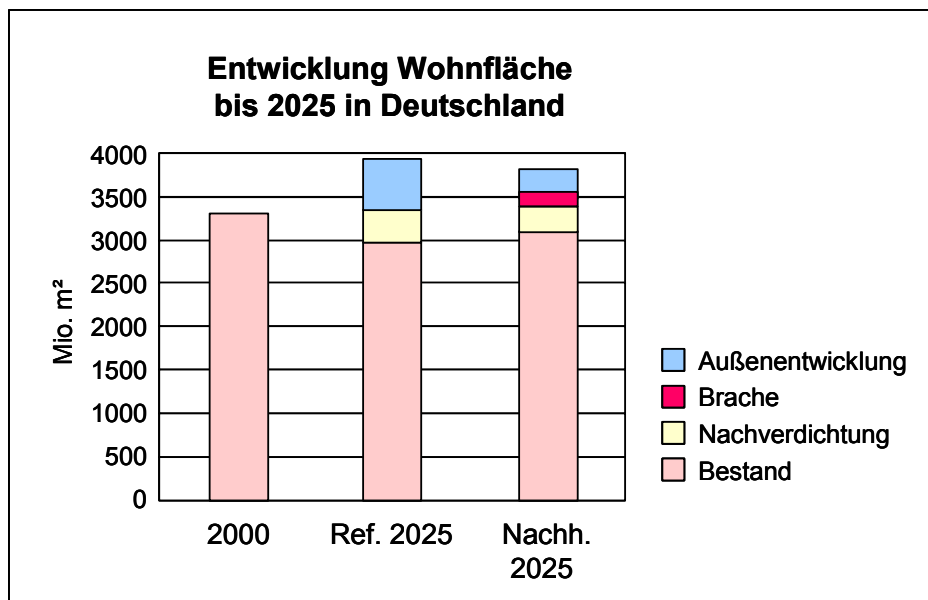


Bild 3: Wohnfläche 2000 und 2025 im Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario [10]

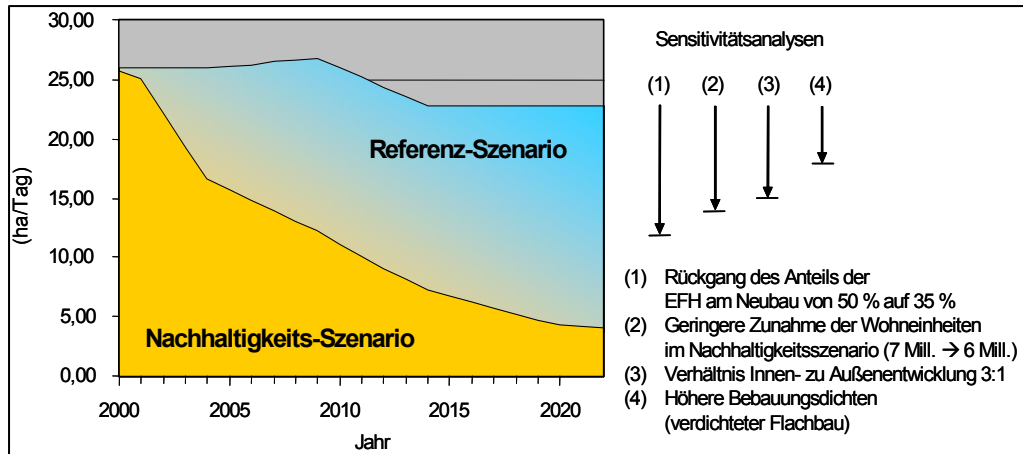


Bild 4: Verlangsamter Zuwachs der Flächenneuanspruchnahme für Bruttowohnbaufläche im Nachhaltigkeitsszenario (IÖR-eigene Sensitivitätsanalyse)

Deutlich zeigen sich die Unterschiede der Szenarien erst an der Neuanspruchnahme von Flächen für Wohnbaufläche (Bild 4). Die Grafik bildet dabei nicht die Flächen für Verkehrs- und Siedlungszwecke insgesamt ab, sondern nur das Bruttowohnbaufläche (wohngebietsinterne Erschließungsfläche und Nettowohnbaufläche ohne öffentliche Grünflächen oder Ausgleichsmaßnahmen). In dieser Differenz zwischen Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario liegt der Handlungsspielraum der Kommune, den es unter der Zielsetzung einer verstärkten Innenentwicklung zu erschließen gilt.

Die erzielten Effekte der Reduktion zusätzlicher Flächenanspruchnahme im Nachhaltigkeitsszenario sind im Wesentlichen auf veränderte Eingangswerte folgender Faktoren bzw. Maßnahmen zurückzuführen:

- Mehr Mehrfamilienhausbau, weniger Einfamilienhäuser ,
- Verstärkte Bestandsnutzung, weniger Neubau,
- Konsequente Ausnutzung von Innenentwicklungspotenzialen,
- Erhöhung der Bebauungsdichte im Neubau.

Die aufgeführten Faktoren und Maßnahmen stehen in einem engen Beziehungsgeflecht. Wird z.B. mehr in Kernstädten anstatt im ländlichen Raum gebaut, so ist aufgrund höherer Bodenpreise anzunehmen, dass sowohl dichter gebaut wird und dass gleichzeitig der Mehrfamilienhausanteil ansteigt, etc. Trotz dieser Beziehungsgeflechte zwischen den Faktoren erscheint eine isolierte Betrachtung der Wirkung von Einzelfaktoren sinnvoll, um Akteuren ein Gefühl für die mögliche Wirkung dahinter stehender steuerungs-politischer Instrumente zu geben. Zur Veranschaulichung dessen wurden mit Hilfe des Softwaretools BASiS-2 vier

Simulationsrechnungen durchgeführt, innerhalb derer das Annahmengerüst des Referenzpfades jeweils unverändert übernommen wurde, mit Ausnahme eines jeweils isolierten Faktors, für den die Annahmen aus dem Nachhaltigkeitspfad eingesetzt wurden. Dabei konnten deutliche Unterschiede der Wirkmächtigkeit der einzelnen Stellschrauben auf die theoretisch berechnete zusätzliche tägliche Flächeninanspruchnahme ermittelt werden.

Die Ergebnisse (Bild 4) machen deutlich, dass mit einem Wechsel der vorherrschenden Bauform, d.h. weniger Einfamilienhausbaus hin zu mehrfamilienhausähnlichen Bauformen innerhalb der von Experten und Akteuren eingeschätzten realistischen Margen ein bedeutender Beitrag zur Reduktion zukünftiger Flächeninanspruchnahme geleistet werden kann. Die stärkste Wirkung insgesamt geht von Strategien aus, die auf Innenentwicklung ausgerichtet sind, indem sie auf eine stärkere Nutzung des Gebäude- (2) und des Flächenbestandes (3) abzielen. Dagegen sind mit einer Erhöhung von Bebauungsdichten innerhalb bestehender Strukturen(4) nur relativ geringe Entlastungspotenziale verbunden.

Betrachtungen dieser Art können helfen, den erforderlichen Akteursdialog anzuregen und die Wahrnehmung für eine nachhaltig umweltverträgliche Entwicklung zu schärfen.

In Bild 5 wird darüber hinaus deutlich, wo aus raumstruktureller Sicht die Flächeninanspruchnahme reduziert werden kann. Betrachtet man die Reduktionspotenziale, so kommt es auf Mittel- und Kleinstädte sowie den ländlichen Raum an, ob die Nachhaltigkeitsziele erreicht werden können.

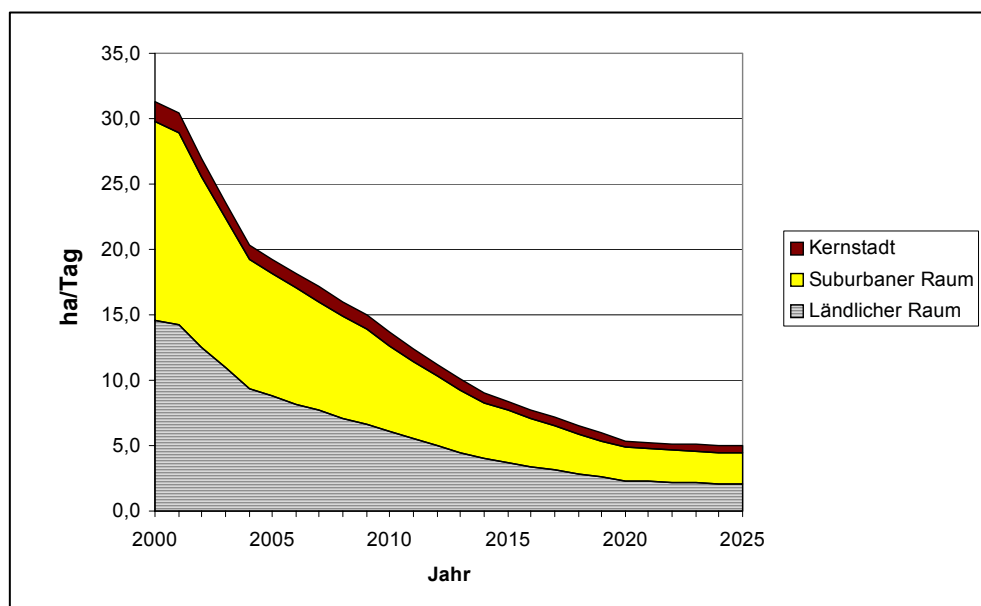


Bild 5: Nachhaltigkeitsszenario: Flächeninanspruchnahme (Nettowohnbauland und Verkehrserschließungsfläche) in ha/Tag durch Außenentwicklung in Deutschland

Das Programm BASiS-2, mit dem diese Ergebnisse generiert werden, ist aber vor allem als Stoffstrommodell konzipiert, d. h., Flächenbilanzen sind eher ein Nebenprodukt des ursprünglichen Forschungszieles. In der Stoffstromanalyse kann das Programm über die Kopplung an die GEMIS-Datenbank die zukünftige Bautätigkeit nach Bauproduktgruppen und einzelnen Rohstoffen sowie der CO₂-Emission auswerten.

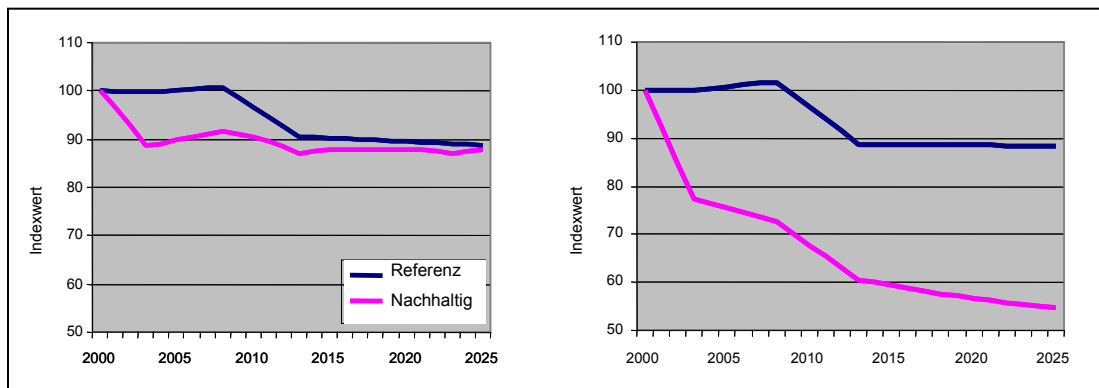


Bild 6: Indices der Wohnungsbauentwicklung auf die Holz- (linke Grafik) und die Betonindustrie (rechte Grafik) (Jahr 2000 = 100) (IÖR-eigene Berechnung)

Die Effekte der Wohnungsbautätigkeit auf die Branche der Beton- bzw. Holzindustrie (Bild 6) kann exemplarisch die Leistungsfähigkeit des Programms BASiS-2 für die Einschätzung künftiger Bauaktivitäten verdeutlichen. Die Entwicklung der Bebauung und der Bautechniken wird die Branchen unterschiedlich betreffen. So muss in der Zukunft von einem deutlich stärkeren Rückgang der Nachfrage nach Betonprodukten als nach Holzprodukten ausgegangen werden. Ursächlich dafür sind ein Zuwachs des Anteils von Holzhäusern am Neubau allgemein und die stärkere Bestandspflege.

Bei der Entwicklung der CO₂-Emission bis 2025 wurde die wärmetechnische Sanierung des Gebäudebestandes, die Beheizungsstruktur und neue Standards beim Neubau berücksichtigt. Sowohl im Referenz- wie im Nachhaltigkeitsszenario wurde von einem moderaten Anstieg der Passivhausbauweise bis 2025 ausgegangen. Im Referenzszenario werden 5% der Neubauten Passivhäuser sein. Im Nachhaltigkeitsszenario wird der Anteil der Passivhäuser am Neubau um jährlich 3 % steigen und im Jahr 2025 eine Quote von 35 % erreichen.

„Insgesamt (Summe der CO₂-Emission aus den Teilbereichen Heizung, Neubau und Instandhaltung von Infrastruktur, Neubau, Sanierung und Instandhaltung der Wohngebäude) sinkt im Nachhaltigkeitsszenario der jährliche Ausstoß an CO₂ bis 2025 auf 109 Mio. Tonnen. Im Vergleich zum Ausgangsjahr 2000 (227 Mio.t/a) bedeutet dies eine Reduzierung um über 50%“ [10] (Bild 7). In Sensitivitätsstudien zeigte sich als wesentliche Stellschraube für die Reduzierung der CO₂-Emission die

Veränderung der Heizungsstruktur (Ausbau von Erdgas, Biomasse, Fern- und Nahwärme) und der Nachdämmung des Gebäudebestandes.

Eine ausführliche Diskussion der Forschungsergebnisse und eine detaillierte Darstellung der Szenarien und Szenareten ausgewählter Teilgebiete kann dem Endbericht des o. g. Projektes entnommen werden.

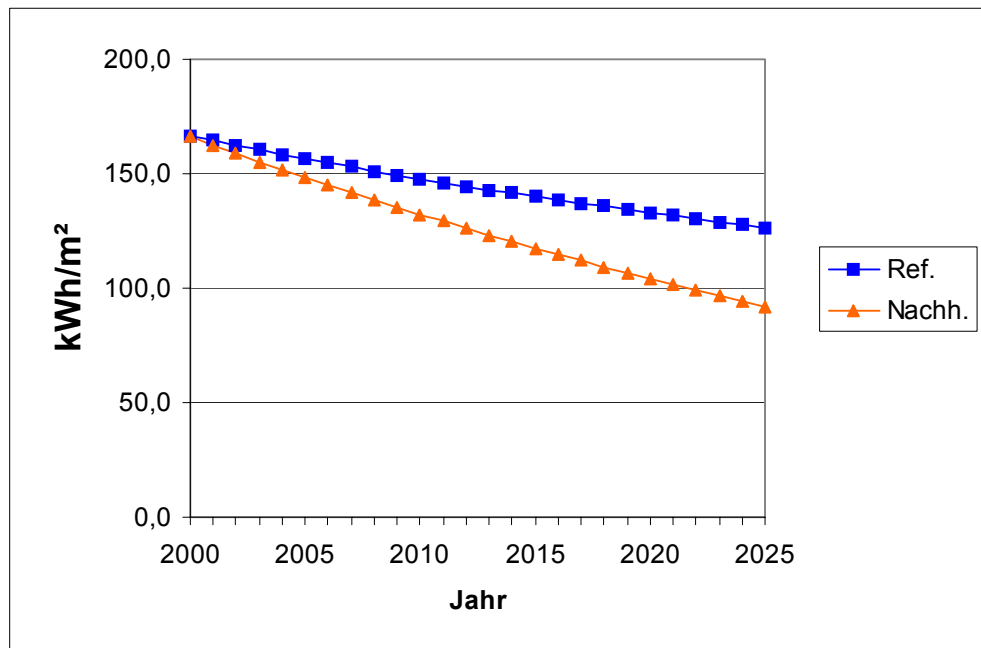


Bild 7: Spezifischer Nutzwärmebedarf der Wohngebäude in Deutschland

Die Nutzung des Programms zur „Befragung“ über künftige Entwicklungen ist nicht nur für Wohnungswirtschaft und Stadtplanung, sondern auch für die Verbände der Bauindustrie interessant.

Literatur

- [1] *Gruhler, K.; Deilmann, C.:* Ökobilanzierung im Kontext planerischer Interessen – Bewertungsverfahren für Bauprodukte. IÖR-Schriften 31. Dresden: IÖR, 1999, S. 13, Bild 4
- [2] *UBA (Umweltbundesamt):* Bauen und Wohnen – Bedürfnisse und Stoffströme. Berlin: UBA, 1999
- [3] *Konzept Nachhaltigkeit:* Konzept Nachhaltigkeit – vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlußbericht der Enquete-Kommission... des 13. Deutschen Bundestages. Bonn: Deutscher Bundestag, 1998
- [4] *Duhme, F.; Pauleit, St.:* Stadtstrukturtypen – Bestimmung der Umweltleistungen von Stadtstrukturtypen für die Stadtplanung. In: Raumplanung **4** (1999), S. 33-44
- [5] *Arlt, G. et al.:* Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Bodenversiegelung und Bodenpreis. IÖR-Schriften 34. Dresden: IÖR, 2001
- [6] *Gruhler, K. et al.:* Stofflich-energetische Gebäudesteckbriefe – Gebäudevergleiche und Hochrechnungen für Bebauungsstrukturen. IÖR-Schriften 38. Dresden: IÖR, 2002
- [7] *Heber, B.; Lehmann, I.:* Stadtstrukturelle Orientierungswerte für die Bodenversiegelung in Wohngebieten - ... IÖR Schriften 05. Dresden: IÖR, 1993
- [8] *Heber, B.; Lehmann, I.:* Beschreibung und Bewertung der Bodenversiegelung in Städten... IÖR-Schriften 15. Dresden: IÖR, 1996
- [9] *Deilmann, C. et al.:* Nachhaltige Entwicklung des Wohnungsbestandes in sächsischen Groß- und Mittelstädten. ... Endbericht. Forschungsbericht. Dresden: IÖR, 2001
- [10] *UBA (Umweltbundesamt):* Stoffflussbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung – Verknüpfung des Bereiches Bauen und Wohnen mit dem komplementären Bereich „Öffentliche Infrastruktur“. Endbericht. Berlin: UBA, 2004