

Jahresbericht 2001, 24. Januar 2002

Projekt

Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen

Autor und Koautoren	M. Jakob, E. Jochem, K. Christen, P. Stocker
beauftragte Institution	PSI, CEPE, ETH-HBT
Adresse	CEPE, ETH Zentrum WEC, 8092 Zürich
Telefon, E-mail, Internetadresse	01 632 06 53, martin.jakob@cepe.mavt.ethz.ch , www.cepe.ethz.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	
Dauer des Projekts (von – bis)	Januar 2001 – Mai 2002

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Kosten und Nutzen von energetischen Effizienzinvestitionen im Bereich Wohngebäude (insbesondere Wärmeschutzinvestitionen) in Funktion der zunehmenden Energieeffizienz berechnet, und zwar für Neubauten wie auch für Erneuerungen und für Einfamilien- wie auch für Mehrfamilienhäuser. Diese Effizienzinvestitionen der verschiedenen Effizienzstufen umfassen vorwiegend die Gebäudehülle und Lüftungsanlagen und haben zum Ziel, den Heizenergiebedarf der Gebäude sukzessive zu reduzieren. Der abgedeckte Bereich erstreckt sich von der heutigen Erneuerungs- und Neubauweise über den Minergiestandard bis zum Passivhausäquivalent. Die Kosten-Nutzenzusammenhänge wurden auf der Ebene der einzelnen Bauteile, individueller Gebäude und der gesamten Schweiz dargestellt. Auf der betriebswirtschaftlichen Ebene wurden die Grenzkosten nach dem Durchschnittskostenansatz und auf der energiewirtschaftlichen Ebene nach dem reinen Grenzkostenansatz berechnet. Das Erheben der empirischen Daten, insbesondere der Kostendaten, aber auch zur heutigen Neubau- und Erneuerungsweise, die diesen Berechnungen zugrunde liegen, war ein integrierter und wichtiger Bestandteil des Projekts. Die Kosten wurden für die einzelnen Bauteile (Wand, Dach, Fenster) direkt bei Unternehmen erhoben. Die Investitionen wurden mittels Annuitätenmethode auf Jahreskosten umgerechnet. Den Grenzkosten wurde hierauf in einem ersten Schritt die Nutzen der vermiedenen Wärmekosten gegenüber gestellt und in einem zweiten Schritt die sogenannten Co-Benefits, die mit den untersuchten Effizienzinvestitionen erreicht und zum Teil privat oder als Gesellschaft realisiert werden. Zu deren Quantifizierung wurden Methoden entwickelt und für einige typische Fälle angewendet; hinzu kommen die vermiedenen externen Kosten.

Die Grenzkosten wurden für den gegenwärtigen Kostenstand wie auch für künftige Zeiträume berechnet. Für letztere wurden die Kosten der Effizienzinvestitionen weiter aufgeschlüsselt und gemäss ihrem innovativen Anteil mittels der Methode des technological learnings (Lern- und Skaleneffekte) dynamisiert. Zur Berechnung der gesamtschweizerischen Grenzkostenkurven wurde ein energie- und gebäudewirtschaftliches Szenario für die nächsten Jahrzehnte entwickelt, wobei auch die Referenznebauweise und das Erneuerungsverhalten dynamisiert wurden.

Inhaltlich bleibt festzuhalten, dass das zu erschliessende Energieeffizienzpotential von Wärmeschutzmassnahmen an Gebäuden gross ist, sowohl bei Erneuerungen wie auch bei Neubauten. Dieses Potential liegt zu einem grossen Teil im Bereich der Wirtschaftlichkeit, dies um so mehr, wenn mögliche Risiken der Energiepreissteigerungen, die begleitenden Nutzen (betriebswirtschaftlichen Ebene) bzw. die vermiedenen externen Kosten und der Nutzen der induzierten Innovation, zusätzlichen Exportmöglichkeiten und Beschäftigungseffekte (volkswirtschaftliche Ebene) miteinbezogen werden.

Projektziele

Ziel des Projekts ist es, den **Grenzkostenverlauf** bei zusätzlichen Energie-Effizienzinvestitionen in Wohngebäuden zu bestimmen, und zwar für den heutigen Zeitpunkt sowie für den Zeitraum der kommenden zwanzig bis dreissig Jahre. Dieser soll als Grundlage für die Simulation möglicher Realisierungspfade der Energieeffizienzpotenziale in energiewirtschaftlichen Modellen dienen sowie für energie- und klimapolitische Massnahmen der Verwaltung oder als Informationsbasis für die Immobilienbranche genutzt werden können. Ein zentrales Ziel des Projekts ist dabei, diesen Grenzkostenverlauf für zusätzliche Energieeffizienzinvestitionen (Wärmedämmung, Fenster, Lüftung, Heizung) empirisch breit und repräsentativ abzustützen und die Unsicherheiten der heutigen diesbezüglichen Kosteninformationen zu verringern. Der neueste Stand der technisch verfügbaren Möglichkeiten, der Baukonzeption und -durchführung soll dabei wiedergegeben werden. Dabei kommen neuste Berechnungsverfahren zur Kostenermittlung zur Anwendung. Auf diese Weise soll auch erreicht werden, dass neben dem Bedarf energiewirtschaftlicher Analysen die Akteure des Immobilienmarktes einen genaueren Einblick in diese Kosten- und Nutzenzusammenhänge erhalten und nach Möglichkeit für eine differenzierte Information ihres Zielpublikums nutzen können.

Die neuen Technologien, Werkstoffe, Bearbeitungsverfahren und Baukonzepte, die künftig im Bereich Gebäudehülle oder Heiztechnik zur Anwendung kommen könnten, werden hinsichtlich der zum Teil erheblichen **Lernpotenziale oder den Potenzialen der Serienfertigung** und der damit möglichen Kostenreduktionen untersucht, da diese in den kommenden 10 bis 20 Jahren von erheblicher energiewirtschaftlicher und klimapolitischer Bedeutung sein könnten. Schließlich haben zusätzliche Energieeffizienzinvestitionen an Wohngebäuden häufig nicht nur einen energetischen Nutzen, sondern auch andere **begleitende Nutzen (Co-Benefits)**, die für die Akzeptanz der Investitionsmassnahmen eine wichtige Rolle spielen können (z. B. höherer Wohn- und Bedienungskomfort, Lärmschutz, zusätzliche Sicherheit). Auch hier liegen nur in Ansätzen monetarisierte Werte dieser Co-Benefits vor, um eine gesamtheitliche Bewertung bei energiewirtschaftlichen Analysen und im Immobilienmarkt zu ermöglichen. Die Kosten (und Nutzen) sollen so differenziert und transparent dargestellt sein, dass sie einerseits die Vielfalt bestehender Gebäude und möglicher Energieeffizienz-Investitionen und Baukonzepte reflektieren, andererseits für neue Erkenntnisse zu Einzelkosten (oder Einzelnutzen) oder für veränderte Annahmen (Zinssatz, Abschreibungsdauer) entsprechende Korrekturen ermöglichen. Dies bedeutet die Entwicklung einer möglichst standardisierten und flexiblen Kostenberechnungsmethodik.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Zum Projektstart Ende 2000 wurde ein Projektkonzept zu einigen Punkten zu den empirischen Erhebungen erarbeitet [1] und zu Beginn des Berichtsjahres 2001 der Gebäudebestand hinsichtlich der energetischen Aspekte und der Kosten der energetischen Effizienzmassnahmen gegliedert [2]. Erste grobe Erhebungsergebnisse wurden zuhanden der Projektbegleitgruppe in einem Inputpapier festgehalten [3] und bestimmten die weiteren Erhebungen bei Herstellern, Bauökonomern und Bauunternehmen mit. Die Erhebungen, deren Auswertung und Interpretation wurden im Entwurf des Schlussberichts beschrieben und dokumentiert [4].

Mittels Direkterhebungen bei Unternehmen wurden Preisinformationen zu Fassaden- und Dachdämmungen in Funktion der Dämmstärke, Glas- und Fensterpreisen in Funktion der energietechnischen Kennwerte sowie von Lüftungsanlagen in Funktion ihres Typs und der energetischen und lüftungstechnischen Effizienz erhoben, und zwar für den Anwendungsfall Neubau und Gebäudeerneuerung, siehe dazu als Beispiel in Abbildung 1 die Mehrkosten der hinterlüfteten Fassaden in Funktion zunehmender Dämmstärken.

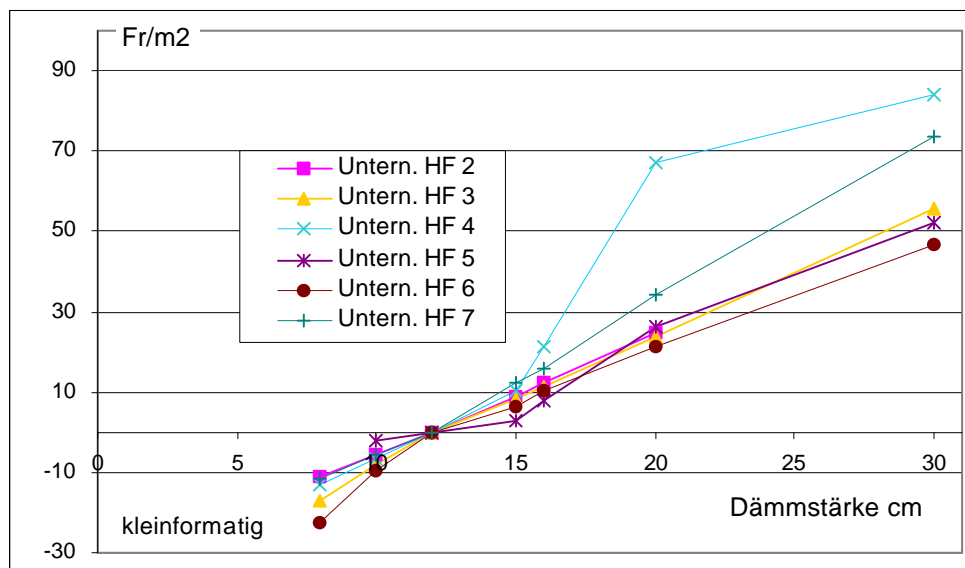


Abbildung 1 Mehrinvestitionskosten der kleinformigen Faserzementfassade gegenüber der Referenzdämmstärke 12 cm

Gemäss der in [4] beschriebenen Methodik zur Bestimmung der Grenzkosten mit Preisstand 2001 wurden hierauf

- die energetische Wirkung der einzelnen (vorwiegend baulichen) Effizienzmassnahmen bestimmt,
- die Investitionskosten mittels Annuitätenmethode in Jahreskosten umgerechnet,
- daraus die Grenzkosten des sukzessive verminderten Nutzenergiebedarfs bestimmt und
- einzelne investive Massnahmen aufgrund ihrer spezifischen Grenzkosten zu Massnahmenbündeln zusammengefasst.

Einen entscheidenden Einfluss auf die spezifischen Grenzkosten hat die Definition des Referenzfalls sowie die angewendete Berechnungsmethodik.

Energetische Referenzneubau- und Erneuerungsweise

Die Referenzneubauweise und das Referzerneuerungsverhalten war einerseits bzgl. energetischer und bautechnischer Merkmale auf Ebene Bauteil/Gebäude für typische Fälle zu charakterisieren und andererseits war die quantitative Relevanz, also der gesamtschweizerische Häufigkeit dieser Fälle zu bestimmen. Dazu wurden nebst dem Zurückgreifen auf bestehende Publikationen und Statistiken auch Primärerhebungen durchgeführt. Namentlich wurden Energienachweise bei Bauverwaltungen und das Lärmprogramm des Kantons ZH ausgewertet, um für Parameter wie spezifische Energiebedarfe oder Gebäudehüllenziffern nicht nur einen Durchschnittswert, sondern auch eine Verteilung zu erhalten. Im Bereich der bestehenden Gebäude konnten ausserdem Informationen über bauphysikalische Problemfälle und Risiken, die mit einer Gebäudeerneuerung verbunden sein könnten, gewonnen werden.

Folgende Referenzfälle werden als relevant betrachtet:

- Neubau: die aktuellen energetischen Vorschriften bzgl. Wärmebedarf der Gebäude
- Erneuerung: zwei Referenzfälle: 1. Instandsetzung (z.B. Putzerneuerung/Fassadenanstrich); 2. energetische Erneuerung (z.B. Fassadendämmung 12 cm).

- Bauteile: Wanddämmungen: 0 cm bzw. rund 12 cm Dämmstärke, Dachdämmungen rund 14 cm Dämmstärke, Fenster: $U\text{-Wert}_{\text{Glas}} = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U\text{-Werte}_{\text{RahmenHolz}} = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U\text{-Werte}_{\text{Kunststoff}} = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Wirtschaftlichkeitsrechnungen

Methodisch wurde eine Diskussion über die Eignung der verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Grenzkosten geführt, wobei man sich auf die dynamischen Methoden beschränkte. Näher betrachtet wurde die Annuitätenmethode und die Kapitalwertbetrachtung. Zunehmend kommt in der Gebäudewirtschaft die Methode des Discounted Cashflows zu Anwendung. Um diese anwenden zu können, müsste jedoch eine Vielfalt von Angaben zu den Kapitalflüssen der Objekte vorhanden sein, welche repräsentativ zu erheben in diesem Projekt nicht möglich war. Zur Anwendung gelangt im Projekt schliesslich die Annuitätenmethode, wobei die Grenzkosten nach zwei Ansätzen berechnet wurden

- Durchschnittskostenansatz (Mehrkosten und –nutzen gegenüber der Referenzneubau bzw. Erneuerungsweise) für Gebäudebesitzer, Immobilienbesitzer und Liegenschaftsverwaltungen,
- reiner Grenzkostenansatz (Mehrkosten und –nutzen gegenüber dem vorangegangenen Effizienzlevel) für die gesamtwirtschaftliche Betrachtung und für energiewirtschaftliche Modelle

Zur Illustration der in diesem Projekt erarbeiteten Resultate sind in Abbildung 2 die Grenzkosten nach dem Durchschnittskostenansatz für verschiedene Bauteile dargestellt.

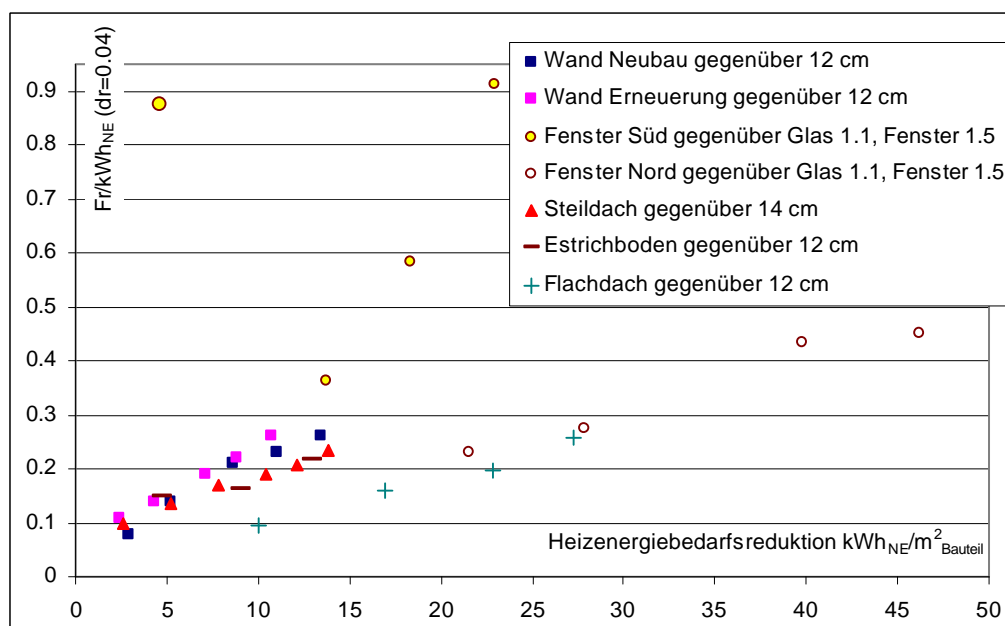


Abbildung 2 Zusammenfassende Darstellung der Brutto-Grenzkosten (Durchschnittskostenansatz) für Erneuerungen (Referenzfall: heute übliche energetische Erneuerungen)

Es zeigt sich, dass der Verlauf der Durchschnittskosten der verminderten Nutzenergie für die meisten opaken Bauteile in etwa gleich ist, d.h. dass pro kWh_{NE} , die sich pro m^2 des betreffenden Bauteils vermindern lässt, mit etwa gleich hohen Kosten zu rechnen ist. Differenzierter sind die Fenster zu betrachten, wo nebst der Verringerung der Transmissionsverluste die energetischen solaren Gewinne mitberücksichtigt werden müssen, so dass sich je nach Orientierung, Verschattung und g-Wert für Fenster mit einem bestimmten U-Wert sehr unterschiedliche Grenzkosten ergeben. Die Werte für die Fenster in Abbildung 2 sollen dies illustrieren, stehen jedoch nicht repräsentativ für die gesamte Schweiz oder für eine optimale Strategie.

Nutzen der vermiedenen Wärmekosten sowie der Co-Benefits

Die oben dargestellten Kosten der Brutto-Grenzkosten des verminderten Nutzenergiebedarfs sind den Grenzkosten der vermiedenen Wärmeerzeugung und Verteilung sowie den Co-Benefits gegenüberzustellen. Die ersteren setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen

- Vermiedene Energiekosten (Energiepreis dividiert durch den jährlichen Nutzungsgrad)
- Vermiedene Unterhaltskosten
- Vermiedene Investitions- bzw. Kapitalkosten der Wärmeerzeugung und –verteilung

Aufgrund der langen Lebensdauer der Effizienzinvestitionen sind bei den Energiekosten mögliche Risiken der Energiepreissteigerung (einschliesslich zusätzlicher Umweltsteuern, z.B. ab 2005 infolge des CO₂-Gesetzes, und Zertifikatspreise, z.B. ab 2008 infolge des Kyoto-Protokolls) miteinzubeziehen. Die möglichen Co-Benefits sowie deren Möglichkeiten zur Quantifizierung sind im Entwurf des Schlussberichts dargestellt [4].

Kosten von energetischen Effizienzmassnahmen für künftige Zeiträume

Bis dato gelangte die Methode der Lern- und Erfahrungskurven vor allem im Bereich der Kraftwerke, energiewandelnden Anlagen und Geräte zur Anwendung. Im vorliegenden Projekt wurde die Methode auf den Bereich der energetischen Effizienzmassnahmen übertragen. Folgende Unterschiede zu bisherigen Anwendungsfeldern der Methode sind zu beachten:

- Die den Lernfortschritt und die Skaleneffekte charakterisierenden Mengen (z.B. m² Glas- oder Fensterherstellung oder Menge an Wärmedämmstoffen) sind empirisch verfügbar und ihr Einfluss auf die Kostendegression für die vergangenen drei Jahrzehnte nachvollziehbar. Die Werte der Degressionskoeffizienten bei Produktionsverdopplung liegen im üblichen Bereich zwischen 0,8 und 0,9, je nach Stand im Innovationszyklus.
- Energetische Massnahmen (insbesondere bauliche) weisen eine vielfältige Kostenstruktur auf. Für die einzelnen Kostenkomponenten mussten unterschiedliche Deflatoren verwendet werden, um die bei den Unternehmen erhobene nominelle Preisentwicklung auf den heutigen Kostenstand umzurechnen bzw. unterschiedliche Kostenreduktionen für die Kostenschätzungen für die kommenden zwei bis drei Jahrzehnte (vgl. Abbildung 3).
- Da die Lern- und Skaleneffekte bei einzelnen Wärmedämmmassnahmen infolge geringer Marktdurchdringung oder /und neuer Techniken (Hochleistungskerndämmung, hocheffiziente Fenster) bei weitem noch nicht ausgeschöpft sind, muss mit weiteren Kostendegressionen je vermiedene kWh Wärmeverluste in allen Gebäudebereichen gerechnet werden.

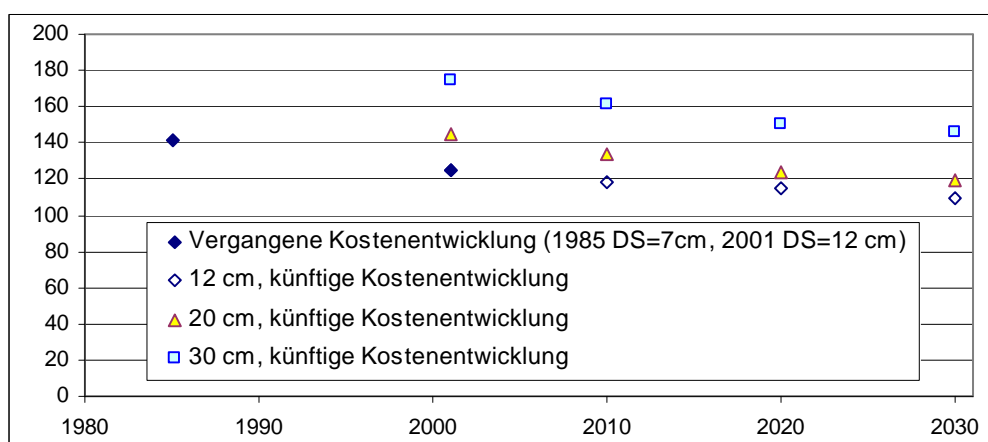


Abbildung 3 Vergangene und künftige Entwicklung der Kosten von Kompaktfassadenwärmedämmungen (Erhebungen und Berechnungen CEPE)

Energiewirtschaftliche Grenzkostenkurven für Wohngebäude in der Schweiz

Nebst den Kosten bildet die Häufigkeit der verschiedenen relevanten Referenzfälle eine wichtige Grundlage für die Berechnung der gesamtschweizerischen Grenzkostenkurven. Basierend auf dem heutigen Kenntnisstand und auf dem Mengengerüst der schweizerischen Energiebezugsflächen sowie der Flächen der einzelnen Bauteile werden die Grenzkostenkurven berechnet, wobei nach Gebäudekategorien, welche den Gebäudetyp (EFH; MFH) und die Bauperiode unterscheidet, gegliedert wird. Innerhalb der Gebäudekategorien wird, sofern notwendig, ausserdem nach der Bauweise differenziert. Im Berichtsjahr wurden die Grenzkostenkurven für die Kategorien EFH der Bauperiode 1900 bis 1960 (siehe Abbildung 4) und MFH-Neubauten berechnet. Der gesamte Heizenergiebedarf der erstgenannten Gebäudekategorie von heute rund 24 PJ_{NE} wird in der Referenzentwicklung innerhalb der nächsten 10 Jahre durch energetische Erneuerungen um rund 1,7 PJ_{NE} verringert. Bis zu Grenzkosten von rund 12 Rp/kWh_{NE} könnte er (innerhalb der nächsten 10 Jahre) um weitere rund 2,0 PJ_{NE} vermindert werden, dies unter der Annahme, dass bei den energetischen Erneuerungen, die ohnehin durchgeführt würden, energetisch weitergehende Lösungen getroffen würden und dass ein Teil der Gebäude, die zur Instandsetzung anstehen, stattdessen auch energetisch erneuert würden (wobei angenommen wurde, dass die Summe der Menge der energetischen Erneuerungen und der Instandsetzungen nicht erhöht würde).

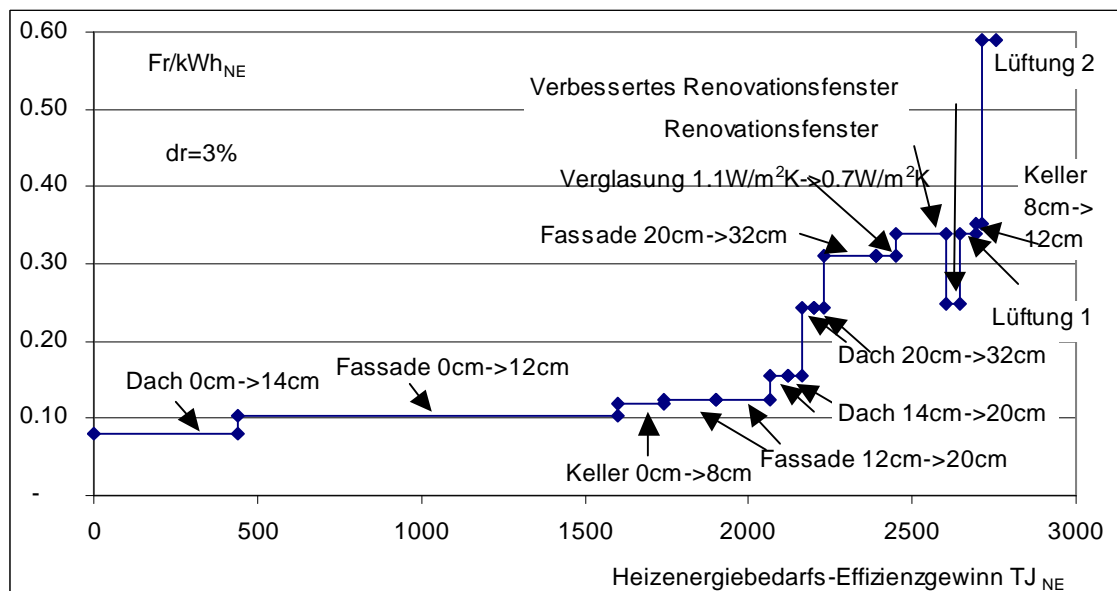


Abbildung 4 Aggregierte gesamtschweizerische Brutto-Grenzkostenkurve des Gebäudebestandes der EFH der Bauperiode von 1900-1960 für die Periode 2001 bis 2010 (ohne vermiedene Wärmekosten, begleitende Nutzen und vermiedene externe Kosten)

Bis zum Projektabschluss werden die Grenzkostenkurven für die übrigen Gebäudekategorien sowie für die künftigen Zeiträume berechnet werden. Zudem werden die Ergebnisse zu den Bruttogrenzkosten jenen zu vermiedenen Kosten der Wärmeerzeugung und -verteilung, den begleitenden Nutzen und den vermiedenen externen Kosten gegenübergestellt; teilweise wird dies nur fallweise und/ oder nur qualitativ möglich sein.

Da das Erneuerungsverhalten insbesondere spezifisch energetischer Aspekte bei Gebäudehülle in der Schweiz wenig dokumentiert und statistisch erfasst ist, wurde vom CEPE ein Ergänzungsprojekt angeregt, um das Erneuerungsverhalten quantitativ zu ermitteln [5].

Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wird von einem Projektteam bearbeitet, welches die zwei *ETH-Institute*, *Centre for Energy Policy and Economics (CEPE)* und das *Institut für Hochbautechnik (HBT)*, sowie das *Paul Scherrer Institut (PSI)* umfasst. In einzelnen Teilbereichen wurde mit weiteren Institutionen des *ETH Bereichs* bzw. der Fachhochschulen zusammengearbeitet, z.B. im Bereich der Lüftungsanlagen mit der *HTA Luzern*, im Bereich der Bauphysik und des energie-effizienten Bauens mit der *EMPA* und der *FHBB*.

Auf der projektbegleitenden Ebene waren nebst dem Bund verschiedene Kantone vertreten, namentlich *ZH, BE, AG, BL, BS, TG* und *VS*.

Die empirischen Erhebungen der Kostendaten sowie der technischen Daten erfolgte in Zusammenarbeit mit Verbänden und Einzelunternehmen, insbesondere dem *Verband der schweizerischen Bauökonominnen (AEC)*, dem *Schweizerischen Fachverband für hinterlüftete Fassaden (SFHF)* und dem *Schweizerischen Verband für Dach- und Wand (SVDW)*. Die Einzelunternehmen sind aus den Bereichen Glasherstellung, Fenster- und Fassadenbau sowie Bedachungen.

Internationale Zusammenarbeit

Dieser Projekt steht nicht im direktem Zusammenhang mit einem *EU* oder *IEA* Forschungsprogramm. Auf der Projektebene wurde mit dem *FhG-Institut für Innovations- und Systemforschung (ISI)* in Karlsruhe und dem *FhG-Institut für Bauphysik (IBP)* in Stuttgart zusammengearbeitet

Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Die formulierten Ziele des Projekts konnten im Berichtsjahr mit der Erstellung des Entwurfs des Schlussberichts weitgehend erreicht werden. Die erhobenen (Kosten-)daten weisen eine gute Repräsentativität auf und die Resultate der Berechnungen werden von der Begleitgruppe als plausibel und nützlich beurteilt. Als innovativ kann die Anwendung der Methode des *technological learnings* auf den Bereich von Effizienzmassnahmen im Gebäudebereich, insbesondere der Wärmedämmungen, Fenster und Lüftungsanlagen, bezeichnet werden.

Zu leisten bleibt 2002 die Berechnung der übrigen gesamtschweizerischen Grenzkostenkurven, die Vernehmlassung der dargestellten Daten und Berechnungen durch die Verbände und Unternehmen, welche Beiträge zum Projekt leisteten, sowie die Bereinigung des Schlussberichts.

Die Analyse von Gebäudebestand und die möglichen Wärmeschutzmassnahmen mit ihren Kostenstrukturen verdeutlicht eine Komplexität des Untersuchungsgegenstands, der in den bisherigen energiewirtschaftlichen Analysen und Modellen in hohem Masse vereinfacht wurde, so dass es auch immer wieder zu den beobachteten, klischeehaften Bewertungen kommt, Wärmedämmmassnahmen seien wenig kosteneffizient und im Gebäudebestand nur durch finanzielle Anreize in Gang zu setzen. Die Analysen legen vielmehr folgendes nahe:

- Wärmedämmmassnahmen im Gebäudebestand mit bisher ungedämmten Fassaden, Dächern oder Kellern sind vielen Fällen rentabel, insbesondere dann, wenn der Gebäudeeigner beim Wärmepreis mögliche Energiepreissteigerungen und begleitende Nutzen in die Betrachtung miteinbezieht.
- Aus energiewirtschaftlicher Sicht sind weitergehende Wärmedämmmassnahmen kosteneffizient, weil begleitende Nutzen, vermiedene externe Kosten und zu erwartende Energiepreissteigerungen (einschliesslich Umweltsteuern und Emissionszertifikate) über die lange Nutzungsdauer von 30 bis 40 Jahren miteinbezogen werden müssen.

- Aus volkswirtschaftlicher Sicht entstehen weitere Nutzen infolge der Substitution von Energieimporten durch inländisch erzeugte Effizienzgüter und -dienstleistungen, durch Wiederverausgabung eingesparter Energiekosten und durch zusätzlich möglich werdende Innovationen, Kostendegressionen und Exporte (politikinduzierter technischer Fortschritt) sowie zusätzliche Beschäftigung.

Die Analysen werden im März 2002 mit dem Schlussbericht abgeschlossen, es ist aber offensichtlich, dass weitere detailliertere Analysen zu den Kosten- und Ertragsrechnungen aus der Sicht der einzelnen Akteure oder zu den begleitenden Nutzen (Co-Benefits) wünschenswert sind, um die Wärmeschutzmassnahmen in Gebäuden sachgerecht bewerten zu können. Dabei sollte insbesondere auch dem Investor-/Nutzerdilemma, d.h. der Vermieter/Mieterproblematik gebührende Beachtung geschenkt werden.

Referenzen

- [1] K. Christen, M. Jakob, E. Jochem: **Grenzkosten bei forcierten Energiesparmassnahmen in Bereich Wohngebäude - Konzept vom 7.12.00**, CEPE-Arbeitspapier Nr. 2, Zürich, 2000
- [2] K. Christen, M. Jakob, E. Jochem **Inputpapier für die Begleitgruppensitzung vom 22.1.01 zum Projekt Grenzkosten bei Energie-Effizienzmassnahmen im Wohngebäudebereich**, CEPE, ETH Zürich, 16.1.01
- [3] K. Christen, M. Jakob, E. Jochem: **Inputpapier für die Begleitgruppensitzung vom 11.5.01 zum Projekt Grenzkosten bei Energie-Effizienzmassnahmen im Wohngebäudebereich** CEPE, ETH Zürich, 3.5.01
- [4] M. Jakob, E. Jochem, K. Christen, P. Stocker: **Grenzkosten bei Energie-Effizienzmassnahmen im Wohngebäudebereich – Schlussbericht (Entwurf)** CEPE, ETH Zürich, 16.11.01
- [5] M. Jakob, E. Jochem: **Erhebung des Erneuerungsverhaltens im Bereich Wohngebäude - Projektbeschreibung vom 28.11.01** CEPE, ETH Zürich, November 2001