

Austrian Energy Agency

M&V Bottom-up Methode Verbesserung der Gebäudehülle von Wohngebäuden

Christof Amann und Leonardo Barreto
Wien, 22. Jänner 2008

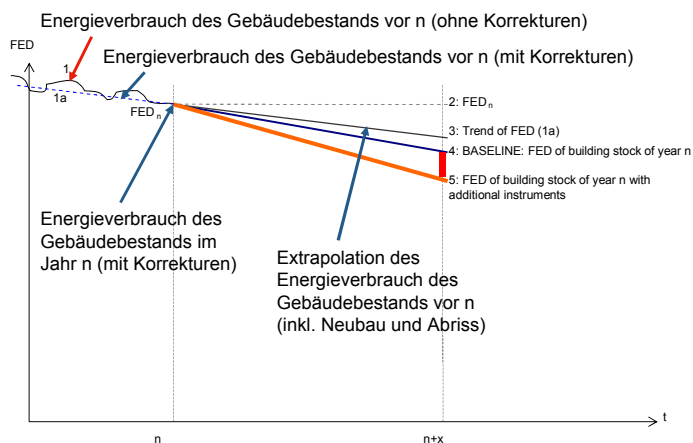
Übersicht

- Aufgabenstellung
- "Baseline" - Endenergieeinsparungen im Sinne der ESD
- "Early Actions"
- Modellstruktur
- Lebensdauer von Energieeffizienzmaßnahmen
- Wechselwirkungen mit dem Heizungssystem
- Datenquellen

Aufgabenstellung

- Entwicklung einer Bottom-up M&V (Monitoring and Verification) Methode für Maßnahmen im Bereich "Improvement of the building envelope of residential buildings"
- Wohngebäude(bestand)
- Verbesserung der Gebäudehülle

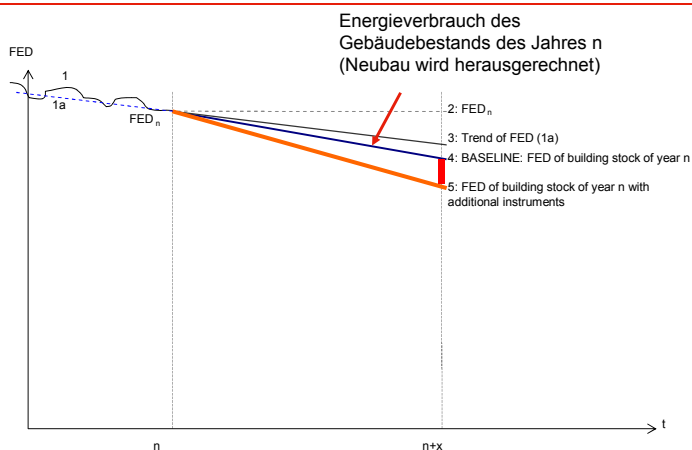
Energieverbrauch des Gebäudebestands



Kurve 3

- Kurve 3: Extrapolation von Kurve 1a
- **Hintergrundannahme: Alles geht so weiter wie vor dem Jahr n, keine NEUEN politischen Programme, alte Programme wirken genau so weiter (bei gleichen Rahmenbedingungen) wie im Jahr n**

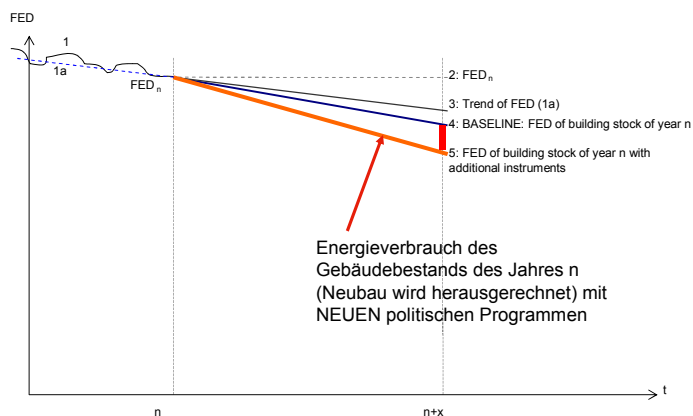
Baseline für Energieeinsparungen im Sinne der ESD - 1



Baseline für Energieeinsparungen im Sinne der ESD - 2

- Kurve 4 (**BASELINE**): Es wird der FED der nach n errichteten Gebäude (mit den Energiestandards und der Neubaurate des Jahres n) abgezogen - **FED des Gebäudebestands des Jahres n**
 - **Hintergrundannahme: Wie entwickelt sich der FED des Gebäudebestands des Jahres n nach n weiter, wenn keine NEUEN Programme gestartet werden, die alten Programme weiter wirken und sich die Rahmenbedingungen nicht ändern.**

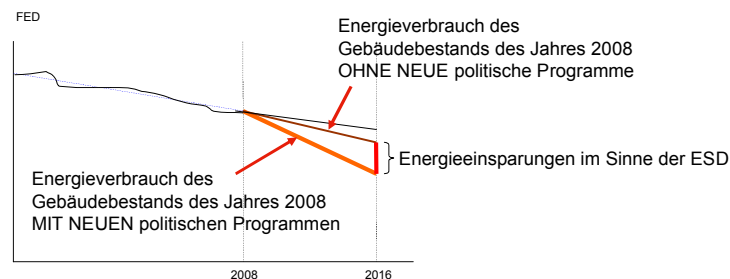
Energy Savings im Sinne der ESD - 1



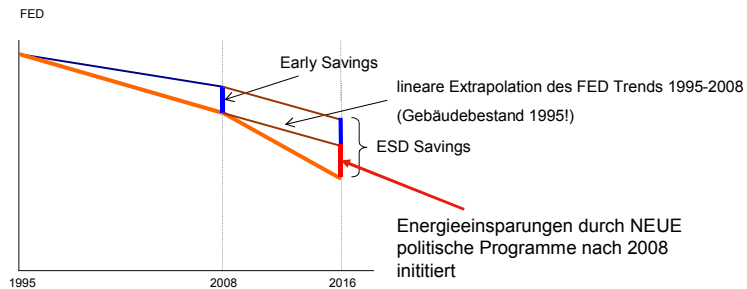
FED Kurven - Energy Savings

- Kurve 5: FED des Gebäudebestands des Jahres n mit NEUEN Programmen und veränderten Rahmenbedingungen (Änderungen im Heizungssystem sind inkludiert!)
 - **Hintergrundannahme: Wie entwickelt sich der Gebäudebestand des Jahres n nach n weiter, wenn NEUE Programme gestartet werden**
 - **Kombinationseffekt aus Veränderungen in der Sanierungsqualität und der Sanierungsraten!**
- **Energy Savings:** Differenz zwischen BASELINE und Kurve 5

keine "Early Actions"



mit "Early Actions"



- "Energy Savings" durch "Early Actions" im Bereich Gebäudehülle werden 2016 voll berücksichtigt (Lebensdauer > 25a)
- Bezug: Gebäudebestand des Jahres 1995
- Neue Programme nach 2008 erforderlich für weitere "Energy Savings"

Methode- Vorschlag

- Ein Bestandmodell (kombinierte Methode aus Bottom-up und Top-down Ansätzen) wird hier vorgeschlagen

Berechnung von FED

$A_{i,j,t}$...	Konditionierte Fläche (m ²)
$FED_{i,j,t}$...	Endenergiebedarf (kWh, final energy demand)
$SHD_{i,j,t}$...	sp. Heizwärmebedarf (kWh/m ² *a, SHD sp. heat demand)
$\eta_{i,j,t}$...	Wirkungsgrad des Heizungssystems (1 Jahr, 1/JAZ)
i ...	Gebäudeklasse (Bauperiode)
j ...	(Energieeffizienz)Maßnahme
k ...	Heizungssystem/Energieträger
m ...	Gebäudetyp
t ...	Jahr/Zeit

Struktur des Gebäudebestandsmodells

- Modelleigenschaften
 - Kalibrierung: Jahr n
 - Grundeinheit: m² (WE, Gebäude), ET, MFH-EFH
 - Auflösung: Jahr (Berichtsperiode)
- Modellkategorien (Raten (Zahlen), Flächen, SHD, η)
 - Neubau
 - Abriss
 - Sanierung - Gebäudehülle
 - Sanierung - Gebäudehülle und Heizungssystem
 - Sanierung - Heizungssystem
 - Sanierung - Einzelbauteile
 - Unsanierete Gebäude

Endenergiebedarf

- Endenergiebedarf für Bauperiode i und Gebäudetyp m zur Zeit t

$$FED_{i,m,j,t} = \frac{A_{i,m,j,t} * SHD_{i,j,m,t}}{\eta_k}$$

- $FED_{i,m,j,t}$ = Endenergiebedarf für Bauperiode i und Gebäudetyp m zur Zeit t
- $A_{i,m,j,t}$ = Konditionierte Fläche - Bauperiode i und Gebäudetyp m zur Zeit t
- $SHD_{i,m,j,t}$ = Heizwärmebedarf für Bauperiode i und Gebäudetyp m zur Zeit t
- η_k = Wirkungsgrad des Heizungssystems k

Spezifische durchschnittliche Energieeinsparung

- Die Methode basiert auf die Abschätzung des Endenergiebedarfs (FED)
- Der Endenergiebedarf (FED) wird auf Basis vom Heizwärmebedarf (SHD) ermittelt
- Die spezifische Endenergieeinsparung (UFES) ist als Durchschnittswert zu verstehen

Spezifische durchschnittliche Energieeinsparung

- Spezifischer Endenergiebedarf für Bauperiode i und Gebäudtyp m zur Zeit t (Durchschnittswert)

$$UFED_{i,m,j,t} = \frac{SHD_{i,m,j,t}}{\eta_k}$$

- Spezifische Endenergieeinsparung für Bauperiode i und Gebäudtyp m zur Zeit t (Durchschnittswert) :

$$UFES_{i,m,j,t} = UFED_{i,m,j,before} - UFED_{i,m,j,after} = \frac{SHD_{i,m,j,before}}{\eta_{k,before}} - \frac{SHD_{i,m,j,after}}{\eta_{k,after}}$$

Gesamte Bruttoenergieeinsparung

- Um die gesamte Bruttoenergieeinsparung (TGFES) zu ermitteln, werden spezifische Energieeinsparungen aufsummiert:

- über alle Heizungssysteme (k) in der Bauperiode i
- über alle Bauperioden (i), die einem Gebäudtyp m zugehören
- über alle Gebäudtypen (m)
- über alle Energieeffizienzmaßnahmen (j)

$$TGFES_t = \sum_j \sum_m \sum_i \sum_k \left(\frac{A_{i,m,j,before} * SHD_{i,m,j,before}}{\eta_{k,before}} - \frac{A_{i,m,j,after} * SHD_{i,m,j,after}}{\eta_{k,after}} \right)$$

Gesamte Nettoenergieeinsparung

- Die gesamte Nettoenergieeinsparung im Sinne der EE&ED Richtlinie:

$$TNFES_t = \text{Korrektur} * TGFES_t$$

- Korrekturfaktoren (Doppelzählungen, Multiplikatoreffekte)
- $TGFES_t$: Gesamte Bruttoenergieeinsparung
- $TNFES_t$: Gesamte Nettoenergieeinsparung

Lebensdauer

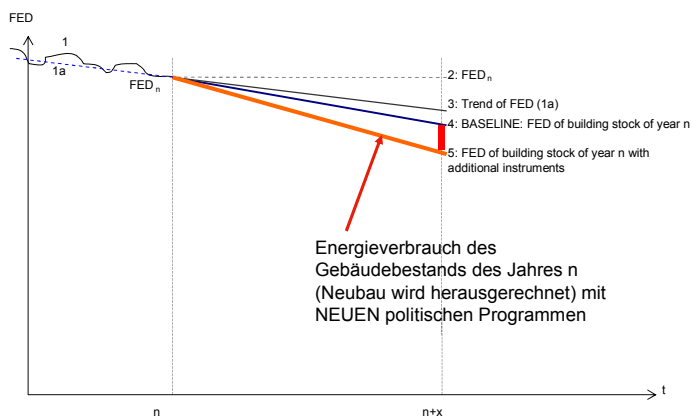
- Gemäß CEN/CENELEC CWA27, wird die Lebensdauer der Maßnahmen an der Gebäudehülle auf > 25 Jahre abgeschätzt
- Das bedeutet, Maßnahmen, die im Jahr 1991 oder später getroffen wurden, leisten einen Beitrag zur Zielerreichung im Jahr 2016

Datenerfordernisse

- "Baseline"
 - Neubau-, Abriss- und Sanierungsraten im Jahr n (bzw. Absolutwerte)
 - SHD im Jahr n (Durchschnitt je Gebäudeklasse)
 - η im Jahr n (η_{before})

- Trend mit NEUEN politischen Programmen
 - NEUE Neubau-, Abriss- und Sanierungsraten (oder: m², WE, Gebäude)
 - SHD_{after}
 - η_{after}

Energieeinsparungen



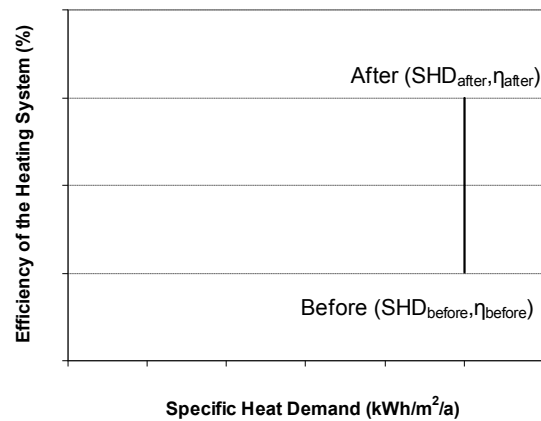
Wechselwirkungen mit Heizungssystemen

- Folgende Fälle werden berücksichtigt:
 - a. Das Heizungssystem wird getauscht, die Gebäudehülle bleibt unverändert
 - b. Die Gebäudehülle wird saniert, das Heizungssystem bleibt unverändert
 - c. Die Gebäudehülle wird saniert, das Heizungssystem wird getauscht
 - d. Einzelbauteile werden saniert/getauscht

Fall a: Heizungssystem wird getauscht, Gebäudehülle bleibt unverändert

- In diesem Fall gibt es keine Wechselwirkungen
- Daher gibt es keine Doppelzählungen
- Der Wirkungsgrad des Heizungssystems verbessert sich
- Der Heizwärmebedarf (SHD) bleibt gleich
- Die Endenergieeinsparung wird dem Heizungssystem zugeordnet

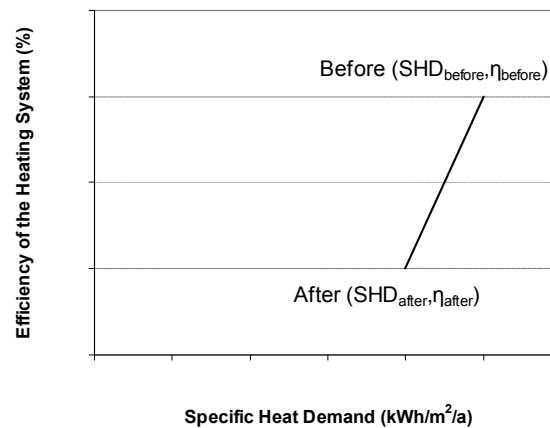
Fall a: Heizungssystem wird getauscht, Gebäudehülle bleibt unverändert



Fall b: Gebäudehülle wird saniert, Heizungssystem bleibt unverändert

- Durch die Sanierung der Gebäudehülle verringert sich der Heizwärmebedarf
- Das Heizungssystem wird nicht angepasst (suboptimale Abstimmung von Heizsystem und technischer Gebäudeeffizienz)
- Nach der Sanierung verringert sich durch den ständigen Teillastbetrieb der Wirkungsgrad des Heizungssystems
- Ein Teil der Energieeinsparungen, die durch die Sanierung der Gebäudehülle erreicht wurden, gehen durch die Reduktion des Wirkungsgrades wieder verloren

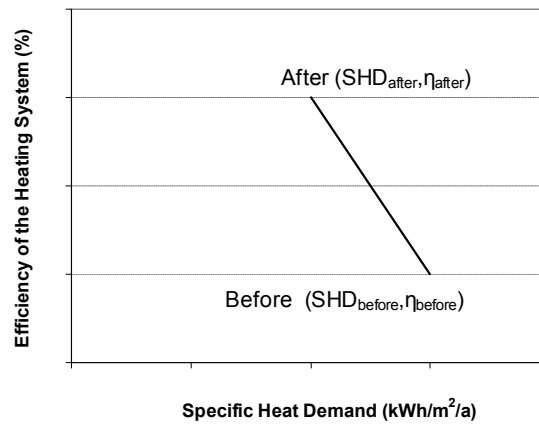
Fall b: Gebäudehülle wird saniert, Heizungssystem bleibt unverändert



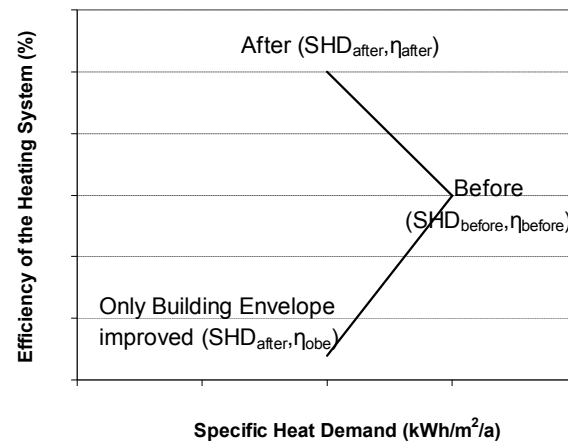
Fall c: Gebäudehülle wird saniert, Heizungssystem wird getauscht

- Reduktion des Heizwärmebedarfs (SHD) durch die Sanierung der Gebäudehülle
- Der Wirkungsgrad des Heizungssystem verbessert sich
- Die Energieeinsparung entsteht sowohl durch die Sanierung der Gebäudehülle wie durch der Tausch des Heizungsystems
- Um Doppelzählungen auszuschließen, muss die Energieeinsparung zwischen den zwei Maßnahmen verteilt werden

Fall c: Gebäudehülle wird saniert, Heizungssystem wird getauscht



Fall c: Gebäudehülle wird saniert, Heizungssystem wird getauscht



Fall c: Gebäudehülle wird saniert, Heizungssystem wird getauscht

- η_{before} , SHD_{before} : Vorher
- η_{after} , SHD_{after} : Nachher
- η_{obe} , SHD_{after} : Nur die Gebäudehülle wird saniert
(only building envelope, obe)

Fall d: Einzelbauteile werden getauscht/saniert

- Die Auswirkungen der Sanierung von Einzelbauteilen auf den Wirkungsgrad des Heizungssystems werden vernachlässigt

Rebound-Effekte

- Der Rebound-Effekt führt zur Reduktion der berechneten Einsparungen durch
 - Verhaltensänderungen (z.B. Beheizung der ganzen Wohnung statt einzelner Zimmer, Fensterkippen führt nicht zur Auskühlung der Wohnung)
 - Kosteneffekte (z.B. Die eingesparten Energiekosten werden zur Erhöhung der Raumtemperatur genützt)
- Rebound-Effekte sollen berücksichtigt werden, da die Berechnung der Einsparungen auf dem EnergieBEDARF (SHD), einem theoretischen Wert, beruhen.

Direkte Rebound-Effekte: Biermayr *et al.*, (2004)

- „ Je schlechter der Ausgangszustand eines Gebäudes vor der Sanierung und je größer der Sanierungsumfang einer Sanierung ist, desto größer ist auch der zu erwartende Reboundeffekt“

Datenquellen (I)

- Neubau-, Abriss- und Sanierungsdaten
 - Gebäudestatistik, Sondererhebungen, Daten der Baubehörden, Wohnbauförderungsdaten
- Konditionierte Flächen (Hauptwohnsitze und (?) Nebenwohnsitze)
 - Gebäudestatistik
- Heizwärmebedarf
 - Energieausweisdatenbank (SHD, FED (inkl. WW!)), Sondererhebungen, Daten der Baubehörden, Wohnbauförderungsdaten, Energiestatistik
- Wirkungsgrade
 - Sondererhebungen, Energieausweisdatenbank

Datenquellen (II)

- Laufende Erhebungen (after-Daten)
 - Gebäudestatistik, Gebäude- und Wohnungsregister
 - Mikrozensus - Surveys!
 - Energiestatistik, Nutzenergiestatistik
 - Energieausweisdatenbank
 - Daten der Baubehörden, Wohnbauförderung
 - ...

Zusammenfassung

- Berücksichtigung des "autonomen" Trends
- "Baseline" muss über Bestandsmodell unter Verwendung von Bottom-up Daten ermittelt werden
- Wechselwirkungen mit Heizungssystem müssen und können "herausgerechnet" werden
- Rebound-Effekte sollten berücksichtigt werden zur Abschätzung des Verbrauchs (anstatt des Bedarfs)