

**Universität für Bodenkultur Wien**



**Perspektiven zur Reduktion des Energiebedarfes  
und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wohngebäudesektor  
durch die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie in  
Irland und Malta**

Diplomarbeit

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

**Ao.Univ.Prof.Dipl.Ing.Dr.techn. Reinhard Haas**

und

**Dipl.-Ing.Dr.techn. Lukas Kranzl**

Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe (E370-3)  
Technische Universität Wien



Erarbeitet von:

Verfasserin: **Agne Toleikyte**

Matrikelnummer: **0941179**

Studienrichtung: **Umwelt- und Bioressourcenmanagement 066 427**

Wien, Dezember 2012

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand im Jahr 2012 an der Energy Economics Group an der technischen Universität Wien. Diese Arbeit ist Teil meines Studiums Umwelt- und Bioressourcenmanagement.

Ich möchte mich herzlich bei meinem Betreuer Lukas Kranzl für die Möglichkeit die Arbeit zu schreiben und für die intensive wissenschaftliche Betreuung bedanken.

Ganz speziellen Dank an Johannes für seine umfangreiche Unterstützung.

## Kurzfassung

Gemäß „World Energy Outlook“ entfallen auf den Wohngebäudesektor 2007 mehr als 23% des gesamten Endenergiebedarfs und 9,9% der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Europäischen Union-27 (EU) [1]. Ein wesentlicher Teil des Endenergiebedarfs im Wohngebäudesektor ist der Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasserbereitung). Dieser Anteil kann aufgrund des großen Wärmeverlusts über die Gebäudehülle sowie aufgrund der Ineffizienz der Heizungssysteme deutlich reduziert werden. Ein wichtiges Instrument, eine Reduktion des Bedarfs in diesem Bereich zu erreichen, ist die Festlegung von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz neuer und sanierter Gebäude. Wesentlich dafür sind die in der EU beschlossenen Gebäude Richtlinien (EPBD) 2002/91/EC und die Neufassung 2010/31/EU.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Wohngebäudesektor in Irland und Malta bezüglich der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung abzubilden und den Ist-Stand und Szenarien für den zukünftigen Endenergiebedarf sowie mögliche CO<sub>2</sub>-Emissionen zu berechnen. Die zentralen Fragen dieser Arbeit sind:

- Welche Wirkung auf den Endenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen haben regulative (Standards) und finanzielle (Investitionsförderungen) politische Maßnahmen bis 2030 in Irland und Malta, die bei der Umsetzung der EU-Gebäude Richtlinien eingeführt wurden?

- Welche Wirkung auf den zukünftigen Endenergiebedarf bzw. CO<sub>2</sub>-Emissionen haben das Alter der Wohngebäude, Anzahl der sanierten Gebäude, derzeit installierte Heizungssysteme, sowie wirtschaftliche Faktoren wie Investitionskosten für ein Heizungssystem bzw. die zukünftige Energiepreise?

Die Modellierung des Endenergiebedarfs bis 2030 wird anhand des Bottom-up Gebäudemodells Invert/EE-Lab durchgeführt, das auf Basis eines Entscheidungs-Algorithmus mit der Zielfunktion einer Kostenminimierung rechnet. Der Endenergiebedarf wird ausgehend von disaggregierten Daten analysiert: Gebäudebestand, thermische Gebäudequalität, Gebäudegeometrie, Gebäude-Nutzflächen sowie gerätespezifische Energieeffizienz. Die Hauptdatenquellen sind statistische Datenbanken von Irland und Malta, nationale Bauordnungen, das Projekt „TABULA“ (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment) und verschiedene weitere Publikationen.

Die Berechnungsergebnisse zeigen einen Endenergiebedarf (für Raumwärme und Warmwasser) von 37,1 TWh und CO<sub>2</sub>-Emission von 9,4 Mt im Jahr 2010 in Irland und jeweils 2,1 TWh und 0,58 Mt im Jahr 2008 in Malta. In der Arbeit werden zwei Basis-Szenarien betrachtet: EPBD-Reference und EPBD-Neufassung. Das erste Szenario EPBD-Reference entspricht den U-Werten für Gebäudekomponenten und Effizienz für Heizungssysteme in neuen und sanierten Gebäuden, die in den nationalen Bauordnungen definiert werden. Das zweite Szenario EPBD-Neufassung enthält Anforderungen gemäß der Neufassung der EPBD Richtlinie.

Das größte Reduktionspotential aller untersuchten Szenarien liegt bei der Umsetzung der EPBD-Neufassung, wenn alle neuen Gebäude ab 2020 als „Niedrigstenergiegebäude“ ausgeführt werden. Der Endenergiebedarf würde sich dabei in Irland um über 27% von 2011 bis 2030 reduzieren. Dementsprechend ist die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission bis 2030 in diesen Szenarien 22,6%. In Malta ist es möglich, eine Senkung des Endenergiebedarfes von 35% von 2008 bis 2030 zu erreichen. Die entsprechende Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission beträgt 26%.

Die Analyse zeigt, dass regulative, politische Instrumente (Bauvorschriften), die eine hohe Sanierungsqualität und hohe Anforderungen an die thermische Qualität für neue Gebäude stellen, eine große Wirkung auf die langfristige Reduktion des Heizenergiebedarfs haben können. Zusätzliche Instrumente im Bereich finanzieller Anreize sowie der Information, Aus- und Weiterbildung sind entscheidend für den Erfolg des gesamten Maßnahmenbündels.

**Schlagwörter:** Heizenergiebedarf, Wohngebäudesektor, Energieeffizienz, Bottom-up Modell, Szenarien, politische Maßnahmen, Irland, Malta

## Abstract

According to the World Energy Outlook, over 23% of the final energy consumption and 9.9% of energy-related CO<sub>2</sub> emissions represent the residential building sector in the European Union 2007 [1]. A huge part of this energy goes to the space heating and hot water preparation. Thus this sector provides a huge potential to reduce final energy consumption by using energy-efficiency measures. An important instrument in achieving greater energy efficiency are the established building standards for new and renovated existing buildings, which have to be enforced following the EU Directives - 2002/91/EC and its recast 2010/31/EU.

The main objective of this master thesis is to describe the residential building sector concerning space heating and hot water in Ireland and Malta and to calculate future final energy demand and CO<sub>2</sub>-Emissions by using a building simulation tool. The main research questions are:

- What is the impact of the two European directives EPBD and its implementation by using regulative policy instruments (standards) and financial policy instruments (subsidies) on the final energy demand by 2030 in Ireland and Malta?

-What is the effect of the technical building data, like number of renovated buildings, life time of buildings and installed heating systems as well as economics factors, like financial cost of a heating system and future energy carrier cost?

In order to model current and future energy demand in buildings, the bottom-up simulation model - Invert/EE-lab - is used. Useful and final energy demand is calculated using an energy balance approach according to the Austrian, German and EU regulatory calculation standards. For the calculation disaggregated data, such as building stock in a country, number of buildings, construction period, envelope quality, heating systems, energy carrier, climatic conditions etc. is used. The data sources are the national statistics, the "TABULA" (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment), national energy authorities, „ODYSSEE" (Energy Efficiency Database) and diverse papers.

The model calculations result shows a final energy demand (for space heating and hot water) in Ireland in 2010 of 37.1 TWh and CO<sub>2</sub> emissions 9.4 Mt and in 2008 in Malta 2.1 TWh and 0.58 t, respectively. Two scenarios are considered: EPBD and EPBD (recast). The first scenario (as a reference scenario) reflects the impact of the standards, which are defined in the national building regulation of Ireland and Malta. The new building regulation and the guidelines for the standards of passive house dwellings are the drivers for the second scenario.

2010 Buildings regulation and standards of nearly-zero-energy buildings lead to the highest energy savings potential, which is in Ireland 27% and in Malta 35% until 2030. The reduction of CO<sub>2</sub> emissions is in the considered scenario 22.4% in Ireland and 26% in Malta.

The analysis shows, that regulative policy instruments (building standards), which require a high level of energy performance for new and renovated buildings, can play an important role for reducing the final energy demand for room heating and warm water. In order to achieve the full impact of the policy package, additional financial instruments and activities in the field of information and training are essential.

**Keywords:** Heating energy demand, residential sector, energy efficiency, bottom-up model, scenarios, policy measures, Ireland, Malta

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	2
Kurzfassung .....	3
Abstract .....	4
Inhaltsverzeichnis .....	5
Abbildungsverzeichnis .....	7
Tabellenverzeichnis.....	9
Terminologie und Abkürzungen .....	10
1 Einleitung.....	11
2 Methodik .....	13
2.1 Entscheidungsalgorithmus .....	14
2.2 Berechnung des Energiebedarfs.....	15
2.3 Datenstruktur .....	16
2.4 Berechnung der CO <sub>2</sub> – Emissionen .....	17
3 Daten .....	19
3.1 Irland.....	21
<b>3.1.1</b> Gebäudestand .....	21
3.1.2 Gebäudeanzahl bis 2030 .....	27
3.1.3 Wirtschaftliche Einflussparameter bis 2030.....	28
3.1.4 Klimadaten.....	30
3.1.5 Überblick des Energiesektors .....	32
3.2 Malta .....	36
3.2.1 Gebäudestand .....	36
3.2.2 Gebäudestand bis 2030.....	40
3.2.3 Klimadaten.....	41
3.2.4 Statistische Daten – Endenergieverbrauch .....	42
4 Europäische Energiepolitik im Wärme- und Gebäudesektor .....	45
4.1 Irland.....	47
4.1.1 Targets .....	47
4.1.2 Umsetzung der Richtlinien EPBD.....	47
4.2 Malta .....	50
4.2.1 Targets.....	50
4.2.2 Umsetzung der Richtlinien EPBD.....	50
5 Szenarienentwicklung .....	51
5.1 EPBD-Reference Szenario.....	51
5.2 EPBD-Neufassung Szenario .....	51

5.3	Sub-Szenarien bzw. Sensitivitätsanalyse .....	51
5.3.1	„No-policy“ Sub-Szenarien und Subventionen .....	51
5.3.2	Lebensdauer der Gebäudeteile - Sensitivitätsanalyse .....	52
5.3.3	Service Faktor - Sensitivitätsanalyse .....	53
6	Ergebnisse.....	54
6.1	Energiebedarf bis 2030 in Irland .....	54
6.1.1	EPBD Reference und EPBD Neufassung Szenarien .....	54
6.1.2	„No-policy“ Sub-Szenarien und Subventionen .....	58
6.1.3	Sensitivitätsanalyse - Lebensdauer der Gebäude .....	62
6.1.4	Service-Faktor - Sensitivitätsanalyse .....	64
6.2	CO <sub>2</sub> -Emissionen Irland .....	66
6.3	Zusammenfassung der Ergebnisse Irland .....	68
6.4	Energiebedarf bis 2030 in Malta .....	70
6.4.1	EPBD-Reference und EPBD-Neufassung Szenarien .....	70
6.4.2	„No-policy“ Sub-Szenarien und Subventionen .....	73
6.4.3	Sensitivitätsanalyse - Lebensdauer der Gebäude .....	75
6.4.4	Service-Faktor - Sensitivitätsanalyse .....	77
6.5	CO <sub>2</sub> -Emissionen Malta .....	79
7	Synthese und Schlussfolgerungen .....	80
8	Literaturverzeichnis .....	84
9	Anhänge.....	90
9.1	Gebäudesegmente und Gebäudeklassen: Irland .....	90
9.2	Gebäudesegmente und Gebäudeklassen: Malta .....	94

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 GRUNDSTRUKTUR DES MODELLS INVERT - EE/LAB [12] .....	14
ABBILDUNG 2 ABFOLGE BEI DER BERECHNUNG DES ENDENERGIEBEDARFES .....	15
ABBILDUNG 3 ANZAHL UND TYPEN VON WOHNHEITEN IN GEBÄUDEN NACH BAUPERIODE, IRLAND, 2011. 22	
ABBILDUNG 4 JÄHRLICHE NEUBAU UND GESAMTANZAHL DER GEBÄUDE IN IRLAND, 1975-2010 [20] .....	23
ABBILDUNG 5 ANZAHL DER GEBÄUDE JE NACH INSTALLIERTEM HEIZUNGSSYSTEM, 2011 [18][24] [29].....	25
ABBILDUNG 6 WÄRMEBEREITSTELLUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN IN UNTERSCHIEDLICHEN SEKTOREN, IRLAND, 1990 BIS 2009 .....	26
ABBILDUNG 7 GEBÄUDEANZAHL VON GEBÄUDE TypEN BIS 2030, IRLAND ('1000).....	28
ABBILDUNG 8 ENERGIEPREISSZENARIEN FÜR HEIZÖL, ERDGAS, KOHLE, STROM UND BIOMASSE IN IRLAND BIS 2030, PRIMES SZENARIEN .....	29
ABBILDUNG 9 MITTLERE, HÖCHSTE UND NIEDRIGSTE TEMPERATUREN DER PERIODE 2007-2011 IN DUBLIN, IRLAND [37] .....	30
ABBILDUNG 10 DURCHSCHNITTLICHE MONATLICHE HEIZGRADTAGE DER PERIODE 2001-2009 IN IRLAND [40]	31
ABBILDUNG 11 JÄHRLICHE GLOBALEINSTRALUNG (KWH/M <sup>2</sup> ) IN IRLAND [43] .....	31
ABBILDUNG 12 DIE DURCHSCHNITTLICHE GLOBALSTRALUNG FÜR 1 M <sup>2</sup> , BEI DER OBERFLÄCHE 30°, IN KWH/M <sup>2</sup> ,TAG [42] .....	31
ABBILDUNG 13 GESAMTER ENDENERGIEVERBRAUCH IN IRLAND, IN DER PERIODE 1990 - 2010.....	32
ABBILDUNG 14 ENDENERGIEVERBRAUCH NACH SEKTOREN IN IRLAND, IN DER PERIODE 1990 - 2010.....	33
ABBILDUNG 15 ENDENERGIEBEDARF NACH ENERGIETRÄGER IN IRLAND IM HAUSHALTSEKTOR FÜR HEIZENERGIEBEDARF UND STROMBEDARF 2008 [49] .....	33
ABBILDUNG 16 ENDENERGIEBEDARF NACH ENERGIETRÄGER IN IRLAND IM HAUSHALTSEKTOR FÜR RAUMWÄRME- UND WARMWASSER 2010, BERECHNETE ERGEBNISSE .....	34
ABBILDUNG 17 ANTEIL DER BIOMASSE, SOLAR THERMISCHEN ENERGIE UND UMGEBUNGSWÄRME, IRLAND... 35	
ABBILDUNG 18 ANZAHL DER HAUSHALTE (WOHNHEITEN) IN MALTA. VON 1851 BIS 2008 [52][53].....	36
ABBILDUNG 19 ANZAHL DER HAUSHALTE DER GEBÄUDE TypEN IN MALTA, 2008 [53].....	37
ABBILDUNG 20 GEBÄUDEANZAHL UND GEBÄUDE TypEN IN DEN VERSCHIEDENEN BAUPERIODEN IN MALTA. 2008 [53] .....	37
ABBILDUNG 21 TypEN DER HEIZUNGSSYSTEME, MALTA, 2008 [31] .....	39
ABBILDUNG 22 AUFTEILUNG DER ENERGIEQUELLE FÜR HEIZWÄRME UND WARMWASSER IN MALTA, 2008 [52] [57] .....	40
ABBILDUNG 23 GEBÄUDEANZAHL VON GEBÄUDE TypEN BIS 2030, MALTA ('1000) .....	41
ABBILDUNG 24 MITTLERE, HÖCHSTE UND NIEDRIGSTE TEMPERATUR IN MALTA, IN DER PERIODE 1951-2010 [59] .....	41
ABBILDUNG 25 MONATLICHE DATEN, DURCHSCHNITTLICHE WERTE VON HEIZGRADTAGE VON DER PERIODE 2001-2009, MALTA [60].....	42
ABBILDUNG 26 DER ENDENERGIEBEDARF IN ALLEN SEKTOREN IN MALTA, VON 2001 BIS 2005 [62] .....	42
ABBILDUNG 27 STROMENERGIEBEDARF IN DEN SEKTOREN IN MALTA, 1998 – 2003 [64] .....	43
ABBILDUNG 28 ENDENERGIEBEDARF NACH SEKTOREN IN MALTA, 2004, % [63] .....	43
ABBILDUNG 29 ENERGIEVERBRAUCH IN EINEM DURCHSCHNITTLICHEN HAUSHALT IN MALTA [65] .....	44
ABBILDUNG 30 ENDENERGIEBEDARF NACH ENERGIETRÄGER IN MALTA IM HAUSHALTSEKTOR FÜR RAUMWÄRME- UND WARMWASSER 2010, BERECHNETE ERGEBNISSE .....	44
ABBILDUNG 31 HEIZWÄRMEBEDARF IN DEN SZENARIEN EPBD REFERENCE UND EPBD NEUFASSUNG VON 2012 BIS 2030 IN IRLAND .....	54
ABBILDUNG 32 DER HEIZWÄRMEBEDARF NACH DEM Typ DER GEBÄUDEN IN IRLAND IN EPBD-REFERENCE UND EPBD-NEUFASSUNG SZENARIEN (NIEDRIGER ENERGIEPREIS), 2010 BIS 2030.....	55
ABBILDUNG 33 ENDENERGIEBEDARF IN EPBD REFERENCE UND EPBD NEUFASSUNG SZENARIEN VON 2010 BIS 2030 IN IRLAND .....	56
ABBILDUNG 34 DER ENDENERGIEBEDARF IN EPBD REFERENCE UND EPBD NEUFASSUNG SZENARIEN BIS 2030 IN IRLAND.....	57
ABBILDUNG 35 ANZAHL DER SANIERTEN GEBÄUDE, DIE AUF BASIS EPBD-REFERENCE, EPBD-NEUFASSUNG UND MAINTENANCE SANIERT WURDEN, IRLAND .....	58
ABBILDUNG 36 ANZAHL DER SANIERTEN GEBÄUDE, DIE AUF BASIS EPBD-REFERENCE, EPBD-NEUFASSUNG UND MAINTENANCE BEI DER VERSCHIEDENEN FÖRDERUNGSRATE SANIERT WURDEN, IRLAND .....	59

ABBILDUNG 37 ANZAHL DER SANIERTEN GEBÄUDE BEI UNTERSCHIEDLICHEN FÖRDERUNG UND STANDARDS IN PERIODE 2010 - 2030, IRLAND,.....	60
ABBILDUNG 38 ENDENERGIEBEDARF VON ERNEUERBAREN ENERGIEQUELLE IN PERIODE VON 2010 BIS 2030 BEI VERSCHIEDENER SUBVENTIONEN, IRLAND .....	61
ABBILDUNG 39 ENDENERGIEBEDARF NACH ENERGIETRÄGER IN BETRACHTETEN SZENARIEN, BEI DER HÖCHSTEN FÖRDERUNGSRATE, IRLAND .....	62
ABBILDUNG 40 ANZAHL DER SANIERTEN GEBÄUDE, SENSITIVITÄTSANALYSE DER LEBENSDAUER VON FENSTER UND FASSADE, 2011 - 2030 IN IRLAND .....	63
ABBILDUNG 41 HEIZWÄRMEBEDARF IN DEN SZENARIEN EPBD REFERENCE UND EPBD NEUFASSUNG, BEI UNTERSCHIEDLICHEN LEBENSDAUERN VON GEBÄUDEKOMPONENTEN, IRLAND.....	64
ABBILDUNG 42 ENDENERGIEBEDARF IN ALLEN SZENARIEN, GRUPPIERT NACH UNTERSCHIEDLICHEN SERVICE FAKTOR, IRLAND, 2010 - 2030.....	65
ABBILDUNG 43 CO2-EMISSIONEN IN EPBD REFERENCE UND NEUFASSUNG SZENARIEN, BEI HOHEN UND NIEDRIGEN ENERGIEPREISE, 2010 - 2030, IRLAND.....	67
ABBILDUNG 44 ENDENERGIEBEDARF IN 2030 IN SÄMTLICHEN SZENARIEN UND DES IST-STANDES, IRLAND .....	68
ABBILDUNG 45 HEIZWÄRMEBEDARF IN DEN SZENARIEN EPBD REFERENCE UND EPBD NEUFASSUNG VON 2008 BIS 2030 IN MALTA.....	70
ABBILDUNG 46 DER HEIZWÄRMEBEDARF NACH DEM TYP DER GEBÄUDEN IN MALTA, 2010 BIS 2030 .....	71
ABBILDUNG 47 DER ENDENERGIEBEDARF IN EPBD REFERENCE UND EPBD NEUFASSUNG SZENARIEN BIS 2030 IN MALTA .....	72
ABBILDUNG 48 ANZAHL DER SANIERTEN GEBÄUDE, DIE AUF BASIS EPBD-REFERENCE, EPBD-NEUFASSUNG UND MAINTENANCE SANIERT WURDEN (KEINE INVESTITIONSFÖRDERUNG), MALTA .....	73
ABBILDUNG 49 ANZAHL DER SANIERTEN GEBÄUDE BEI UNTERSCHIEDLICHEN FÖRDERUNG UND STANDARDS IN PERIODE 2010 - 2030, MALTA .....	74
ABBILDUNG 50 ENDENERGIEBEDARF NACH ENERGIETRÄGER IN BETRACHTETEN SZENARIEN, BEI DER HÖCHSTEN FÖRDERUNGSRATE (50%), MALTA .....	75
ABBILDUNG 51 ANZAHL DER SANIERTEN GEBÄUDE, SENSITIVITÄTSANALYSE DER LEBENSDAUER VON FENSTER UND FASSADE, 2008 - 2030 IN MALTA.....	76
ABBILDUNG 52 HEIZWÄRMEBEDARF IN DEN SZENARIEN EPBD REFERENCE UND EPBD NEUFASSUNG, BEI UNTERSCHIEDLICHEN LEBENSDAUERN VON GEBÄUDEKOMPONENTEN, MALTA .....	77
ABBILDUNG 53 ENDENERGIEBEDARF IN ALLEN SZENARIEN, GRUPPIERT NACH UNTERSCHIEDLICHEN SERVICE FAKTOR, MALTA, 2010 – 2030.....	78
ABBILDUNG 54 CO2-EMISSIONEN IN EPBD REFERENCE UND NEUFASSUNG SZENARIEN, BEI HOHEN UND NIEDRIGEN ENERGIEPREISE, 2010 - 2030, MALTA .....	79

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 DATENEINGABESTRUKTUR IM MODEL INVERT-EE/LAB.....	17
TABELLE 2 GEBÄUDESEGMENTE (KATEGORIE, BAUPERIODE, HEIZUNGSSYSTEM), IRLAND .....	19
TABELLE 3 GEBÄUDESEGMENTE (KATEGORIE, BAUPERIODE, HEIZUNGSSYSTEM), MALTA .....	20
TABELLE 4 ANZAHL DER HAUSHALTE UND GEBÄUDE IN IRLAND, 2011 [16] [18].....	22
TABELLE 5 DURCHSCHNITTLICHE WOHNFLÄCHE IN UNTERSCHIEDLICHEN GEBÄUDETYPEN UND BAUPERIODEN IN IRLAND .....	23
TABELLE 6 DURCHSCHNITTLICHE PERSONENANZAHL IN EINEM HAUSHALT IN UNTERSCHIEDLICHEN JAHREN ..	24
TABELLE 7 U-WERTE AUS DEN BAUORDNUNGEN UND DEM PROJEKT „TABULA“ [24] [25] [26] [27] .....	24
TABELLE 8 INSTALLIERTE HEIZUNGSSYSTEME UND IHRE JAHRESNUTZUNGSGRAD E [18] [23].....	26
TABELLE 9 ANZAHL DER NEUEN, ABGERISSENER UND SANIERTEN GEBÄUDE BIS 2030 IN IRLAND (‘1000).....	27
TABELLE 10 ENERGIEPREISE FÜR HAUSHALTE IN IRLAND IM JAHR 2010 [35] .....	28
TABELLE 11 PREISE FÜR ERDGAS, HEIZÖL UND STROM EXCL. STEUER, IRLAND, VON 2002 BIS 2007 [34], [33], [35] .....	29
TABELLE 12 MARKTENTWICKLUNG VON SOLARKOLLEKTOREN ZUR WARMWASSERAUFBEREITUNG UND RAUMHEIZUNG IN IRLAND 2002-2011, KUMULIERT INSTALLIERTE KOLLEKTORFLÄCHE [51] .....	34
TABELLE 13 ANZAHL DER HAUSHALTE UND GEBÄUDE IN MALTA, 2008 [53].....	37
TABELLE 14 ANZAHL DER SANIERTEN UND NICHT SANIERTEN GEBÄUDE. MALTA.....	38
TABELLE 15 U-WERTE FÜR GEBÄUDETEILE GETRENNT NACH BAUPERIODE IN MALTA [56] .....	39
TABELLE 16 ANZAHL DER NEUEN, ABGERISSENER UND SANIERTEN GEBÄUDE BIS 2030 IN MALTA (‘1000) .....	40
TABELLE 17 BESCHREIBUNG SÄMTLICHER ARTIKEL IN DIREKTIVEN 2002/91/EC UND 2010/31/EU [8][4].....	45
TABELLE 18 ANFORDERUNGEN IN DER BAUORDNUNG 2007 [27] .....	48
TABELLE 19 ANFORDERUNGEN IN DER BAUORDNUNG 2011 [17].....	48
TABELLE 20 WÄRMETHERMISCHE QUALITÄT DER BAUTEILE FÜR DAS NIEDRIGSTENERGIEGEBÄUDE, IRLAND..	48
TABELLE 21 SUBVENTIONEN FÜR EINE ENERGIEEFFIZIENZMAßNAHME, IRLAND .....	48
TABELLE 22 INVESTITIONSFÖRDERUNG FÜR SANIERUNG UND ERNEUERBARE HEIZUNGSSYSTEME.....	52
TABELLE 23 LEBENSDAUERFAKTOR FÜR GEBÄUDE FÜR DIE SENSITIVITÄTSANALYSE FÜR IRLAND UND MALTA.	53
TABELLE 24 LEBENSDAUERFAKTOR FÜR GEBÄUDEKOMPONENTEN (FASSADE UND FENSTER) IN DER SENSITIVITÄTSANALYSE, IRLAND.....	63
TABELLE 25 DIE WERTE VON SERVICE-FAKTOR VON JEDEN HEIZUNGSSYSTEM IN IRLAND .....	64
TABELLE 26 EMISSIONSFAKTOREN DER BRENNSTOFFE, KGCO <sub>2</sub> /KWH .....	66
TABELLE 27 KUMULIERTE SANIERTE, ABGERISSENE UND NEUE GEBÄUDE 2030 .....	69
TABELLE 28 LEBENSDAUERFAKTOR FÜR GEBÄUDEKOMPONENTEN FÜR DIE SENSITIVITÄTSANALYSE FÜR MALTA .....	75
TABELLE 29 HEIZUNGSSYSTEME UND SERVICE-FAKTOR, MALTA .....	77
TABELLE 30 EMISSIONSFAKTOREN DER BRENNSTOFFE, KGCO <sub>2</sub> /KWH [71].....	79

## Terminologie und Abkürzungen

**Heizwärmebedarf:** „Der rechnerische Heizwärmebedarf ist jene durch Berechnung ermittelte Wärmemenge, die im langjährigen Mittel während einer Heizperiode den Räumen des Gebäudes zugeführt werden muss, um die Einhaltung einer vorgegebenen Soll-Temperatur während der Betriebszeit sicherzustellen“ [3].

**Heizenergiebedarf:** „Der jährliche Heizenergiebedarf eines Gebäudes ist die rechnerisch unter Normnutzungsbedingungen ermittelte Wärmemenge, die im langjährigen Mittel während einer Heizsaison den Räumen des Gebäudes und dem Raumwärme zur Warmwasserbereitung zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf und den Warmwasserwärmebedarf decken zu können“ [3].

**EPBD:** Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und der Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

**EPBD (Neufassung):** Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und der Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung).

**Niedrigstenergiegebäude:** (Definition nach Richtlinie EPBD Neufassung): „„Niedrigstenergiegebäude“ ist ein Gebäude, das eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen — einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird — gedeckt werden“ [4].

**Niedrigenergie-Standard:** In Deutschland: Als Niedrigenergiehäuser werden Gebäude bezeichnet, deren Heizenergiebedarf je Quadratmeter Nutzfläche 40% unter der Anforderungen der Wärmeschutzverordnung von 1995 liegt. Merkmale der Niedrigenergiebauweise [5] sind :

- sehr guter Wärmeschutz der Außenbauteile,
- hohe Dichtigkeit der Gebäudehülle,
- kompakte Bauweise,
- Reduzierung von Wärmebrücken,
- Nutzung der Solarenergie durch passive Techniken,
- Effiziente Heiztechnik mit einfachen Bedienelementen.

**Energieeffiziente Gebäude:** „sind Gebäude, die zur Erfüllung ihrer Nutzenbedingungen einen möglich geringen Energiebedarf (Energieaufwand) aufweisen. Energieeinsparung eines Gebäudes kann mit 2 Maßnahmen durchgeführt werden: Energiebedarfsreduzierung und Anlagentechnik mit geringem Energieaufwand“ [6].

**Hilfsenergie:** „Die Hilfsenergie ist jene Energie (Strom), die nicht zur unmittelbaren Deckung des Heizwärmebedarfs bzw. Warmwasserwärmebedarfs eingesetzt wird (z.B. Energie für den Antrieb von Systemkomponenten, dazu zählen Umwälzpumpen, Regelung u.a.), jedoch für den Betrieb der Anlagen erforderlich ist“ [3].

# 1 Einleitung

## Motivation

Gemäß des World Energy Outlooks (WEO) der internationalen Energieagentur entfallen auf den Wohngebäudesektor 2007 mehr als 23% des gesamten Endenergiebedarfs und 9,9% der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Europäischen Union (EU) [1]. Ein wesentlicher Teil des Endenergiebedarfs im Gebäudesektor ist der Wärmebedarf. Dieser Anteil kann stark reduziert werden, da der größte Wärmeverlust aus den Transmissionswärmeverlusten der Gebäudehülle und Ineffizienz der Heizungssysteme resultiert [7]. Daraus resultierend, bietet der Sektor ein großes Einsparpotential. Eine Reduktion kann über wärmedämmende Außenbauteile für sanierte Gebäude, Mindestanforderungen für neue Gebäude sowie Anforderungen an die Effizienz für neu installierte Heizungssysteme erreicht werden. Um dieses Reduktionspotential zu nutzen, wurden in der EU die Richtlinien 2002/91/EC und 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden verabschiedet. Das Hauptziel dieser Richtlinien ist, dass jeder Mitgliedstaat der EU, konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäude einführt. Wesentliche Bedeutung legen die Richtlinien auf Wärmedämmung, Heizungssystemen und der Nutzung erneuerbarer Energieträger. Die Mitgliedstaaten der Union müssen die erste Richtlinie bis 2006 und die zweite bis spätestens 2013 auf nationaler Ebene umsetzen [8] [4]. Die Umsetzung dieser Richtlinien hat unterschiedliche Wirkung auf die Reduktion des Endenergiebedarfes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den einzelnen EU-Ländern. Politische Maßnahmen, wie Standards für Gebäude oder finanzielle Investitionsförderung kann eine starke Wirkung haben. Eine große Rolle spielen Faktoren, wie technische Gebäudedaten, klimatische Bedingungen und politische Rahmenbedingungen im jeweiligen Land.

## Ziel und Fragestellungen der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, den Wohngebäudesektor bezüglich der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung in Irland und Malta abzubilden und mit Hilfe eines Simulationstool den Ist-Stand und den zukünftigen Endenergiebedarf sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu berechnen. Die Auswirkung von politischen Instrumenten wird bewertet, wobei regulative und finanzielle politische Maßnahmen unterschieden werden. Dabei sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Welche Auswirkungen hat die Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinien auf den Endenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 in Irland und Malta?
- Wie groß ist der Effekt von regulativen (Standards) und finanziellen (Investitionsförderungen) politischen Maßnahmen in beiden Ländern?
- Wie entwickelt sich die Nutzung der erneuerbaren Energien und welche Auswirkung hat dies auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen?
- Welche Rolle spielen Faktoren, wie das Alter der Wohngebäude, Anzahl der sanierten Gebäude, Lebensdauer der Gebäude, derzeit installierte Heizungssysteme, sowie wirtschaftliche Faktoren, wie Investitionskosten und die Entwicklung der Energiepreise.

## Methodische Vorgangsweise

Die Modellierung des Endenergiebedarfs bis 2030 wird mit dem Bottom-up Gebäudemodell Invert/EE-Lab durchgeführt. Der Endenergiebedarf wird auf Basis disaggregierter Daten, wie Bestand an Gebäuden, thermische Gebäudequalität, Gebäudegeometrie, Gebäude-Nutzflächen sowie gerätespezifische Effizienz, analysiert. Der zukünftige Endenergiebedarf für Heizwärme wird im Modell auf Basis der Entwicklung des Gebäudestands (Abriss, Neubau, Sanierung) sowie der

eingesetzten Gebäudetechnik (Tausch von Heizungssystemen) berechnet. Die Berechnung wird in drei Stufen durchgeführt. Zuerst wird mit einer Weibull - Verteilung berechnet, wann ein Gebäude saniert wird und wann ein Heizungssystem getauscht wird. Ein weiterer Algorithmus entscheidet, welches Heizungssystem in neuen und sanierten Gebäuden, gewählt wird. In der dritten Stufe wird nach ÖNORM B 8110 der Heizwärmebedarf berechnet, der mit einer Bewertung des Service Faktor zum Endenergiebedarf abgeleitet wird [9].

Parameter für die zwei Hauptszenarien sind in der irischen Bauordnungen 2007 und 2011 sowie in der maltesischen Bauordnung 2008 definierte Standards: U-Werte für Gebäudekomponenten und Effizienz für Heizungssysteme in neuen und sanierten Gebäuden. Das erste Szenario (EPBD Reference) entspricht den Werten, die durch die Umsetzung der ersten EPBD und deren Artikel 4 "Festlegung von Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz" festgelegt wurden. Das zweite Szenario (EPBD Neufassung) enthält die Anforderungen der neuen EPBD Richtlinie. Alle Szenarien werden bei zwei PRIMES Energiepreisszenarien betrachtet – niedrig (ca. 9% Steigerung 2011 bis 2030) und hoch (ca. 33% Steigerung 2011 bis 2030).

### **Datengrundlage**

Landesspezifische Daten zu Bestand an Gebäuden (Haushalte) werden vom „Mikrozensus“ der Statistik Irland und der Statistik Malta herangezogen. Die Datenquellen für die thermische Gebäudequalität, installierte Heizungssysteme sowie Energiequellen sind das Projekt TABULA (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment), nationale Bauordnungen, Statistische Datenbanken von Irland und Malta u.a. Landesspezifische Daten über politische Maßnahmen und Umsetzung der erwähnten Richtlinien sind nationale öffentliche Verwaltungen, wie „SEI“ (Sustainable Energy Ireland - Energy policy statistical support units) von Irland, „MRA“ (the Ministry of Resouces and Rural Affairs) von Malta und das Projekt „ODYSSEE“ (Energy Efficiency Database).

### **Struktur der Arbeit**

Die Arbeit besteht aus sechs Teilen. Im ersten Teil wird die Methodik beschrieben. Die Rechnungsweise des Simulationstool „Invert-EE/Lab“ wird genau dargestellt und für die Berechnung benötigte Datenstruktur detailliert. Im zweiten Teil werden Daten zum Gebäudezustand, zukünftigen Gebäudezustand, Klimadaten und der Überblick des Energiesektors in Irland und Malta abgebildet. Im nächsten Teil werden Szenarien, Sub-Szenarien und Sensitivitätsanalysen gebildet. Im vierten Teil werden die Ergebnisse der entwickelten Szenarien für die Reduktion des Endenergiebedarfes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt und interpretiert. Der letzte Teil enthält Schlussfolgerungen sowie eine Diskussion der Wirkung der betrachteten Parameter und Faktoren.

## 2 Methodik

Die Modellierung des Heizwärmebedarfs und Endenergiebedarfs bis 2030 wird mit dem Bottom-up Gebäudemodell Invert/EE-Lab durchgeführt. Das Simulationstool Invert/EE-Lab wurde von der Energy Economics Group (EEG) der Technischen Universität Wien entwickelt. Das Modell wird seit 2005 in verschiedenen nationalen und internationalen Projekten zu den Themen Einflussfaktoren von Klimawandel, politischen Maßnahmen auf Wärmebereitstellung, Szenarien für erneuerbare Wärme im Gebäudesektor u.a. verwendet [10] [11] [9].

Der Basisalgorithmus (Entscheidungs-Algorithmus) des Modells ist ein stochastischer, nicht rekursiver, myopischer, betriebswirtschaftlicher Optimierungsalgorithmus mit der Zielfunktion minimierter Kosten [9]. Abbildung 1 zeigt die Grundstruktur des Modells Invert-EE/Lab [12]. Die Basis des Modells ist die Abbildung der disaggregierten Daten des Gebäudebestands, sowie die Technologien zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser. Zur Analyse des Gebäudesektors werden Daten zu Gebäudezustand, Bauperiode, thermische Gebäudequalität, Gebäudegeometrie, Gebäude-Nutzflächen sowie gerätespezifische Effizienzkennzahlen benötigt. Der zukünftige Endenergiebedarf für Heizwärme wird im Modell auf Basis der Entwicklung des Gebäudezustands (Abriss, Neubau, Sanierung) sowie der eingesetzten Gebäudetechnik (Tausch von Heizungssystemen) berechnet. Die Simulationsergebnisse sind der Endenergiebedarf nach Gebäudetypen, Energieträger sowie die Investitionskosten [9].

Die Berechnung wird über einen dreistufigen Algorithmus durchgeführt. Zuerst wird mit der Weibull - Verteilung berechnet, wann ein Gebäude saniert wird und wann ein Heizungssystem getauscht wird. Ein weiterer Algorithmus entscheidet, auf Basis Energieeffizienz bzw. monetärer und nicht-monetärer Faktoren, welches Heizungssystem in neuen und sanierten Gebäuden, installiert wird. Monetäre Faktoren umfassen minimierte Kosten eines Heizungssystems bzw. Preise der Energieträger. Nicht-monetäre Faktoren umfassen Präferenz für ein Heizungssystem, Traditionen, Ressourcenpotential, Komfort u.a. In der dritten Stufe werden auf Basis der ÖNORM B 8110 und ÖNORM H 8055 der Endenergiebedarf berechnet [9].

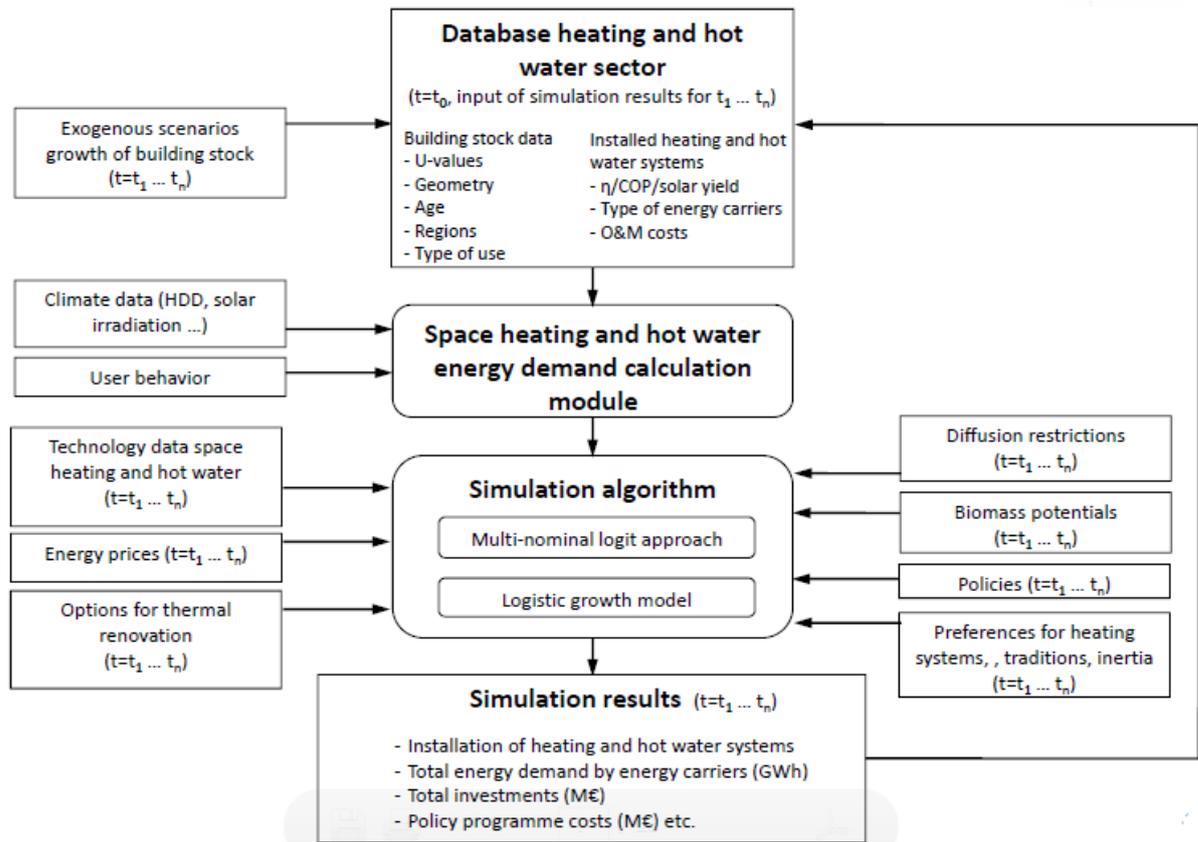


Abbildung 1 Grundstruktur des Modells Invert - EE/Lab [12]

## 2.1 Entscheidungsalgorithmus

Der gesamte Endenergiebedarf für jedes Jahr wird aufgrund der Änderung des Gebäudestands (Abriss, Neubau, Sanierung) sowie der eingesetzten Gebäudetechnik (Tausch von Heizungssystemen) abgebildet. Die Anzahl der Gebäude, die jedes Jahr abgerissen oder saniert werden, sowie die Anzahl der Heizungssysteme, die getauscht werden, werden auf Basis einer Weibull-Verteilung berechnet. Dafür ist es wichtig Daten, wie Bauperiode, Sanierungsjahr der Gebäude und das Installationsjahr der Heizungssysteme zu bestimmen [10].

Auf Basis der Gleichung 1 wird die Verteilung der Gebäude, die saniert werden sowie die Systeme, die getauscht werden berechnet [10].

$$S_{measure} = \frac{\sum_{T=T_{min}}^{T_{max}} 1 - e^{-\left(\frac{T}{\lambda}\right)^k}}{\sum_{T=T_{min}}^{T_{max}} 1 - e^{-\left(\frac{T-1}{\lambda}\right)^k}}$$

Gleichung 1

Beschreibung der Parameter:

$\lambda$  - Zeitspanne, nach der 63,3% Einheiten aufgefallen ist

$T_{min}, T_{max}$  - Minimales und Maximales Alter der betrachteten Komponente

$k$  - Formfaktor

Die Gebäude, die jedes Jahr abgerissen werden, werden auf Basis der gleichen Methode berechnet, nur wird zusätzlich bewertet, wann ein Gebäude renoviert wird.

Wesentliche Faktoren zur Bestimmung der Anzahl der sanierten und neu errichteten Gebäude sind Bauperiode und der Formfaktor. Das Modell rechnet für jedes Gebäudesegment (die genaue Beschreibung findet man im Kapitel 2.3). Ein weiterer Parameter, der bestimmt, wann das Haus bzw. ein Haussegment abgerissen oder wieder saniert wird, ist die Lebensdauer eines Gebäudes bzw. eines Gebäudeteils.

Zur Entscheidungsfindung bei der Wahl eines Heizungssystems wird ein multinomiales Logit-Modell eingesetzt. Die wesentlichen Faktoren sind monetäre Faktoren, wie Investitionskosten, jährliche Kosten der Energieträger sowie Betriebs- und Wartungskosten (O&M) [10]. Nicht-monetäre Faktoren, wie Traditionen, Ressourcenpotential in einer betrachteten Region sowie die Marktdurchdringung eines Heizungssystems haben ebenfalls eine Wirkung.

## 2.2 Berechnung des Energiebedarfs

Nach Bestimmung des Gebäudezustandes für jedes Jahr wird der Endenergiebedarf berechnet. Der Endenergiebedarf wird für jedes Gebäudesegment ermittelt. Die Nachfolge der Berechnung wird in Abbildung 2 dargestellt. Der Nutzenergiebedarf setzt sich aus Heizwärmebedarf (HWB) und Warmwasserbedarf (WWB) zusammen. Aus HWB, WWB und dem Heiztechnik-Energiebedarf wird der Endenergiebedarf berechnet. Der Endenergiebedarf  $EEB_{Norm}$  entspricht nicht den Werten des real gemessenen Endenergiebedarfs von Gebäuden. Da das Nutzerverhalten nicht beachtet ist. Das wird mit der Einführung eines Service-Faktor korrigiert und so der Energiebedarf  $EEB_{EB}$  ermittelt [9].

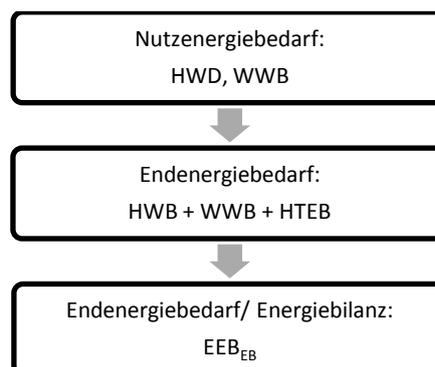


Abbildung 2 Abfolge bei der Berechnung des Endenergiebedarfes

Der Heizwärmebedarf wird im Modell nach der ÖNORM B 8110-5 „Wärmeschutz im Hochbau - Niedrig- und Niedrigstenergiegebäude“ auf Basis eines Monatsbilanz-Verfahrens ermittelt. Der Wärmebedarf wird mit einem quasistationären Verfahren berechnet, was bedeutet, dass die monatlichen Durchschnittstemperaturen als wesentliche klimatologische Eingangsgröße, herangezogen werden [10]. Der rechnerische Heizwärmebedarf ist der, der während einer Heizperiode den Räumen des Gebäudes zugeführt werden muss, um die Einhaltung einer vorgegebenen Soll-Temperatur sicherzustellen. Um den Heizwärmebedarf zu ermitteln, werden weitere Wärmeverluste und Gewinne beachtet: Transmissionsverluste, Lüftungsverluste sowie innere Gewinne und solare Gewinne [3]. Im Modell werden Innenraumtemperaturen, die monatliche Nutzungsdauer und Luftwechselraten der Gebäude gemäß ÖNORM B 8110-5 herangezogen [10]. Der spezifische Warmwasserbedarf wird nach ÖNORM B 8110-5 berechnet. Es wird angenommen, dass der Bedarf für ein Wohngebäude  $35 \text{ Wh/m}^2\text{d}$  beträgt [13].

Im Weiteren wird der nominale Energiebedarf  $EEB_{Norm}$  ermittelt. Bei der Berechnung des normierten Energiebedarfs werden Verluste des Wärmebereitstellungs- und Wärmeverteilungssystem auf Basis ÖNORM H 8055 betrachtet [10]. Der normierte, spezifische Endenergiebedarf  $EEB_{Norm}$  wird pro  $\text{m}^2$  Bruttogeschoß-fläche (BGF) berechnet (Gleichung 2).

$$EEB_{Norm} = HWB + WWB + HTEB, \quad \frac{kWh}{m^2a} \quad \text{Gleichung 2}$$

Beschreibung der Parameter:

$EEB_{Norm}$  - spez. Endenergiebedarf nach ÖNORM H 5056

HWB - spez. Heizwärmebedarf nach ÖNORM H 5056

WWB - spez. Warmwasserwärmebedarf

HTEB - spez. Heiztechnik Energiebedarf

Zur Ableitung des realen Endenergiebedarfs wird der Servicefaktor beachtet. Der Servicefaktor beschreibt das Nutzenverhalten. Das Nutzenverhalten ist kein fest definierter Parameter, weil das Verhalten aller Nutzer unterschiedlich sein kann. Das Nutzenverhalten kann aber mit einigen Eigenschaften beschrieben werden. Das Nutzenverhalten hängt von folgenden Faktoren ab [14]:

- Thermische Qualität der Gebäudehülle
- Größe der Wohneinheit
- Zentralisierungsgrad des Heizungssystems
- Standortklima

Beispielsweise ist in Malta die Außentemperatur über das ganze Jahr hoch und die Heizungssaison sehr kurz. Eine Wohneinheit hat eine Elektroheizung, die nur selten aktiv ist und jeweils nur einem Raum beheizt. Das Standortklima ist in diesem Fall ein wichtiger Faktor, der zu einem geringen Servicefaktor führt.

### 2.3 Datenstruktur

Der Energiebedarf für jedes Jahr wird im Modell auf Basis der genau definierten Gebäudesegmente berechnet. Ein Gebäudesegment beschreibt eine Gebäudekategorie, eine Bauperiode und ein Heizungssystem (Tabelle 1). Dies führt z.B. in Irland zu 585 Gebäudesegmente (siehe Kapitel 9.1 Anhang „Gebäudesegmente: Irland“). Für jede Gebäudeklasse werden die folgenden Parameter definiert:

- Geometrie: Es wird die Breite, Länge und Höhe eines Gebäudes definiert.
- U-Werte: Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Dächer, Außenwände, Fenster, Kellerdecke und Boden beachtet (Einheit  $W/m^2K$ ).
- Anzahl der Wohneinheiten in einem Gebäude.
- Anzahl der Personen in einer Wohneinheit.
- Sanierungsperiode der Fassade bzw. Tausch der Fenster: Daten zur Sanierungsperiode sind in der Regel nicht verfügbar, daher müssen hier Annahmen getroffen werden.
- Klimaregion: Es können unterschiedliche Klimaregionen definiert werden. Für eine Klimaregion wird die mittlere monatliche Außentemperatur und jährliche minimale Temperatur definiert (Einheit  $^{\circ}C$ ). Es wird auch die monatliche mittlere solare Einstrahlung abgebildet (Einheit  $kWh/m^2$ ).
- Sanierungskosten: Neben technischen Gebäudedaten und Klimadaten werden wirtschaftlichen Daten beschrieben. Es werden dreistufige Sanierung und Sanierungskosten definiert. Die erste Sanierungsstufe ist keine thermische Sanierung, sondern nur Wartung. Die zweite und dritte Stufe unterscheiden sich in den Wärmedurchgangskoeffizienten der sanierten Bauteile. Die Preise sind dementsprechend unterschiedlich (Einheit  $€/m^2$ ).

Für jedes Segment werden weitere Kriterien definiert, die das Heizungs- bzw. Warmwassersystem beschreiben:

- Typ des Heizungssystems: Es wird die Heizungstechnik - Einzelheizung oder Zentralheizung sowie die verwendeten Energieträger unterschieden.
- Wirkungsgrad einer Anlagentechnik: Verhältnis von abgegebener und zugeführter Leistung eines Heizungssystems.
- Nutzungsgrad: Verhältnis von ab- und zugeführter Energie in einem Heizungssystem.
- Arbeitszahl: diese Kennzahl gibt den Nutzungsgrad von Kälteanlagen oder Wärmepumpen an.
- Periode der Installation eines Heizungssystems.
- Wärmeverteilungssystem.
- Warmwasseraufbereitungssystem: Wenn das Warmwasser in einem Gebäude nicht durch das Zentralheizungssystem aufbereitet wird, wird ein zusätzliches Warmwassersystem definiert.
- Warmwasserverteilungssystem.
- Anzahl der Boiler pro Gebäude: damit wird definiert, ob die Heizung eine Einzelheizung, Zentralheizung oder Etagenheizung ist.
- Solarthermisches System: Es wird definiert, ob ein solarthermisches System im Gebäudesegment vorhanden ist und welche Eigenschaften dieses hat.
- Energiequelle: Es wird definiert, welche Energieträger verwendet werden.
- Kosten der Heizungs- und Warmwasseraufbereitungssysteme: Es werden die Investitionskosten eines Heizungssystems, abhängig von der Leistung und den Betriebs- und Wartungskosten (O&M) angegeben.
- Kosten des Energieträgers
- Bereitschaft eines Nutzes für ein Heizungssystem zu bezahlen (WTP – willingness to pay)

**Tabelle 1 Dateneingabestruktur im Model Invert-EE/Lab**

Kategorie	Klasse	Segmente
Gebäude A	Gebäude A; Bauperiode A	Gebäude A; Bauperiode A; Heizungssystem A
Gebäude B	Gebäude B; Bauperiode A	Gebäude B; Bauperiode A; Heizungssystem A
	Gebäude A; Bauperiode B	Gebäude A; Bauperiode B; Heizungssystem A
	Gebäude B; Bauperiode B	Gebäude B; Bauperiode B; Heizungssystem A
		Gebäude A; Bauperiode A; Heizungssystem B
		Gebäude A; Bauperiode A; Heizungssystem B
		Gebäude A; Bauperiode A; Heizungssystem B
		Gebäude A; Bauperiode A; Heizungssystem B

Im Modell können für jede Gebäudekategorie bestimmte politische Maßnahme abgebildet werden. Die politischen Maßnahmen umfassen regulative und ökonomische Instrumente. Finanzielle politische Instrumente umfassen Subventionen für Sanierung, sowie für erneuerbares Heizen. Diese politischen Maßnahmen können für neue Bauten, alte Gebäude sowie für renovierte Gebäude angewendet werden.

## 2.4 Berechnung der CO<sub>2</sub> – Emissionen

Bei der lokalen Betrachtung der Auswirkungen von Wärmebereitstellung auf die Umwelt sind Emissionen von Staub, Stickoxiden, Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen zu

berücksichtigen. Aus dieser Sicht ist der Strom für eine Wärmepumpe oder Stromheizung am saubersten, da die Stromerzeugung geografisch oft weit entfernt ist [15].

Bei der Berechnung der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind die erwähnten Energieträger anders zu bewerten [15]. Die Bewertung der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen wird auf Basis der Ermittlung des Primärenergiefaktors eines Brennstoffes durchgeführt. Die Stromerzeugung hat in diesem Fall einen hohen Primärenergiefaktor. Es hängt vom Primärenergieeinsatz in der Stromerzeugung. Im heutigen durchschnittlichen Kraftwerk muss ungefähr 3 Kilowattstunden Primärenergie eingesetzt werden, um 1 Kilowattstunde Strom zu erzeugen. Der Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus lokal verbranntem Erdgas und Heizöl ist hoch und hängt vom Wirkungsgrad des Heizungssystems, Abgasstrangs und der Brennstoffleitungen ab. Holz- und Holzpellets verbrennen CO<sub>2</sub>-neutral [15].

In der vorliegenden Arbeit werden für jedes Jahr die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 berechnet. Dafür werden die Ergebnisse des Modells – Endenergiebedarf nach Energieträger – verwendet und für jeden Brennstoff die CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet. Diese Berechnung wird auf Basis der Ermittlung des Primärenergiefaktors eines Brennstoffes durchgeführt, die für Irland und Malta spezifisch sind. Die Berechnung wird für jedes Jahr durchgeführt und hängt von der Entwicklung des Energiemixes und Energiemenge ab.

### 3 Daten

Für die Berechnung des Endenergiebedarfes im Gebäudesektor werden mikroökonomische, disaggregierte Daten verwendet. Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, werden die Daten für das Modell auf Basis einer genau definierten Struktur analysiert. Diese Struktur besteht grundsätzlich aus den Gebäudesegmenten. Die Segmente wurden für beide Länder auf Basis unterschiedlicher Datenquellen ermittelt. Landesspezifische Daten zur Anzahl an Gebäuden (Haushalte), Wohngebäudetypen, Haushaltsgröße wurden vom „Mikrozensus“ der Statistik Irland und der Statistik Malta herangezogen. Die thermische Gebäudequalität, installierte Heizungssysteme, Energiequelle, Warmwasseraufbereitungssysteme wurden vom Projekt TABULA (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment), nationalen Bauordnungen, Statistischen Datenbanken Irland und Malta abgebildet. Die Datenquellen für Klimadaten sind nationale Statistiken und die Daten aus der EUROSTAT Datenbank. Wirtschaftliche Daten wurden vom Projekt „Strategieentwicklung zur Förderung der Verbreitung von Heizung und Kühlung aus Basis erneuerbarer Energien in Europäischen Mitgliedstaaten (RES-H Policy)“ herangezogen.

Es wurden für Irland 585 Segmente definiert (siehe Tabelle 2). Es gibt in Irland 5 Hauptgebäudekategorien. Die Gebäude wurden in 9 verschiedenen Bauperioden gebaut. Gebäudetypen und Bauperiode entsprechen im Inputfile des Modells einer Klasse. Jede Klasse hat unterschiedliche Heizungssysteme, so werden die sogenannten Segmente gebildet. In Irland sind 13 unterschiedliche Heizungssysteme in Verwendung (Unterscheidung auch in unterschiedlichen Qualitäten). Die definierten Segmente finden sich im Anhang 9.1 „Gebäudesegmente und Gebäudeklassen: Irland“. Die anderen Daten, die die Gebäudesegmente beschreiben und welche Datenquellen dafür verwendet wurden, werden im 3.1 beschrieben.

**Tabelle 2 Gebäudesegmente (Kategorie, Bauperiode, Heizungssystem), Irland**

Kategorien (5)		
Klassen (5*9=45)		
Segmente (45*13=585)		
Gebäudetypen	Bauperiode	Heizungssysteme
Einfamilienhaus einstöckig	A. Vor 1918	Gasheizkessel (alt)
Einfamilienhaus zweistöckig	B. 1919-1945	Gasheizkessel (Brennwert)
Doppelhaus	C. 1946-1960	Ölheizkessel (alt)
Reihenhaus	D. 1961-1970	Ölheizkessel (Brennwert)
Mehrfamilienhaus	E. 1971-1980	Elektroheizung
	F. 1981-1990	Wärmepumpe
	G. 1991-2000	Kohlheizkessel
	H. 2001-2006	Biomasseheizkessel
	I. 2007 - 2011	Biomasseofen
		Kohleofen
		Gasheizkessel (Brennw.) mit Solaranlage
		Ölheizkessel (Brennw.) mit Solaranlage
		Biomasseheizkessel mit Solaranlage

Für Malta wurden 384 Segmente definiert (Tabelle 3). Es gibt in Malta vier Hauptgebäudekategorien: Ein- oder Zweifamilienhaus, Reihenhaus, Maisonette und Mehrfamilienhaus. Als Gebäudetyp wurden für Malta auch sanierte Gebäude definiert. Die Gebäude wurden in 8 Bauperioden gebaut. Gebäudekategorien und Bauperiode bilden 64 Klassen. Die Anzahl der typischen Heizungssysteme ist 6. Dies sind Luftheizung, Ölheizkessel, Strom-Direkt-Heizungen Elektro-Speicherheizgerät, Gasraumheizung und Biomasseofen. Die Klassen und Heizungssysteme

bilden die Segmente. Im Kapitel 9.2 „Gebäudesegmente und Gebäudeklassen: Malta“ sind alle definierte Segmente abgebildet. Tabelle 3 zeigt die einzelnen Gebäudesegmente.

**Tabelle 3 Gebäudesegmente (Kategorie, Bauperiode, Heizungssystem), Malta**

Kategorien (8)		
Klassen (8*8=64)		
Segmente (64*6=384)		
Gebäudetypen	Bauperiode	Heizungssysteme
Ein- oder Zweifamilienhaus	A. Vor 1918	Luftheizung
Reihenhaus	B. 1919-1945	Ölheizkessel
Maisonette	C. 1946-1960	Strom-Direkt-Heizungen
Mehrfamilienhaus	D. 1961-1970	Gasraumheizung
Ein- oder Zweifamilienhaus, renoviert	E. 1971-1980	Ölheizöfen
Reihenhaus, renoviert	F. 1981-1990	Biomasseofen
Maisonette, renoviert	G. 1991-2000	
Mehrfamilienhaus, renoviert	H. 2001-2008	

## 3.1 Irland

### 3.1.1 Gebäudestand

#### ***Gebäudeanzahl, Kategorien und Bauperiode***

Die Ergebnisse der Volkszählung umfassen unter anderem die folgenden Daten über Haushalte in Irland:

- Anzahl der Haushalte
- Wohngebäudetypen
- Bauperiode der Wohngebäude
- Heizungssysteme
- Personenanzahl in einem Haushalt [16]

Gemäß dem „Census of Population 2011“ betrug im Jahr 2011 die Anzahl der Haushalte 1.649.048. In 2006 lag die Anzahl bei 1.462.296 [16]. Im Zeitraum von 1961 bis 2006 hat sich die Anzahl von Haushalte (bzw. Wohneinheit) erhöht [17]. Für die Erstellung von Szenarien in dieser Arbeit werden die Daten von 2011 angenommen. Das Modell rechnet auf Basis von Gebäuden und nicht auf Haushaltsebene. Über die Ermittlung der Anzahl der Wohneinheiten pro Gebäude in jedem Gebäudetyp, wurde die Anzahl der Gebäude berechnet.

Bei der Berechnung des Energieverbrauchs ist es wichtig die Typen von Gebäuden zu berücksichtigen. Eine Wohnung hat beispielsweise einen wesentlich kleineren Wärmeverlust als ein Einfamilienhaus wegen des größeren Verhältnisses zwischen Wohnfläche zu Außenfläche. Gemäß Statistik Irland und Brophy V. et al. (1999) werden in Irland 5 häufige Gebäudetypen unterschieden [18] [16]:

- Einfamilienhaus einstöckig (eng. Detached house 1-storey),
- Einfamilienhaus zweistöckig (eng. Detached house 2-storey),
- Doppelhaus (eng. Semi-detached house),
- Reihenhaus
- Mehrfamilienhaus

Das Einfamilienhaus (einstöckig und zweistöckig) ist in Irland der häufigste Haustyp. 2011 hat das Einfamilienhaus einen Anteil von 43% aller Wohngebäude. Der zweitgrößte Typ der Gebäude ist das Doppelhaus, mit 28% Anteil an der Gesamtanzahl. Das Reihenhaus und Mehrfamilienhaus machen 29% aller Gebäude aus [18].

32 % aller Gebäude wurden bis 1970 gebaut. In der Periode 1971 - 1990 wurden 25% aller Gebäude gebaut. Die Anzahl der Gebäude, die nach 1991 bis 2011 gebaut wurde, liegt bei 43%. Die größte Anzahl der Gebäude wurden in der Periode 2001 – 2005 gebaut (17%) (siehe Abbildung 3) [18].

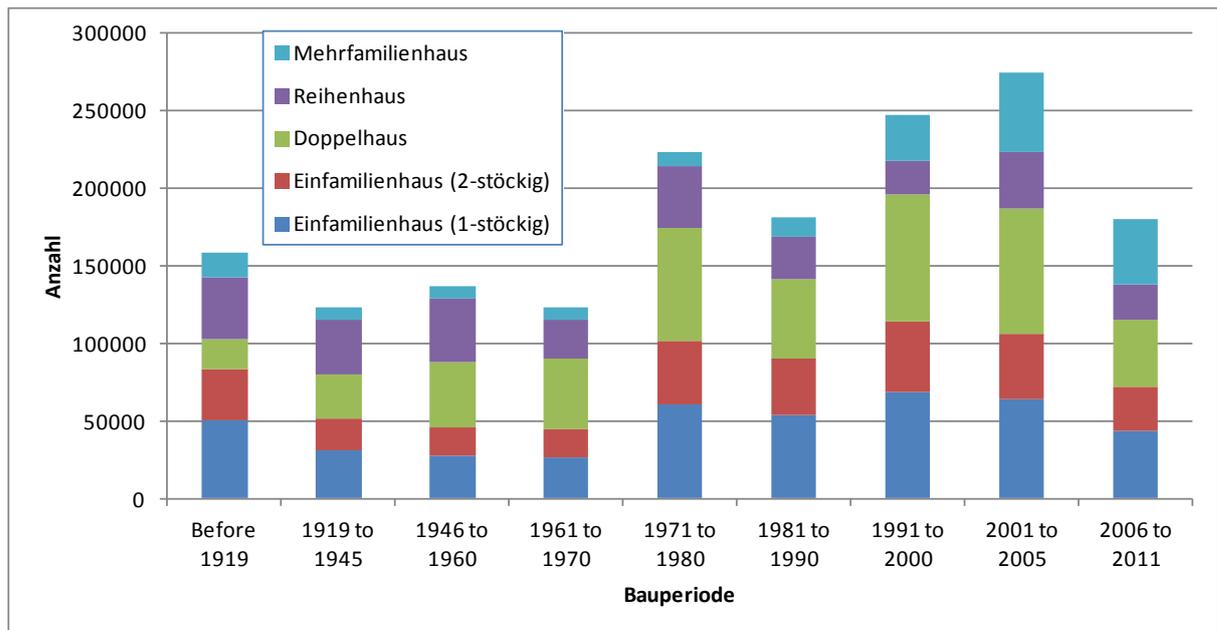


Abbildung 3 Anzahl und Typen von Wohneinheiten in Gebäuden nach Bauperiode, Irland, 2011

Die Anzahl der Haushalte werden von der Statistik Irland herangezogen. Das Modell Invert-EE/Lab rechnet jedoch auf Basis von Gebäuden. Nach der Beschreibung von Brophy V. et al. (1999) bestehen die typischen Gebäude aus Einfamilienhaus (einstöckig und zweistöckig) mit einer Wohneinheit, Doppelhaus mit zwei Wohneinheiten, Reihenhäuser mit 3 Wohneinheiten und Mehrfamilienhaus mit 12 Wohneinheiten. Die Anzahl der Gebäude errechnet sich aus der Anzahl der Haushalte und Anzahl der Haushalte pro Gebäude und beträgt 2011 damit 1.052.974 (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4 Anzahl der Haushalte und Gebäude in Irland, 2011 [16] [18]

Gebäudetyp	Anzahl Haushalte	Anzahl Haushalte/Gebäude	Anzahl Gebäude
Einfamilienhaus (einstöckig)	424943	1	424943
Einfamilienhaus (zweistöckig)	283295	1	283295
Doppelhaus	465020	2	232510
Reihenhäuser	290194	3	96731
Mehrfamilienhaus	185956	12	15496
	<b>Σ1649408</b>		<b>Σ1052974</b>

In Abbildung 4 kann man den Gebäudeausbau (in blau) und die Summe der gesamten Anzahl der Gebäude (in grün) zwischen 1975 und 2010 sehen. Von 2000 bis 2006 wurde in Irland die größte Anzahl an Gebäuden gebaut und 2006 ein Maximum erreicht. In diesem Jahr wurden 93.419 Wohngebäude gebaut. Die steile Zunahme hängt mit dem starken Wirtschaftswachstum in Irland zusammen, das von 2000 – 2006 reichte. Im Jahr 2006 hat das Land eine starke Finanzkrise erlebt. Ab 2006 sinkt der BIP (Bruttoinlandsprodukt) massiv und die jährliche Konstruktionen auch. Im Jahr 2010 wurden nur 14.602 Gebäude gebaut, was ca. 75% weniger zum Vergleich mit dem Jahr 2006 ist. Von 2006 bis 2007 hat der Hausbau aber um 75% abgenommen [19] [20].

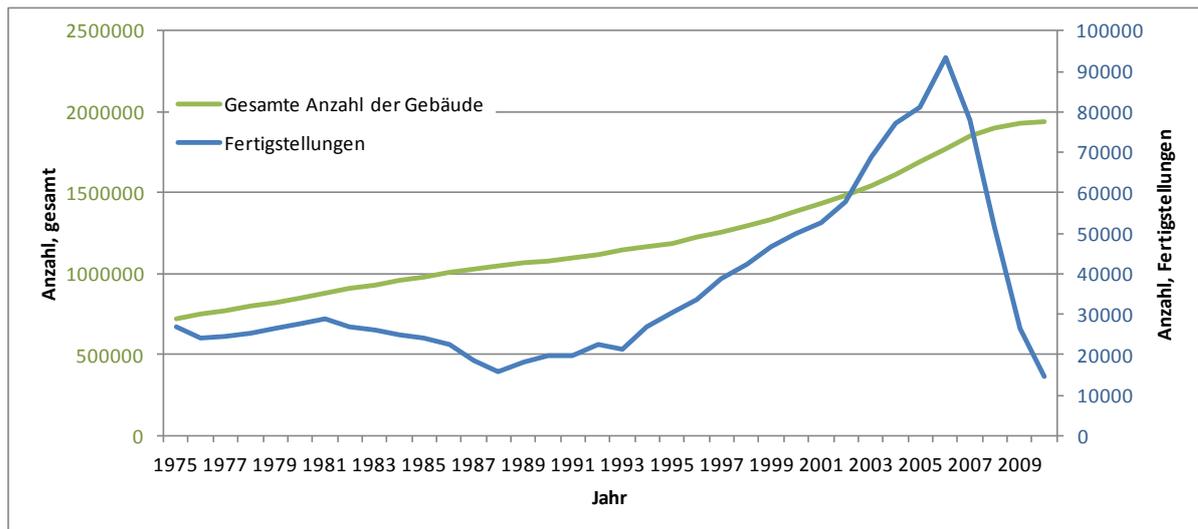


Abbildung 4 Jährliche Neubau und gesamtanzahl der Gebäude in Irland, 1975-2010 [20]

Im Jahr 2006 waren von allen Wohngebäuden mehr als 17% leer stehend. Von diesen Gebäuden sind 2,8% unbewohnte Ferienhäuser, 2,4% leer stehende Wohnungen, 9,9% leer stehende Häuser und 1,9% temporär leere Gebäude (die Bewohner wohnen temporär nicht im Land) [21].

In der Berechnung des Endenergieverbrauchs für Heizung werden nur bewohnte Wohngebäude berücksichtigt. Leer stehende Gebäude haben keinen Heizwärmebedarf oder nur saisonalen oder geringen Heizwärmebedarf und damit eine geringe Wirkung auf den gesamten Endenergieverbrauch für Raumwärme.

### **Grundfläche und Geometrie**

Die typische Gebäudegeometrie in Irland hat ein Länge-Breite-Verhältnis von 1,3-zu-1 und eine Höhe zwischen Fußboden und Geschossdecke von 2,4 m [18].

Die durchschnittliche Grundfläche einer Wohneinheit betrug im Jahr 1998 in Irland 97 m<sup>2</sup> (Tabelle 5 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) [18]. Neuere Daten über jährliche mittlere und Gesamtwerte der Grundflächen sind im Dokument „Planungsrechtliche Genehmigung“ [21] der Statistik Irland aufgelistet. In dieser werden die genehmigten Flächen von Häusern und Wohnungen veröffentlicht. Im Jahr 1998 betrug die durchschnittliche Fläche von einem Einfamilienhaus (zweistöckig) 130 m<sup>2</sup>, von einem Doppelhaus 100 m<sup>2</sup>, einer Wohneinheit im Reihenhauses 74,5 m<sup>2</sup> und in der Mehrfamilienwohnung 50 m<sup>2</sup>. Bis 2005 bzw. 2011 hat die Wohnfläche wesentlich zugenommen. In der Periode 2001 - 2005 sind die durchschnittliche Fläche 113,20 m<sup>2</sup> und in der Periode 2006 – 2011 beträgt sie 131,04 m<sup>2</sup>.

Tabelle 5 Durchschnittliche Wohnfläche in unterschiedlichen Gebäudetypen und Bauperioden in Irland

Gebäudetyp	Bauperiode bis 2000	Bauperiode 2001 – 2005	Bauperiode 2006 - 2011
Einfamilienhaus (einstöckig)	95	107,67	124,64
Einfamilienhaus (zweistöckig)	130	147,34	170,56
Doppelhaus	100	113,34	131,20
Reihenhauses	74,5	84,43	97,74
Mehrfamilienhaus	50	78,06	87,32
<b>Durchschnitt</b>	<b>97</b>	<b>113,20</b>	<b>131,04</b>

### Haushaltsgröße

Für die Berechnung des Energieverbrauchs für Wasser bzw. Warmwasser eines Haushaltes ist es wichtig die Personenanzahl in einem Haushalt zu kennen. Im Gegenteil zur Gebäudefläche, die mit den Jahren zunimmt, sinkt die Größe der Haushalte. Die Daten über Haushaltsgröße sind im „Census of population“ der Statistik Irland ermittelt ([16] zitiert in [17]). Die mittlere Haushaltsgröße beträgt im Jahr 2006 2,81 Personen. Die durchschnittliche Anzahl der Personen in einem Haushalt hat damit um 29% zwischen 1961 und 2006 abgenommen (Tabelle 6).

Tabelle 6 Durchschnittliche Personenanzahl in einem Haushalt in unterschiedlichen Jahren

	1961	1971	1981	1991	2002	2006	2011
<b>Anzahl Personen/ Haushalt</b>	3,97	3,93	3,66	3,34	2,95	2,81	2,81

### U-Werte

Daten für U-Werte der Gebäude werden aus dem Projekt „TABULA“, welches den Gebäudezustand in unterschiedlichen europäischen Ländern abbildet, verwendet. Zusätzlich wird aus Irlands Bauordnungen, in denen die Anforderungen für neue und renovierte Gebäude gegeben sind herangezogen.

Fast 770.000 Gebäude wurden in Irland bis zur Einführung der ersten Anforderung der Wärmedämmung „Thermal insulation Requirement“ gebaut [22]. Die Anforderung wurde mit der erste „Irish Building Regulation“ im Jahr 1976 eingeführt. Bis zu dieser Anforderung gab es keine spezifische Regulierung für die Energienutzung in Gebäuden [22]. Die erste Bauordnung mit den Anforderungen der U-Werte wurde in Irland 1976 erlassen. In der nächsten Bauordnung „Building Regulation 1997“ im Dokument „Conservation of Fuel and Energy – Dwellings“ [23] wurden neue U-Werte eingeführt. Die Bauordnung „Building Regulation 1997“ wurde im Jahr 2002, 2007 und 2011 geändert. Die U-Werte der Bauordnungen sind in der Tabelle 7 zusammengestellt. Die U-Werte für alle Gebäude, die vor 1976 gebaut wurden, werden aus dem Projekt TABULA herangezogen, wo typische Gebäudetypen in Irland abgebildet sind.

Tabelle 7 U-Werte aus den Bauordnungen und dem Projekt „TABULA“ [24] [25] [26] [27]

Irische Bauordnung	U-Werte (W/m <sup>2</sup> K)					
	Dachschrag	Dachboden	Außenwand	Decke	Kellerdecke	Fenster
1976	0,4	0,4	1,1	0,45	n.a.	n.a.
1997	0,35	0,25	0,45	0,45	0,45	3,3
2002	0,22	0,16	0,27	0,25	0,25	2,2
2007	0,22	0,16	0,27	0,25	0,25	2,2
2011	0,20	0,16	0,21	0,21	0,21	1,6
<b>TABULA</b>						
Bis 1975	0,68	0,65	2,04	0,72	0,72	5,4

### Heizung- und Warmwassersysteme

Auf Daten Basis des „Census of Population 2011“ werden Gebäude nach Typ, Bauperiode und Heizungsquelle beschrieben. In dieser Datenquelle wurde beschrieben, dass die folgenden Energieträger, die in Irland für Heizung und Warmwasserbereitstellung verwendet werden, sind: Erdgas, Heizöl, Kohle, Holz (Scheitholz oder Holzpellets) und Strom [28].

Gemäß der irischen Behörde für Energie „Sustainable Energy Authority of Ireland“ werden hauptsächlich Zentralheizungssysteme (Kollektiv) und Einzelheizung in Irland verwendet. In Irland gibt es keine Fernwärme [17]. Laut der „National Household survey“ die von Statistik Irland erstellt wird, haben 92% aller Wohngebäude im Jahr 2005 eine Zentralheizung. Der Rest der Gebäude hat

keine Zentralheizung sondern Einzelraumheizungen welche sich meistens in alten, nicht sanierten Gebäuden befinden. Die typischen Zentralheizungssysteme sind Gasheizkessel, Ölheizkessel, Biomasseheizkessel und Kohlheizkessel.

Zentralheizungssysteme, sind jene Systeme, die sich außerhalb einer Wohneinheit befinden. Die erzeugte Heizwärme wird mit dem Wärmeträger, in der Regel Wasser oder Luft, in die einzelnen Räume verteilt. Die Anlagekomponenten eines Zentralheizungssystems sind Heizkessel, Verteilungssysteme und Heizflächen bzw. Heizkörper. Einzelheizungen beschreiben jene Systeme, die Wärme in einem beheizten Raum direkt erzeugen. Die Anlagekomponente einer Einzelheizung besteht aus einem einzelnen geschlossenen oder offenen Ofen, der einen Raum beheizt.

Laut dem Projekt TABULA, Sustainable Energy Authority Ireland und Brophy V. et al. (1999) sind die typischen Heizkessel: Gasheizkessel (alt) oder Standardheizkessel (Niedrigtemperatur-Heizanlage) und Gasheizkessel (Brennwert), Ölheizkessel (alt) oder Standardheizkessel und Ölheizkessel (Brennwert), Biomasseheizkessel, Kohlheizkessel, Wärmepumpe, Elektroheizung. Zur Einzelheizung zählen geschlossene, offene Biomasseofen oder Kohleofen [18][24][29]. Abbildung 5 zeigt, dass das dominierende Heizungssystem der Ölheizkessel ist. Alte Ölheizkessel sind in fast 31% aller Gebäude installiert. In 24% aller Gebäude sind Gasheizkessel (Brennwertkessel) installiert. 13% der Gebäude haben Kohleheizkessel, 2% Biomasseheizkessel. Abbildung 5 zeigt die Heizungssysteme, die in Kombination mit einem Solarkollektor installiert sind. Die Solarkollektoren sind als sekundäre Energiesysteme ausgeführt und werden meistens zur Warmwasserbereitstellung verwendet. Nach dem neuesten „Census of Population 2011“ der Statistik Irland haben 25.000 Gebäude ein solarthermisches System [30]. Es wird angenommen, dass eine Solarthermische Anlage jene Gebäude haben, die ein Gas- oder Ölheizkessel (Brennwert) oder ein Biomasseheizkessel haben.

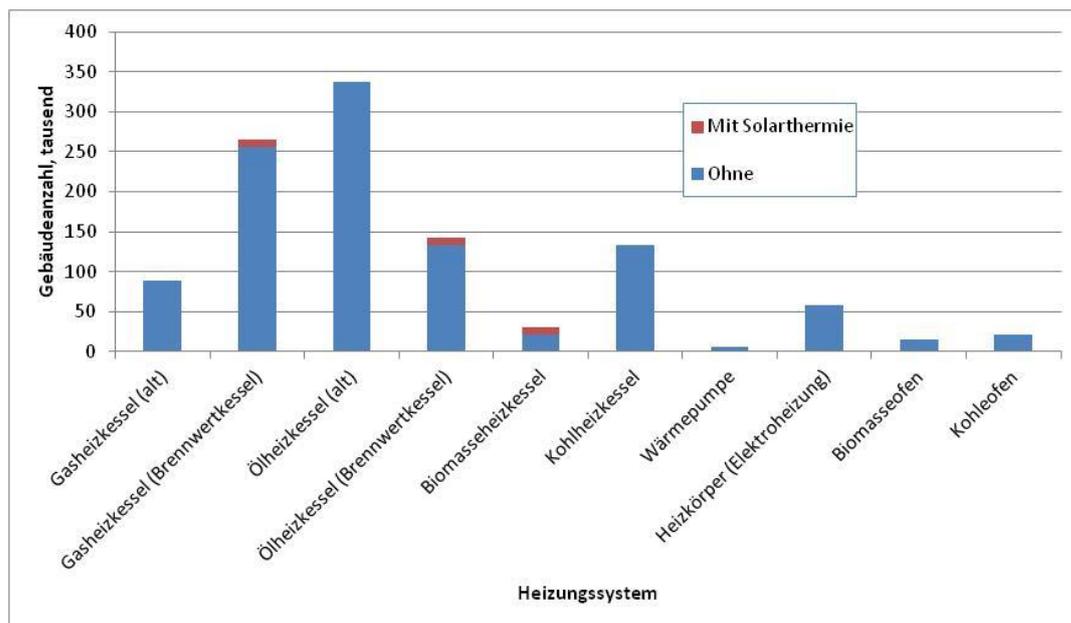


Abbildung 5 Anzahl der Gebäude je nach installiertem Heizungssystem, 2011 [18][24] [29]

Der Jahresnutzungsgrad der installierten Heizungssysteme sich auf der Datenbasis des Projektes TABULA [24] und Brophy V. et al. (1999) [18]. Der Jahresnutzungsgrad von Heizkesseln (Gas, Öl und Biomasse Brennwert) beträgt 0,8 und Heizkesseln (alt) 0,65. Heizkörper (Elektroheizung) haben einen Jahresnutzungsgrad von 1. Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist in Irland 3 (horizontale oder vertikale Erdsonden-WP/Wasser-WP oder Luft/Luft-WP). Einen niedrigen Jahresnutzungsgrad haben Biomasseofen und Kohleofen. Der Jahresnutzungsgrad beträgt bei diesen Systemen 0,5. Die in der Tabelle 8 in den zweiten und dritten Spalten sind die Jahresnutzungsgrade, die mit der Umsetzung der ersten und zweiten EU-Gebäuderichtlinien festgelegt wurden, dargestellt. Den Anforderungen entspricht der Gasheizkessel (Brennwertkessel), Ölheizkessel (Brennwertkessel) und Biomasseheizkessel.

Tabelle 8 Installierte Heizungssysteme und ihre Jahresnutzungsgrade [18] [23]

	Jahresnutzungsgrad	Jahresnutzungsgrad (EPBD-Reference)	Jahresnutzungsgrad (EPBD-Neufassung)
Gasheizkessel (alt)	0,65	0,65	0,65
Gasheizkessel (Brennwertkessel)	0,8	0,86	0,9
Ölheizkessel (alt)	0,65	0,65	0,65
Ölheizkessel (Brennwertkessel)	0,8	0,86	0,9
Heizkörper (Elektroheizung)	1	1	1
Kohlheizkessel	0,6	0,6	0,6
Biomasseheizkessel	0,8	0,86	0,9
Wärmepumpe	3	3	3
Biomasseofen	0,5	0,5	0,5
Kohleofen	0,5	0,5	0,5

### Erneuerbares Heizen

Im Wärmemarkt stieg die Energienutzung aus erneuerbaren Energien von 108 ktoe (1990) auf 196 ktoe (2009). Erneuerbare Energie für Wärme wird dominiert durch die Nutzung von Biomasse in der Industrie. Da der Wärmebedarf in der Industrie aufgrund der Wirtschaftskrise rückläufig war, ist der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch von 7,5% auf 6,4% zwischen 2007 und 2009 gefallen [31].

Die Biomasse ist der dominierende Energieträger der erneuerbaren Energien im Wohnsektor, andere Energieträger sind geothermische Energie (durch Wärmepumpen genutzte Wärmemenge vom Erdbereich oder Grundwasser) und solarthermische Energie. Zwischen 1990 und 2005 gibt es eine Abnahme in der Nutzung der erneuerbaren Energien in Wohnbereich. 1990 wurden in Irland alte Heizanlagen mit festen Brennstoffen durch Heizanlagen mit flüssigen Brennstoffen ersetzt. Die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien stieg zwischen 2004 und 2008 von knapp 15 ktoe auf 44 ktoe. Diese Steigerungen entstanden durch die Nutzung von Holzpellets und Hackschnitzel durch eine stärkere Verbreitung von Biomassekessel, infolge der Förderungsschiene „the Greener Homes Scheme“, deren Ziel ist es, die Energieeffizienz in irischen Gebäuden zu erhöhen [31].

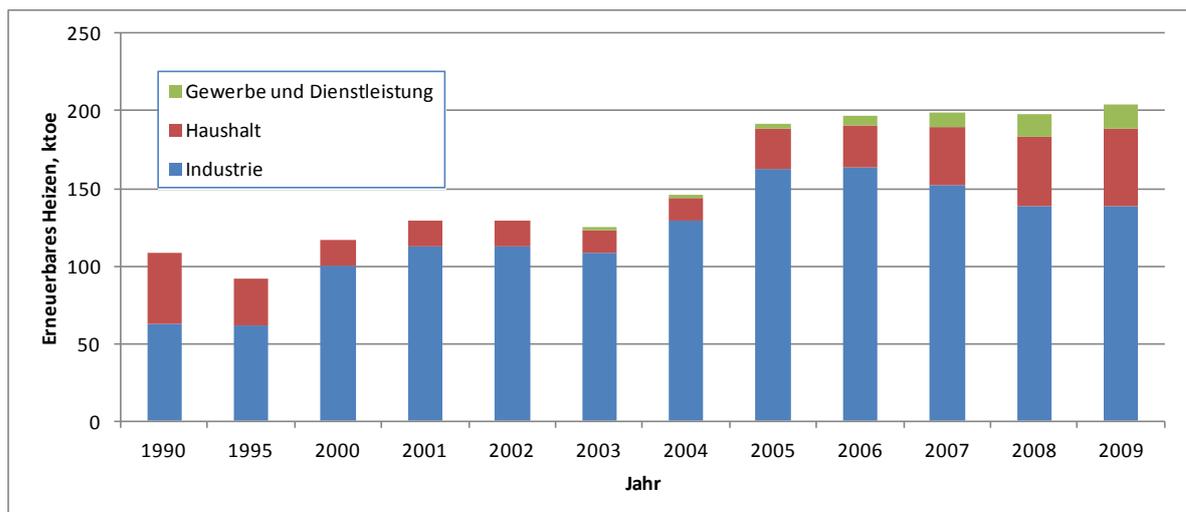


Abbildung 6 Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in unterschiedlichen Sektoren, Irland, 1990 bis 2009

Durch zwei Förderungsschienen, die in Irland von 2006 bis 2011 bestanden, wurden in ca. 25.000 Gebäuden eine Solaranlage installiert [30]. Da diese Daten von „SEA“ (Sustainable Energy Authority)

nicht erhältlich sind, wurde angenommen, dass nur in neuen Gebäuden, die im Zeitraum dieser Förderungsschiene gebaut wurden, eine Solaranlage installiert wurde.

In der Statistik der „EHPA“ (European Heat Pump Association) wird angegeben, dass durch diese Förderschiene zwischen 2006 und 2008 4.184 Gebäude eine Förderung für die Installation einer Wärmepumpe bekommen haben [32]. Die Anzahl der Gebäude mit installierter Wärmepumpe wird daher in der Berechnung mit 4.184 angenommen. Da es keine statistischen Daten gibt, in welchen Gebäuden eine Wärmepumpe installiert ist, wird angenommen, dass diese in neuen Einfamilienhäusern (einstöckig und zweistöckig) eingebaut wurden. Nach SEI (Sustainable Authority Ireland) beträgt der Jahresarbeitszahlen einer Wärmepumpe in Irland 3. Es wird meistens horizontale oder Vertikale Erdsonden-WP/Wasser-WP oder Luft/Luft-WP installiert [30].

### **Warmwassersysteme**

Gemäß der abgebildeten typischen irischen Gebäude in „TABULA“ [24] und Brophy V. et al. (1999) [18] wird das Warmwasser hauptsächlich von Raumwäresystemen aufbereitet. In allen Gebäuden, in den Zentralheizungssysteme installiert sind, wird auch Warmwasser bereitgestellt. Die Gebäude haben zusätzlich eine Elektroheizung für Warmwasser, die normalerweise im Sommer verwendet wird. Die Gebäude, die keine Zentralheizung haben, haben zusätzlich einen Kessel für Warmwasseraufbereitung [18][24]. In der Berechnung wurden zwei Typen von Einzelversorgung der Warmwasserbereitstellung für die Gebäude, die keine Zentralheizung haben, entschieden. Dies sind Kohlebeheizte Warmwasserbereiter, der in alten Gebäuden und ganz selten sich befindet und Biomassebeheizte Warmwasserbereiter.

### 3.1.2 Gebäudeanzahl bis 2030

Es wird angenommen, dass von 2011 bis 2030 die Anzahl der Gebäude um 10% steigt. Die Anzahl der Neubauten wird vom Modell Invert/EE-Lab korrigiert, da die abgerissenen Gebäude subtrahiert werden. Die Gebäude, die jedes Jahr bis 2030 abgerissen werden, werden im Modell mithilfe der Weibull-Verteilung berechnet. Dafür spielt die Lebensdauer für Gebäudetype und der Formfaktor der Weibull-Verteilung eine Rolle (siehe Kapitel 2.1). Bis 2030 werden in Irland 74.210 Gebäude abgerissen. Die kumulative Anzahl von neuen Bauten beträgt 109.713. Im Modell wird die Lebensdauer für Fassade und Fenster jeder Gebäudetypen gegeben und damit aufgrund der Weibull-Verteilung berechnet, wann die Gebäude wieder saniert werden. Die kumulative Anzahl sanierter Gebäude ist bis 2030 253.736.

**Tabelle 9 Anzahl der neuen, abgerissener und sanierten Gebäude bis 2030 in Irland (‘1000)**

	<b>2011</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Gebäudeanzahl	1.097.135	1.120.235	1.149.110	1.177.976	1.206.840
Kumulative Anzahl neuer Gebäude	0	23.097	51.696	80.841	109.713
Kumulative Anzahl abgerissener Gebäude	2.781	14.729	31.716	51.382	74.210
Kumulative Anzahl sanierter Gebäude	1.239	4.191	106.198	176.909	253.736

Abbildung 7 zeigt das Wachstum der Gebäudeanzahl nach Gebäudetypen bis 2030. Die Wachstumsrate aller Gebäude liegt von 2011 bis 2030 bei 9,09 %. Die größte Anzahl der Gebäude fällt auf das Einfamilienhaus (1 - stöckig). Die Anzahl von 388.149 im Jahr 2010 wächst auf 426.963 im Jahr 2030. Die Anzahl des Einfamilienhauses (2 – stöckig) beträgt 2010 329.068 und 2030 361.973, die Anzahl des Doppelhauses 210.066 bzw. 231.069. Das Reihenhaus und die Wohnung liegen wachsen um ca. 8.000 Gebäude von 2010 bis 2030.

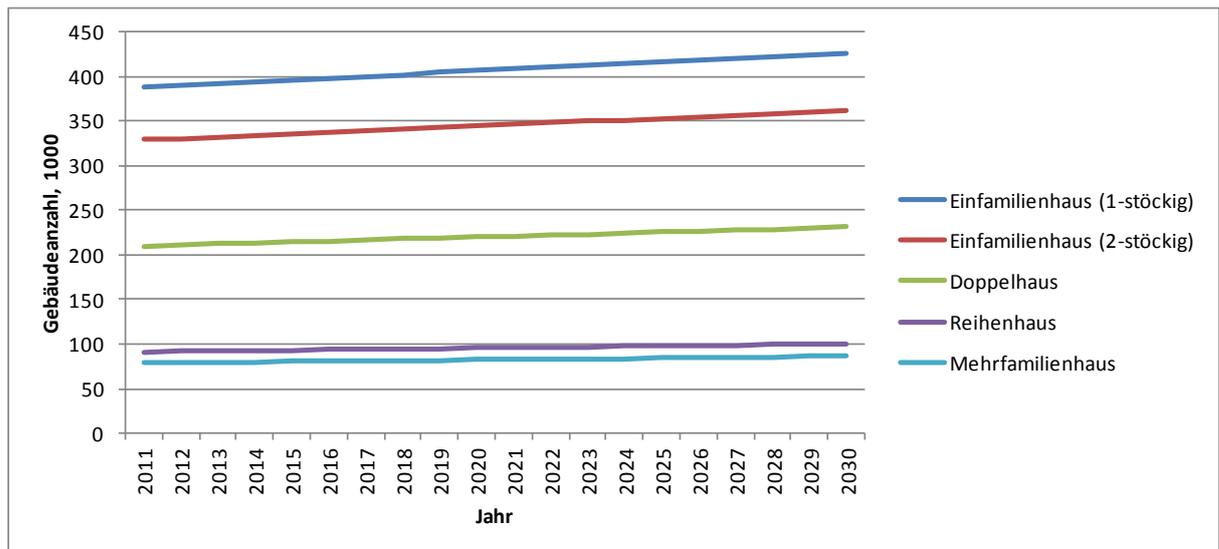


Abbildung 7 Gebäudeanzahl von Gebäudetypen bis 2030, Irland ('1000)

Die Geometrie (Breite, Länge, Höhe) aller Gebäudetypen wurde bis 2030 als gleichbleibend wie in der Periode in 2011 angenommen. Die U-Werte der Gebäudetypen variieren je nach dem Szenario: EPBD Reference und EPBD Neufassung, die in Kapitel 5 beschrieben sind.

### 3.1.3 Wirtschaftliche Einflussparameter bis 2030

Die wirtschaftlichen Einflussparameter umfassen den Energiepreis der Energieträger, Investitionskosten der Heizungssysteme sowie Wartungskosten und Kosten für die Sanierung.

Tabelle 10 stellt den Preis für Erdgas, Heizöl und Strom für private Haushalte inklusive, Mehrsteuer (VAT) in Irland dar. Der Strompreis für die Haushalte wird anhand nationaler Durchschnittspreise in Euro pro MWh ohne angewandte Steuern definiert. Die Erdgaspreise stellen jene Preise dar, die den Endverbrauchern in Rechnung gestellt werden. Erdgaspreise für den Haushaltsverbrauch werden wie folgt definiert: Nationale Durchschnittspreise in Euro pro GJ ohne angewandte Steuern [33]. Die Heizölpreise präsentieren den Preis von Januar 2010. In 2010 beträgt der Heizölpreis in Irland 85,8 €/MWh [34]. Der Kohlepreis ist gemäß „Sustainable Energy authority of Ireland“ (SEAI) 44,3 €/MWh. Der Preis für Pellets beträgt 65,9 €/MWh und für Holz Brikett 78,6 €/MWh mit Stand 2010.

Tabelle 10 Energiepreise für Haushalte in Irland im Jahr 2010 [35]

Brennstoff	Einheit	Durschn. Preis per Einheit €	Spez. Brennwert kWh/p.u.	Lieferpreis €/MWh
Torf	Bales	3,90	6700,0	58,2
Kohle (Standard)	Tonnen	350,00	7900,0	44,3
Heizöl	Liter	0,86	10,18	85,8
Erdgas	kWh	0,07	1	67,0
Strom				
-Tag	kWh	0,18	1,00	177,7
-Nacht	kWh	0,09	1,00	88,8
Biomasse				
-Pellets	kg	0,32	4,80	65,9
- Holz Brikett	kg	0,38	4,80	78,6
Strom				
-Wärmepumpe	kWh	0,18	1,00	177,7

Tabelle 11 stellt die Brennstoffpreise in Irland von 2002 bis 2008 dar. Man sieht, dass die Preise von 2002 bis 2008 stark zugenommen haben. Der Erdgaspreis hat von 2002 bis 2008 um 45% zugenommen. Der Anstieg von Heizöl ist in der Periode von 2003 bis 2008 28%. Der Anstieg von Strom beträgt 43% [17].

Tabelle 11 Preise für Erdgas, Heizöl und Strom excl. Steuer, Irland, von 2002 bis 2007 [34], [33], [35]

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Erdgas, Euro/GJ	7,2700	7,2700	7,9300	8,8000	11,0200	14,7420	13,2900
Heizöl, Euro/Liter	n.a.	0,465*	0,444*	0,526*	0,685*	0,630*	0,650
Strom, Euro/100k Wh	0.0883	0.1006	0.1055	0.1197	0.1285	0.1465	0,1559
Kohle, Euro/Tonne	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	350,00
Biomasse: Pellets, €/kg	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,31
Brikett, €/kg	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,37

\* Die Preise sind incl. aller Steuern

Die Preisprognose von Öl, Erdgas und Kohle basiert auf dem „PRIMES“ Energiepreisszenario: auf niedrigem und hohem Energiepreisszenario. Es wird angenommen, dass die Mehrwertsteuer (VAT) bis 2030 auf der Niveau von 2010 bleibt.

Im niedrigen Preisszenario bleiben die Preise aller Energiequellen von 2012 bis 2030 annähernd stabil (siehe Abbildung 8). Nur der Strompreis nimmt bis 2030 um ca. 17 % zu. Im hohen Energiepreisszenario haben alle Energiequellen außer Biomasse bis 2030 einen hohen Anstieg. Der Strompreis steigt von 2010 bis 2030 um 54,1%, der Ölpreis – um 114,21%, der Erdgaspreis – um 127,89 % und der Kohlepreis – um 40,6%.

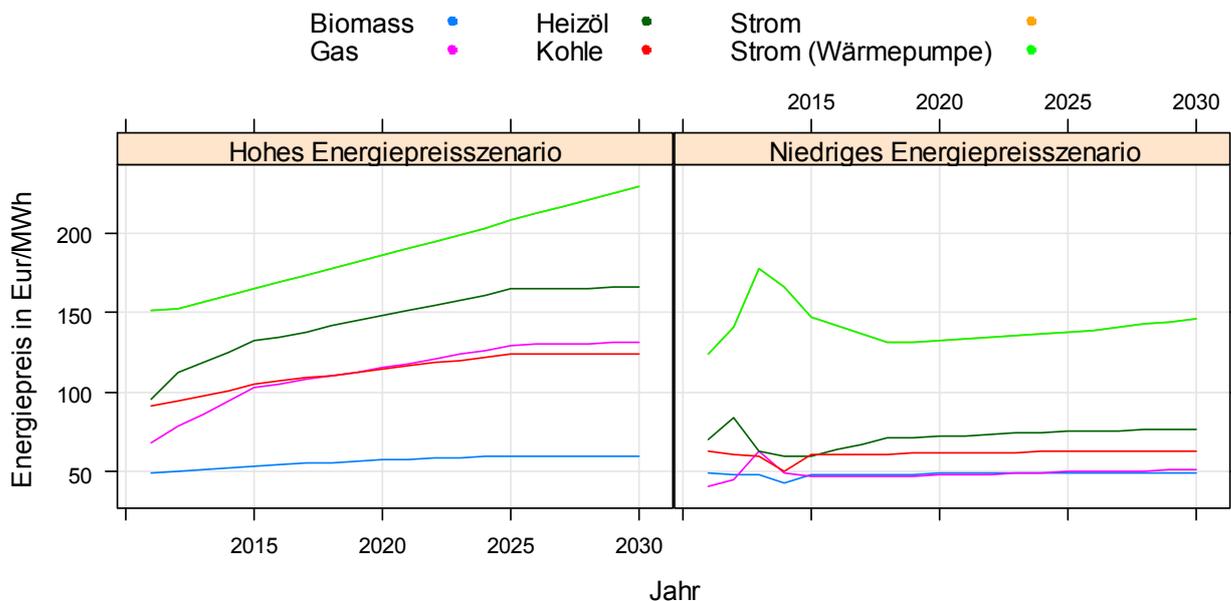


Abbildung 8 Energiepreisszenarien für Heizöl, Erdgas, Kohle, Strom und Biomasse in Irland bis 2030, PRIMES Szenarien

### 3.1.4 Klimadaten

Für den Energiebedarf eines Gebäudes hat das Außenklima großen Einfluss, in dem das Gebäude steht, Wesentliche Größen, die das Außenklima beschreiben, sind:

- Außentemperatur (Monatsmitteltemperatur)
- solare Strahlung

Die Temperatur in Irland wird Großteils vom atlantischen Ozean beeinflusst. Aus diesem Grund ist das Klima im Jahresgang mild und feucht. Starke Temperaturschwankungen treten nicht auf, wie in anderen Ländern, die in der gleichen geographischen Breite liegen. Winter sind kühl und windig und Sommer meistens mild und weniger windig. Es gibt im Schnitt nur einen Tag im Jahr, wo die Lufttemperatur unter die Frostpunktttemperatur sinkt [36]. Die Daten der Statistik Irland „Temperature by Meteorological Weather Station, Month and Statistic - StatBank - data and statistics“ [37] zeigen, dass in den Sommermonaten Juni bis August die mittleren Temperaturen unter 20°C liegen und im Winter von Dezember bis Februar meist knapp um 5°C (siehe Abbildung 9). Zwischen 2007 – 2011 war der kälteste Monat der Dezember mit einer durchschnittlichen Temperatur unter -5°C. Die höchste Temperatur findet man im Juni, mit fast 25°C [37].

Da das Modell auf Basis eines quasistationären Verfahren den Heizwärmebedarf berechnet, werden monatliche Durchschnittstemperaturen als wesentliche klimatologische Eingangsgrößen verwendet [10]. Für die Berechnung werden mittlere Temperaturen in Irland (siehe Abbildung 9) angenommen.

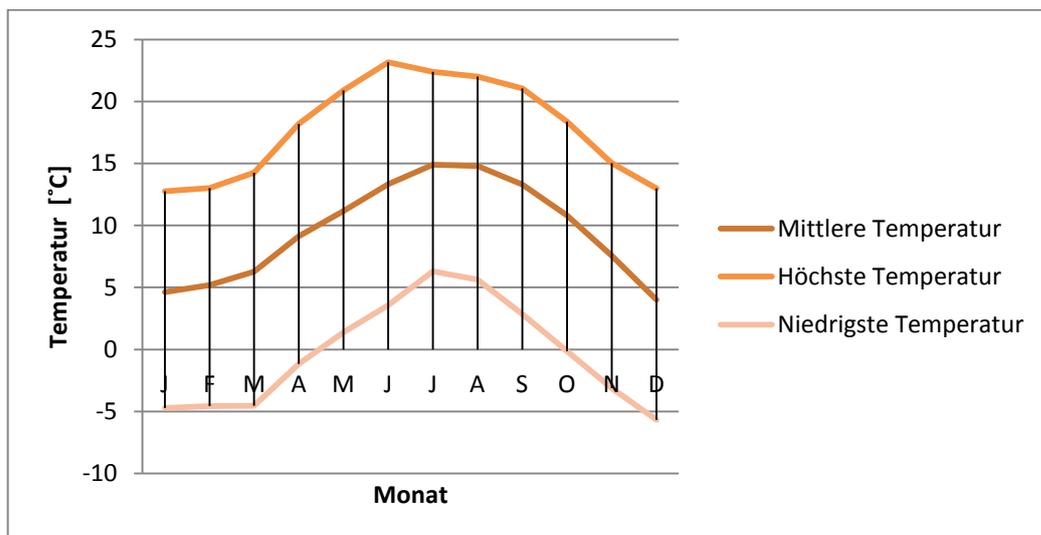


Abbildung 9 Mittlere, höchste und niedrigste Temperaturen der Periode 2007-2011 in Dublin, Irland [37]

Die Gradtagzahl wird aus der Anzahl der Heitztage und der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außentemperatur errechnet. Als Heitztage gelten alle Tage innerhalb der Heizperiode, an denen die Außentemperatur unter 15 °C liegt. Je größer die Kennzahl, desto höher ist der potenzielle Heizbedarf eines Gebäudes [38]. Heizgradtage beschreiben den Zusammenhang zwischen, über die Heizperiode schwankende Außertemperatur und den Wärmeverlust von Gebäuden. Ab welcher Außertemperatur ein bestimmtes Gebäude beheizt werden muss, hängt von unterschiedlichen Parametern, wie von der Norm-Innentemperaturen, ortsspezifische Außentemperatur, Dämmstandard u.a. ab. Alle Tage mit einer mittleren Temperatur unterhalb der Heizgrenze gelten als Heizgradtage [39].

Um eine Innentemperatur von 18 °C ohne Heizung zu erreichen, muss die äußere Temperatur mindestens 15,5 °C haben. Gemäß „The Irish Meteorological Service“ ist damit 15,5 °C die Heizgrenze

in Irland. Wenn die Außentemperatur niedriger als  $15,5^{\circ}\text{C}$  beträgt, muss geheizt werden [40]. In Abbildung 10 sind die durchschnittlichen Heizgradtage von der Periode 2001 bis 2009 für jeden Monat dargestellt [41]. Aus den Heizgradtagen lässt sich der klimabedingte Heizwärmebedarf bestimmen. Abbildung 10 zeigt, dass der Heizwärmebedarf im Januar, Februar und Dezember am höchsten ist. Es besteht in Irland auch in den Sommermonaten Heizwärmebedarf.

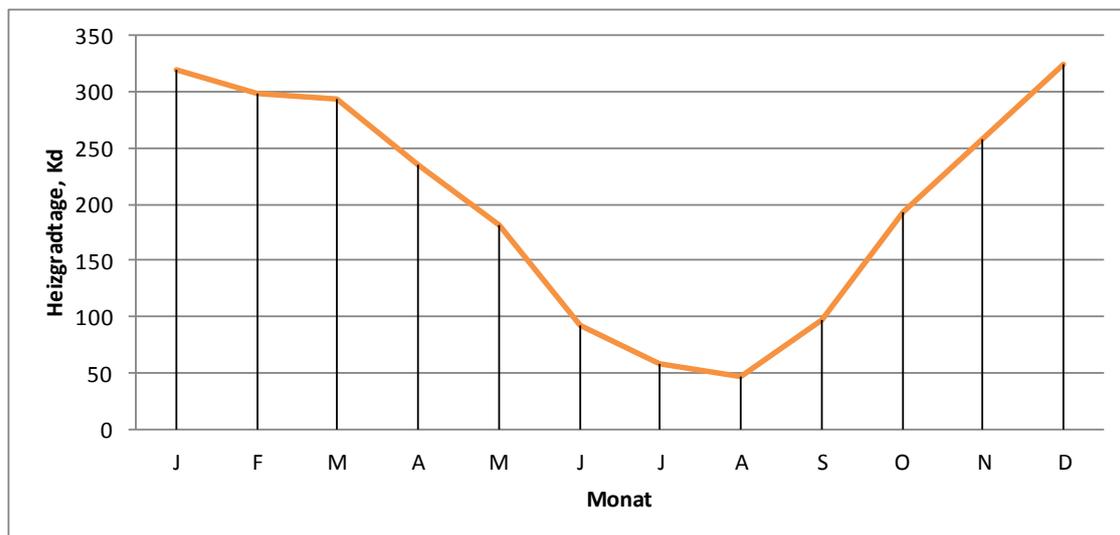


Abbildung 10 Durchschnittliche monatliche Heizgradtage der Periode 2001-2009 in Irland [40]

Globalstrahlung nennt man die Überlagerung von diffuser und direkter Strahlung auf die horizontale Erdoberfläche. Die direkte Strahlung erreicht den Erdboden nur, wenn keine Wolken den Strahlungsweg behindern. Die diffuse Himmelsstrahlung entsteht durch Streuung eines Teils der direkten Sonnenstrahlung auf dem Weg durch die Atmosphäre an der Luft, an Schwebeteilchen (Dunst) und an Wolken. Die Globalstrahlung ist vom Standort abhängig bzw. vom Sonnenstand an einem Tag und der Jahreszeit auf einer Seite und von dem Wetter auf der anderen Seite. Sie wird in  $\text{W}/\text{m}^2$  angegeben [39]. In Europa liegt die Globalstrahlung zwischen  $2,6 - 4,2 \text{ kWh}/\text{m}^2$  pro Tag, wenn die Neigung der Dachoberfläche  $30^{\circ}$  beträgt. In Irland liegt die Globaleinstrahlung zwischen  $2,5$  und  $3 \text{ kWh}/\text{m}^2$  pro Tag und  $910 - 1100 \text{ kWh}/\text{m}^2$  pro Jahr (Abbildung 11, Abbildung 12) [42].

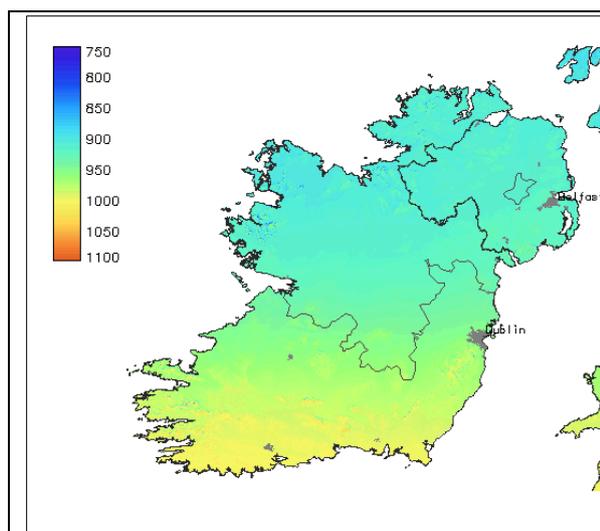


Abbildung 11 Jährliche Globaleinstrahlung ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ) in Irland [43]

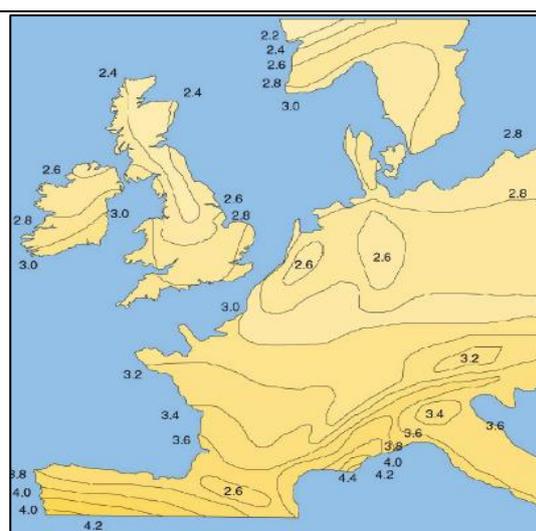


Abbildung 12 Die durchschnittliche Globalstrahlung für  $1 \text{ m}^2$ , bei der Oberfläche  $30^{\circ}$ , in  $\text{kWh}/\text{m}^2, \text{Tag}$  [42]

### 3.1.5 Überblick des Energiesektors

#### **Primär- und Endenergie**

Die Insel Irland liegt in Nord-Westeuropa und besteht aus zwei Ländern – Nordirland und Irland. Die Fläche von Irland ist in etwa 70,000 km<sup>2</sup> und hat eine Einwohnerzahl von 4.581.269 (Volkszählung 2011) [44]. Das Wirtschaftswachstum ist in Irland während 1990 und 2000 sehr stark und 2007 ist das Bruttoinlandsprodukt dreimal größer als im Jahr 1990. Als Ergebnis des starken Wirtschaftswachstums hat der Primärenergieverbrauch dementsprechend auf 74% und die CO<sub>2</sub>-Emission auf 53% zwischen 1990 und 2007 gestiegen [45]. Die Zunahme des Energieverbrauchs hat auch die Abhängigkeit vom Import der Energie (92% des gesamten Endenergieverbrauch) im Jahr 2006 vergrößert [45]. Der primäre Energiebedarf betrug in Irland 2010 14,8 Megatonnen Öleinheiten (Mtoe). Im Zeitraum 1990 – 2010 hat der primäre Energieverbrauch um 55% zugenommen [46]. Konventionelle Energiequellen haben am primären Energieverbrauch den größten Anteil– fast 95%. Öl ist in Irland die wichtigste Energiequelle und macht 60% der gesamten Energie im Jahr 1999 und 50% im Jahr 2010 aus. Die Nutzung von Kohle sinkt zwischen 1990 und 2010 um 44%. Der Anteil erneuerbarer Energien am primären Energieverbrauch lag 2010 bei 680 ktoe, 4,6 % aller Primärenergien [46].

Der Endenergieverbrauch stellt die Energie dar, die der Endbenutzer für die Wirtschaftsaktivität, Dienstleistung oder für das tägliche Leben, wie Raumheizung, Warmwasservorbereitung, Kochen und a. braucht. Der Endenergieverbrauch lag 2010 in Irland bei 12 Mtoe und wuchs zwischen 1990 und 2010 um 66%. Der Anteil von Öl betrug 2010 60,9% am gesamten Endenergieverbrauch. Die Nutzung von Erdgas wuchs zwischen 1990 und 2010 um durchschnittlich 9%. Die Zunahme wird dominiert durch den Bedarf von Raumwärme in den Gebäuden. Die Nutzung von Kohle ist in diesem Zeitraum jährlich gesunken und betrug 2010 2,9% des gesamten Endenergieverbrauchs. Der Anteil des Stroms liegt bei 18% am Endenergieverbrauch (siehe Abbildung 13) [46].

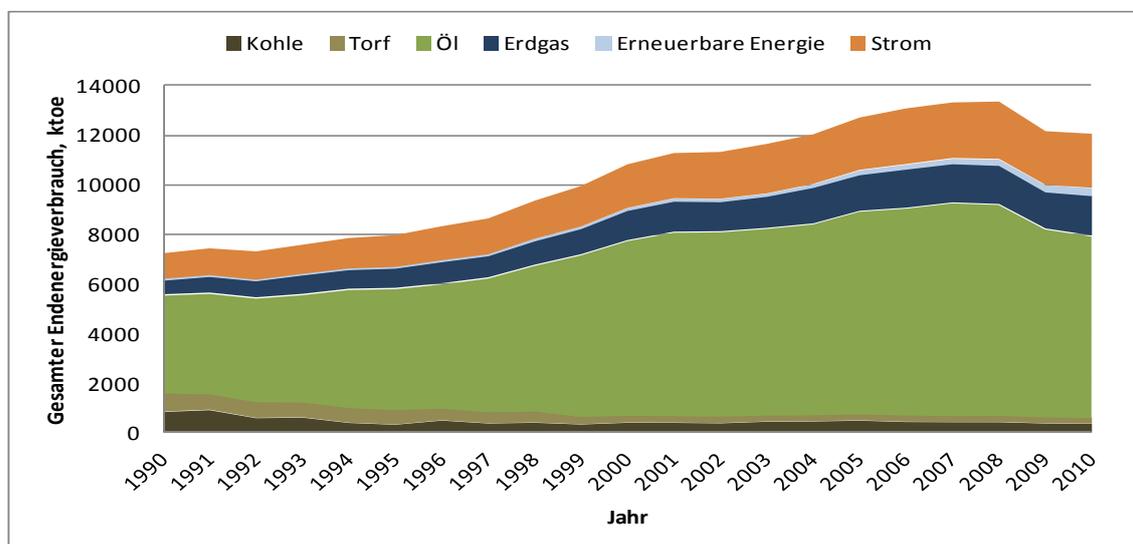


Abbildung 13 Gesamter Endenergieverbrauch in Irland, in der Periode 1990 - 2010

Seit 1995 ist der größte Energiekonsument der Verkehrsbereich, der 2010 39% (4674 ktoe) des gesamten Endenergiebedarfs ausmacht. Der Bedarf im Haushalte betrug 3267 ktoe, was macht der Sektor mit dem Anteil von 27% in 2010 zweitgrößten Energiekonsument. Der Endenergieverbrauch liegt im Gewerbe, Handel- und Dienstleistungsbereich bei 1737 ktoe (siehe Abbildung 14) [47] [48].

In 2007 wird die Endenergie durch die Nutzung des Öl Produktes – Diesel, Benzin, Kraftstoff im Verkehr dominiert. Im Industrie, Wohn- und Landwirtschaft Bereich bleibt das Öl als meist verwendete Energiequelle und wird Großteils für Heizzwecke verwendet. Im Wohnbereich wird noch in kleineren Maßen Torf für den Heizbedarf verwendet [47] [48].

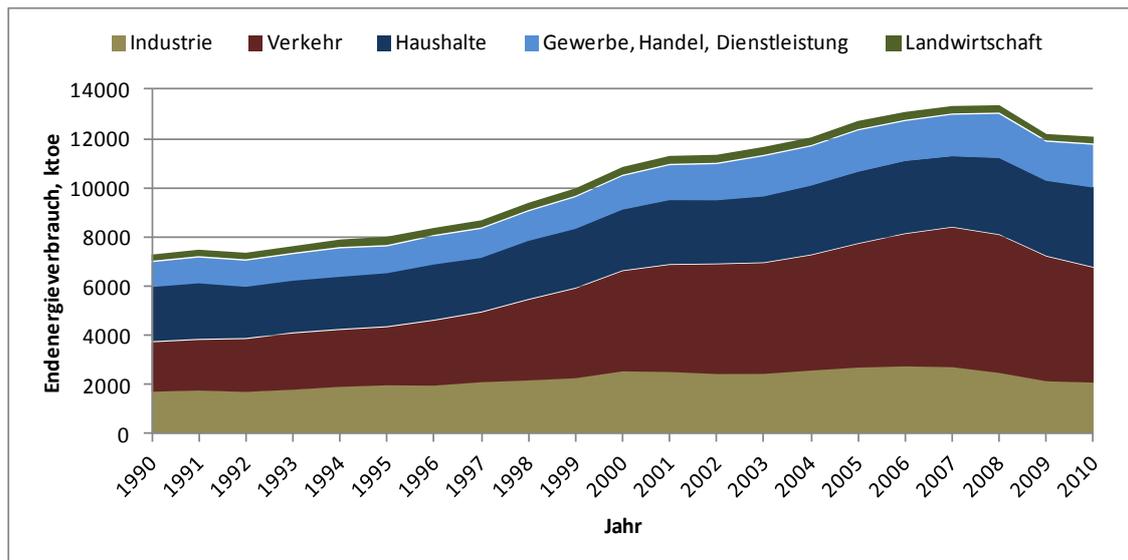


Abbildung 14 Endenergieverbrauch nach Sektoren in Irland, in der Periode 1990 - 2010

### Endenergiebedarf in Haushaltssektor - statistische Daten

Laut „Sustainable Energy Authority Ireland“ konsumiert ein durchschnittlicher Haushalt im Jahr 2006 insgesamt 25.304 kWh. Dies umfasst 78% Energie in Form von direkten fossilen Brennstoffen und 22% Strom [17]. Die mittlere Wohnfläche einer Wohneinheit beträgt 113,75 m<sup>2</sup>. Damit konsumiert ein durchschnittlicher Haushalt 222,5 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr.

Der gesamte Endenergiebedarf im Haushaltsektor lag in Irland 2008 bei 34,6 TWh. Auf Heizwärme- und Warmwasserbedarf entfallen 29,4 TWh des gesamten Endenergieverbrauchs. Für den Heizwärme- und Warmwasserbedarf wird 1,4 TWh Strom aufgewendet [49]. Der größte Anteil der Energieträger fällt auf Heizöl mit 12.972.8 GWh (45%). Der Anteil von Erdgas liegt bei 24% (7.152.7 GWh), Kohle und Torf liegen bei 22% (6.260.6 GWh), Strom bei 5% (1.418.8 GWh). Der Anteil der erneuerbaren Energien beträgt 4% (1.120.03 GWh). Diese Summe wird durch die Nutzung von Biomasse dominiert – 1.120.0 GWh. Der Anteil der thermischen Solarenergie beträgt 10,5 MWh und der Wärmepumpen 20 MWh [49]. Abbildung 15 zeigt die Verteilung der Energieträger für Heizwärme- und Warmwasserbedarf in Irland im Jahr 2008.

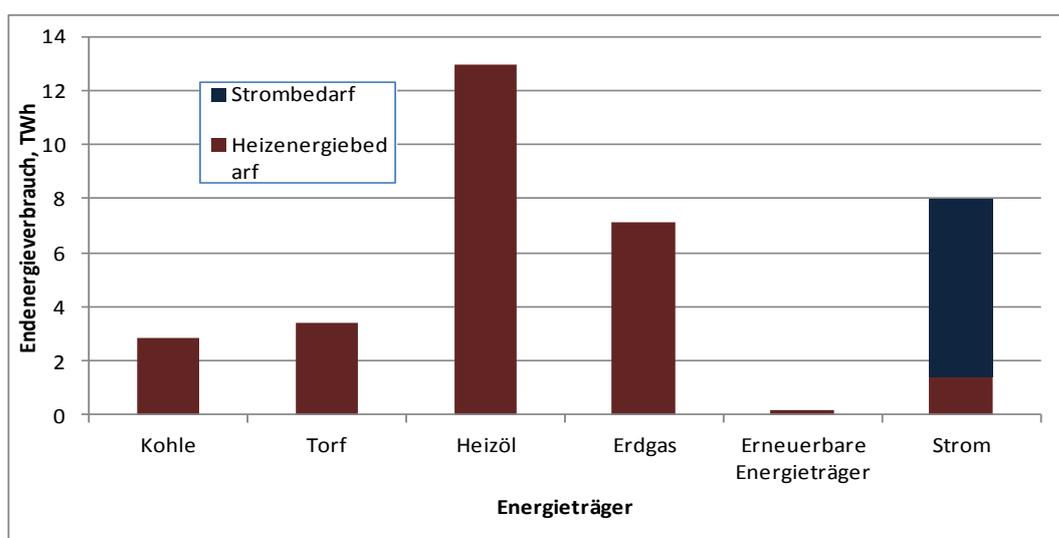


Abbildung 15 Endenergiebedarf nach Energieträger in Irland im Haushaltsektor für Heizenergiebedarf und Strombedarf 2008 [49]

Die Biomasse ist die wichtigste erneuerbare Energiequelle bei der Deckung des Warmwasserbedarfs und dem Heizwärmebedarf. Das Potential der Energienutzung aus Biomasse ist groß und liegt bei 0,5 Millionen Tonnen Holz, was 200.000 Tonnen Erdölequivalent entspricht. Von 7 Millionen Hektar des Landes werden 4,3 Millionen landwirtschaftlich genutzt und 710.000 ha des Landes sind Waldfläche [50].

Der Beitrag von Solarenergie beträgt 2008 am gesamten Wärmeverbrauch in Wohnsektor 0,1% [31]. Die Leistung von Solarkollektoren zur Wassererwärmung und Raumheizung ist in 2006 in Irland 3,5 MW. Die spezifische Leistung pro 1 m<sup>2</sup> beträgt 0,7 kW [50]. Die tägliche globale Sonneneinstrahlung in Irland liegt im Schnitt zwischen 2,6 kWh/m<sup>2</sup>/Tag und 3,0 kWh/m<sup>2</sup>/Tag. Der Oberflächenbereich von 1m<sup>2</sup> beträgt 900-1000 kWh von Sonnenenergie in einem Jahr [50]. Die globale Sonneneinstrahlung ist in Irland zum Vergleich mit der Sonneneinstrahlung in Mittel- und Südeuropa niedrig. Die Nutzung von Solarkollektoren wird in Irland dennoch gefördert. Dadurch ist die Nutzung der solarthermischen Energie im Gebäudesektor in den letzten Jahren stark gestiegen. Nach „ESTIF“ (European Solar Thermal Industry Federation) beträgt der Markt für Solarthermie 4.210 m<sup>2</sup> in 2002 und 2011 250.000 m<sup>2</sup> (siehe Tabelle 12).

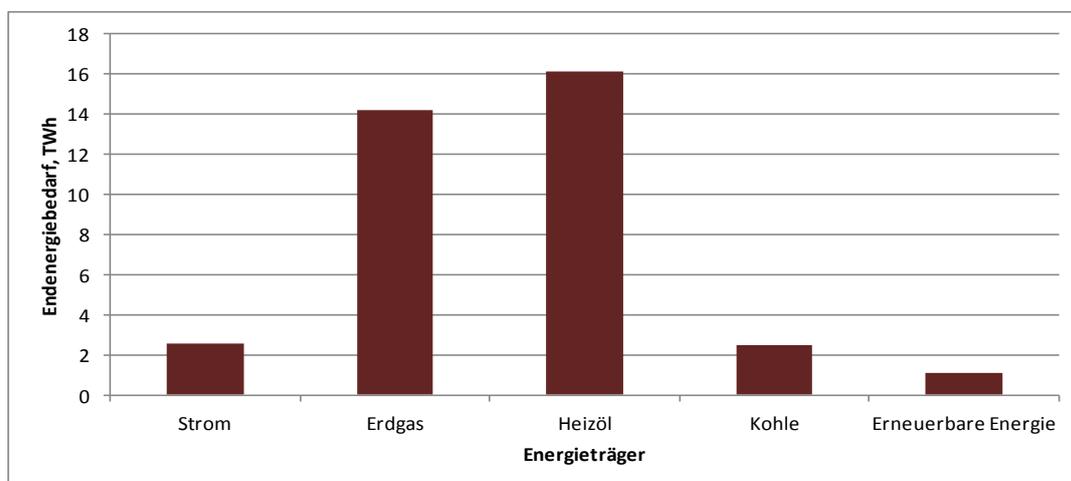
**Tabelle 12 Marktentwicklung von Solarkollektoren zur Warmwasseraufbereitung und Raumheizung in Irland 2002-2011, kumuliert installierte Kollektorfläche [51]**

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010/11
<b>Haushalte, m<sup>2</sup></b>	4210	5602	7597	12597	14997	33947	76258	117630	250000

### **Endenergiebedarf im Haushaltssektor – berechnete Ergebnisse**

Nach der Berechnung mit dem Modell beträgt der Endenergiebedarf für Heizwärme und Warmwasser 36,52 TWh in 2010. Im Vergleich zu den statistischen Daten besteht eine Abweichung von 20%. Ein großer Unsicherheitsfaktor, warum der Unterschied entsteht, ist der Service-Faktor, der das Nutzenverhalten beschreibt. In der Sensitivitätsanalyse (Kapitel 6.1.4) wird bei der unterschiedlichen Service-Faktor der Endenergiebedarf berechnet und so eine Annäherung an die statistischen Daten erreicht wird.

Abbildung 16 zeigt, dass der dominierende Energieträger mit 44% Heizöl ist und beträgt 2010 16,12 TWh. Erdgas liegt bei 14,2 TWh und macht 39% des Endenergiebedarfes aus. Strom umfasst in der Berechnung den direkten Strom für Elektroheizung, die Hilfsenergie für die Solarkollektoren (Strom für den Betrieb der elektrischen Umwälzpumpe) und Strom für Wärmepumpen. Kohle und Strom machen 14% aus und betragen jeweils 2,46 TWh und 2,6 TWh. Erneuerbare Energien macht 4% des gesamten Endenergiebedarfs aus und beträgt 1,12 TWh.



**Abbildung 16 Endenergiebedarf nach Energieträger in Irland im Haushaltssektor für Raumwärme- und Warmwasser 2010, berechnete Ergebnisse**

Abbildung 17 zeigt den Anteil der Biomasse, Solarthermie und Umgebungswärme am gesamten erneuerbaren Endenergieanteil. Die Biomasse dominiert mit 66% am gesamten erneuerbaren Endenergieanteil in 2010. Die Solarthermie beträgt 22% bzw. 0,25 TWh. Die Umgebungswärme macht 12% am gesamten erneuerbaren Endenergieanteil aus.

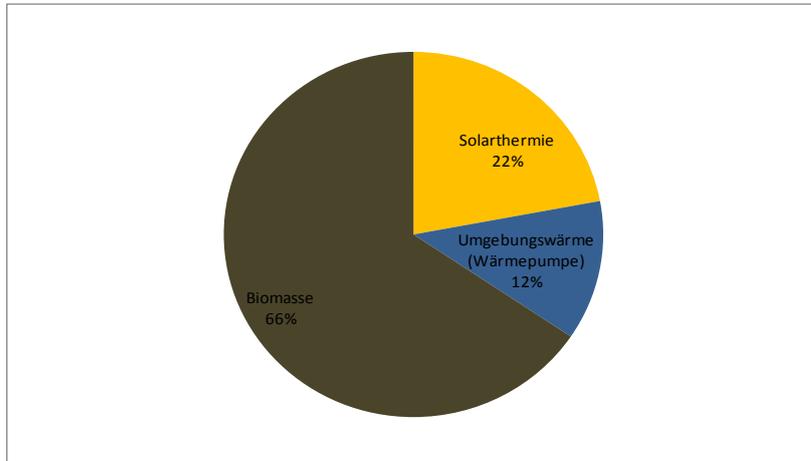


Abbildung 17 Anteil der Biomasse, solarthermischen Energie und Umgebungswärme, Irland

## 3.2 Malta

### 3.2.1 Gebäudestand

#### **Gebäudeanzahl, Kategorien und Bauperiode**

Die Anzahl der Wohngebäude, Haushaltsgröße, Gebäudetypen und Bauperiode werden aus dem „Census of population and housing 2005“ [52] und dem „Household budgetary service 2008 [53] der Statistik Malta herangezogen.

Abbildung 18 zeigt die Anzahl von Haushalten in der Periode 1851 – 2008. Die Anzahl von 38.000 im Jahr 1851 bis 141.840 im Jahr 2008 hat damit um das 5,8-fache zugenommen [52]. Die gesamte Anzahl von Wohneinheiten beträgt 2005 192.314. Die Statistik zeigt, dass 53.136 Wohnungen leer stehen oder Ferienhäuser sind. 2008 beträgt die Anzahl der Wohneinheiten 181.555. Davon sind 23% Ferienwohnungen und leer stehende Wohneinheiten [53].

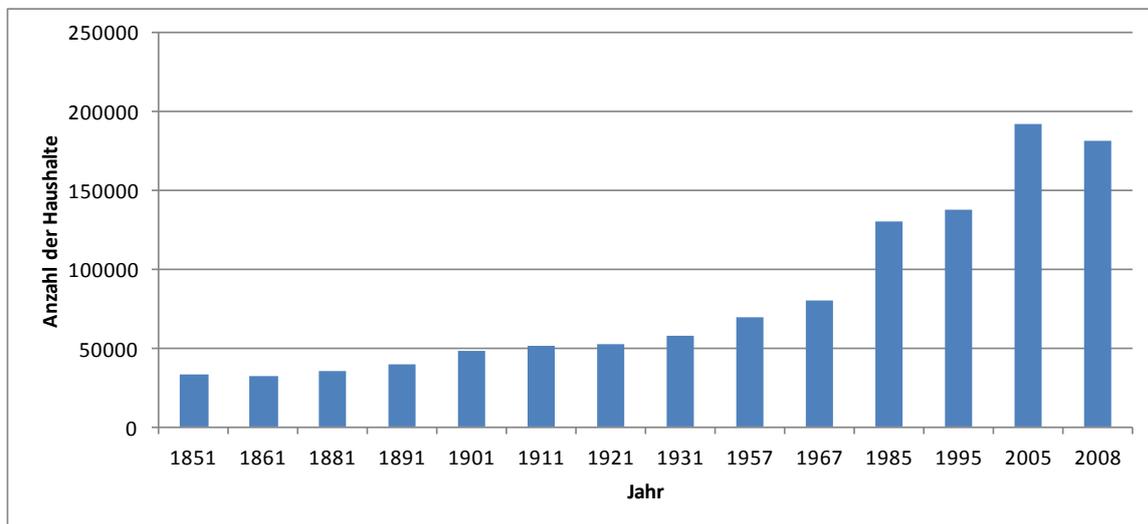


Abbildung 18 Anzahl der Haushalte (Wohneinheiten) in Malta. von 1851 bis 2008 [52][53]

In Malta werden 4 Haupttypen von Wohngebäuden unterschieden: Reihenhaus, Zwei- und Einfamilienhaus, Maisonette und Mehrfamilienhaus (siehe Abbildung 19). Der häufigste Gebäudetyp ist 2008 das Reihenhaus mit der Anzahl von 62.317. Anders als in Irland ist das Ein- und Zweifamilienhaus nicht stark verbreitet. In Malta befinden sich 6.968 Haushalte in Ein- oder Zweifamilienhäusern. In der Maisonette oder Doppelstagenwohnung sind 36.928 Haushalte, in Mehrfamilienhäusern 35.628 Haushalte [53].

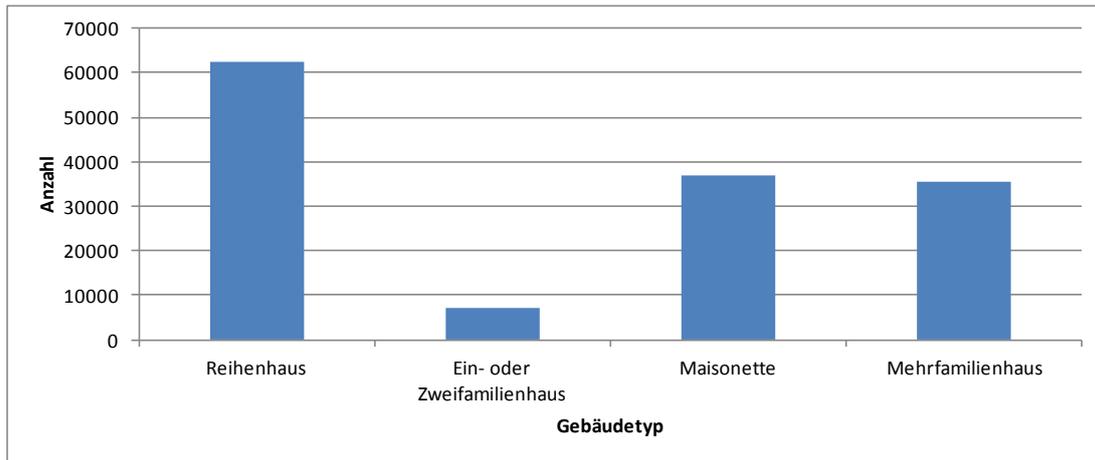


Abbildung 19 Anzahl der Haushalte der Gebäudetypen in Malta, 2008 [53]

Die meisten Gebäude wurden in Malta in der Periode 1981-1990 gebaut. 12% aller Gebäude wurden vor 1918 gebaut. Im Zeitraum von 1919 bis 1970 wurden 33% aller Gebäude gebaut (48.297 Gebäude). Mehr als Hälfte aller Gebäude sind von der Periode ab 1971 bis 2000. Nur 5% oder 6.543 aller Gebäude wurden von 2001 bis 2008 gebaut [53].

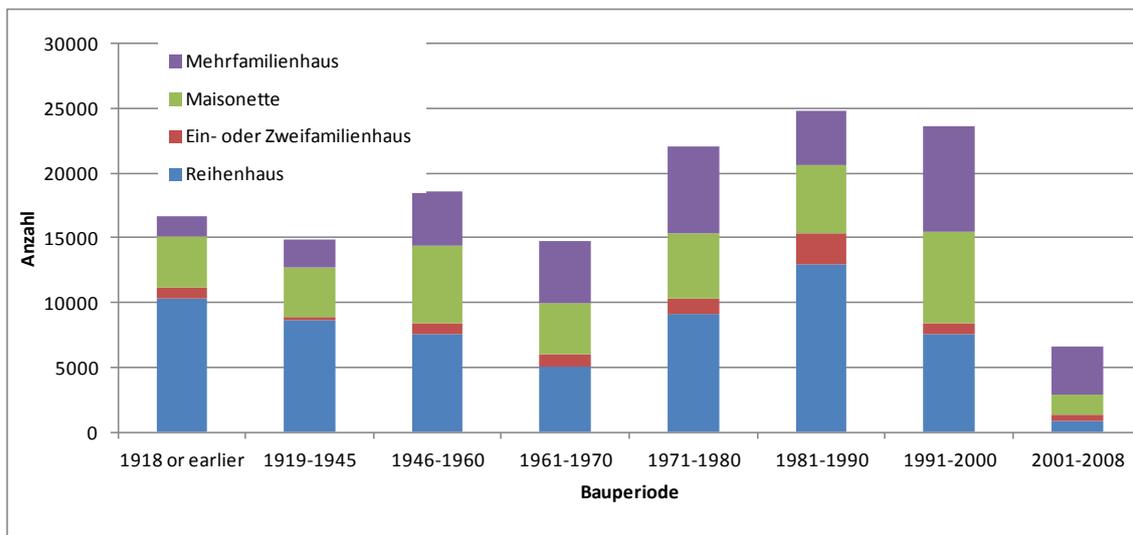


Abbildung 20 Gebäudeanzahl und Gebäudetypen in den verschiedenen Bauperioden in Malta. 2008 [53]

Aus der Anzahl der Haushalte wurde berechnet, wie viele Haushalte in einem Gebäude in jedem Gebäudetypen sich befinden. Es wurde angenommen, dass sich in einem Ein- oder Zweifamilienhaus 1 Wohneinheit, in einem Reihenhaus zwei Wohneinheiten befinden. In der Maisonette befinden sich drei Wohneinheiten und im Mehrfamilienhaus vier Wohneinheiten.

Tabelle 13 Anzahl der Haushalte und Gebäude in Malta, 2008 [53]

Gebäudetyp	Anzahl Haushalte	Anzahl Haushalte/Gebäude	Anzahl Gebäude
Zwei- oder Einfamilienhaus	7092	1	7092
Reihenhaus	39686	2	19843
Maisonette	53877	3	17959
Mehrfamilienhaus	11820	4	2955

	<b>Σ112475</b>		<b>Σ47849</b>
--	----------------	--	---------------

### **Anzahl der sanierten Gebäude**

Im "Census of population and housing 2005" [52] werden Daten über den baulichen Zustand der Wohngebäude zusammengefasst. 47 % aller Gebäude sind in gutem baulichen Zustand und 53% aller Gebäude sind in mittlerem Zustand oder schlechtem Zustand und brauchen eine minimale oder wesentliche Sanierung [52]. Auf Basis dieser Daten, wurde entschieden, dass die Gebäude, die in gutem baulichen Zustand sind, sind bereits renoviert bzw. haben niedrigere U-Werte, als die nicht sanierten Gebäude, die in der gleichen Periode gebaut wurden.

**Tabelle 14 Anzahl der sanierten und nicht sanierten Gebäude. Malta**

Zwei- oder Einfamilienhaus, renoviert	3759
Reihenhaus, renoviert	10517
Maisonette, renoviert	9518
Mehrfamilienhaus, renoviert	1566
Zwei- oder Einfamilienhaus	3333
Reihenhaus	9326
Maisonette	8441
Mehrfamilienhaus	1389
<b>Summe</b>	<b>47849</b>

### **U-Werte**

Als Ergebnis des milden mediterranen Klimas wurde bis 2006 die traditionelle Bauweise nicht reguliert - es gab keinen formellen Baustandard. Seit 2006 gibt es in Malta die erste Bauordnung „Document F - Conservation of Fuel, Energy & Natural Resources (Minimum Requirements on the Energy “ Performance of Building Regulation, 2006)“, die die Anforderungen für die neuen und sanierten Gebäude und Gebäudeteile sowie für die neu installierten Heizungssysteme reglementiert. Die Bauordnung wurde aufgrund der Umsetzung der europäischen Gebäuderichtlinie EPBD 2002 [54].

Ein typisches Wohngebäude in Malta besteht aus einem flachen Betondach und Wänden aus Kalkstein, Beton oder Backstein. Die Wandkonstruktion besteht in der Regel aus zwei Kalksteinplatten mit einem Luftspalt dazwischen [55]. Um 1990 wurden die meisten Gebäude aus Weichgestein (Kalkstein) und um 2006 aus Betonstein (hollow core blockwork) gebaut [55]. Für die genauen U-Werte für die Gebäude, die in Malta bis 2006 gebaut wurden, wurde das Dokument „Residential Building Typology in Italy“ vom Projekt TABULA verwendet. Es wurden jene Gebäudetypen gewählt, die ähnliche Konstruktion der Gebäudetypen wie in Malta aufweisen [56]. Tabelle 15 enthält die U-Werte, die für die Gebäude je nach der Bauperiode verwendet wurde und die U-Werte in der Bauordnung. Die U-Werte von der Bauordnung werden für die Gebäude, die von 2006 – bis 2008 gebaut wurden, eingesetzt.

Tabelle 15 U-Werte für Gebäudeteile getrennt nach Bauperiode in Malta [56]

Bauperiode	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)				
	Dachschrag	Dachboden	Außenwand	Decke	Fenster
Vor 1919	1,8	2,4	2,8	3	5,8
1920 – 1945	1,8	2,4	2,8	3	5,8
1946 – 1960	1,8	2,4	2,8	3	5,8
1961 – 1970	1,8	2,4	2,8	3	5,8
1971 – 1980	1,14	2,4	1,76	3	5,8
1981 – 1990	1,14	2,0	1,76	2	5,8
1991 - 2000	1,14	2,0	1,76	2	5,8
2001 - 2008	1,14	2,0	1,76	2	5,8
<b>Maltase Bauordnung 2006</b>	0,59	0,59	1,57	1,97	5,8

### Heizung- und Warmwassersysteme

Gemäß dem „Census of population and housing 2005 - Volume 2 Dwellings“ (2007) haben mehr als 40% aller Gebäude eine Klimaanlage [52]. Luftheizungen nutzen die Luft als Wärmeträger. Es gibt zentrale und dezentrale Anlagen [7]. In Malta ist der Heizwärmebedarf sehr gering, deswegen wurde die Annahme getroffen, dass die Luftheizungssysteme dezentral sind. Bei dezentralen Anlagen sind in einem Raum bzw. Bereiche Einzelgeräte installiert. Dieses Gerät nutzt die Umluft (die Luft, die sich im Raum an der höchsten Stelle befindet) [7]. In weniger als 2 % aller Gebäude ist eine Zentralheizung installiert. 9% aller Wohngebäude haben ein Einzelheizungssystem: Gasraumheizung, Elektro-Einzelgerät oder Ölheizöfen. Ein Warmwasser-Aufbereitungssystem haben mehr als 90% und Solarkollektor für Warmwasser mehr als 3% aller Gebäude [52].

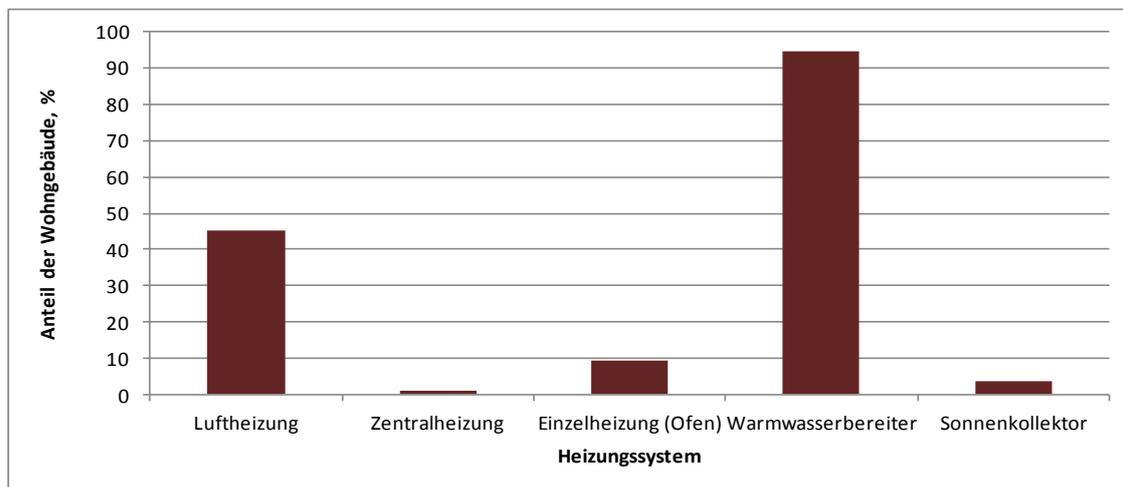


Abbildung 21 Typen der Heizungssysteme, Malta, 2008 [31]

Auf Basis der Daten vom „Mikrozensus“ der Statistik Malta [52] und Expertenbefragung von der „Institute for Sustainable Energy of University of Malta“ [57] wurde die Aufteilung der Energieträger auf einzelne Gebäudeklasse angenommen, Abbildung 22 zeigt, dass 84% (über 40,000) aller Gebäude den Strom zum Heizen verwenden (Elektro-Speicherheizgerät und Luftheizung), 6% der Gebäude verwenden Heizöl (Ölheizkessel und Ölheizöfen), 5% Erdgas (Gasraumheizer) und 5% Biomasse (Biomasseöfen).

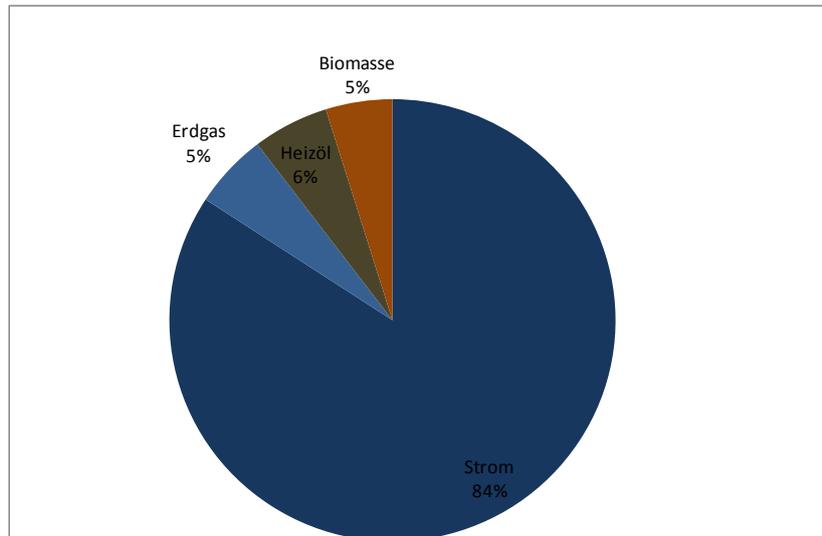


Abbildung 22 Aufteilung der Energiequelle für Heizwärme und Warmwasser in Malta, 2008 [52] [57]

### 3.2.2 Gebäudestand bis 2030

Die Anzahl der Gebäude steigt in Malta von 2011 bis 2030 um 4%. Auf Basis einer Weibull-Verteilung wird im Modell berechnet, wie viel Gebäude jedes Jahr abgerissen werden. Dafür spielt die Lebensdauer für einzelne Gebäudetypen und der Faktor der Weibull-Verteilung eine wesentliche Rolle (2.1 Kapitel). Bis 2030 werden in Malta 4.159 Gebäude abgerissen. Die kumulative Anzahl von neuen Bauten beträgt von 2008 bis 2030 1914. Im Modell wird die Lebensdauer für Fassaden und Fenster jedes Gebäudetyps angegeben und berechnet, wann die Gebäude wieder saniert werden. Die kumulative Anzahl sanierter Gebäude beträgt von 2008 bis 2030 8139.

Tabelle 16 Anzahl der neuen, abgerissener und sanierten Gebäude bis 2030 in Malta (‘1000)

	2008	2015	2020	2025	2030
Gebäudeanzahl	47706	48297	48717	49135	49549
Kumulative Anzahl neuer Gebäude	0	609	1044	1479	1914
Kumulative Anzahl abgerissener Gebäude	143	1.230	2.104	3.075	4.159
Kumulative Anzahl sanierten Gebäude	541	2247	4027	5966	8139

Abbildung 23 zeigt die Entwicklung der Anzahl unterschiedlicher Gebäude von 2008 bis 2030. Das Reihenhaus ist 2008 der häufigste Gebäudetyp. Die Anzahl dieser Gebäude wächst um 4% und beträgt 2030 über 20547. Der zweithäufigste Gebäudetyp mit einer Anzahl von 18597 in 2003 ist die Maisonette (Doppeletagenwohnung). Mit großem Abstand vom Reihenhaus und Maisonette kommt das Ein- oder Zweifamilienhaus. Die Anzahl beträgt 7343 im Jahr 2030. Mit einer Anzahl von 3060 ist das Mehrfamilienhaus der seltenste Gebäudetyp in Malta.

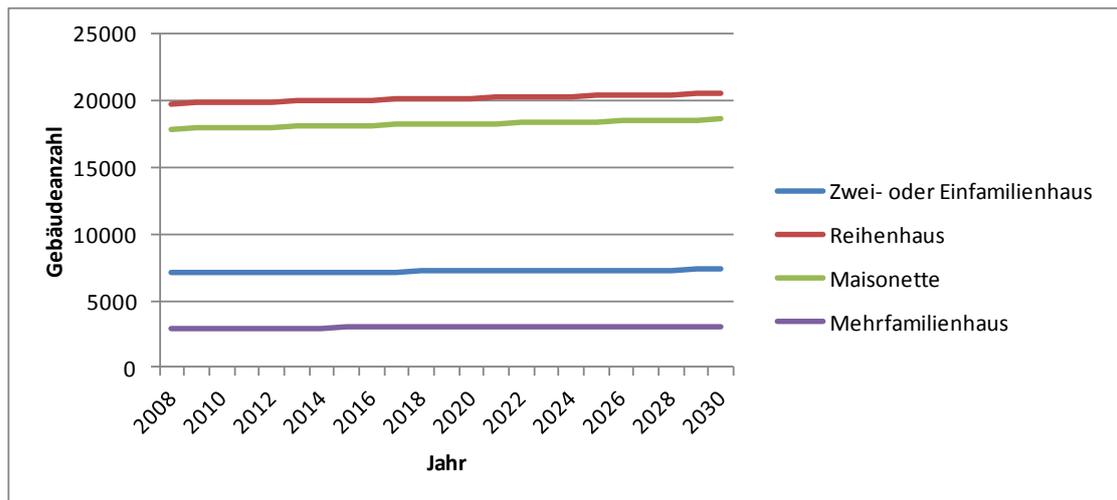


Abbildung 23 Gebäudeanzahl von Gebäudetypen bis 2030, Malta (‘1000)

### 3.2.3 Klimadaten

Aufgrund des Mittelmeerklimas ist die Temperatur in Malta in den Sommermonaten sehr heiß und trocken und in den Wintermonaten – feucht und mild [58]. In Monaten Juni bis August liegt die mittlere Temperaturen zwischen 25°C und 30°C und zwischen Dezember und Februar zwischen 10 und 15 °C (siehe Abbildung 24). Im Sommer kann die Temperatur 35 °C und mehr erreichen. Im Winter kann die Temperatur bis auf 5 °C herabsinken.

Wegen der hohen Temperaturen zwischen Mai und September gibt es einen Kühlbedarf. Nach langen trockenen Sommern kommt im September eine lang Regenzeit, Südostwind und feuchte Luft schafft den Heizbedarf in der Gebäuden [59].

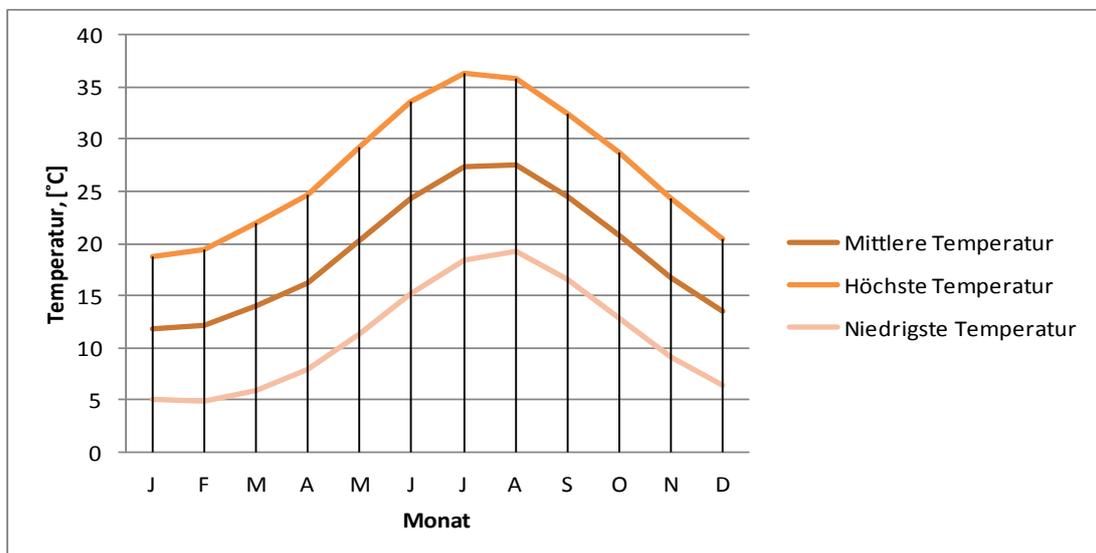


Abbildung 24 Mittlere, höchste und niedrigste Temperatur in Malta, in der Periode 1951-2010 [59]

Abbildung 25 zeigt die monatlichen Heizgradtage in Malta. Es gibt keinen klimabedingten Heizenergiebedarf in den Monaten von Mai bis November, die Summe der Heizgradtage ist 0. Der größte Heizwärmebedarf ist im Februar mit einer Heizgradtagzahl von 140 °C.

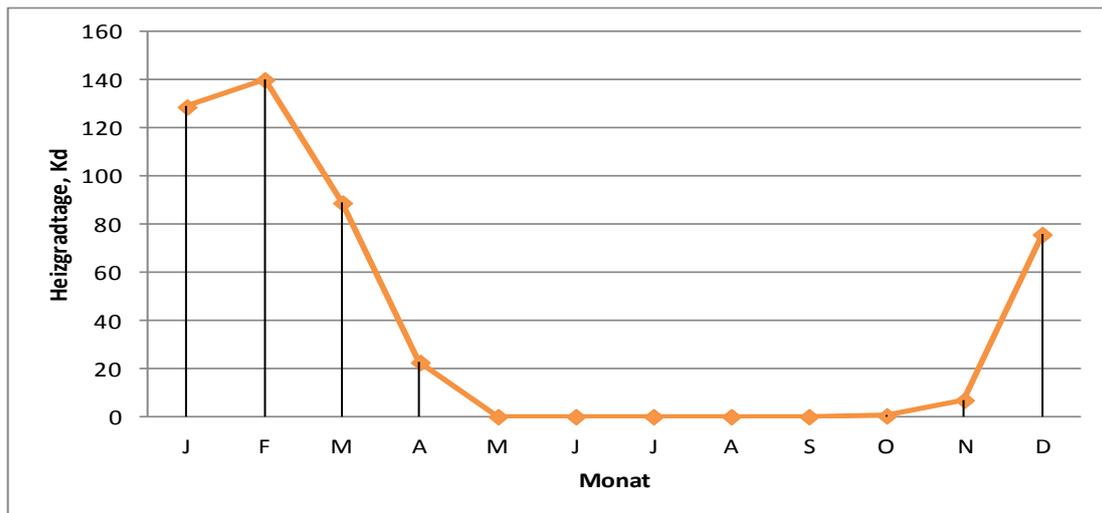


Abbildung 25 Monatliche Daten, durchschnittliche Werte von Heizgradtage von der Periode 2001-2009, Malta [60]

Kühlenergiebedarf spielt in Malte vor allem in den Sommermonaten eine relevante Rolle. Dieser konnte jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht analysiert werden.

### 3.2.4 Statistische Daten – Endenergieverbrauch

Malta hat keine eigene Energieerzeugung und ist ganz von importiertem Öl abhängig. Öl ist der einzige Energieträger, der in der Stromerzeugung verwendet wird. Malta besitzt keine Raffinerie und importiert Erdölprodukte aus Italien und Libyen. Derzeit gibt es in Malta keine Gasnetzverbindung mit den Kontinenten Europa oder Nordafrika, sowie keinen Anschluss an das europäische Stromnetz. Bis 1990 wurde importierte Kohle für die Stromerzeugung im Kraftwerk „Marsa“ verwendet, aber als Folge der Umweltbelastung, ist dieses Kraftwerk nicht mehr in Betrieb [61].

Abbildung 26 zeigt den Endenergiebedarf in allen Sektoren zwischen 2001 und 2005. Der durchschnittliche Endenergiebedarf in der Periode beträgt pro Jahr 4195 GWh. Der Anteil der Ölprodukte am Endenergiebedarf liegt bei ca. 58%. Der restliche Bedarf wird durch Strom gedeckt. Der Anteil des Stroms am Endenergiebedarf liegt bei 1757 GWh in 2005.

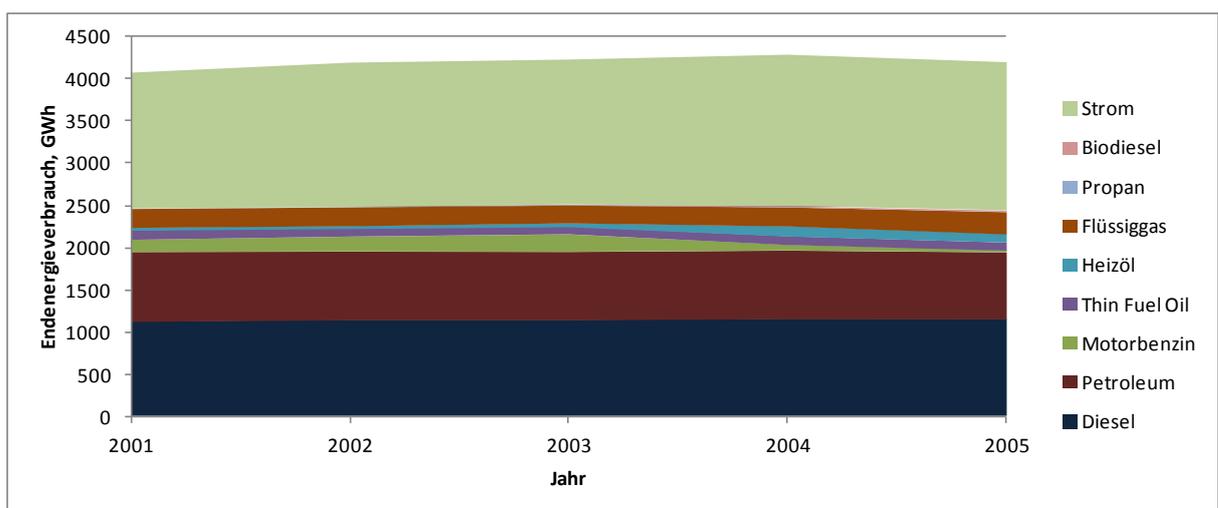


Abbildung 26 Der Endenergiebedarf in allen Sektoren in Malta, von 2001 bis 2005 [62]

Gemäß EUROSTAT ist der gesamte Endenergiebedarf 2008 5,7 TWh. Der Transportsektor ist der größte Energieverbraucher. Der Anteil des Transportsektors liegt am gesamten Endenergiebedarf bei 59%. Mit großem Abstand im Energiebedarf ist der zweitgrößte Energieverbraucher der Haushaltssektor. Der Anteil des Endenergieverbrauches liegt hier bei 19% (Abbildung 28) [63]. Der

Endenergiebedarf im Haushaltssektor beträgt 0,93 TWh. Der Strombedarf des gesamten Endenergiebedarfs ist 0,64 TWh im Haushaltssektor.

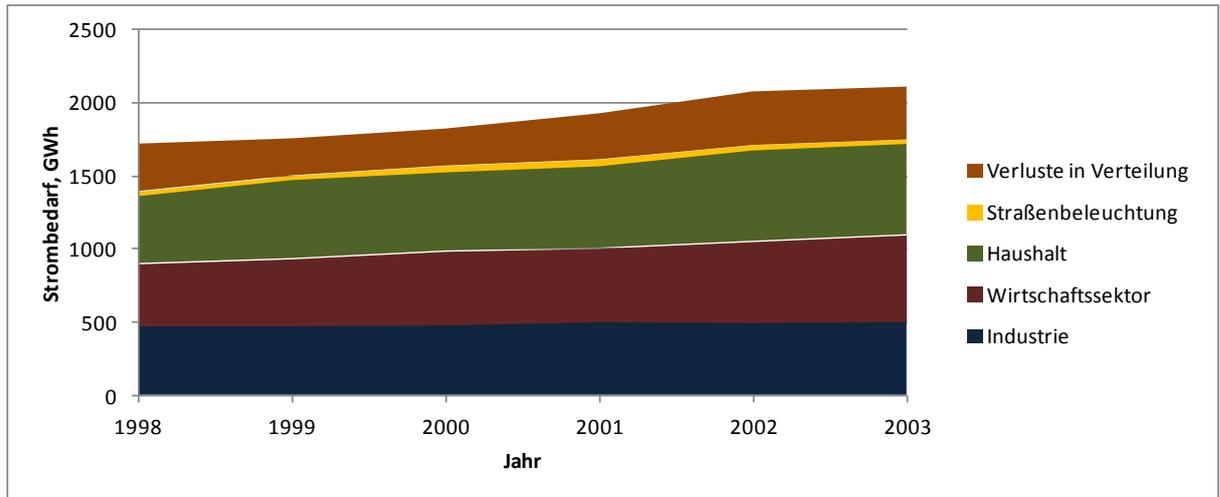


Abbildung 27 Stromenergiebedarf in den Sektoren in Malta, 1998 – 2003 [64]

Der Strombedarf steigt von 284 GWh in 1970 auf 550 GWh in 1980 und von 1603 GWh in 1990 auf 2263 GWh in 2005. Der wachsende Strombedarf ist ein Ergebnis des Wirtschaftswachstums sowie des höheren Lebensstandards [61]. Abbildung 27 zeigt den Strombedarf in allen Sektoren. Der größte Stromkonsument ist der Haushaltsektor. An dieser Tendenz hat sich von 1998 bis 2003 nicht geändert. Ein großer Anteil des Strombedarfs geht in Verluste und Verteilung.

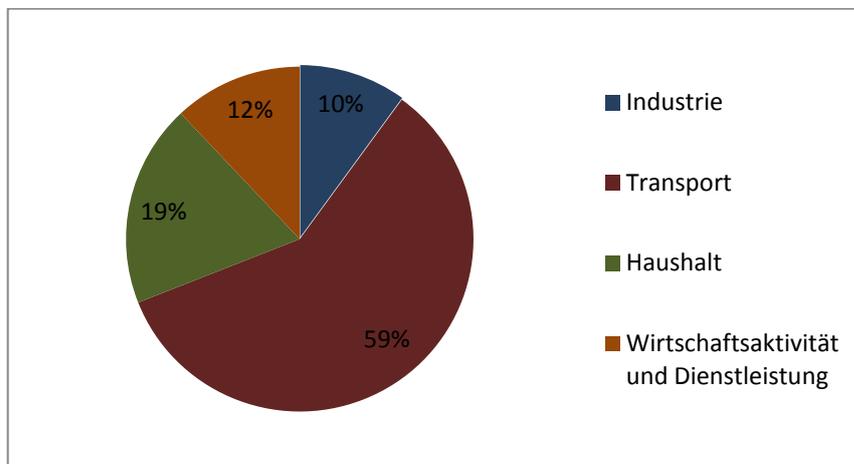


Abbildung 28 Endenergiebedarf nach Sektoren in Malta, 2004, % [63]

Gemäß Abela (2012) entfällt der größte Anteil des Energiebedarfes auf Heizung. Das macht 43% vom gesamten Energiebedarf aus. Auf das Kühlen entfallen 18%, auf den Warmwasserbedarf 30% und auf Beleuchtung 9% des gesamten Endenergiebedarfs (Abbildung 29) [65].

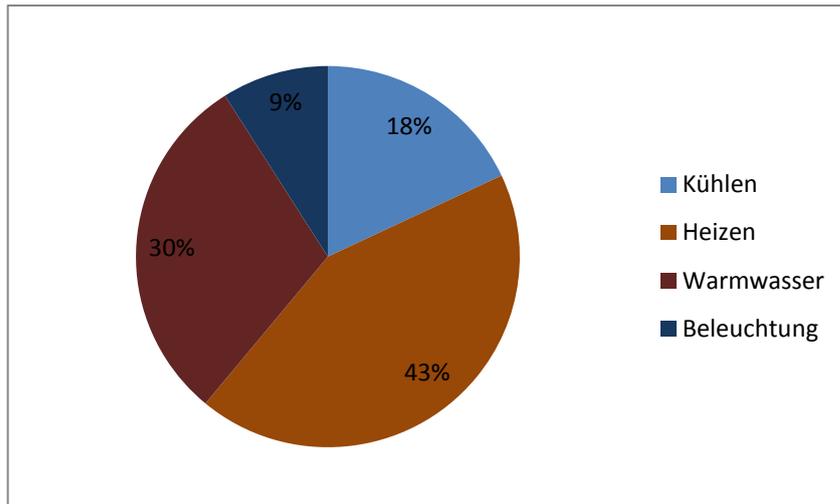


Abbildung 29 Energieverbrauch in einem durchschnittlichen Haushalt in Malta [65]

**Endenergiebedarf im Haushaltssektor – berechnete Ergebnisse**

Auf Basis der Bottom-up Analyse wurde berechnet, dass der Endenergiebedarf für Heizwärme und Warmwasser 2058 GWh in 2008 beträgt. Gemäß der EUROSTAT beträgt der Endenergiebedarf im Haushaltssektor 930 GWh. Ein großer Unsicherheitsfaktor, warum ein so großer Unterschied besteht, ist der Service-Faktor, der das Nutzenverhalten beschreibt.

Abbildung 30 zeigt den Endenergiebedarf nach Energieträger in Haushalte für Heizwärme- und Warmwasser, Strom mit einem Anteil von 38% ist der dominierende Energieträger, Mit 454 GWh vom gesamten Endenergiebedarf sind die erneuerbaren Energieträger der Zweitgrößte, Der Anteil von Heizöl und Erdgas liegt bei 39% am gesamten Endenergiebedarf und beträgt jeweils 407 GWh und 367 GWh.

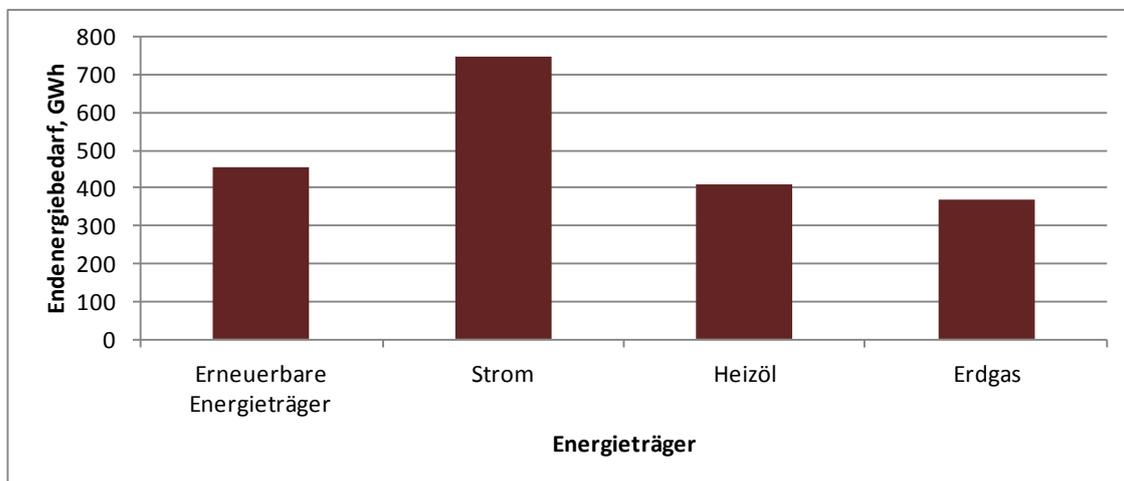


Abbildung 30 Endenergiebedarf nach Energieträger in Malta im Haushaltsektor für Raumwärme- und Warmwasser 2010, berechnete Ergebnisse

#### 4 Europäische Energiepolitik im Wärme- und Gebäudesektor

Im Energie- und Klimapolitikpaket der europäischen Kommission sind die 20/20/20 Ziele definiert, Bis 2020 sollen Treibhausgasemissionen um 20% reduziert werden, der Gesamtanteil der erneuerbaren Energie soll auf 20% steigen und die Energieeffizienz um 20% erhöht werden, Im Arbeitsdokument der Kommission wurde bewertet, dass bedeutende Schritte zur Erreichung dieser Ziele im Geräte- und im Gebäudemarkt erreicht werden können [66].

Um die Ziele zu erreichen sollen verschiedene politische Maßnahmen umgesetzt werden, Diese politischen Maßnahmen dienen der Beeinflussung des Verhaltens unterschiedlicher Akteurinnen, Im Gebäudesektor sind vor allem zwei Richtlinien relevant: 2002/91/EC über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) und die Neufassung dieser: die Richtlinie 2010/31/EU, Die Schwerpunkte beider Richtlinien sind die Sanierung öffentlicher und privater Gebäude und die Energieeffizienz der darin verwendeten Komponenten und Geräte [66].

Die Richtlinie 2002/91/EC über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) wurde im Dezember 2002 vom europäischen Parlament angenommen, Im Artikel 15 der Richtlinie wird hingewiesen, dass die EU-Mitgliedstaaten bis 2006 die Richtlinie in nationales Recht umsetzen sollen [8], Die Richtlinie 2010/31/EU über die die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung) wurde in Mai 2010 angenommen, Da der Gesamtenergieverbrauch im Gebäudesektor der Union weiter steigen wird, wurden einige wesentliche Änderungen in der Neufassung angenommen [4], Bei der Umsetzung der Richtlinien ist es notwendig, konkrete Maßnahmen für Energieeinsparungen in Gebäuden festzulegen, Weiter sollte jeder Mitgliedstaat Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten festzulegen, Bei der Festlegung von Maßnahmen sollten klimatische und lokale Bedingungen, Innenraumklima, Kosteneffizienz sowie Anforderungen an Gebäude, wie beispielweise Zugänglichkeit, beabsichtigte Nutzung des Gebäudes beachtet werden [8], Der wesentliche Unterschied beider Richtlinien ist die Aufnahme von zwei Artikeln in der neuen Richtlinie, Der Artikel 9 „Niedrigstenergiegebäude“ sagt, dass alle neuen Gebäude ab 2020 „Niedrigstenergiegebäude“ sein sollen, Der Artikel 10 „Finanzielle Anreize und Marktschranken“ wurde ebenfalls in der neuen Richtlinie eingeführt, Dieser Artikel ersetzt den Artikel 12 „Information“ von der ersten Richtlinie, Die neue Richtlinie weist darauf hin, dass finanzielle politische Instrumente zur Beschleunigung einer besseren Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden eingeführt werden sollen [8][4], Die Artikel und ihre Anforderungen sind in der Tabelle 17 gegeben und beschreiben, Folgende Artikel und dessen Umsetzung in Irland und Malta werden betrachtet:

- Artikel 4 „Festlegung von Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“,
- 5 „Neue Gebäude“,
- 6 „bestehende Gebäude“ von der Richtlinie 2002/91/EC und,
- Artikel 4, 6, 7 und 9 „Niedrigstenergiegebäude“ der Richtlinie 2010/31/EU,
- Artikel 10 „Finanzielle Anreize und Marktschranken“ der Richtlinie 2010/31/EU,

**Tabelle 17 Beschreibung sämtlicher Artikel in Direktiven 2002/91/EC und 2010/31/EU [8][4]**

	Artikel	Anforderung in Richtlinie
Richtlinie 2002/91/EC	Artikel 4: Festlegung von Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz	...  werden Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden festgelegt  ...
	Artikel 5 und 6: Neue und bestehende Gebäude	...  Für die neue Gebäude, die größer als 1000 m <sup>2</sup> ist, soll alternative Energiesysteme eingeführt werden  ...  Für bestehende Gebäude, die größer als 1000 m <sup>2</sup> sind, sollen einer größeren Sanierung unterzogen werden, um die

		Gesamtenergieeffizienz zu verbessern  ...
<b>Richtlinie 2010/31/EU (Neufassung)</b>	Artikel 4: Festlegung von Mindestforderungen an die Gesamtenergieeffizienz	...  wird kostenoptimaler Niveaus für Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden oder Gebäudeteilen festgelegt  ...
	Artikel 6 und 7: Neue und bestehende Gebäude	...  Bei neuen Gebäuden soll die Realisierbarkeit des Einsatz von hocheffizienten alternativen Systemen aufgeführt werden  ...  Bei bestehenden Gebäude sollen renovierte Gebäudeteile und größere Sanierungen durchgeführt werden, sofern dies technisch, funktionell und wirtschaftlich realisierbar ist  ...
	Artikel 9: Niedrigstenergiegebäude	...  bis 31, Dezember 2020 sind alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude und nach dem 31, Dezember 2018 neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, Niedrigstenergiegebäude“  ...  Umsetzung der Definition der Niedrigstenergiegebäude  ...  in der die nationalen, regionalen oder lokalen Gegebenheiten erläutert werden, einschließlich eines numerischen Indikators für den Primärenergieverbrauch in kWh/m <sup>2</sup> ,
	Artikel 10 „Finanzielle Anreize und Marktschranken“	...  Angesichts der Bedeutung angemessener Finanzierungsinstrumente und sonstige Instrumente zur Beschleunigung einer besseren Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden  ...  ergreifen die Mitgliedstaaten angemessene Schritte  ...

## 4.1 Irland

### 4.1.1 Targets

Die wichtigsten Dokumente der gegenwärtigen Energiepolitik in Irland sind „Energy White Paper“ (2007), „The National Climate Change Strategy 2007-2012“ und die EU Richtlinien über erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Treibhausgasemissionen und grenzüberschreitende Emissionen [46],

Das „Energy White Paper“ wurde von Departement für Kommunikation, Energie und natürliche Ressourcen verfasst, In diesem Dokument stehen Ziele für die Zukunft der erneuerbaren Energien in Irland, Das Dokument soll dazu beitragen, die Aufgaben zur Sicherheit der Energieversorgung und zur Prävention des Klimawandels festzulegen [50],

Das Ziel für Irland, das in der Europäischen Richtlinie 2009/28/EC festgelegt wurde, ist die Deckung des gesamten Endenergieverbrauchs („Gross domestic consumption“) durch EE von 16% im Jahr 2020, In Bezug auf die Art der Energienutzung sind die Anforderungen [31]:

- RES-E 40%: der Anteil erneuerbarer Energien am Brutto-Stromverbrauch soll 40% bei 2020 liegen
- RES-H 12%: der Anteil erneuerbaren Energien am Wärmeenergieverbrauch soll 12% bei 2020 betragen
- RES-T 10%: Benzin, Diesel, Biokraftstoffe und Stromverbrauch in den Straßen- und Gleistransport hat einen Anteil erneuerbarer Energien von 10%,

Für die Umsetzung der Ziele in Bezug auf den Energieverbrauch für Wärme- und Warmwasseraufbereitung sind die Vorgaben und Methoden in den Direktiven 2009/28/EC und 2002/91/EC und ihre Neuerfassung (EU-Gebäuderichtlinie) ausschlaggebend,

„The National Climate Change Strategy 2007-2012“ beinhaltet Ziele zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und die Erreichung des Kyoto-Ziels, Das irische Kyoto-Ziel sieht eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber dem Bezugsjahr 1990 um 13% in der Periode 2008-2012 vor [46], Vom gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind die Haushalte mit 25% der Zweitgrößte, 2007 war der Haushaltsektor verantwortlich für 10,71 Mt CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Eine durchschnittliche Wohneinheit verursacht 8,1 t CO<sub>2</sub>-Emissionen, 59% macht die direkte Verbrennung von Brennstoffen und den Rest die Erzeugung von Strom [17],

Eine Studie von „SEI“ (Sustainable Energy Ireland) zeigt, dass, mit Einführung von Effizienzmaßnahmen in Wohngebäuden eine CO<sub>2</sub>-Reduktion von 40% erreicht werden kann [17],

### 4.1.2 Umsetzung der Richtlinien EPBD

Die Richtlinie 2002/91/EC des europäischen Parlaments über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) wurde in Irland im Zeitraum 2005 – 2009 umgesetzt. Drei Institutionen waren für die Umsetzung verantwortlich: „DEHLG“ (Das Departement of the Environment, Heritage and Local Government), „DCMNR“ (das Departement of Communications, Marine und Natural Resources) und „SEI“ (Sustainable Energy Ireland). Der dritte Artikel der Direktive, die in Irland umgesetzt wurde, wird betrachtet.

Artikel 4 „Festlegung von Mindestforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“: In der Umsetzung wurde in Irland die Bauordnung 2002 „Conservation of fuel and energy – Dwelling“ erneuert. In der neuen Bauordnung 2007 im Dokument „Conservation of Fuel and Energy – Dwellings“ wurden neue Anforderungen eingeführt. Ab 2008 sollen neue Gebäude mit neuen Anforderungen gebaut werden und die alte saniert werden. Weiter sind die Anforderungen für Heizkessel gegeben (siehe Tabelle 18).

**Tabelle 18 Anforderungen in der Bauordnung 2007 [27]**

Irische Bauordnung 2007	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)					
	Dachschrag	Dachboden	Außenwand	Decke	Kellerdecke	Fenster
	0,22	0,16	0,27	0,25	0,25	2,2
Effizienz für Heizkessel	Der Wirkungsgrad eines Heizkessels nicht geringere als 86%					

In der neuen Bauordnung von 2011 („Conservation of Fuel and Energy – Dwellings“) wurden neue Anforderungen eingeführt. Die Richtlinie 2010/31/EU sollte in Irland bis spätestens 9.7.2013 in nationales Recht umgesetzt werden.

Artikel 4 „Festlegung von Mindestforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“ legt fest, dass alle alten Gebäude ab 2015 nach der Bauordnung 2011 renoviert werden müssen. Die U-Werte wurden in der Bauordnung 2011 von Irland definiert (Tabelle 19). In der Bauordnung wurde beschlossen, dass alle neu installierten Heizungssysteme einen Wirkungsgrad von mindestens 90% erreichen müssen.

**Tabelle 19 Anforderungen in der Bauordnung 2011 [17]**

Irische Bauordnung 2011	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)					
	Dachschrag	Dachboden	Außenwand	Decke	Kellerdecke	Fenster
	0,20	0,16	0,21	0,21	0,21	1,6
Effizienz für Heizungsgerät	Der Wirkungsgrad eines Heizkessels nicht geringere als 90%					

Aufgrund der Umsetzung des Artikels 9 „Niedrigstenergiegebäude“ wurden in Irland Vorgaben (Guidelines) für „Niedrigstenergiegebäude“ vorgeschlagen. Das Dokument „Passive homes – Guidelines for the design and Construction of Passive House Dwellings in Ireland“, das von SEI (Sustainable Energy Ireland’s National Authority) erarbeitet wurde, fasst die Grundlagen und Definition eines „Low Energy Building“ sowie wesentliche Standards dazu zusammen. Der Energiebedarf eines Gebäudes, das nach den Standards eines Passivhaus gebaut wird, soll einen jährlichen Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) und einen gesamten Primärenergiebedarf von 120 kWh/(m<sup>2</sup>a) nicht übersteigen. Tabelle 20 stellt die U-Werte eines Passivhaus dar [67].

**Tabelle 20 Wärmethermische Qualität der Bauteile für das Niedrigstenergiegebäude, Irland**

Niedrigstenergiegebäude	Dachschrag	Außenwand	Decke	Fenster	Luftundurchlässigkeit
U-Werte (W/m <sup>2</sup> K)	0,15	0,175	0,15	0,8	n <sub>50</sub> <0,6

Mit der Umsetzung des Artikels 10 „Finanzielle Anreize und Marktschranken“ der Richtlinie 2010/31/EU wurden Grants Programme – Subventionen für eine Sanierung eingeführt. Derzeit (2011) besteht ein Grants Programm mit einer finanziellen Unterstützung für Energieeffizienzmaßnahmen „Better Energy Homes scheme“, das von der SEI (Energy Authority Ireland) verwaltet wird. Förderung wird für eine Sanierung eines Gebäudes und des Tausch eines Heizungssystems vorgegeben (Tabelle 21) [68].

**Tabelle 21 Subventionen für eine Energieeffizienzmaßnahme, Irland**

Energieeffizienzmaßnahme	Summe der Subvention, €
Isolierung Dachboden	200
Isolation zweischaliges Mauerwerk	250
Innenwandisolation	900, 1350, 1800*
Außenwandisolation	1800, 2700, 3600*
Solarkollektor	800

\* Hängt von Typ des Gebäudes

Nach der Sanierung des Gebäudes bzw. Tausch eines Kessels, die mit einer finanziellen Förderung durchgeführt wurde, ist jeder Förderungsantragende verpflichtet einen Energieausweis (Building Energy Rating) zu erstellen [68].

## 4.2 Malta

### 4.2.1 Targets

Die Energiepolitik von Malta basiert auf drei Grundsätzen: Energieversorgungssicherheit, konkurrierende Energieservices und Umweltverantwortung. Die Energiepolitik bzw. Zielsetzungen und Anforderungen sind von der Energiepolitik und Klimapolitik der EU beeinflusst [69].

In Bezug auf die Richtlinie 2006/32/EC der Europäischen Union ist Malta verpflichtet den gesamten Endenergiebedarf bis 2016 um 9% oder 378 GWh zu reduzieren. Weitere Zielsetzungen, die aufgrund der Umsetzung europäischer Richtlinien beschlossen wurden, sind [69]:

- Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf soll 2020 bei 10% liegen
- Die Nutzung von Biokraftstoffen soll 2020 bei 10% liegen
- Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von -5% bis 2020 zum Vergleich mit 2005 soll erreicht werden.

In Bezug auf die gleiche Richtlinie 2006/32/EC wurde in Malta der „National Energy Efficiency Action Plan 2008“ veröffentlicht. Im Plan werden Ziele zu Energieeffizienz für jeden Sektor formuliert und Maßnahmen, diese Ziele zu erreichen, festgelegt.

### 4.2.2 Umsetzung der Richtlinien EPBD

Die Richtlinie 2002/91/EC des europäischen Parlaments über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) wurde in Malta im November 2006 auf nationaler Ebene umgesetzt. Für die Umsetzung der Richtlinie ist „MRA“ (Ministry of Resources and Rural Affairs) verantwortlich [70]. Mit der Umsetzung des Artikels 4 „Festlegung von Mindestforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“ wurde die erste Bauordnung „Document F - Conservation of Fuel, Energy & Natural Resources (Minimum Requirements on the Energy Performance of Building Regulation, 2006)“ verabschiedet.

Diese Bauordnung reguliert die Mindestanforderungen für die Gesamtenergieeffizienz für neue und sanierte Gebäude. Die Bauordnung umfasst Anforderungen für thermische Qualität der Gebäudeelemente, Einschränkung der Größe der Fenster, dass Wärme im Winter gewonnen wird und im Sommer vor Überhitzung geschützt wird.

Es gibt noch keine Information über die Umsetzung der Richtlinie 2010/31/EU. Es wurde noch kein neues regulatives Dokument über Energieerhaltung und Effizienz in neuen und sanierten Gebäude beschlossen.

Derzeit gibt es eine Förderung für Installierung von Solarkollektoren: 20% der Kaufinvestition wird finanziert, jedoch nicht mehr als 232,94€. Außerdem wird eine Gebäudesanierung gefördert. Für eine Dachsanierung wird 20% der Investition von der Staatsregierung gefördert. Es wird aber nicht mehr als 232,94€ von der Kaufsumme finanziert [62].

## 5 Szenarientwicklung

### 5.1 EPBD-Reference Szenario

Das EPBD-Reference Szenario basiert auf der Richtlinie 2002/91/EC und ihrer Umsetzung<sup>1</sup>. Der Artikel 4 „Festlegung von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“ und seiner Umsetzung, der Festlegung von U-Werten für neue und renovierte Gebäude, beschreibt im diesem Szenario die thermische Qualität der zukünftigen Gebäude. Das Szenario wird unter der Umsetzung der Richtlinie mit einem regulativen politischen Instrument berechnet. Das heißt, dass die Anforderung für neue und sanierte Gebäude festgelegt werden sollen. Das Szenario wird mit niedrigen und hohen Energiepreisszenarien berechnet.

Für Irland wird angenommen, dass ab 2010 bis 2030 und in Malta ab 2008 bis 2030 alle neuen Gebäude und renovierte Gebäude diesem Standard entsprechen. Es wird außerdem angenommen, dass der Wirkungsgrad eines neu installierten Heizkessels (für Heizwärme und Warmwasser) nicht geringer als 86% ist.

### 5.2 EPBD-Neufassung Szenario

Das EPBD (Neufassung) Szenario basiert auf der Richtlinie 2010/31/EU und ihrer Umsetzung. Der Artikel 4 „Festlegung von Mindestforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“ und diese Umsetzung entspricht der Qualität der neuen und sanierten Gebäude in Irland ab 2010 bis 2020. Alle neue Gebäude und renovierte Gebäude sollen aufgrund der neuen U-Werte renoviert und gebaut werden. Die Gebäude, die ab 2020 gebaut werden, entsprechen in diesem Szenario dem Standard des Niedrigstenergiegebäude (siehe Kapitel 4). Der Wirkungsgrad eines Heizkessels soll nicht geringere als 90%.

Da in Malta die Richtlinie 2010/31/EU noch nicht umgesetzt wurde, wurde die Annahme getroffen, welche Anforderungen der thermischen Gebäudeteilqualität können die neuen und sanierten Gebäude haben. Es wurde angenommen, dass die U-Werte der Bauteile (Dachboden, Außenwand, Decke, Kellerdecke, Fenster) sind um 25% niedriger zum Vergleich mit den U-Werten in den letzten Bauvorschriften. Im EPBD-Neufassung Szenario haben alle neuen und sanierten Gebäude ab 2008 bis 2030 diese U-Werte. Da es noch keinen Entwurf gegeben hat, wie für die maltesischen Klimabedingungen ein „Niedrigstenergiegebäude“ aussehen kann, wurden auch die Anforderungen nicht betrachtet.

### 5.3 Sub-Szenarien bzw. Sensitivitätsanalyse

#### 5.3.1 „No-policy“ Sub-Szenarien und Subventionen

Ziel des Sub-Szenarios „no-policy“ ist, zu überprüfen, welche Anzahl an Gebäuden auf Basis der unterschiedlichen Sanierungsmöglichkeiten saniert wird. Für Irland werden drei Sanierungsmöglichkeiten festgelegt: eine Sanierung, die Anforderungen der Bauordnung 2007, Anforderung 2011 und Maintenance (keine thermische Sanierung, sondern eine Pflege des Gebäudes) durchgeführt werden kann. Für Malta kann die Sanierung auf Basis der Anforderungen der Bauordnung 2008, noch höherer Anforderungen und Maintenance durchgeführt werden. Es wird im Modell die Möglichkeit bei der Sanierung oder Neubau eines Gebäudes gegeben, den Standard frei zu wählen. Die Entscheidung im Modell wird auf Basis ökonomischer Kriterien getroffen, wobei

---

<sup>1</sup> Diese Umsetzung, die im Kapitel 4 beschrieben ist.

Kosten für Sanierung sowie Heizwärmebedarf und damit verbundene Kosten betrachtet werden. In diesem Sub-Szenario werden zwischen niedrigen und Hochpreisszenario nicht unterschieden.

Im Sub-Szenario „Subventionen“ wird eine Förderung von 10% bis 50% für eine höhere Sanierung gegeben und der Endenergiebedarf bei den unterschiedlichen Subventionen berechnet, Im gleichen Szenario wird eine Investitionsförderung für erneuerbare Heizungssysteme gegeben, Es wird angenommen, dass die folgende Heizungssysteme subventioniert werden: Biomasseheizkessel, Wärmepumpe und Solaranlage für Irland und Wärmepumpe und Solaranlage für Malta, Die Investitionsförderung wird in der Bandbreite von 0% bis 50% mit einer Schrittweite von 10% variiert,

Tabelle 22 fasst die Investitionsförderung in % für Heizungsanlagen und Sanierung 1 (höhere Sanierung) zusammen, Sanierung 1 bedeutet hier eine Sanierung, die die Anforderungen an die U-Werte einhält, die im Bezug auf die erste Gebäude-Richtlinie, verabschiedet wurden, Im Fall von Irland ist die Sanierung-1 jene Sanierung, die sich auf die Bauordnung 2011 bezieht, In Malta entspricht die Sanierung-1 den Werten von der ersten Bauordnung aus dem Jahr 2008,

Es wird untersucht, welche Wirkung derzeit real existierende Subventionen für die Sanierung und Erneuerung von Heizungssystemen in Irland und in Malta haben, In Irland wird nur die Kaufinvestition eines Solarkollektors mit 800 € subventioniert, Die maximale Subvention für eine Sanierung beträgt 5850 €, In Malta werden eine Sanierung und ein Solarkollektor subventioniert, In Malta gibt es eine Subvention von 20% für einen Solarkollektor, Es wird aber nicht mehr als 232,94 € gefördert, In Malta wird es nur die Sanierung des Daches subventioniert, Die Finanzierung beträgt 20%, aber wird es nicht mehr als 232,94 € finanziert [62].

**Tabelle 22 Investitionsförderung für Sanierung und erneuerbare Heizungssysteme**

<b>Derzeitige Subventionen Irland</b>	Investitionsförderung %, der Anteil von der Kaufsumme Für die Periode 2010 – 2030
Solarkollektor	15%, aber nicht mehr als 800 €
Sanierung	15%, aber nicht mehr als 5850 €
<b>Derzeitige Subventionen Malta</b>	Investitionsförderung %, der Anteil von der Kaufsumme Für die Periode 2010 – 2030
Solarkollektor	20%, aber nicht mehr als 232,94 €
Sanierung	20% und nicht mehr als 232,94 €
<b>Subventionen in Sub-Szenario</b>	Investitionsförderung %, der Anteil von der Kaufsumme Für die Periode 2010 - 2030
Solarthermie	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%
Holzheizung	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%
Wärmepumpe	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%
Investitionsförderung Renovierung - 1	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%

### 5.3.2 Lebensdauer der Gebäudeteile - Sensitivitätsanalyse

Der Heizwärmebedarf bzw. Endenergiebedarf hängt stark von der jährlichen Anzahl der sanierten Gebäude ab. Wie bereits in Kapitel 2.1 beschrieben, wird die Anzahl der jährlich sanierten Gebäude auf Basis des Entscheidungsalgorithmus bzw. einer Weibull-Verteilung berechnet. Dafür wird für jedes Segment der Zeitpunkt berechnet, wann Fenster und Fassaden saniert wurden. Die Lebensdauer wird dazugerechnet und damit bestimmt, wann das Segment wieder saniert wird. Je kleiner die Lebensdauer einzelner Komponenten, desto schneller werden Gebäude wieder saniert.

Im Modell wird die Lebensdauer von Fassade und Fenster in einer Sensitivitätsanalyse verlängert und verkürzt. Tabelle 23 fasst die Lebensdauer für Fassade und Fenster, die für die Analyse verwendet wurden, zusammen. In der grauen Farbe sind jene Basiswerte dargestellt, mit denen alle

anderen Szenarien berechnet wurden. Die Begriffe: „Normal“, „Alte Gebäude“ und „Wohngebäude“ unterscheiden sich in der Periode, in welcher eine Gebäudekategorie gebaut wurden:

- Wohngebäude sind die Gebäude, die nach 2000 gebaut wurden
- Normale Gebäude sind die Gebäude, die in der Periode von 1960 – 2000 gebaut wurden
- Alte Gebäude sind die Gebäude, die vor 1960 gebaut wurde

**Tabelle 23 Lebensdauerfaktor für Gebäude für die Sensitivitätsanalyse für Irland und Malta**

Name	Lebensdauerfaktor: Fassade, Fenster						
	1	2	3	4	5	6	7
Normal (1960 – 2000 gebaut)	35	40	45	50	60	67	75
Alte Gebäude ( vor 1960 gebaut)	70	75	80	90	100	105	110
Wohngebäude (nach 2000 gebaut)	30	35	40	45	50	60	65

### 5.3.3 Service Faktor - Sensitivitätsanalyse

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, wird im Modell zuerst auf Basis der ÖNORM H 5056 der Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf berechnet. Mit der Ermittlung der Effizienz des Heizungssystems wird der Norm-Endenergiebedarf berechnet [10]. Der Endenergiebedarf stimmt aber nicht mit dem real gemessenen Endenergiebedarf überein. Ein Unterschied ist mit Nutzerverhalten verbunden und ist vor allem in Wohngebäuden zu beachten [10]. Das Nutzerverhalten ist ein schwierig messbarer Parameter, der mit der Ermittlung von Eigenschaften aber definiert werden kann:

- Thermische Qualität der Gebäudehülle
- Größe der Wohneinheit
- Zentralisierungsgrad des Heizungssystems
- Standortklima
- Kalendereffekte

Für die Bestimmung des Service-Faktors (Basiswerte) wurde zu einem Großteil der Zentralisierungsgrad verwendet - ein Zentralheizungssystem weist einen höheren Service-Faktor auf als Einzelheizungssysteme (siehe Tabelle 25 und Tabelle 29 in Kapitel 6.1.4). Weiterer Faktor ist der Kalendereffekt, der bedeutet, dass z.B. an Werktagen der Endenergiebedarf für die Raumwärme kleiner ist und der Heizwärmebedarf nicht zu 100% gedeckt wird.

Die Sensitivitätsanalysen werden für alle betrachteten Szenarien durchgeführt: das EPBD-Reference Szenario (Hoch-Preis-Szenario und Niedrig-Preis-Szenario) und das EPBD-Neufassung Szenario (Hoch-Preis-Szenario und Niedrig-Preis-Szenario). Die Service-Faktoren, die für Irland und Malta angenommen werden, sind im Kapitel 6.1.4 beschrieben.

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Energiebedarf bis 2030 in Irland

#### 6.1.1 EPBD Reference und EPBD Neufassung Szenarien

In Irland 2010 beträgt der Heizwärmebedarf 41.300 GWh als Ausgangswert für beide Szenarien (Abbildung 31). Schon 2012 ist der Heizwärmebedarf unterschiedlich in beiden Szenarien. Das EPBD-Reference Szenario hat 2012 einen Heizwärmebedarf von 42.344 GWh und EPBD-Neufassung 41.852 GWh. Das EPBD-Reference Szenario zeigt einen zunehmenden Heizwärmebedarf bis 2030. 2020 liegt der Bedarf bei 43.507 GWh und 2030 bei 48.694 GWh. Der Bedarf steigt von 2012 bis 2020 um 7% und bis 2030 um 15%. Im EPBD-Neufassung Szenario steigt der Heizwärmebedarf von 2012 bis 2020 und sinkt ab 2020 bis 2030. 2020 liegt der Bedarf bei 41.992 GWh und 2030 bei 40.517 GWh. Der Heizwärmebedarf steigt von 2012 bis 2020 um 0,33%. Von 2020 bis 2030 sinkt der Bedarf um 3,5% und in der gesamten betrachteten Periode von 2012 bis 2030 beträgt die Senkung 3,1%.

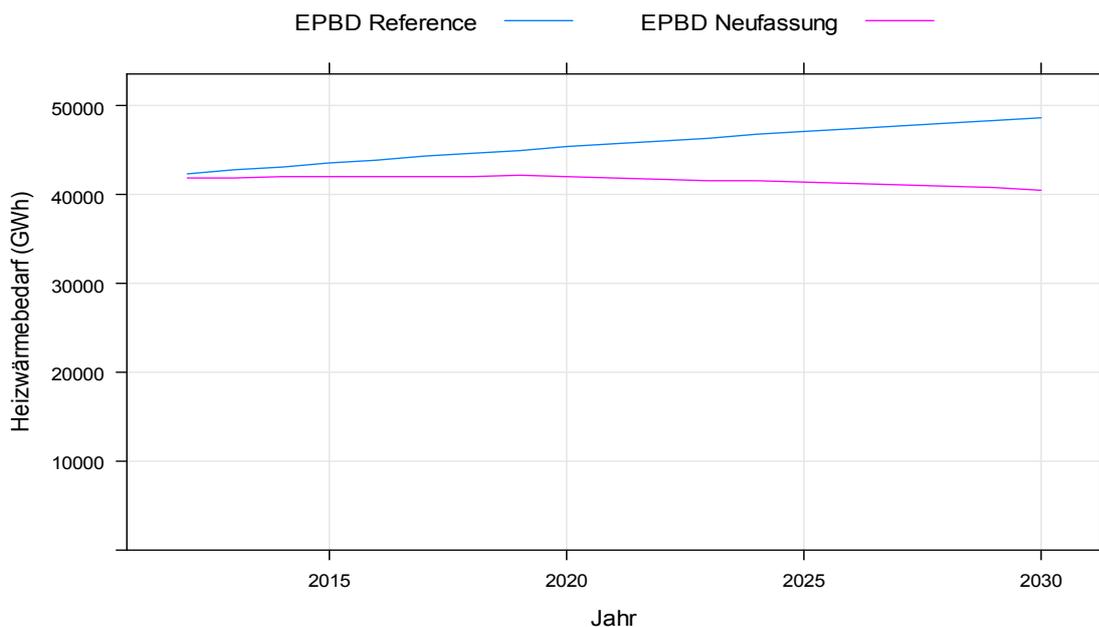


Abbildung 31 Heizwärmebedarf in den Szenarien EPBD Reference und EPBD Neufassung von 2012 bis 2030 in Irland

Abbildung 32 zeigt, dass der größte Anteil des Heizwärmebedarfs in beiden Szenarien auf das Einfamilienhaus (2 – stöckig) fällt und beträgt in 2010 12.008 GWh. Im EPBD-Reference Szenario steigt der Bedarf im Einfamilienhaus (2-stöckig) um 9,9% von 2010 bis 2030 und im EPBD-Neufassung sinkt der Bedarf um 7,5%. Der zweitgrößte Heizwärmebedarf fällt auf Einfamilienhaus (1 – stöckig). Der Heizwärmebedarf beträgt in 2010 11.332 GWh. Im EPBD-Reference Szenario liegt der Heizwärmebedarf bei 12.075 GWh und im EPBD-Neufassung bei 10.944 GWh in 2030. Der Heizwärmebedarf im Doppelhaus beträgt in 2010 8.796 GWh. Bis 2030 steigt der Heizwärmebedarf um 18% und liegt bei 10.384 GWh im EPBD-Reference Szenario und im EPBD-Neufassung sinkt der Bedarf um 1,52% und liegt bei 8.662 GWh in 2030. Der Heizwärmebedarf in Mehrfamilienhäusern und im Reihenhaus ist relativ niedrig im Vergleich mit den anderen Gebäudekategorien. Der Heizwärmebedarf in Wohnungen beträgt 5.501 GWh in 2010. Der Bedarf steigt um 32,72% bis 2030

und erreicht den Heizbedarf von 7302 GWh. Im EPBD-Neufassung sinkt der Bedarf um 4,25% und liegt in 2030 bei 5267 GWh. Das Reihenhaus benötigt den Heizenergiebedarf von 4253 GWh in 2010. Im Reference-Szenario steigt der Bedarf um 28,99% und liegt bei 5486 GWh in 2030. Im EPBD Neufassung hat der Energiebedarf leichte Steigerung von 6,5 % und liegt bei 4529 GWh in 2030.

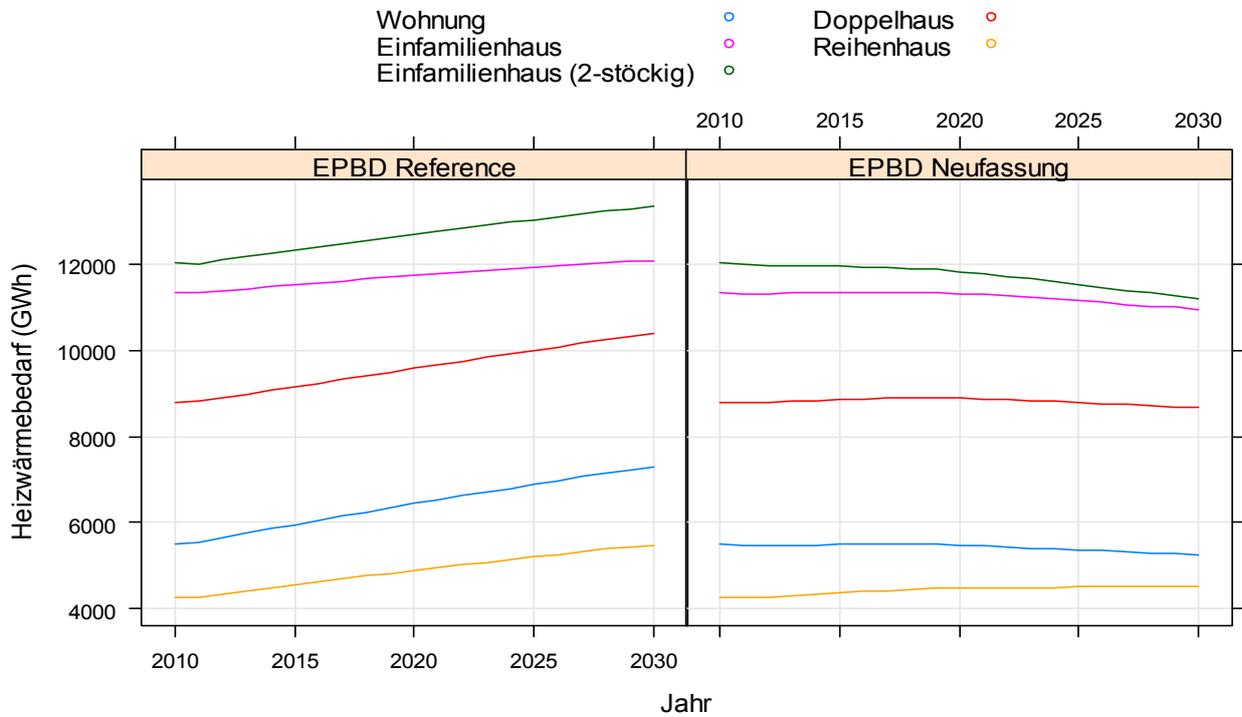


Abbildung 32 Der Heizwärmebedarf nach dem Typ der Gebäuden in Irland in EPBD-Reference und EPBD-Neufassung Szenarien (niedriger Energiepreis), 2010 bis 2030

Der gesamte Endenergiebedarf (für Heizwärme und Warmwasser) beträgt 2010 37,113 GWh. Im Vergleich mit dem Heizwärmebedarf ist der Endenergiebedarf um 10,14% niedriger. Dieser Unterschied entsteht aufgrund der in 2.2 Kapitel beschriebenen Verluste des Wärmebereitstellungs- und Wärmeverteilungssystem sowie des Servicefaktors.

Abbildung 33 zeigt den Endenergiebedarf in den Szenarien EPBD Reference und EPBD Neufassung, Bei den niedrigen Energiepreisen im EPBD Reference Szenario steigt der Endenergiebedarf bis 2030 um 2,5% und liegt bei 37,525 GWh, Die Graphik zeigt, dass der Energiepreis eine wichtige Rolle für den Endenergiebedarf spielt, Im gleichen Szenario bei hohen Energiepreisen sinkt der Endenergiebedarf um 7,3%, von 35,224 GWh in 2011 auf 32,547 GWh in 2030, Das größte Reduktionspotential liegt im Szenario der EPBD Neufassung, wenn die Energiepreise hoch sind, Die Reduktion des Endenergiebedarfes kann 20,3% von 2011 bis 2030 erreichen, Das EPBD Neufassung Szenario zeigt ein Reduktionspotential, wenn die Energiepreise niedrig sind, Der Endenergiebedarf sinkt um 9,9% bis 2030 und liegt bei 32,072 GWh,

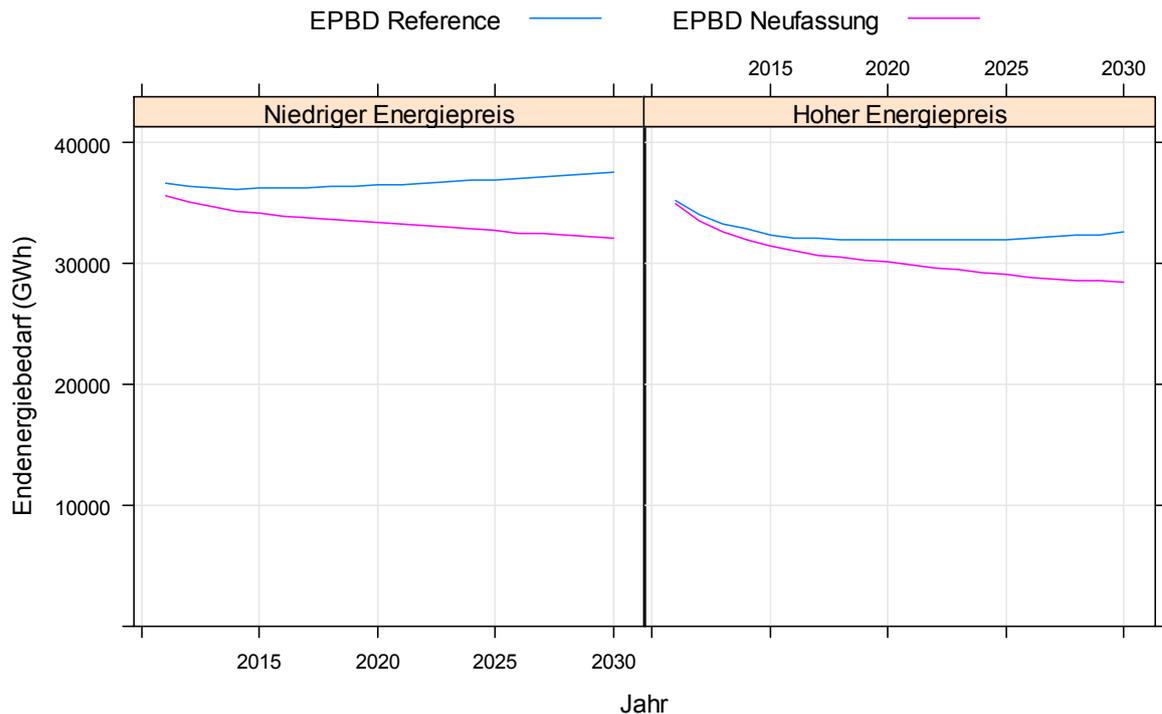


Abbildung 33 Endenergiebedarf in EPBD Reference und EPBD Neufassung Szenarien von 2010 bis 2030 in Irland

Abbildung 34 stellt den Energiemix in EPBD-Reference und EPBD-Neufassung Szenarien dar. Die Graphiken zeigen, dass der größte Einfluss auf die Änderung des Energiemixes der hohe Energiepreis ist.

Der Energiemix des Endenergiebedarf besteht 2010 aus folgenden Energiequellen: 48% des Endenergiebedarfes wird mit Heizöl gedeckt, 34% mit Gas, 8% mit Kohle, 8% mit Strom (gesamt:), 1,5% mit Biomasse und 1% mit Solarthermie und weniger als 1% mit Wärmepumpen.

Im EPBD-Reference Szenario steigt der Bedarf von Gas um 52% bis 2030, wenn die Energiepreise niedrig sind. 2030 ist Gas mit dem Beitrag von 25.277 GWh der dominierende Energieträger. Die Nutzung von Heizöl sinkt um 53% bis 2030 und macht den Anteil von 21% an dem gesamten Endenergiebedarf. Die Nutzung von Kohle sinkt um 90% und macht 2030 nur 2% am gesamten Energiebedarf aus. Die Nutzung anderer Energiequelle bleibt bis 2030 stabil.

Im EPBD-Reference Szenario ändert sich der Endenergiemix bis 2030 stark, wenn die Energiepreise hoch sind und zeigt einen vielfältigen Mix an Energieträgern. In diesem Szenario sinkt der Bedarf sowohl von Erdgas als auch von Heizöl und beträgt 2030 jeweils 11.248 GWh und 6.733 GWh. Die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen beträgt 7.419 GWh. Die Nutzung der Biomasse steigt um 59% bis 2030 und liegt bei 3661 GWh. Die Solarthermie und Hilfsenergie beträgt 1.509 GWh in 2030 und zeigt eine Steigerung von 74,55% in der Periode 2010 – 2030. Der Endenergiebedarf an Strom sinkt um 60,85% bis 2030.

Das EPBD-Neufassung Szenario zeigt eine ähnliche Zusammensetzung an Energieträgern für den gesamten Endenergiebedarf in 2030, wenn die Energiepreise niedrig sind. Erdgas hat eine wesentliche Steigerung bis 2030 und dominiert mit einem Anteil von 65 % an dem gesamten Endenergiebedarf. Die Nutzung von Heizöl sinkt um 55,7%. Der Anteil der erneuerbaren Energieträger zeigt keine große Änderung- und beträgt 1.750 GWh in 2030. Der Anteil von Kohle, wie in den anderen Szenario sinkt und deckt nur 2% des gesamten Endenergiebedarfs.

Das EPBD-Neufassung Szenario zeigt eine große Abnahme des Endenergiebedarfs bis 2030, wenn die Energiepreise hoch sind. Die Nutzung der erneuerbaren Energien ist jedoch kleiner als im EPBD-Reference-Szenario. Der Anteil von Gas verläuft in der betrachteten Periode kontinuierlich und liegt 2030 bei 11.638 GWh. Der Bedarf von Heizöl sinkt um 60,5% und beträgt 6,708 GWh in 2030. Der Anteil an erneuerbaren Energien liegt bei 8143 GWh und deckt damit 29% des gesamten Endenergiebedarfs.

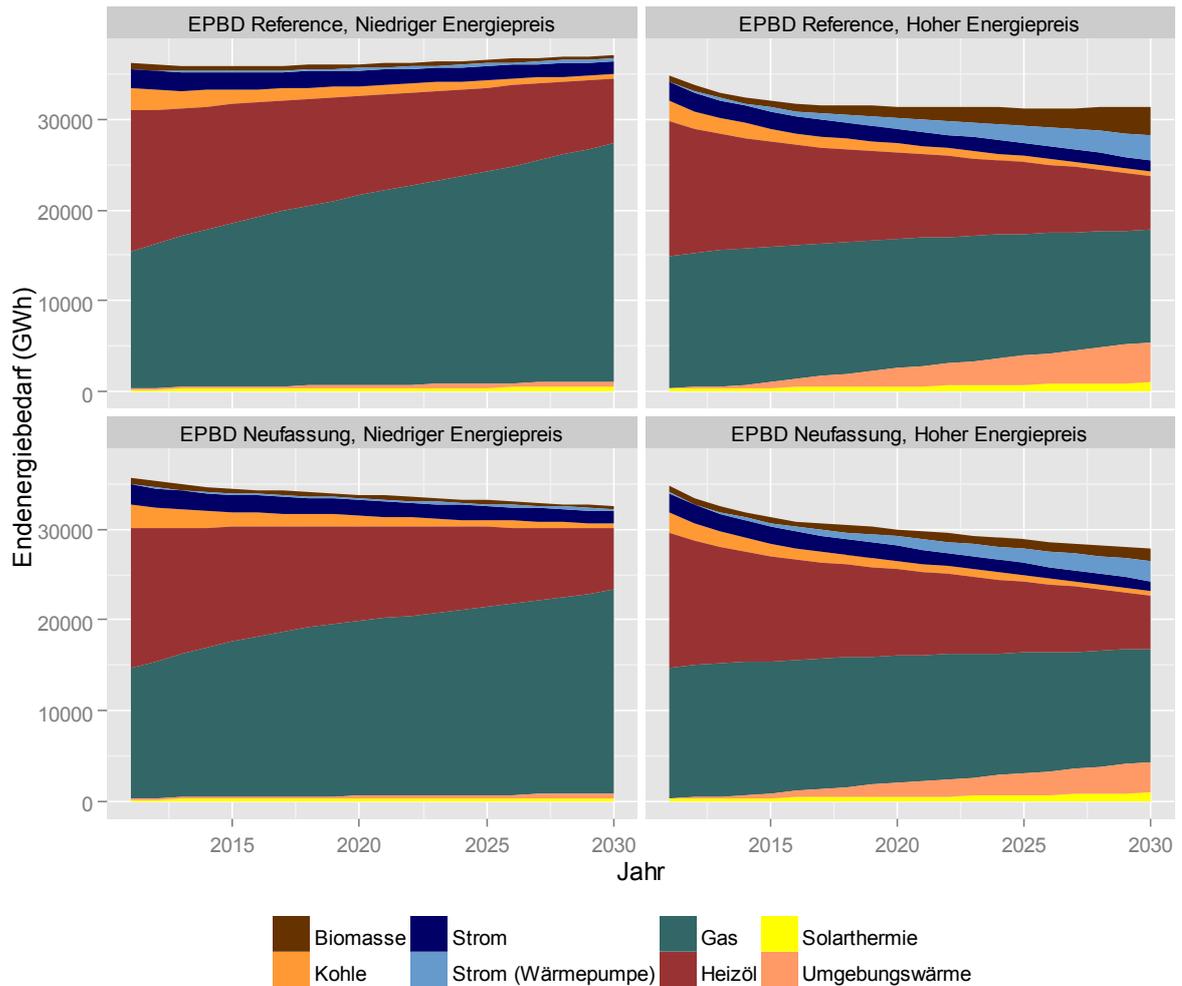


Abbildung 34 Der Endenergiebedarf in EPBD Reference und EPBD Neufassung Szenarien bis 2030 in Irland

#### Diskussion der Ergebnisse

- Der Unterschied im Heizwärmebedarf zwischen den beiden betrachteten Szenarien entsteht durch die unterschiedlichen Standards für Wärmedämmung der Bauteile der Gebäude (U-Werte). Alle anderen Parameter, die Einfluss auf den Heizwärmebedarf haben, sind in beiden Szenarien gleich.
- Der wichtigste Grund für den zukünftigen Energiemix sind wirtschaftliche Entwicklungen – Investitionskosten und Preis der Energieträger. Ein Heizungssystem wird im Modell auf Basis wirtschaftlicher Daten ausgewählt. Wenn die Energiepreise für Heizöl und Gas bis 2030 hoch (ca. 33% Steigerung) sind, steigt bis 2030 die Nutzung der Heizungssysteme wie Biomasseheizkessel, Wärmepumpe, Solarthermie. Obwohl die Investitionskosten von diesen Systemen in der gesamten (in der ganzen betrachteten Periode) Betrachtung der Kosten (Investitionskosten, Wartungs- und Betriebskosten und jährliche Energiepreiskosten) hoch sind, sind diese Systeme günstiger als konventionelle Heizungssysteme. Im anderen Fall, im Niedrig-Preis-Szenario, steigt die Nutzung von Gas bis 2030 stark. Wirtschaftlich ist dieses System kosten-optimal.
- Zunahme von Erdgas: Gasheizkessel (Brennwert) haben einen hohen Komfortlevel. Beim Tausch des alten Gasheizungssystem wird der Gasheizkessel (Brennwert) präferiert.
- Solarthermie hat ebenfalls einen hohen Komfortlevel. Mit einer zunehmenden Anzahl an den Gebäuden mit einer hohen thermischen Gebäudequalität, könnte

die Anzahl der installierten Solarkollektoren steigen. Die Anzahl der installierten Solarkollektoren nimmt jedoch nur sehr schwach zu. Hindernisse sind hohe Investitionskosten und niedriger Jahresertrag.

- Umgebungswärme (Wärmepumpe) nimmt am gesamten Endenergiemix 2030 in den Hoch-Preis-Szenarien eine wichtige Rolle ein. Faktoren, die für die Nutzung einer Wärmepumpe wichtig sind, sind niedrige Kosten und hohe Wirkungsgrade. Die Anzahl der Gebäude mit geringeren Wärmebedarf und kleineren Temperaturen im Heizsystem haben, steigt. Damit steigt auch die Anzahl der installierten Wärmepumpen.
- Abnahme des Anteils von Kohle: Es wurde im Modell eingestellt, dass ab 2000 Kohleöfen nicht mehr installiert werden. Außerdem wird angenommen, dass wenn in einem Gebäude ein Heizungssystem getauscht wird, hat die Kohle keine Präferenz, wieder installiert zu werden. Das Komfortlevel wird für Kohleöfen und Kohleheizkessel als sehr niedrig definiert.

### 6.1.2 „No-policy“ Sub-Szenarien und Subventionen

Das „No-policy“ Sub-Szenario zeigt, welche Anzahl an Gebäuden aufgrund drei möglicher Sanierungsstufen saniert würden. Welche Sanierung für ein Gebäude gewählt wird, wird im Modell auf Basis der Investitionskosten (Sanierungskosten) und Kosten für Wärmebedarf berechnet. Es wird jede (in diesem Fall drei) Möglichkeiten bewertet und die kosten-optimale Variante gewählt.

Abbildung 35 zeigt, dass bei der Wahl der verschiedenen Sanierungsmöglichkeiten die größte Anzahl an Gebäuden auf Basis der Standards gemäß EPBD-Reference saniert werden. Es werden fast keine Gebäude auf Basis der EPBD-Neufassung saniert. Die Anforderungen des EPBD-Neufassung Szenarios führt zu einer guten thermischen Qualität, jedoch sind hohe Investitionen erforderlich. Nur ca. 5% aller Gebäude werden auf Basis von „Maintenance“ saniert. Die „Sanierung“ hat geringe Investitionskosten führen auch zu keiner Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäude.

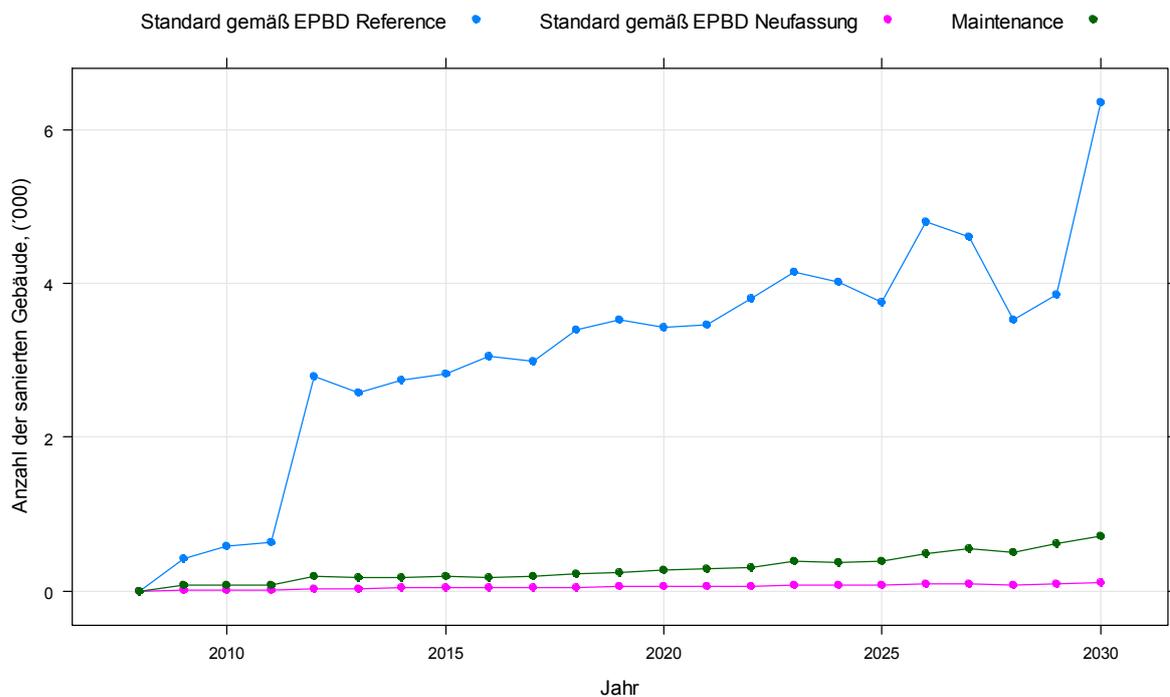
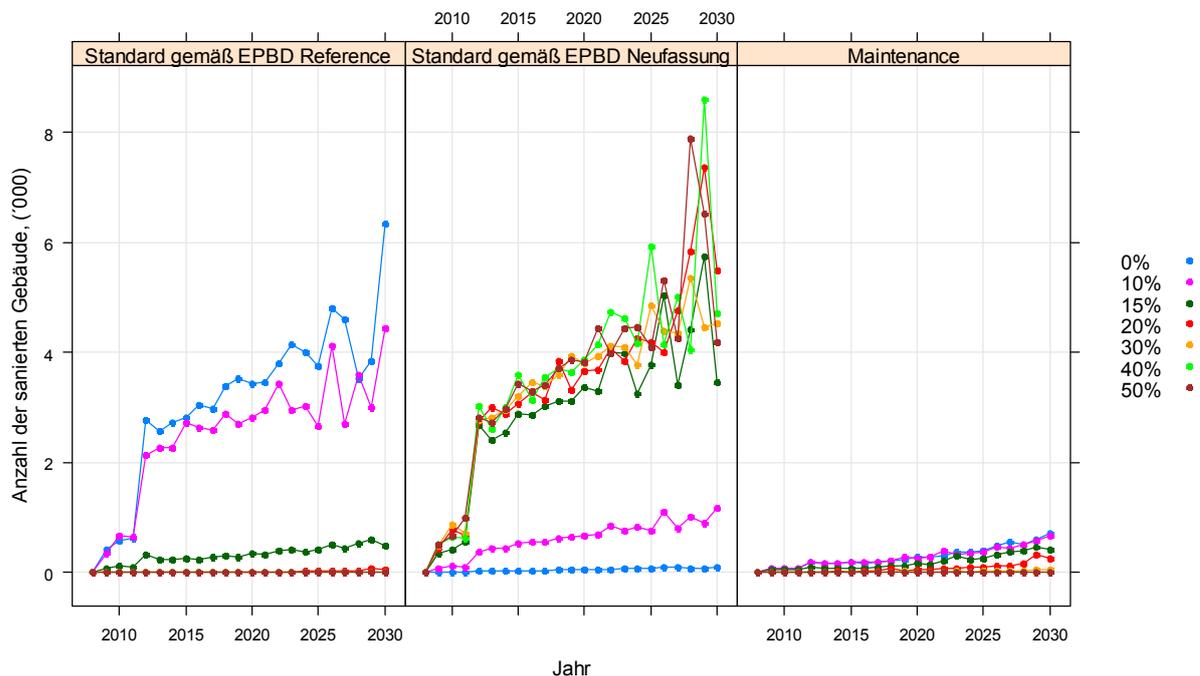


Abbildung 35 Anzahl der sanierten Gebäude, die auf Basis EPBD-Reference, EPBD-Neufassung und Maintenance saniert wurden, Irland

Die weitere Berechnung wurde bei unterschiedlichen Förderungen von 10% - 50% für eine höhere Sanierungsstufe berechnet. Abbildung 36 zeigt die Anzahl der Gebäude, die auf Basis der gleichen drei Sanierungsmöglichkeiten saniert wurden. Die Farben in den Kästen unterscheiden sich in verschiedenen Sanierungsförderungen. Eine Förderung steht für die Sanierung gemäß EPBD-Neufassung-Szenario zur Verfügung. Man kann sehen, dass wenn es keine Förderung (blaue Kurve) gibt, werden fast alle Gebäude gemäß der Anforderungen, die bei der Umsetzung der Richtlinie EPBD-Reference beschlossen wurden, saniert. Nur zu einem kleinen Teil wird die Sanierung „Maintenance“ durchgeführt. Wenn für die EPBD-Neufassung Sanierung eine Förderung von 10% vergeben wird, werden ca. 80% aller sanierten Gebäude auf Basis EPBD-Reference, ca. 18% auf Basis EPBD-Neufassung und ca. 2% auf Basis „Maintenance“ saniert. Die Situation ändert sich massiv, wenn eine Förderung von 15% zur Verfügung steht. Für ca. 80% aller sanierten Gebäude werden die Anforderungen der EPBD-Neufassung gewählt. Nur ca. 12% aller Gebäude werden auf Basis der EPBD-Reference saniert und ca. 8% auf Basis „Maintenance“.



**Abbildung 36** Anzahl der sanierten Gebäude, die auf Basis EPBD-Reference, EPBD-Neufassung und Maintenance bei der verschiedenen Förderungsrate saniert wurden, Irland

Abbildung 37 zeigt die Anzahl der Gebäude, die nach dem Standard EPBD Reference (linker Kasten) und nach dem Standard EPBD Neufassung (rechter Kasten), saniert werden. Vom, oben beschriebenen Sub-Szenario wird hier die „Maintenance“ Sanierung nicht zur Auswahl gestellt. Es muss zwischen EPBD-Reference und EPBD-Neufassung Sanierung entschieden werden.

Bei einer Förderung von 10% steigt die Anzahl von Gebäuden, die gemäß EPBD Neufassung saniert werden. 2030 ist die Anzahl der Gebäude, die gemäß dem Standard der Richtlinie EPBD Neufassung saniert wurden, 1.900. Schon bei einer Förderung von 15% werden fast alle Gebäude nach dem Standards EPBD Neufassung saniert. Mit einer Förderung von 20% werden alle Gebäude nach EPBD Neufassung saniert.

### Diskussion der Ergebnisse

- Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass wenn es eine Förderung von 20% zur Verfügung steht, werden alle sanierten Gebäude auf Basis der EPBD-Neufassung Anforderungen saniert. Eine höhere Sanierungsrate ist nicht mehr nötig, sonst ergibt sich (von 20%) ein Free-Rider Problem.

- Allerdings ist zu beachten, dass hinsichtlich der Höhe der erforderlichen Investitionskosten für thermische Sanierung erhebliche Unsicherheiten existieren. Die Unsicherheiten liegen bei den Kostendaten.
- In der Realität wird die Entscheidung nicht nur auf Basis wirtschaftlicher Daten betroffen. Wenn z.B. Information über langfristige Einsparungen über höhere thermische Qualität fehlen, werden mehr Gebäude nur Maintenance durchführen. Gegenseitig zu diesem, wenn es z.B. viel Informationsaktionen über thermische Sanierung gibt und das Konsumentenbewusstsein wächst, werden auch ohne Förderung mehr Gebäude auf Basis der höhere Sanierungsqualität saniert.

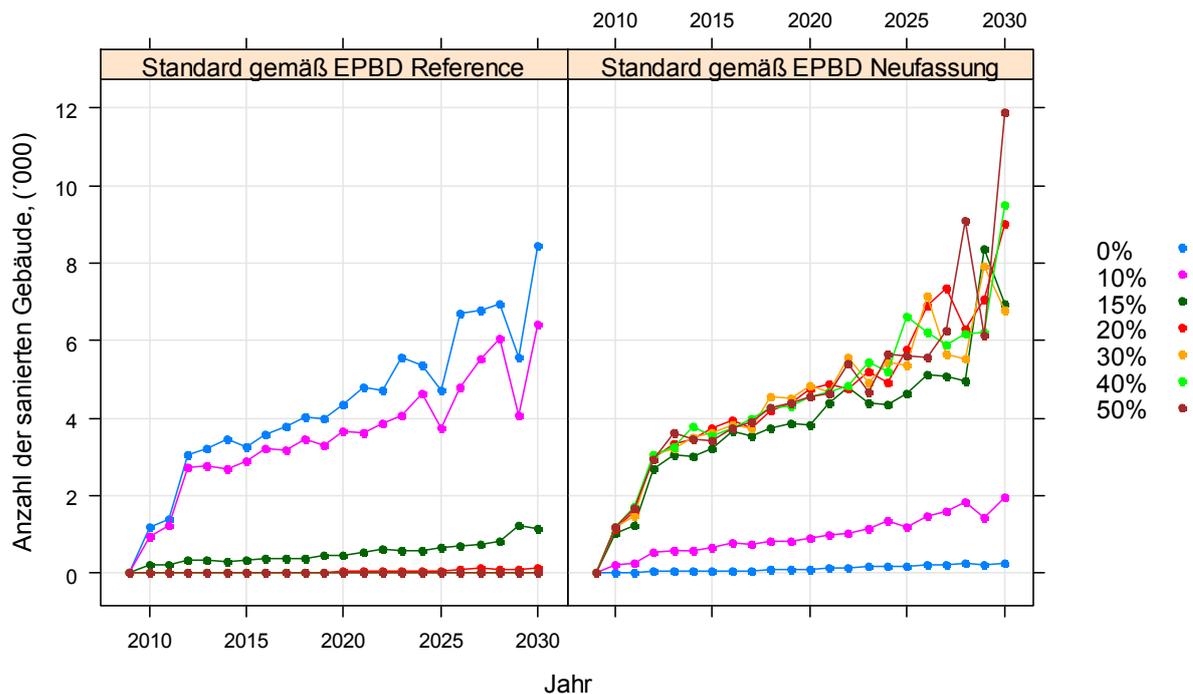


Abbildung 37 Anzahl der sanierten Gebäude bei unterschiedlichen Förderung und Standards in Periode 2010 - 2030, Irland,

Im Weiteren wurde berechnet, wie sich der Anteil von erneuerbaren Energieträger: Solarthermie, Umgebungswärme sowie Biomasse ändert, wenn es Subventionen in der Größe von 10% bis 50% gibt. Abbildung 38 zeigt den Endenergiebedarf von 2009 bis 2030. Jeder Kasten in einer Reihe stellt ein von vier betrachteten Szenarien dar: EPBD Neufassung bei hohen Energiepreisen, sowie niedrigen Energiepreise und EPBD Reference Szenario bei hohen und niedrigen Energiepreisen.

Die erste Reihe der Graphik zeigt den Anteil von solarthermischer Energie bei einer Förderung von 0% bis 50%. Der größte Anteil von solarthermischer Energie kommt dann vor, wenn die Förderung 50% beträgt. Beim EPBD Reference Szenario ist es möglich, wenn die Energiepreise hoch sind, mit der Förderung von 50% die Nutzung von Solarthermie von 575 GWh auf 1434 GWh in 2020 und auf 2371 GWh in 2030 zu erhöhen. Die Nutzung der Solarthermie zeigt keine große Steigerung bis 2030, wenn es keine Förderung zur Verfügung steht. In beiden niedrigen Energiepreisszenarien ist es möglich eine Deckung des Endenergiebedarfs durch Solarthermie von 1506 GWh in 2030 zu erreichen. Dabei muss die die Förderung jedoch bei 50% liegen.

Der Anteil der Umgebungswärme wird stark vom Energiepreis beeinflusst. Sind die Energiepreise niedrig, ist der Bedarf von Umgebungswärme ebenfalls niedrig. Sind die Energiepreise hoch (erster und dritter Kasten) ist die Wirkung von Förderungen nicht hoch. Der Unterschied zwischen den Szenarien, bei einer Förderung von 0% und 30% beträgt 2030 11%.

Der Anteil an Biomasse wird stark von der Förderung beeinflusst, wenn die Energiepreise hoch sind (siehe ersten und dritten Kasten in der dritten Reihe). Förderungen haben keinen großen

Einfluss auf den Anteil bei niedrigen Energiepreisen (siehe zweiten und vierten Kasten in der dritten Reihe). Das heißt, dass selbst bei hohen Förderungen im Fall geringer Energiepreise der Anreiz für Biomasse-Heizsysteme als gering einzustufen ist. Hier ist zu berücksichtigen, dass hinsichtlich der Investitionskosten für Biomasse-Heizsysteme erhebliche Unsicherheiten existieren, die für eine weiterführende Analyse weiter zu analysieren wären. Der größte Anteil wird im EPBD-Reference-Szenario mit hohem Energiepreis erreicht, wenn die Förderung 50% beträgt. Bei diesen Kriterien beträgt der Endenergiebedarf 2020 2586 GWh und 2030 6201 GWh. Im Vergleich zum Anteil im gleichen Szenario, wenn aber keine Förderung gegeben wird, ist der Bedarf 2020 um 52% und 2030 um 50,7% niedriger. Sowohl im EPBD-Reference- als auch im EPBD-Neufassung-Szenario bei niedrigen Energiepreisen, sinkt der Endenergiebedarf an Biomasse bis 2030. Auch wenn die Investitionskosten um 50% gefördert werden, ist die Nutzung der Biomasse in der betrachteten Periode gering.

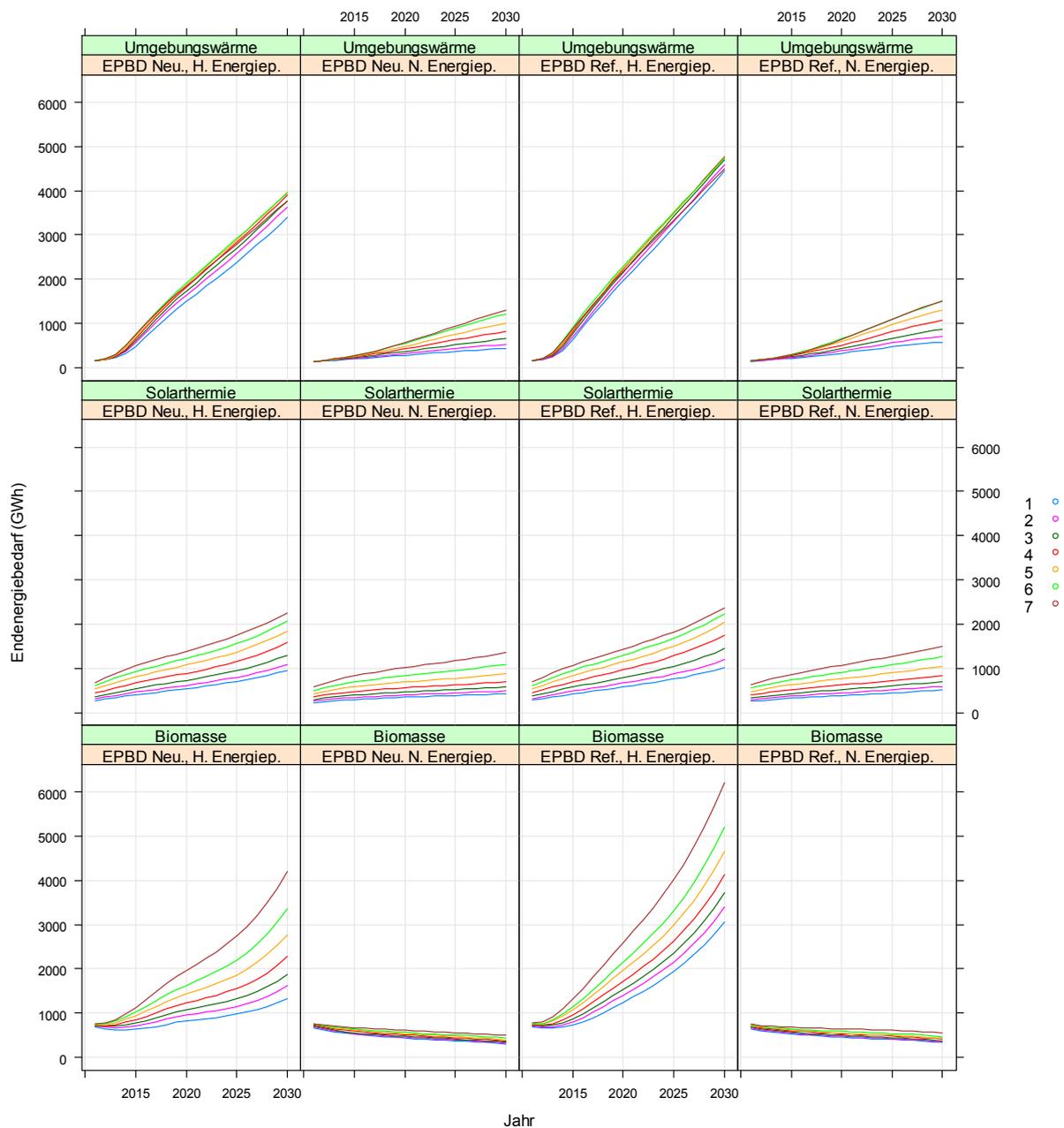


Abbildung 38 Endenergiebedarf von erneuerbaren Energiequelle in Periode von 2010 bis 2030 bei verschiedener Subventionen, Irland

Abbildung 39 zeigt den Endenergiebedarf in allen betrachteten Szenarien, wenn die Investitionsförderung von höheren Sanierungsmaßnahmen sowie von erneuerbaren Energieträgern 50% beträgt.

In EPBD-Reference- und EPBD-Neufassung-Szenario, wenn die Energiepreise niedrig sind, bleiben die Energieträger Gas und Heizöl dominant. Der Anteil an EE 2030 ist niedrig und deckt jeweils 9,6% des gesamten Endenergiebedarfs. Sind die Energiepreise hoch, ändert sich der Energiemix deutlich. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern liegt 2030 bei 35% im EPBD-Neufassung-Szenario, während im EPBD-Reference-Szenario er bei 39,7% liegt (bei der Förderung von 50%). Der größte Anteil macht die Biomasse. In diesen Szenarien ist die dominierende Energiequelle Gas. Das Heizöl nimmt von 2010 bis 2030 ab und deckt 2030 einen Anteil von 16% am gesamten Endenergiebedarf.

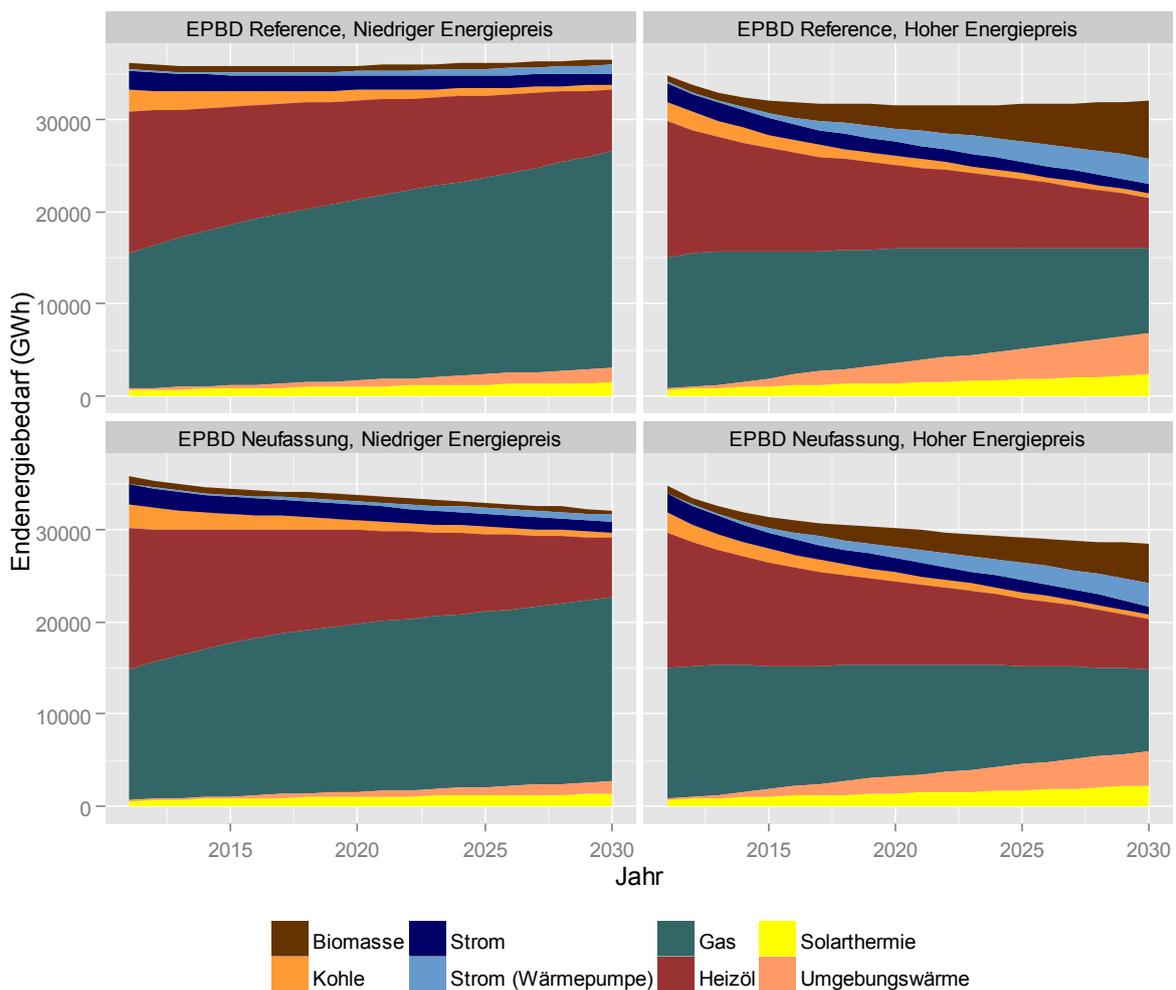


Abbildung 39 Endenergiebedarf nach Energieträger in betrachteten Szenarien, bei der höchsten Förderungsrate, Irland

### 6.1.3 Sensitivitätsanalyse - Lebensdauer der Gebäude

Diese Berechnung wurde bei unterschiedlichen Lebensdauern der Fassade und Fenster von unterschiedlichen Gebäudetypen durchgeführt. Tabelle 24 fasst die Lebensdauer, die für die Sensitivitätsanalyse verwendet wurde zusammen.

Die Begriffe: „Normal“, „Alte Gebäude“ und „Wohngebäude“ unterscheiden sich in der Periode, in welcher eine Gebäudekategorie gebaut wurde:

- Wohngebäude sind die Gebäude, die nach 2000 gebaut wurden

- Normale Gebäude sind die Gebäude, die in der Periode von 1960 – 2000 gebaut wurden
- Alte Gebäude sind die Gebäude, die vor 1960 gebaut wurden

Tabelle 24 Lebensdauerfaktor für Gebäudekomponenten (Fassade und Fenster) in der Sensitivitätsanalyse, Irland

Name	Lebensdauerfaktor: Fassade, Fenster						
	1	2	3	4	5	6	7
Normal (1960 – 2000 gebaut)	35	40	45	50	60	67	75
Alte Gebäude ( vor 1960 gebaut)	70	75	80	90	100	105	110
Wohngebäude (nach 2000 gebaut)	30	35	40	45	50	60	65

Abbildung 40 zeigt, wie sich die Anzahl der sanierten Gebäude bei unterschiedlichen Lebensdauern von Fassaden und Fenster ändert. Eine wesentlich größer Anzahl an sanierten Gebäude zeigt die Analyse, wenn die Lebensdauer 35 Jahre für normale Gebäude, 70 Jahre für alte Gebäude“ und 30 Jahre für „Wohngebäude“ sind. 2030 ist die Anzahl der sanierten Gebäude fast 4 Mal größer als in der Analyse mit den Basiswerten.

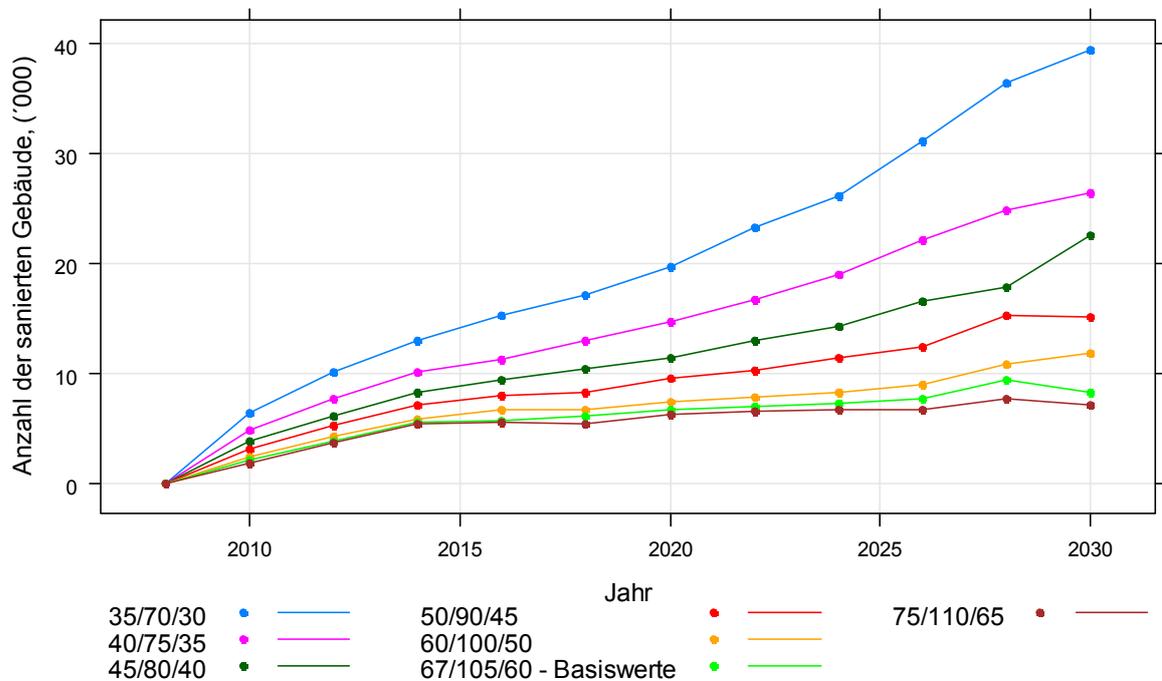


Abbildung 40 Anzahl der sanierten Gebäude, Sensitivitätsanalyse der Lebensdauer von Fenster und Fassade, 2011 - 2030 in Irland

Abbildung 41 zeigt, dass der Heizwärmebedarf stark von der Anzahl der sanierten Gebäude abhängt. Der niedrigste Heizwärmebedarf entsteht, wenn die Anzahl von sanierten Gebäuden die höchste ist (siehe Abbildung 40, unterste Linie). Wenn die Lebensdauer 35 Jahre der Gebäudekomponenten für „Normal“ Gebäude, 70 Jahre für „Alte Gebäude“ und 30 Jahre für „Wohngebäude“ beträgt, ist der Heizwärmebedarf in 2030 um 6,9% kleiner als in der Analyse mit den Basiswerten im EPBD-Reference-Szenario, demensprechend ist der Heizwärmebedarf um 9,4% kleiner als im EPBD-Neufassung-Szenario.

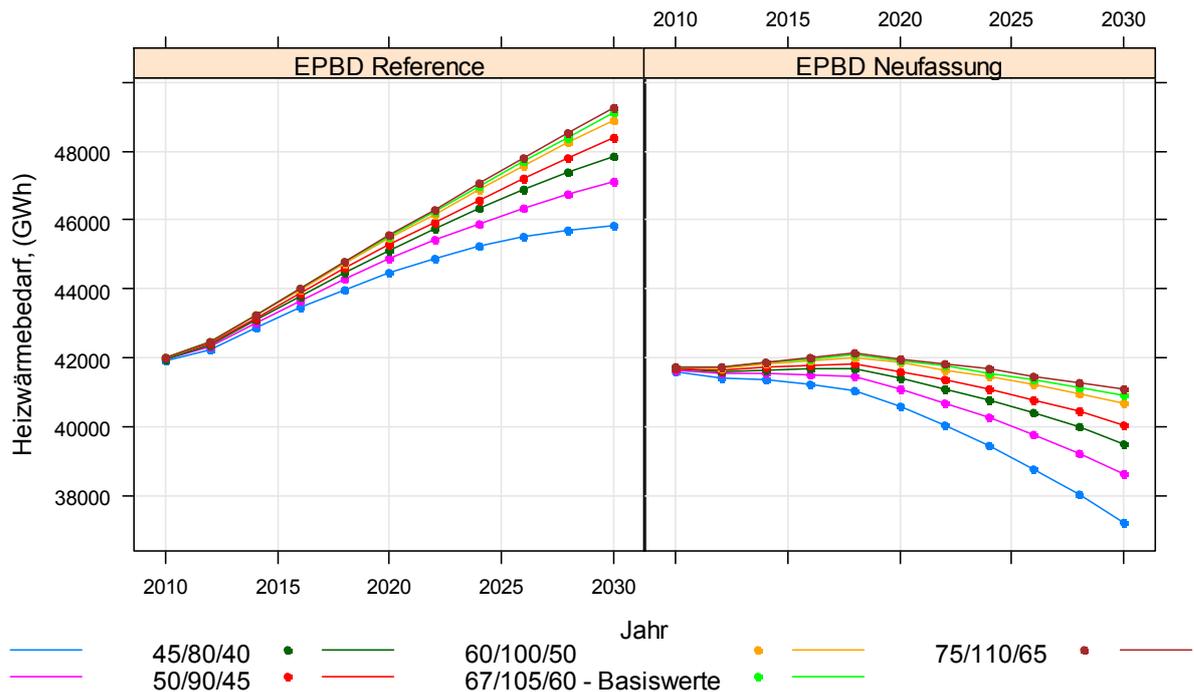


Abbildung 41 Heizwärmebedarf in den Szenarien EPBD Reference und EPBD Neufassung, bei unterschiedlichen Lebensdauern von Gebäudekomponenten, Irland

In Irlands Fall bringt die Bauordnung 2011 große Anforderungen. Damit ist gemeint, dass regulative Instrumente bei der Sanierung zu großen Investitionen zwingen. Aufgrund dessen entsteht die Überlegung und Annahme, dass ein Investor aufgrund hoher Kosten die Sanierung gar nicht durchführt und auf einen späteren Zeitpunkt verschiebt. Damit wird eine kleinere Anzahl an Gebäude jedes Jahr saniert und der gesamte Heizwärmebedarf bleibt größer. Auf der anderen Seite, wenn es z.B. viel Information über Einsparpotenziale gibt, wächst die Anzahl der sanierten Gebäude, bzw. die Gebäude werden früher saniert und sinkt der gesamte Heizwärmebedarf.

### 6.1.4 Service-Faktor - Sensitivitätsanalyse

Abbildung 42 zeigt den Endenergiebedarf in EPBD–Reference- und Neufassung-Szenario, nach unterschiedlichen Preisen und Service-Faktor gruppiert. Die rote Kurve beschreibt das Sub-Szenario, wenn der Service-Faktor für alle Zentralheizungssysteme 1 ist und für Einzelheizungen 0,75 ist. Der Endenergiebedarf ist bei diesem Parameter hoch und beträgt 2010 über 48.000 GWh. Diese Werte übersteigen den Heizwärmebedarf (siehe Kapitel 6.1.1). Das zeigt, dass durch die Effizienz der Heizungssysteme ein Teil der Energie verloren geht und dadurch größere Mengen an Energie gebraucht werden. Dies ist jedoch ein theoretischer Ansatz der das Nutzerverhalten nicht berücksichtigt.

Der niedrigste Endenergiebedarf entsteht, wenn der Service-Faktor niedrig ist (blaue Kurve). Der Endenergiebedarf beträgt 2010 ca. 33.000 GWh. Mittel und Basiswert der Sub-Szenarien unterscheidet sich kaum. Sie liegen zwischen den Szenarien mit hohen und niedrigen Werten.

Tabelle 25 Die Werte von Service-Faktor von jeden Heizungssystem in Irland

	Niedrig	Basiswerte	Mittel	Hoch
Gasheizkessel (alt)	0,6	0,7	0,8	1
Gasheizkessel (Brennwert)	0,6	0,7	0,7	1
Ölheizkessel (alt)	0,6	0,7	0,8	1
Ölheizkessel (Brennwert)	0,6	0,7	0,7	1

Biomasseheizkessel	0,6	0,7	0,7	1
Kohlheizkessel	0,6	0,7	0,8	1
Wärmepumpe	0,6	0,7	0,8	1
Heizkörper (Elektroheizung)	0,5	0,7	0,5	0,75
Biomasseofen	0,5	0,5	0,5	0,75
Kohleofen	0,5	0,5	0,5	0,75

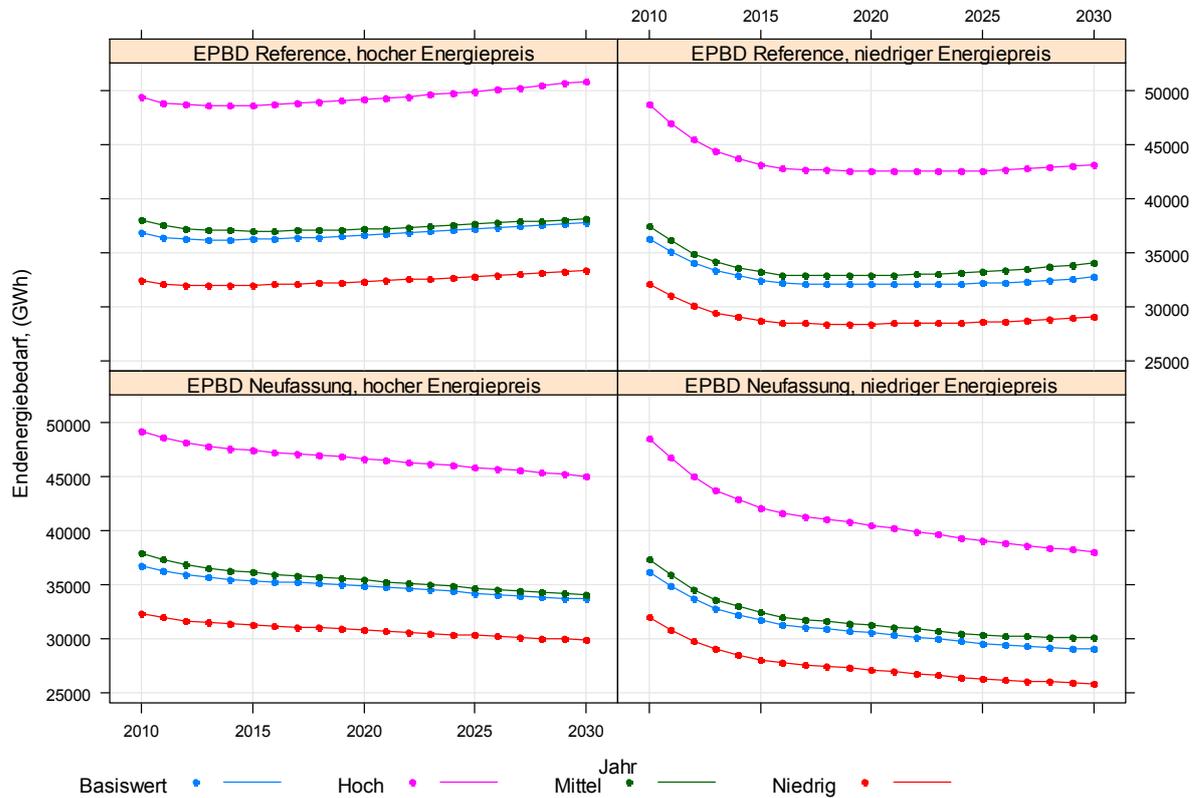


Abbildung 42 Endenergiebedarf in allen Szenarien, gruppiert nach unterschiedlichen Service Faktor, Irland, 2010 - 2030

Anzumerken ist, dass das Komfort-Niveau im Modell auch endogen in Abhängigkeit des Heizsystems, der Wohnungsgrößen, der thermischen Qualität und anderer Parameter ermittelt wird. Diese Analysen beschränken sich daher nur auf das Heizsystem spezifischen Aspekt des Service-Faktors.

## 6.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen Irland

In Tabelle 26 sind die Emissionsfaktoren für einzelne Energieträger, die von „Sustainable Authority Ireland“ angegeben werden, abgebildet [35].

**Tabelle 26 Emissionsfaktoren der Brennstoffe, kgCO<sub>2</sub>/kWh**

Energieträger	Emissionsfaktor, kgCO <sub>2</sub> /kWh
Hilfsenergie (Strom)	0,533
Solarthermie	0,0
Umgebungswärme	0,0
Erdgas	0,2056
Heizöl	0,2639
Kohle	0,3406
Strom	0,533
Biomasse	0,0

Abbildung 43 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den EPBD-Reference- und Neufassung-Szenario, wenn die Energiepreise niedrig (linker Kasten) und hoch (rechter Kasten) sind. Im Basisjahr 2011 betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen 9,36 Megatonnen. In allen Szenarien sieht man, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 sinken. Die größte Wirkung auf die Senkung hat der Faktor, dass in allen Szenarien die Nutzung von Heizöl und Kohle sinkt (siehe Abbildung 34 und Abbildung 39). Das EPBD-Reference-Szenario mit niedrigen Energiepreisen, ohne Subventionen zeigt eine Reduktion von 4,3% bis 2030. Das gleiche Szenario aber mit Subventionen für erneuerbare Energiesysteme von 50% (Solarkollektor, Wärmepumpe, Biomassekessel) zeigt eine Reduktion von 8,3%. Sind die Energiepreise niedrig, wird die Höhe der Reduktion im Szenario EPBD-Neufassung mit Subventionen erreicht. Die Reduktion beträgt 22,6%, Sind die Energiepreise hoch, ist die Reduktion in alle Szenarien groß. Im EPBD-Reference-Szenario ohne Subventionen ist eine Reduktion von 26,1% bis 2030 möglich. Die größte Reduktion von 38,1% bringt das EPBD-Neufassung-Szenario, wenn Subventionen für erneuerbare Energiesysteme gegeben sind.

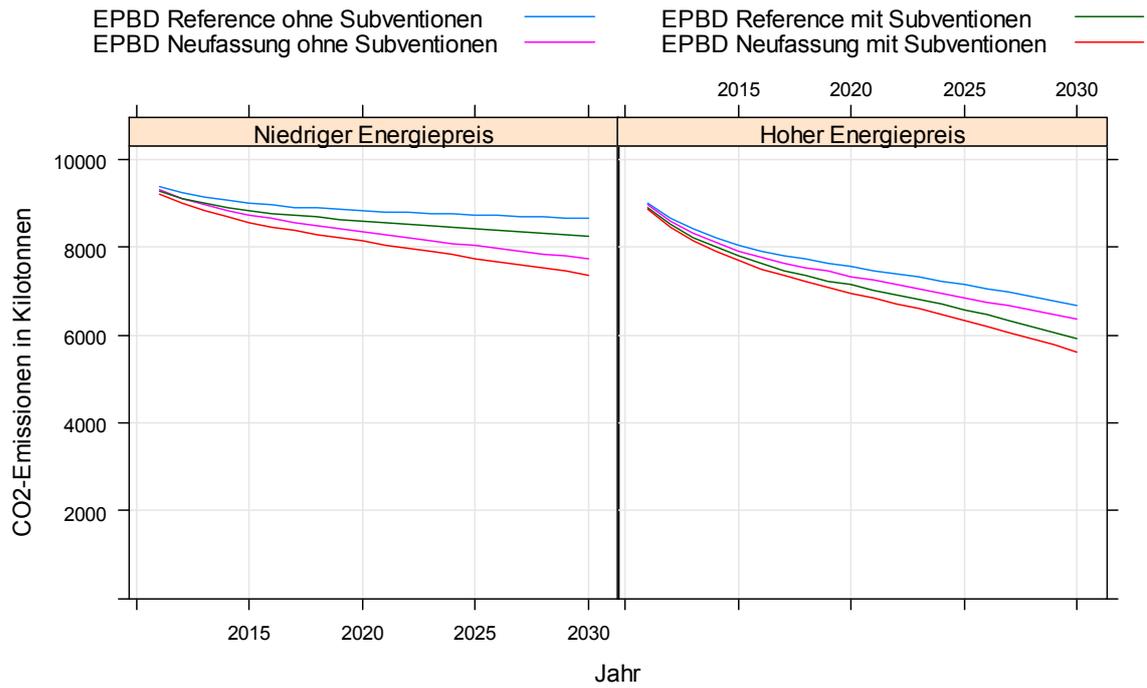


Abbildung 43 CO2-Emissionen in EPBD Reference und Neufassung Szenarien, bei hohen und niedrigen Energiepreise, 2010 - 2030, Irland

### 6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse Irland

Abbildung 44 zeigt den Endenergiebedarf in 2030 in sieben unterschiedlichen Szenarien. Tabelle 27 stellt die kumulative Anzahl der neuen, sanierten und abgerissenen Gebäude in allen abgebildeten Szenarien dar. Die kumulative Anzahl der sanierten und abgerissenen Gebäude sind in jedem Szenario praktisch gleich<sup>2</sup>. Ein großer Unterschied in Anzahl der sanierten Gebäude ist im EPBD Neufassungsszenario erkennbar, wenn die Lebensdauer der Gebäudekomponenten (Fassade und Fenster) von 67 Jahre bis 35 Jahre für „Normale“<sup>3</sup> Gebäude, von 105 bis 70 Jahre für „Alte Gebäude“<sup>4</sup> und von 60 bis 30 Jahre für „Wohngebäude“<sup>5</sup> verkürzt wird. Die Anzahl der sanierten Gebäude ist um fast 28% größer zum Vergleich mit anderen Szenarien, was zu einer höheren Reduktion des Endenergiebedarfes führt. Dadurch wird eine Reduktion von 27% von 2010 bis 2030 möglich (siehe Abbildung 44, EPBD Neuf, hoher Preis, life time 35/70/30).

Eine große Rolle in allen EPBD Neufassungsszenarien spielen neue Gebäude, die ab 2020 als Niedrigstenergiegebäude (nZEB) gebaut werden. Die gesamte Anzahl von diesen Gebäuden, die in der Periode 2020 bis 2030 gebaut werden beträgt 63.518. Wenn die Energiepreise niedrig sind, ist eine Reduktion im Vergleich zu 2010 um 9,9% möglich (siehe Abbildung 44, EPBD Neuf, niedriger Preis). Im gleichen Szenario, wenn die Energiepreise hoch sind ist die Reduktion viel größer und beträgt (2010 bis 2030) 20,3%.

Die Subventionen für eine höhere Sanierung und erneuerbare Energiesysteme haben einen Einfluss auf den Anteil der erneuerbaren Energiesysteme an den gesamten Endenergiebedarf in 2030 (siehe Tabelle 27). Im EPBD-Neufassung Szenario (niedriger Energiepreis ist der Anteil an EE 4% in 2030), wenn keine Subventionen gegeben werden. Wenn es Subventionen von 50% gäbe, würde der Anteil im gleichen Szenario bei 8% liegen.

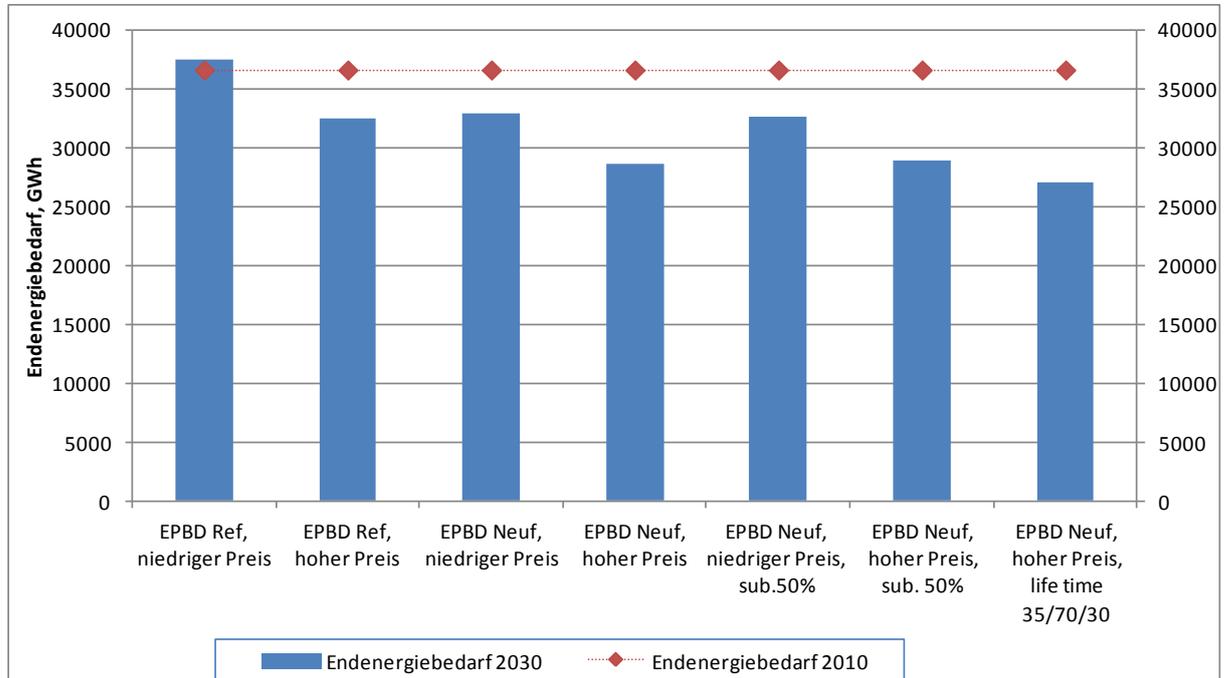


Abbildung 44 Endenergiebedarf in 2030 in sämtlichen Szenarien und des Ist-Standes, Irland

<sup>2</sup> Einen kleinen Unterschied macht die stochastische Rechnungsweise des Modells

<sup>3</sup> Normale Gebäude sind die Gebäude, die in der Periode von 1960 – 2000 gebaut wurden

<sup>4</sup> Alte Gebäude sind die Gebäude, die vor 1960 gebaut wurden

<sup>5</sup> Wohngebäude sind die Gebäude, die nach 2000 gebaut wurden

**Tabelle 27 Kumulierte sanierte, abgerissene und neue Gebäude 2030**

	EPBD Ref, niedriger Preis	EPBD Ref, hoher Preis	EPBD Neuf, niedriger Preis	EPBD Neuf, hoher Preis	EPBD Neuf, niedriger Preis, sub,50%	EPBD Neuf, hoher Preis, life time 35/70/30	EPBD Neuf, hoher Preis, Service- Faktor (niedrig)
Anteil EE, %	3,8	26,2	4	19,7	8,3	19,24	20,1
Kumulierte sanierte Gebäude	265900	267700	263900	270000	265000	369000	265000
Kumulierte abgerissene Gebäude	87700	87800	85923	87700	85800	88500	88500
Kumulierte neue Gebäude	101847	101850	Bis 2020: 46196 nZEB: 63518	Bis 2020: 46196 nZEB: 63518	Bis 2020: 46196 nZEB: 63518	Bis 2020: 46196 nZEB: 63518	Bis 2020: 46196 nZEB: 63518

## 6.4 Energiebedarf bis 2030 in Malta

### 6.4.1 EPBD-Reference und EPBD-Neufassung Szenarien

Abbildung 45 zeigt den Heizwärmebedarf (für Warmwasser und Raumwärme) in EPBD-Reference- und EPBD-Neufassung-Szenario in der Periode 2008 bis 2030 in Malta. Der Heizwärmebedarf beträgt in Malta 2008 1355 GWh. Der Heizwärmebedarf steigt in EPBD Reference Szenario von 1355 GWh in 2008 auf 1374 GWh in 2030, um über 1,4%. Das EPBD-Neufassung-Szenario stellt eine kleine Senkung von 2008 bis 2030 dar. Der Heizwärmebedarf beträgt im EPBB Szenario 2030 1356 GWh.

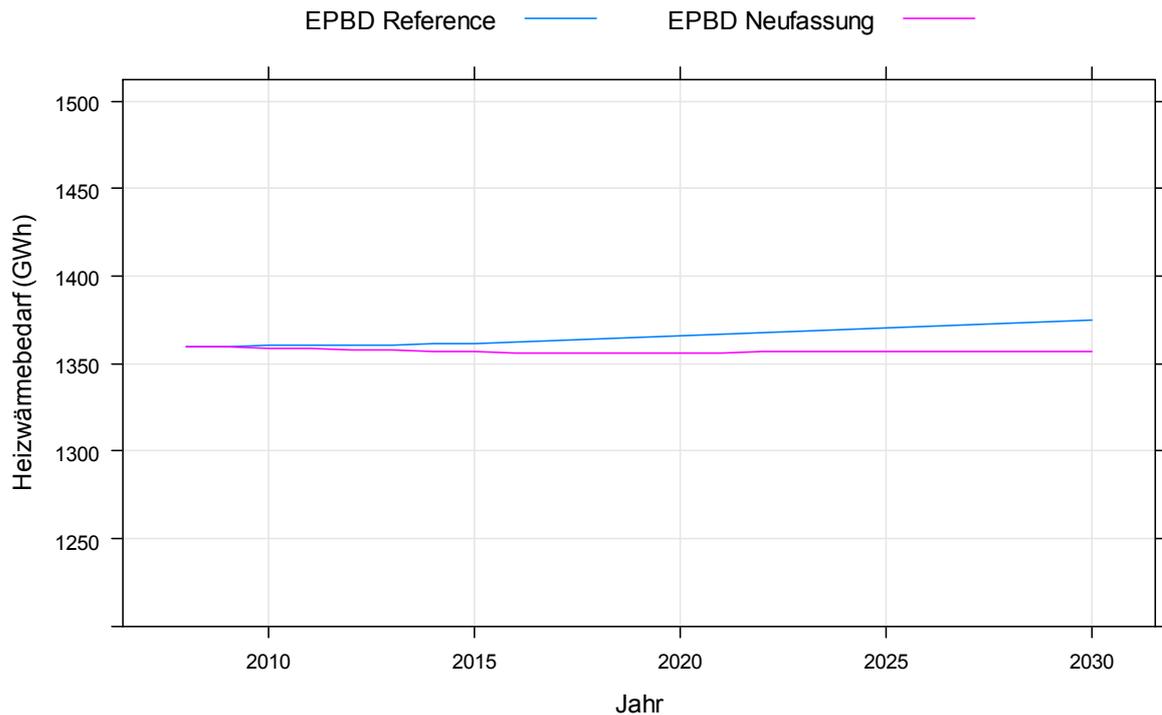


Abbildung 45 Heizwärmebedarf in den Szenarien EPBD Reference und EPBD Neufassung von 2008 bis 2030 in Malta

Abbildung 46 zeigt den Heizwärmebedarf von jedem Gebäudetyp in beiden Szenarien. Das Reihenhaus ist der größte Energieverbraucher. Der Heizwärmebedarf liegt 2008 bei 596 GWh und 2030 bei 609 GWh im EPBD Reference Szenario. Der Heizwärmebedarf ist im EPBD-Neufassung-Szenario kleiner und beträgt 606 GWh in 2030. Der Anteil des Heizwärmebedarfs liegt für Maisonetten mit 335 GWh bei 24% in 2008 und mit 338 GWh bei auch 24% in 2030 im EPBD-Reference-Szenario. Im EPBD Neufassung Szenario beträgt der Heizwärmebedarf 335 GWh in 2008 und 337 GWh in 2030. Der Heizwärmebedarf des Mehrfamilienhauses beträgt 2008 22% vom gesamten Heizwärmebedarf. 2030 beträgt der Heizwärmebedarf 298 GWh im ersten und 297 GWh im zweiten Szenario. Der Anteil des Ein- oder Zweifamilienhaus liegt 2008 bei 10 % am gesamten Heizwärmebedarf. Im EPBD-Reference-Szenario beträgt 2030 der Heizwärmebedarf 134 GWh und im zweiten Szenario 133 GWh.

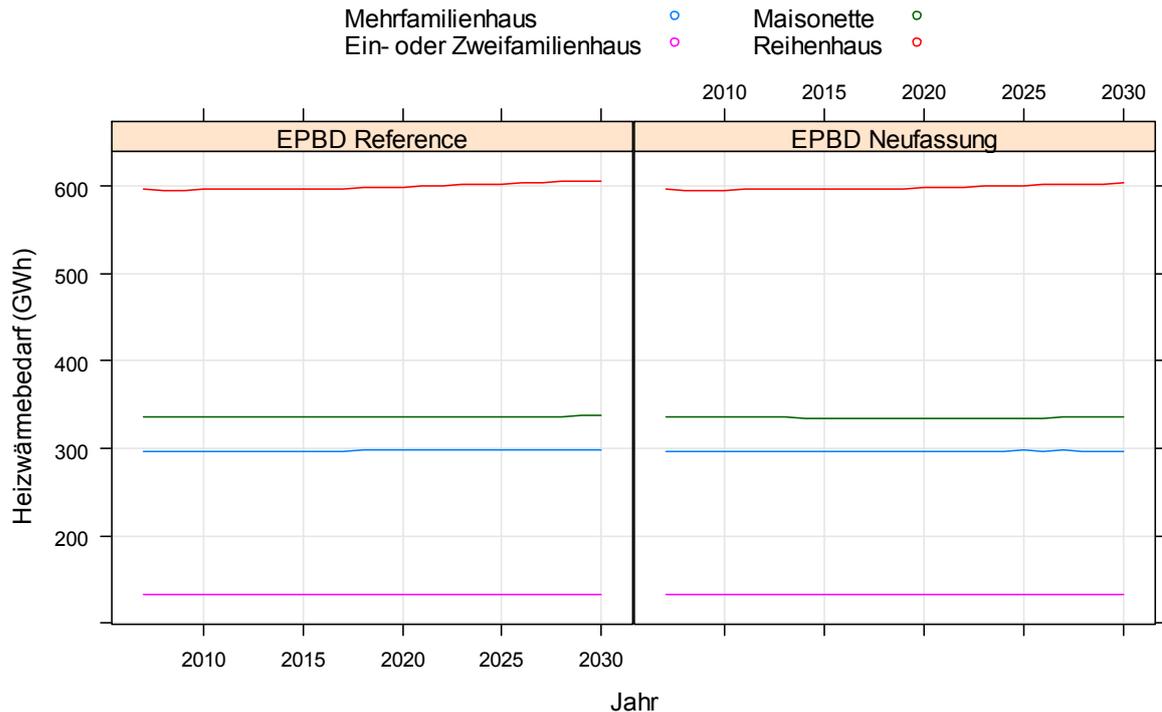


Abbildung 46 Der Heizwärmebedarf nach dem Typ der Gebäuden in Malta, 2010 bis 2030

Abbildung 47 zeigt den Energiemix des Endenergiebedarfs in Malta in der Periode von 2008 bis 2030. Der Energiemix besteht 2008 aus 37% Strom, 23% Heizöl, 18% Erdgas, 16% Biomasse, 5% solarthermische Energie und 1% Umgebungswärme. Der Energiemix ist in allen vier Szenarien ähnlich.

Die Nutzung von fossilen Energieträgern nimmt von 2008 bis 2030 ab. Im EPBD-Reference-Szenario sinkt der Bedarf an Heizöl um 274% und an Gas um 308%. In diesem Szenario steigt der Bedarf an solarthermischer Energie um 40,5% und Umgebungswärme um 90,7% und beträgt 2030 jeweils 170 GWh und 245,32 GWh. Der Anteil an Strom und Strom für Wärmepumpen liegt 2030 bei 735 GWh und deckt 47% vom gesamten Endenergiebedarf. 2030 bleibt der Strom die dominierende Energiequelle für Raumwärme und Warmwasser.

Das EPBD Neufassungsszenario zeigt ähnlichen Ergebnissen beim Energiemix in der Periode 2008 bis 2030. Wie oben betrachtet ist der Endenergiebedarf 2030 niedriger im EPBD-Neufassungsszenario als im EPBD-Reference. Das EPBD-Neufassungsszenario zeigt einen kleineren Anteil an erneuerbaren Energien 2030 und liegt bei 30,2% am gesamten Endenergiebedarf. Der größte Anteil mit 43,5% ist die Umgebungswärme, die für Wärmepumpen verwendet wird. Der Bedarf von solarthermischer Energie liegt bei 38% der erneuerbaren Energieträger.

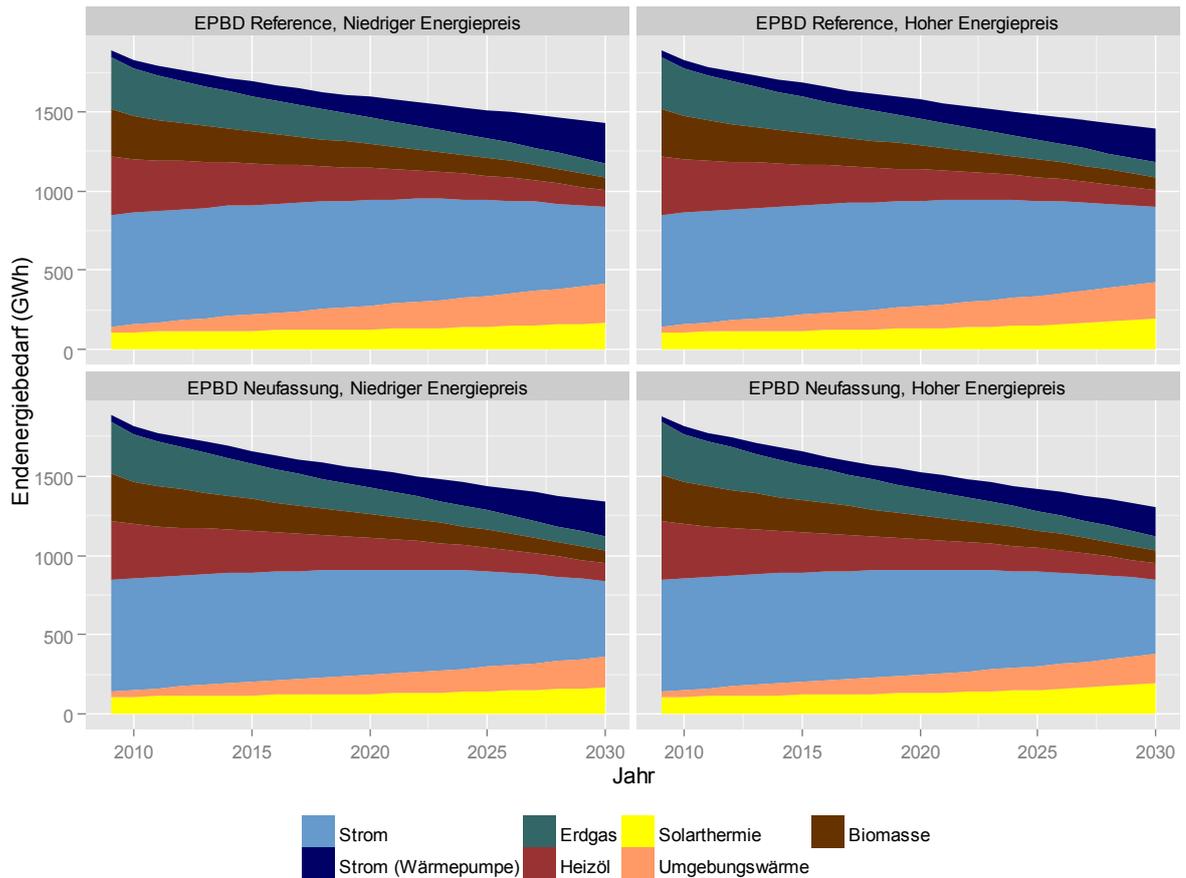


Abbildung 47 Der Endenergiebedarf in EPBD Reference und EPBD Neufassung Szenarien bis 2030 in Malta

### Diskussion der Ergebnisse

- Der Heizwärmebedarf in beiden Szenarien (EPBD-Reference und EPBD-Neufassung) ändert sich bis 2030 kaum. Es gibt eine Steigerung um ca. 1,4% im EPBD-Reference-Szenario. Trotz neuer Anforderungen an neue und sanierte Gebäude ab 2008 steigt der gesamte Endenergiebedarf. Eine Wirkung macht die zunehmende Anzahl der Gebäude bzw. Heizfläche. Im EPBD-Neufassung-Szenario ist eine kleine Senkung von 0,2% bis 2030 möglich. Höhere Anforderungen an die thermische Qualität für neue und sanierte Gebäude beeinflusst damit den gesamten Endenergiebedarf bis 2030. Der geringe Effekt der thermischen Maßnahmen liegt nicht zuletzt darin begründet, dass der Heizwärmebedarf im Vergleich zu nördlicheren Regionen relativ gering ist. Der Kühlenergiebedarf sollte daher auch betrachtet werden, was allerdings nicht im Fokus dieser Arbeit stand.
- Der Unterschied zwischen Heizwärmebedarf und Endenergiebedarf ist in Malta in allen betrachteten Szenarien groß. Der Endenergiebedarf ist um 28% größer als der Heizwärmebedarf in 2008. Für den Unterschied zwischen diesen zwei Werten spielt ein Faktor eine wichtige Rolle: Die Effizienz der Heizungssysteme. In Malta werden 12,4 % Einzelheizungssysteme verwendet, die eine niedrige Effizienz haben. Das führt zu einem höheren Endenergiebedarf.
- Die Entscheidung für ein Heizungssystem basiert im Modell auf Basis wirtschaftlicher Daten. Daneben gibt es aber eine Reihe von anderen Faktoren, die für die Auswahl eines Heizungssystems (Tausch oder Neu) eine Rolle spielen. Ein wichtiger ist, dass für Zentralheizungssysteme eine Präferenz gegenüber

Einzelheizungen unterstellt wird. D.h. wird ein Einzelheizungssystem (niedrige Effizienz) durch ein Zentralheizungssystem (hohe Effizienz) getauscht [10], so sinkt der Energiebedarf. Der Unterschied zwischen der Effizienz hat eine große Auswirkung auf die stetige Senkung des Endenergiebedarfes. Diese Annahme, die für Länder wie Irland sinnvoll erscheint, wäre daher für südlichere Länder zu überprüfen.

- Wärmepumpen-Heizungen nehmen den größten Anteil von erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf ein. Faktoren dafür sind relativ niedrige laufende Kosten und hoher Komfortfaktor einer Wärmepumpe.
- Solarthermische Energie nimmt einen wichtigen Teil im zukünftigen Energiemix ein. Malta hat aufgrund seiner geographischen Lage hohe Sonneneinstrahlungswerte. Das ist ein wichtiger Faktor für die Zunahme des solaren Anteils zur Deckung des Endenergiebedarfes. Solarkollektoren sind im Vergleich mit anderen Systemen für Warmwasser preiswert.

#### 6.4.2 „No-policy“ Sub-Szenarien und Subventionen

Im „No-policy“ Szenario wurde betrachtet, wie viel Gebäude auf Basis der drei unterschiedlichen Sanierungsstufen, von denen eine gewählt werden kann, saniert wurden. Die drei Sanierungsmöglichkeiten unterscheiden sich in der thermischen Qualität (U-Werte) und Investitionskosten. „Maintenance“ beinhaltet keine thermische Sanierung und ist eine günstigste Möglichkeit. Die Sanierungsmöglichkeit mit dem Standard gemäß EPBD Reference beinhaltet U-Werte, die in der Bauordnung 2008 definiert wurden. Die Sanierungsmöglichkeit nach dem Standard gemäß EPBD Neufassung entspricht niedrigeren U-Werte und ist die teuerste Sanierung.

Abbildung 48 zeigt die Anzahl der sanierten Gebäude, die im No-Policy-Szenario auf Basis EPBD-Reference, EPBD-Neufassung und Maintenance saniert wurden. Man sieht, dass wenn keine Investitionsförderung für höhere Sanierung zur Verfügung steht, mehr als 60% aller sanierten Gebäude auf Basis der Maintenance saniert werden. Etwa 40% aller Gebäude wählen die Sanierung gemäß EPBD Reference. Fast kein Gebäude wird auf Basis der ambitionierteren Sanierung saniert.

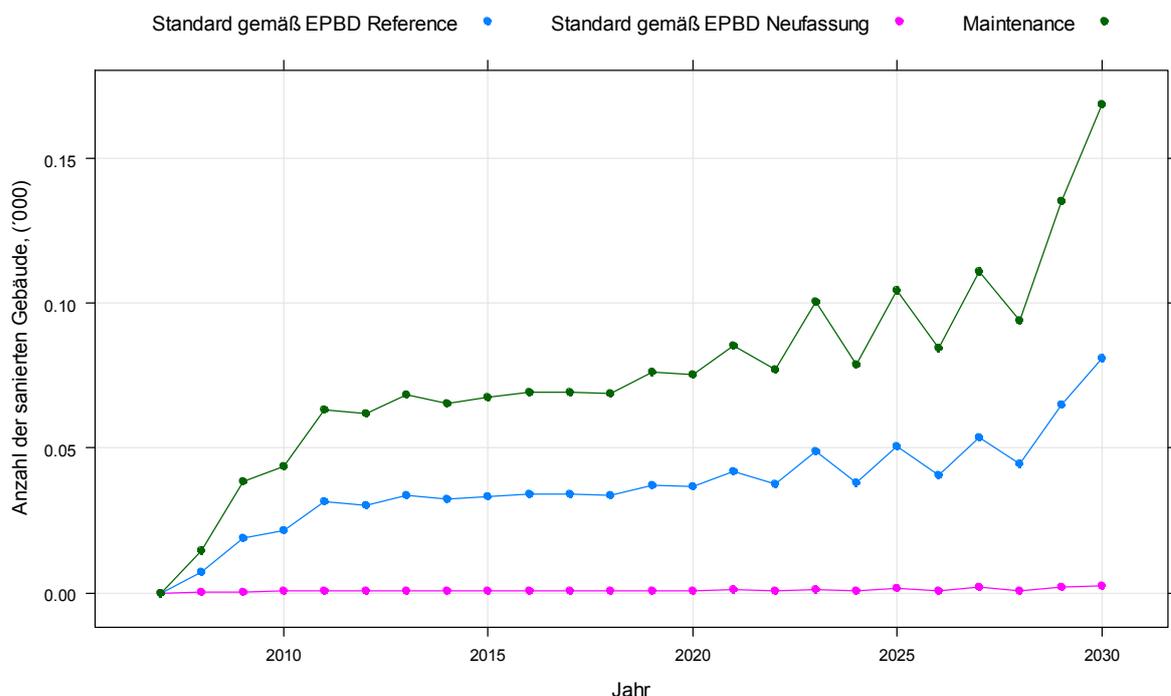


Abbildung 48 Anzahl der sanierten Gebäude, die auf Basis EPBD-Reference, EPBD-Neufassung und Maintenance saniert wurden (keine Investitionsförderung), Malta

Abbildung 49 zeigt die Anzahl der Gebäude, die nach dem Standard gemäß EPBD-Reference (erster Kasten) und gemäß EPBD-Neufassung saniert werden, durch Subventionen zum Standard gemäß EPBD Neufassung Szenarien (die durch die Umsetzung der Richtlinie EPBD (Neufassung) festgelegt sind). Bei der freien Wahl des Standards, wenn keine Subventionen vorgegeben werden, werden fast alle Gebäude nach dem Standard der ersten Richtlinien saniert.

Wenn eine Investitionsförderung für eine bessere Sanierung in der Größe von 0% oder 1% ist, wird der Großteil der Gebäude nach dem ersten Standard saniert. Bei der Förderung von 10% steigt die Anzahl der Gebäude, die eine größere Sanierung wählen. Wenn eine Förderung von 15% besteht, werden 65% aller Gebäude anhand des Standards gemäß EPBD Neufassung saniert. Ab 20% wird für fast jedes Gebäude die höhere Sanierungsmaßnahme gewählt.

Im Malta wird derzeit eine Subvention in der Höhe von 1% vergeben. Die Berechnung zeigt, dass diese Förderung zu klein ist, um einen effektiven Anreiz zu bieten.

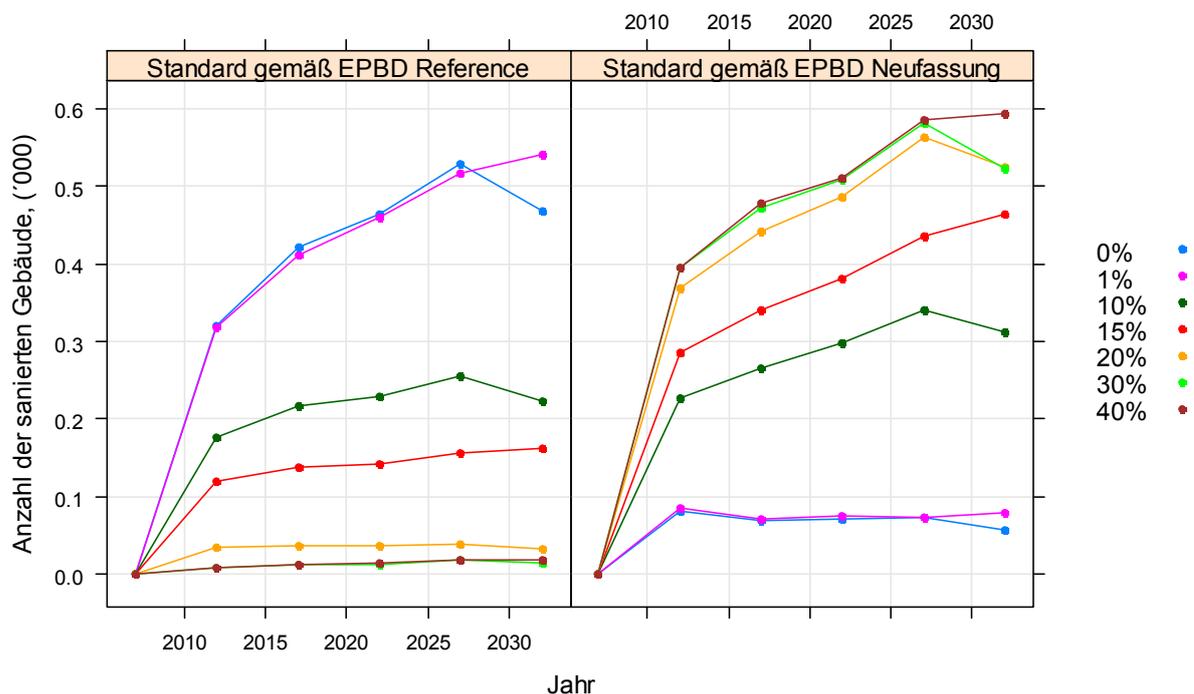


Abbildung 49 Anzahl der sanierten Gebäude bei unterschiedlichen Förderung und Standards in Periode 2010 - 2030, Malta

Der gesamte Energiemix mit einer Förderung für erneuerbare Energiesysteme in der Höhe von 50% ist in Abbildung 50 dargestellt. Im EPBD-Reference-Szenario liegt der Anteil an erneuerbarer Energie 2030 bei 35%. Der Anteil von Erdgas und Heizöl sinkt bis 2030 auf 11,7%. Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Wohngebäuden wird 2030 zu 29% mit Strom gedeckt. Dieser ist damit der dominierende Energieträger in Malta.

Im EPBD-Neufassungsszenario bei niedrigen Energiepreisen, beträgt der Anteil von erneuerbaren Energie 36,5% des gesamten Endenergiebedarfs. Der Anteil von Heizöl und Erdgas nimmt stark ab und liegt 2030 bei 12,3% am gesamten Endenergiebedarf. Strom bleibt der dominierende Energieträger bis 2030 mit einem Anteil von 46%, obwohl dieser Anteil sinkt.

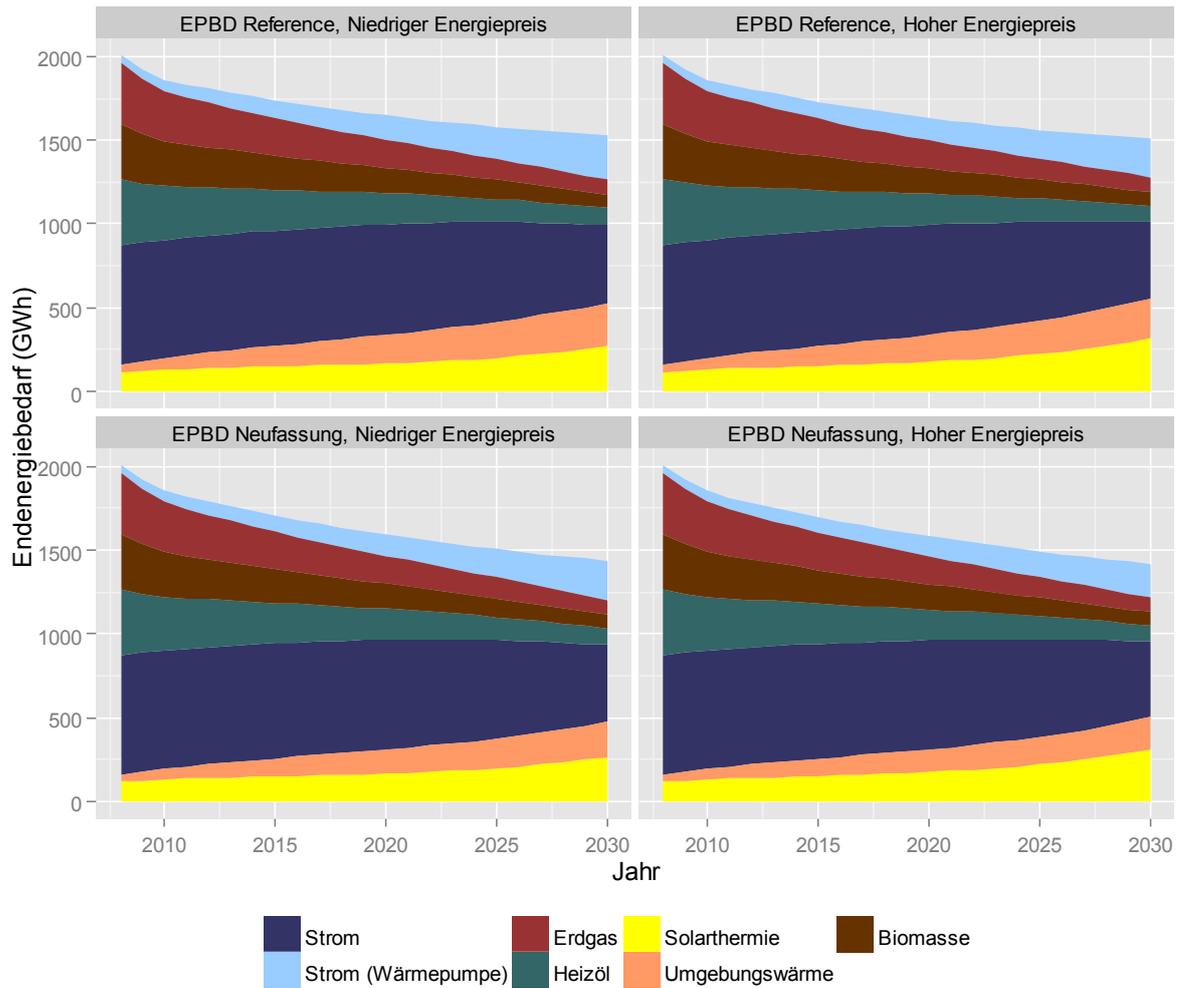


Abbildung 50 Endenergiebedarf nach Energieträger in betrachteten Szenarien, bei der höchsten Förderungsrate (50%), Malta

### 6.4.3 Sensitivitätsanalyse - Lebensdauer der Gebäude

Es wurden sieben Berechnungen bei unterschiedlichen Lebensdauern der Gebäudeteile Fassade und Fenster durchgeführt. Bei den unterschiedlichen Parametern für die Lebensdauer, die in Tabelle 28 zusammengestellt werden, wird die Anzahl der in den Szenarien sanierten Gebäude beobachtet und deren Wirkung auf den gesamten Endenergiebedarf bestimmt. Die Sensitivitätsanalyse der Lebensdauer der Gebäudekomponenten ist äquivalent mit der Sensitivitätsanalyse der resultierenden Sanierungsrate.

Tabelle 28 Lebensdauerfaktor für Gebäudekomponenten für die Sensitivitätsanalyse für Malta

Name	Lebensdauerfaktor: Fassade, Fenster						
	1	2	3	4	5	6 – Basis Wert	7
Normal (1960 – 2000 gebaut)	35	40	45	50	60	67	75
Alte Gebäude ( vor 1960 gebaut)	70	75	80	90	100	105	110
Wohngebäude (nach 2000 gebaut)	30	35	40	45	50	60	65

Abbildung 51 zeigt die Anzahl der sanierten Gebäude in Malta von 2008 bis 2030 bei unterschiedlichen Parametern der Lebensdauer. Die Kurven sind nicht linear, was zeigt, dass jedes Jahr eine unterschiedliche Anzahl an Gebäude saniert wird. Diese Anzahl hängt davon ab, wann in Vergangenheit die jeweiligen Gebäude saniert und erbaut wurde. Im Modell wird für jedes Segment (eine Gebäudegruppe) die Periode definiert, die zeigt wann in der Periode das Segment in der Vergangenheit saniert wurde. Das exakte Sanierungsjahr in den Szenarien wird im Modell auf Basis einer Weibull-Verteilung berechnet. Die Lebensdauer zeigt wann das Gebäude wieder saniert wird, d.h. mit der Weibull-Verteilung berechnetes Sanierungsjahr plus die Lebensdauer ist das Jahr, wann ein Gebäude wieder saniert wird.

Wenn die Lebensdauer von Fassade und Fenster 35 Jahre für Standard<sup>6</sup> Gebäude, 70 für alte<sup>7</sup> Gebäude und 30 für Wohngebäude<sup>8</sup> (blaue Kurve) angenommen wird, ist die Anzahl der sanierten Gebäude zum Vergleich mit anderen Simulationsverläufen hoch. Die Anzahl der sanierten Gebäude in diesem Szenario steigt vor allem ab 2020. 2030 liegt die Anzahl von in diesem Jahr sanierten Gebäude bei 610.

Wenn die Lebensdauer von Fassaden und Fenster mit 40 für Standard Gebäude, 75 für alte Gebäude und 35 Jahren für Wohngebäude (rosa Kurve) angenommen wird, beträgt 2010 die Anzahl der sanierten Gebäude 200 und in 2030 380. Die Basis-Werte sind jene, die für alle Szenarien verwendet wurden. Die Anzahl der sanierten Gebäude beträgt 2020 110 und 2030 210.

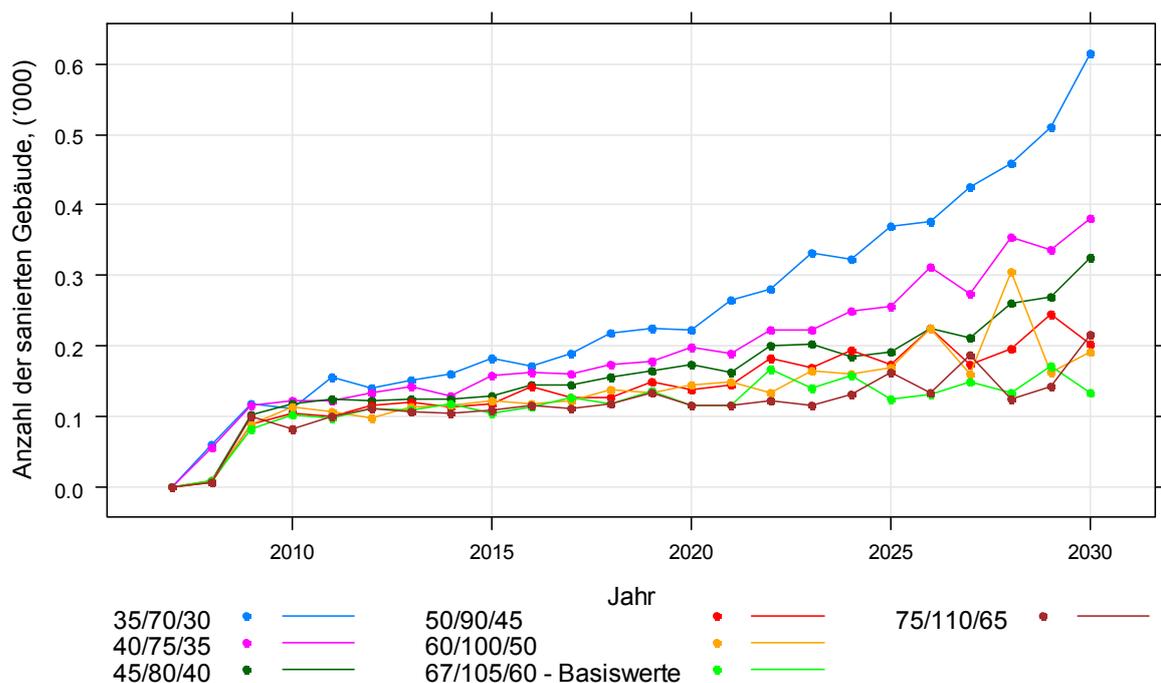


Abbildung 51 Anzahl der sanierten Gebäude, Sensitivitätsanalyse der Lebensdauer von Fenster und Fassade, 2008 - 2030 in Malta

Abbildung 52 zeigt den Heizwärmebedarf in den Szenarien EPBD-Reference und EPBD-Neufassung, gruppiert nach der unterschiedlichen Lebensdauer der Gebäude. Die Szenarien stellen die Ergebnisse der niedrigen Preise dar (Der Energiepreis hat in diesem Fall keine Wirkung auf den Heizwärmebedarf). Im Reference Szenario kann der Heizwärmebedarf um 0,4% bis 2030 reduziert werden, wenn die Lebensdauer von „Normalen“ Gebäuden 45 Jahre, von „Alten“ Gebäuden 80 Jahre

<sup>6</sup> Normale Gebäude sind die Gebäude, die in der Periode von 1960 – 2000 gebaut wurden

<sup>7</sup> Alte Gebäude – die Gebäude, die vor 1919 gebaut wurden

<sup>8</sup> Wohngebäude – neuere Wohngebäude, die nach 2000 gebaut wurden

und „Wohngebäuden“ 40 beträgt (blaue Kurve). Das EPBD-Neufassung-Szenario zeigt eine Reduktion von 3,1% bis 2030, wenn die Lebensdauer abgekürzt wird (45/80/40).

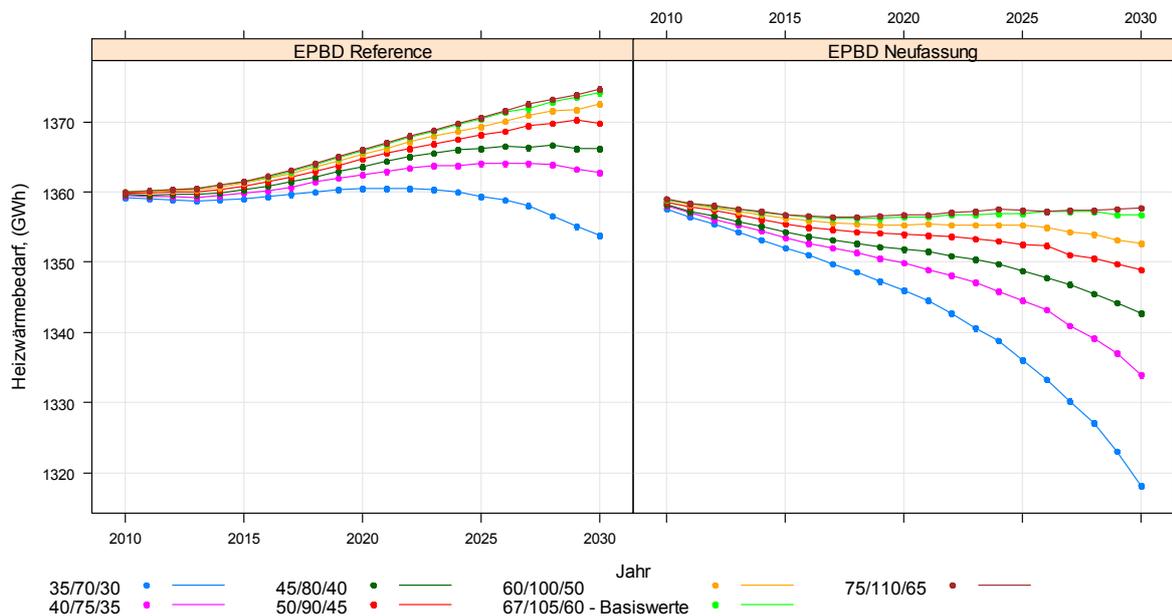


Abbildung 52 Heizwärmebedarf in den Szenarien EPBD Reference und EPBD Neufassung, bei unterschiedlichen Lebensdauern von Gebäudekomponenten, Malta

Die Ergebnisse zeigen, dass der Erhöhung der Sanierungsrate generell eine hohe Bedeutung zu Erreichung von Energieverbrauchsreduktionen beikommt, v.a. wenn diese an ambitionierte thermische Standards gebunden wird.

#### 6.4.4 Service-Faktor - Sensitivitätsanalyse

Tabelle 29 stellt die Werte für den Service-Faktor für unterschiedliche Heizungssysteme dar. Die Basiswerte sind jene, die für alle anderen Szenarien verwendet wurden. Die Basiswerte betragen für Luftheizung (Strom) und Ölheizungen (Brennwert) 0,1 und für Biomasseöfen, Heizelemente (Gas) 0,05 sowie für ein Heizelement (Strom) 0,01. Die Werte wurden sehr niedrig gewählt, da in der Heizsaison der Endenergiebedarf sehr niedrig ist und normalerweise ein Heizungssystem nur dann verwendet wird, wenn es sehr kalt ist. Zentralheizungssysteme haben einen höheren Service-Faktor als Einzelraumheizungen.

Tabelle 29 Heizungssysteme und Service-Faktor, Malta

	Niedrig	Basis-Werte	Mittel
Luftheizung (Strom)	0,05	0,1	0,3
Ölheizkessel (Brennwert)	0,05	0,1	0,3
Biomasseöfen	0,01	0,05	0,2
Einzelraumheizungen (Gas)	0,01	0,05	0,2
Einzelraumheizungen (Strom)	0,01	0,01	0,1

Abbildung 53 zeigt den Endenergiebedarf in EPBD-Reference und EPBD-Neufassung Szenarien, bei hohem und niedrigem Energiepreis. Wenn der Service-Faktor „Mittel“ ist (siehe Tabelle 29), ist der Endenergiebedarf sehr hoch und beträgt 2010 fast 10.000 GWh. Bei den Basis-Werten (niedriger Service-Faktor) beträgt der Endenergiebedarf 2010 2.000 GWh und bei den niedrigen Werten etwa

1.500 GWh. In allen betrachteten Szenarien (EPBD-Reference, EPBD-Neufassung, niedrig und hoher Energiepreis) ist der Verlauf und Betrag des Endenergiebedarfs fast gleich.

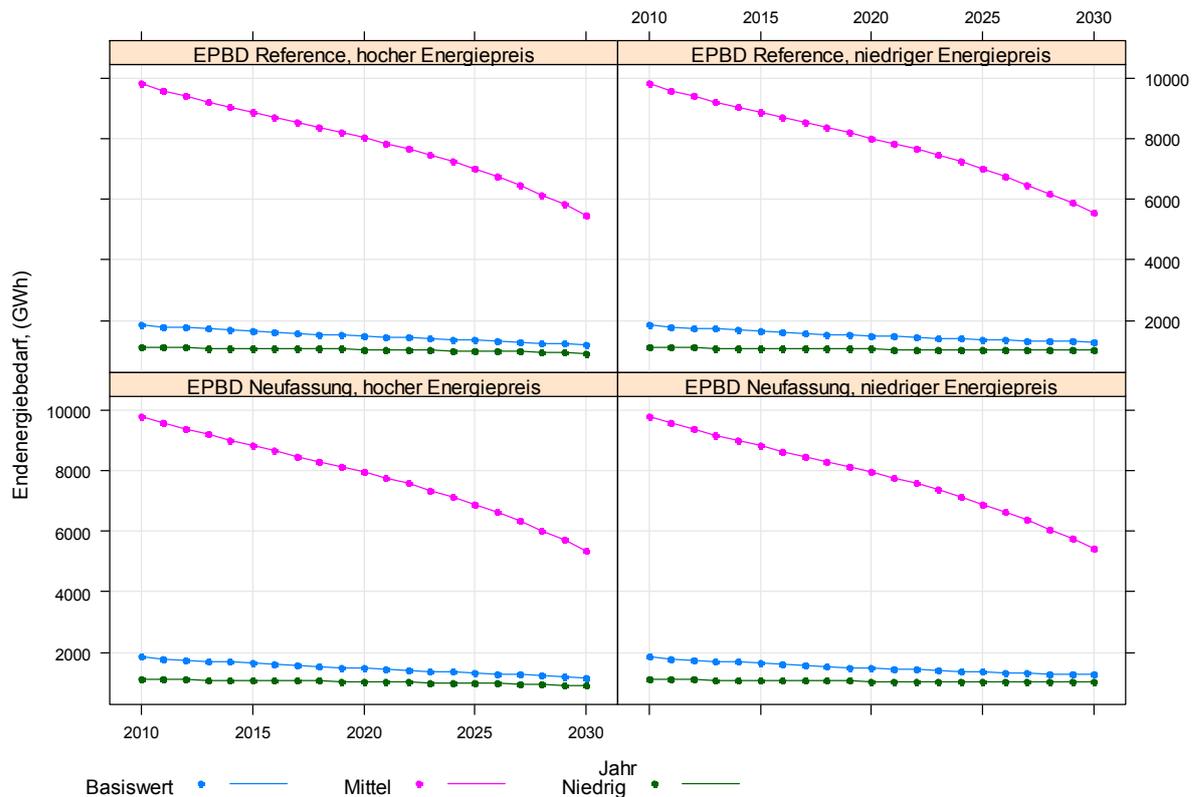


Abbildung 53 Endenergiebedarf in allen Szenarien, gruppiert nach unterschiedlichen Service Faktor, Malta, 2010 – 2030

#### Diskussion der Ergebnisse

- Der Service-Faktor ist ein wichtiges Instrument den berechneten Endenergiebedarf mit den statistischen Daten des Endenergiebedarfs zu kalibrieren. Damit das berechnete Ergebnis den statistischen Daten entspricht, musste für Malta ein sehr niedriger Service-Faktor gewählt werden. Real kann man den niedrigen Service-Faktor schwierig begründen. Das kann zur Diskussion führen, dass die Methodik nicht für Maltas Fall geeignet ist. Ein wichtiger Punkt dafür ist, dass, wenn ein neues Heizungssystem installiert wird, im Modell eine Präferenz von Zentralheizungen gegenüber einer Einzelheizung unterstellt wird. Die Heizungssysteme unterscheiden sich normalerweise in der Effizienz. Beide Systeme müssen trotzdem den Heizwärmebedarf decken, was bedeutet, dass der Endenergiebedarf viel niedriger ist, wenn der Heizwärmebedarf mit einem Zentralheizungssystem gedeckt wird und sehr hoch, wenn der Energiebedarf mit einer Einzelheizung (z.B. Einzelofen) gedeckt werden muss. Für weitere Analysen ist zu überprüfen, inwiefern diese Methodik des Modells für südliche Länder angepasst werden sollte.

## 6.5 CO<sub>2</sub>-Emissionen Malta

Tabelle 30 stellt die spezifischen Emissionsfaktoren der Brennstoffe für Malta dar. Der Emissionsfaktor von Strom ist in Malta hoch und beträgt 0,619 kgCO<sub>2</sub>/kWh. Kohle ist der nächste Energieträger mit hohem Emissionsfaktor, der bei 0,3406 kgCO<sub>2</sub>/kWh liegt. Der Emissionsfaktor von Heizöl beträgt 0,2639 kgCO<sub>2</sub>/kWh und von Erdgas 0,2056 kgCO<sub>2</sub>/kWh.

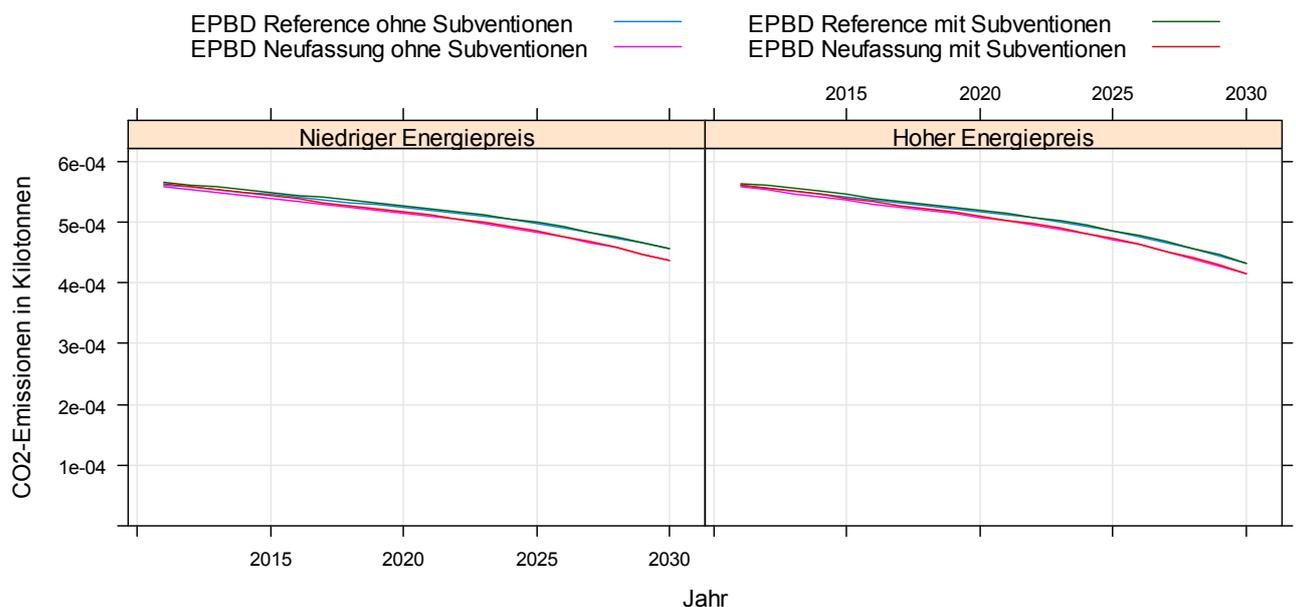
Die Berechnung der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen wird aufgrund der Ergebnisse des Endenergiebedarfs nach Energieträger berechnet.

**Tabelle 30 Emissionsfaktoren der Brennstoffe, kgCO<sub>2</sub>/kWh [71]**

Energieträger	Emissionsfaktor, kgCO <sub>2</sub> /kWh
Hilfsenergie (Strom)	0,619
Solarthermische Energie	0,0
Umgebungswärme	0,0
Erdgas	0,2056
Heizöl	0,2639
Kohle	0,3406
Strom	0,619
Biomasse	0,0

Abbildung 54 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen in EPBD-Reference- und EPBD-Neufassung-Szenario getrennt nach Energiepreisszenarien (niedrig und hoch) sowie nach Szenarien, wenn für eine höhere Sanierung und erneuerbare Energiesysteme eine Subvention von 50% vergeben wird.

2010 ist die rechnerische Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wohngebäudesektor für Raumwärme und Warmwasser 0,58 t. Alle Szenarien unterscheiden sich kaum im Verlauf der Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Menge liegt 2030 bei 0,43 kgCO<sub>2</sub>/kWh im EPBD Neufassungsszenario und 0,45 kgCO<sub>2</sub>/kWh. Die Abnahme in beiden Szenarien resultiert im abnehmenden Bedarf an Heizöl und Erdgas (siehe Abbildung 50) und dem zunehmenden Bedarf an erneuerbaren Energieträgern. 2030 wird fast die ganze Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Strom verursacht, dessen Anteil an gesamten Endenergiebedarf 2030 46% ist.



**Abbildung 54 CO<sub>2</sub>-Emissionen in EPBD Reference und Neufassung Szenarien, bei hohen und niedrigen Energiepreise, 2010 - 2030, Malta**

## 7 Synthese und Schlussfolgerungen

Ziel dieser Arbeit war es die Wirkung von regulativen (Standards) und finanziellen (Investitionsförderungen) politischen Maßnahmen auf den Endenergiebedarf sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wohngebäudesektor in Irland und Malta bis 2030 zu untersuchen. Zuerst wurden disaggregierte Daten zum Gebäudesektor recherchiert und beschrieben. Im Weiteren wurde auf Basis einer Bottom-up Berechnung des Heizwärmebedarfs der derzeitige Endenergiebedarf und die derzeitigen CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet. Die Modellierung des Endenergiebedarfs basiert auf dem Bestand an alten Gebäuden, sanierten Gebäuden und neuen Gebäuden sowie auf der Auswahl eines Heizungssystems, das auf Basis eines Entscheidungs-Algorithmus mit der Zielfunktion minimierter Kosten, installiert wird.

Es wurden zwei Basisszenarien erstellt. Das erste Szenario gründet auf die Anforderungen für neue und sanierte Gebäude, die bei der Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie (2002/91/EC) in den nationalen Bauordnungen definiert wurden. Die in der neuen Bauordnung definierten U-Werte, beeinflusst von der zweiten verschärften EU-Gebäuderichtlinie für neue und sanierte Gebäude sowie Effizienz für neue Heizungssysteme sind die Einflussfaktoren für das zweite Szenario. Die beiden Szenarien wurden bei unterschiedlichen Energiepreiseszenarien berechnet. Schließlich wurde in der Arbeit der Untersuchungsgegenstand unter Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren wie Investitionsförderung von erneuerbaren Heizungssystemen, Lebensdauer der Gebäudeteile sowie unterschiedlicher Service-Faktoren berechnet.

### **Regulative politische Instrumente - Anforderung der ersten EPBD (2002)**

Gemäß den angestellten Modellrechnungen bringen die betrachteten Anforderungen zu den Effizienzmaßnahmen für die thermische Gebäudequalität und Heizungssysteme in Irland bis 2030 nur dann eine Reduktion des Endenergiebedarfs, wenn die zukünftigen Energiepreise hoch sind (ca. 33% Steigerung von 2011 bis 2030). Der Endenergiebedarf sinkt bis 2030 um 7,3%. Im anderen Fall niedriger Energiepreise (ca. 9% Steigerung von 2011 bis 2030) steigt der Endenergiebedarf bis 2030 um 2,5%. Die historische Entwicklung des Endenergiebedarfes in Irland zeigt im Haushaltsektor eine Steigerung um 10% von 2001 bis 2010. Der Grund ist eine große Anzahl an Gebäuden, die in dieser Periode gebaut wurden. Nach „European Housing Review“ [16] hat Irland die größte Anzahl junger Gebäude in der EU. Die thermische Qualität der Gebäude, die vor der Umsetzung der EPBD gebaut wurden, zeigt ähnliche Werte, wie die thermische Qualität nach der Umsetzung der EPBD (2002). Daraus resultierend, bringen die umgesetzten Anforderungen (U-Werte und Effizienzvorgaben für Heizungssysteme) keinen großen Unterschied und damit keine Energieeinsparungen. Daher zeigen die Berechnungsergebnisse, dass der Endenergiebedarf bis 2030 bei der Umsetzung der Richtlinie EPBD (2002) steigt.

In Malta beträgt der Heizwärmebedarf<sup>9</sup> 2008 1.355 GWh. Der Heizwärmebedarf steigt in EPBD Reference Szenario auf 1.374 GWh in 2030, um über 1,4%. Trotz neuen Anforderungen für die neue und sanierte Gebäude ab 2008 steigt der gesamten Endenergiebedarf. Eine Wirkung hat die zunehmende Anzahl der Gebäude bzw. die steigende Heizfläche.

### **Regulative politische Instrumente - Anforderung der Neufassung der EPBD (2010)**

Die neuen Effizienzanforderungen für die thermische Gebäudequalität und für Heizungssysteme, die bei der Umsetzung der zweiten EPBD festgelegt wurden, könnten in Irland gemäß den Modellrechnungen eine Reduktion des Endenergiebedarfes von 20,3% bis 2030 bringen. Während die Umsetzung der ersten EPBD (Bauordnung 2007) nicht so große Mindestanforderungen an Energieeffizienz der neuen und sanierten Gebäude vorschreibt, bringt die zweite Umsetzung (Bauordnung 2011) hohe Anforderungen an die thermische Gebäudequalität vor allem ab 2020.

<sup>9</sup> Warum hier nicht von Endenergiebedarf gesprochen wird, siehe unten „Offene Fragen“.

Wenn alle neuen Gebäude als „Niedrigstenergiegebäude“ ausgeführt werden, können große Einsparung am gesamten Endenergiebedarf erreicht werden (20,3% bis 2030).

In Malta wurde der Artikel 4 „Festlegung von Mindestforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“ und Artikel 9 „Niedrigstenergiegebäude“ der neuen Richtlinie (EPBD Neufassung) nicht umgesetzt und damit wurde die Bauordnung 2008 (Umsetzung der ersten EPBD) noch nicht erneuert. In der Arbeit wurden mögliche U-Werte, um ca. 30% niedriger zum Vergleich mit EPBD-Reference Szenario angenommen. Neue und sanierte Gebäude entsprechen ab 2008 bis 2030 diesen U-Werten. Bei diesen Parametern kann gemäß Modellrechnungen nur eine sehr geringe Senkung des Heizwärmebedarfs von 0,1% bis 2030 erreicht werden. Ein Grund dafür ist auch in den klimatischen Gegebenheiten und dem damit verbundenen relativ geringen Heizwärmebedarf zu sehen.

### **Finanzielle politische Instrumente – Investitionsförderungen**

Es wurde der Endenergiebedarf bis 2030 berechnet, wenn eine Investitionsförderung für eine höhere Sanierung und erneuerbare Energiesysteme von 0% bis 50% zur Verfügung steht. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass im Fall einer Wahlmöglichkeit zwischen einer Sanierung mit niedrigen Anforderungen an die thermische Qualität (höhere U-Werte) und höheren Anforderungen und ohne Investitionsförderungen, fast alle (mehr als 90%) Gebäude, die saniert werden, auf Basis der niedrigen Anforderungen saniert werden. Die Situation ändert sich mit einer Förderung von 20%. Ab einer Förderung von 20% für eine thermisch höherwertige Sanierung, wird bei fast allen Gebäude für die höhere Sanierung entschieden. Eine höhere Förderung ist nicht mehr sinnvoll, da sich sonst sich (ab 20%) ein Trittbrettfahrerproblem ergibt (eng. free rider problem). Allerdings muss hier berücksichtigt werden, dass die Kosten für die thermische Sanierung einer großen Unsicherheit unterliegen und im Rahmen dieser Arbeit kein starker Schwerpunkt auf der Recherche dieser Kosten lag.

Mit steigender Investitionsförderung für erneuerbare Energiesysteme, steigt der Anzahl der installierten Systeme. Wenn es eine Förderung von 50% gäbe, könnte laut Modellrechnungen ein Anteil an EE 2030 von fast 40% (EPBD-Neufassung-Szenario, hoher Energiepreis) in Irland erreicht werden.

### **Zukünftiger Energiepreis**

Der zukünftige Energiepreis ist ein wichtiger Faktor, der den Energieträgermix und dadurch die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zukunft beeinflusst. In Irland spielt der Energiepreis eine wesentliche Rolle. Wenn die Energiepreise niedrig sind, bleibt laut den durchgeführten Modellrechnungen der Energiemix bis 2030 ohne zusätzliche politische Instrumente ähnlich wie heutzutage (2011). Die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl dominieren 2030 den Energiemix und decken fast 90% des Endenergiebedarfes. Der Anteil der erneuerbaren Energien liegt bei 3% und der des Stromes bei 4%. Wenn die Energiepreise gemäß dem Energiepreisszenario „hoch“ ansteigen, ist der Energiemix vielfältiger. Die Nutzung der erneuerbaren Energie steigt und erreicht einen Anteil von 26% am Energiemix. Erdgas und Heizöl haben einen Anteil von 56%. Dementsprechend liegt die Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen im niedrigen Energiepreisszenario bei 10,6 Mt und beim hohen Energiepreisszenario bei 6,6 Mt.

### **Lebensdauer der Gebäude**

Die Lebensdauer (LD) und damit die Sanierungsrate von Gebäudebauteilen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wirkung von Bauordnungen und Gebäuderichtlinien. Je kürzer die Lebensdauer einzelner Bauteile sind, desto schneller müssen diese getauscht werden, und desto schneller kann eine Senkung des Energiebedarfs erreicht werden.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die Lebensdauer der Gebäudebauteile ein wichtiger Faktor bei der Entwicklung des Endenergiebedarfs ist. Wenn die Lebensdauer der Gebäudeteile (Fassade und Fenster) um 43% verkürzt wird, kann eine Reduktion von 27% in 2030 erreicht werden. In Irland ist die Anzahl der sanierten Gebäude in der Reference Annahme bis 2030 265 tausend.

Wenn die Lebensdauer der Gebäudeteile um 43% verkürzt wird, beträgt die Anzahl der sanierten Gebäude 369 tausend. Dementsprechend ist der Unterschied des Endenergiebedarfes zwischen beiden Szenarien fast 7% (20,3% Reduktion des Endenergiebedarfs mit langer LD und 27% mit kurzer LD). Das wäre der grauen Energie sowie den Lebenszyklus-Emissionen der Gebäudekomponenten gegenüberzustellen, was allerdings nicht Inhalt dieser Arbeit war.

### **Auswahl des Heizsystems**

Da neue und sanierte Gebäude aufgrund des geringeren Endenergiebedarfs, im Allgemeinen geringere Vorlauftemperaturen im Heizsystem benötigen, kann die Vielfalt der Heizsysteme ansteigen. Das ist ein wichtiger Grund für die Zunahme der Anzahl an Wärmepumpen in Zukunft in beiden betrachteten Ländern.

Die Anzahl der installierten erneuerbaren Energiesysteme steigt, vor allem, wenn die Energiepreise hoch sind. Gemäß den Modellrechnungen hat die Wärmepumpe von allen betrachteten erneuerbaren Energiesystemen (Solarkollektor, Biomasseheizkessel) eine gewisse Präferenz. Die Installation von anderen Heizungssystemen vor allem Heizölkessel und Erdgaskessel wird stark von den Investitionskosten und den Energiepreisen beeinflusst.

Mit einer zunehmenden Anzahl an Gebäuden mit einer hohen thermischen Gebäudequalität steigt die Anzahl der installierten Wärmepumpen und Solarkollektoren. Niedrigere Heizkreistemperaturen in den neuen Gebäuden ermöglicht eine effizientere Nutzung von Solarkollektoren. In Malta kann wegen der Klimasituation mit einer Solaranlage über mehrere Monate das Warmwasser aufbereitet werden. Beim derzeitigen Endenergiebedarf nimmt die Elektroheizung in Malta eine wichtige Rolle ein. Gemäß den Berechnungen bleibt die Elektroheizung bzw. Strombedarf ein dominierender Weg zur Wärmebereitstellung. Elektroheizungen bringen für die Nutzer folgende Vorteile: sie brauchen keine regelmäßige Wartung und keinen Kaminanschluss, vor Ort oder lokal ist das jene Heizung ohne Umweltbelastung. In Malta, bei einem kleinen Heizwärmebedarf, ist es eine attraktive Lösung. Heizen mit Strom bedeutet aber in Malta eine hohe Energieverschwendung und Umweltbelastung, da für die Stromerzeugung in maltesischen Kraftwerken als Primärenergie Öl eingesetzt wird.

### **Gesamte Schlussfolgerungen**

Die Verabschiedung einer verschärften EU-Gebäuderichtlinie (EPBD Neufassung) soll zu einer Reduktion des Endenergiebedarfes und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in einem Land und in der ganzen europäischen Union führen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass eine Reduktion erreicht werden könnte, wenn die Artikel 4 „Festlegung von Mindestforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“ und Artikel 9 „Niedrigstenergiegebäude“ der Richtlinie mit der regulativen politischen Instrumente (Bauvorschriften) umgesetzt werden. Bei Minimierung des Endenergiebedarfes spielt die Anzahl der sanierten Gebäude und ihre thermische Qualität eine wichtige Rolle. Wenn es keine regulativen Instrumente gibt, werden Gebäude mit niedriger thermischer Qualität saniert, was für den gesamten Endenergiebedarf keine Reduktion bringt und zu langfristigen Lock-in-Effekten führt. Neben regulativen Instrumenten stellen Investitionsförderung sowie Maßnahmen im Bereich der Information, Aus- und Weiterbildung wichtige Säulen in einem gesamtheitlichen Maßnahmenbündel dar.

### **Offene Fragen**

- Investitionskosten für Heizungssysteme spielen eine wichtige Rolle. Mit den unterstellten Kostenstrukturen, die für Irland im Wesentlichen aus Werten für UK [72] übernommen wurden, ist selbst bei hohen Förderungen im Fall geringer Energiepreise der Anreiz für Biomasse-Heizsysteme als gering einzustufen. Hier ist zu berücksichtigen, dass hinsichtlich der Investitionskosten für Biomasse-Heizsysteme erhebliche Unsicherheiten existieren, die für eine weiterführende Betrachtung weiter zu analysieren wären.

- Für Malta war der Service-Faktor ein wichtiges Instrument den berechneten Endenergiebedarf mit den statistischen Daten des Endenergiebedarfs anzupassen. Damit das berechnete Ergebnis den statistischen Daten entspricht, musste für Malta ein sehr niedriger Service-Faktor gewählt werden. Real lässt sich dieser niedrige Service-Faktor schwer begründen. Für weiterführende Analysen müsste diesem Aspekt eine größere Aufmerksamkeit gewidmet werden.
- Die Notwendigkeit des sehr niedrigen Service-Faktors zeigt, dass die Methodik in der derzeit implementierten und hier angewandten Form nicht für Maltas Fall geeignet ist. Ein wichtiger Punkt dafür ist, dass, wenn es ein neues Heizungssystem installiert wird, im Modell eine Präferenz der Zentralheizungssystemen gegenüber einer Einzelheizung unterstellt wird. Die Heizungssysteme unterscheiden normalerweise sich in der Effizienz. Beide Systeme müssen trotzdem den Heizwärmebedarf decken, was bedeutet, dass der Endenergiebedarf viel niedriger ist, wenn der Heizwärmebedarf mit einem Zentralheizungssystem gedeckt wird und sehr hoch, wenn es mit einer Einzelheizung (z.B. Einzelofen) gedeckt werden muss. Deswegen sieht man eine starke Senkung des Endenergiebedarfs, was für den Heizwärmebedarf nicht der Fall ist. Es ist daher zu überprüfen, inwiefern dieser Ansatz im Modell für südliche Länder zu überdenken ist.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] International Energy Agency: "World Energy Outlook 2009", Paris, 2009.
- [2] Pöhn Christian: "Bauphysik. Erweiterung 1, Energieeinsparung und Wärmeschutz; Energieausweis - Gesamtenergieeffizienz", Vienna: Springer-Verlag/Wien, 2007.
- [3] Europäisches Parlament: RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), 2010.
- [4] Drusche Volker: "Energie - optimiert planen, bauen und sanieren, Synergie nutzen, Kosten sparen, Ressourcen schonen", Berlin: Huss-Medien, 2010.
- [5] Hirschberg Rainer: "Energieeffiziente Gebäude: bau- und anlagentechnische Lösungen; vereinfachte Verfahren zur energetischen Bewertung; mit 47 Tabellen", [Praxishandbuch zur EnEV 2007]. Köln: R. Müller, 2008.
- [6] Joos Lajos: "Energieeinsparung in Gebäuden: Stand der Technik; Entwicklungstendenzen", Essen: Vulkan-Verl., 2004.
- [7] Europäisches Parlament: RICHTLINIE 2002/91/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. 2002.
- [8] Kranzl Lukas, Haas Reinhard et al.: „Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel“, Energy Economics Group, Energy Economics Group, Technische Universität Wien, 2010.
- [9] Kranzl Lukas, Müller Andreas et.al: „Kühlen und Heizen 2050: Klimawandel und andere Einflussfaktoren“, Energy Economics Group, Technische Universität Wien, 2012.
- [10] Müller Andreas, Biermayr Peter et al.: „Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050“, Energy Economics Group, Technische Universität Wien, 2010.
- [11] ÖNORM B 8110-5: "Wärmeschutz im Hochbau - Niedrig- und Niedrigstenergie-Gebäude - Teil 5: Anforderungen und Nachweisverfahren", Wien 2008
- [12] L. Kranzl, Andreas Müller, und Marcus Hummel, „Szenarien für erneuerbare Wärme: Der Effekt politischer Instrumente im internationalen Vergleich“.
- [13] Henning Hans-Martin und Ragwitz Mario: „Erarbeitung einer Integrierten Wärme- und Kältestrategie, Arbeitspaket 6 – Integrale Modellierung auf Basis vorhandener sektoraler Modelle und Erstellen eines integrierten Rechenmodells des Wärme- und Kältebereichs", Noch nicht veröffentlichtes Dokument“, 2012.
- [14] Hoffmann Reinhard: "Energetisch richtig Heizung modernisieren im Altbau: [Umrüstung bestehender Öl- und Gasheizungen: regenerative Energiesysteme in der

Praxis ; Energieträger- und Betriebskostenvergleiche ; Heizanlage optimieren, Einsparmöglichkeiten nutzen ; mit zahlreichen Checklisten und Kosten-/Nutzenvergleichen]", Poing: Franzis, 2010.

- [15] CSO (Central Statistics Office Ireland): „Census 2006 - Volume 6 - Housing“, Dublin, 2007.
- [16] SEI (Sustainable Energy Ireland): „Energy in the Residential Sector 2008“, Sustainable Energy Ireland, Energy Policy Statistical Support Unit, Co. Cork, 2008.
- [17] Brophy Vivienne, Clinch J. Petar et al: „Homes for the 21st Century - The Cost & Benefits of Comfortable Housing for Ireland“, Energy Research Group & Environmental Institute, University College Dublin, 1999.
- [18] DEHLG (Department of the Environment, Community and Local Government): „Housing Market Overview 2009“, Dublin, 2009.
- [19] DEHLG (Department of the Environment, Community and Local Government): „Housing Statistics“, [Online]. Available: <http://www.environ.ie/en/Publications/StatisticsandRegularPublications/HousingStatistics/>. [Accessed: 12-Nov-2011].
- [20] CSO (Central Statistics Office Ireland): „Construction and Housing in Ireland 2008 Edition“, Dublin, 2008.
- [21] SEI (Sustainable Energy Ireland): „Energy Consumption and CO2 Emmissions in the Residential Sector 1990 - 2004“, Energy Policy Statistical Support Unit, Dublin, 2005.
- [22] DEHLG (Department of the Environment, Community and Local Government): „Conservation of Fuel and Energy - Technical Guidance Document L - Building Regulations 1997“, 1997.
- [23] TABULA: „Building Typology Brochure - Irland“, 2012. [Online]. Available: [http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/IE\\_TABULA\\_TypologyBrochure\\_EnergyAction.pdf](http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/IE_TABULA_TypologyBrochure_EnergyAction.pdf). [Accessed: 20-Apr-2012].
- [24] DEHLG (Department of the Environment, Community and Local Government): „Conservation of Fuel and Energy Dwellings - Technical Guidance Document L - Building Regulations 2002“, 2002.
- [25] DEHLG (Department of the Environment, Community and Local Government): „Conservation of Fuel and Energy - Dwellings - Technical Guidance Document - Building Regulations 2011“, 2011.
- [26] DEHLG (Department of the Environment, Community and Local Government): „Conservation of Fuel and Energy - Dwellings - Technical Guidance Document - Building Regulations 2007“, 2007.
- [27] CSO (Central Statistics Office): „Census 2011 Profile 4 The Roof over our Heads - Housing in Ireland“, [Online]. Available: <http://www.cso.ie/en/census/census2011reports/census2011profile4theroofoverourheads-housinginireland/>. [Accessed: 24-Nov-2012].

- [28] SEI (Sustainable Energy Ireland): „efficient home heating - your options“, Dublin, 2010.
- [29] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „Renewable Energy in Ireland 2011“, 2011.
- [30] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „Renewable Energy in Ireland, 2010 Update“, 2010.
- [31] EHPA (European Heat Pump Association): „European Heat Pump Statistics Outlook 2008“, 2008. [Online]. Available: [http://www.ehpa.org/fileadmin/red/Heat\\_Pump\\_Statistics/European\\_Heat\\_Pump\\_Statistics\\_2007.pdf](http://www.ehpa.org/fileadmin/red/Heat_Pump_Statistics/European_Heat_Pump_Statistics_2007.pdf). [Accessed: 09-Okt-2012].
- [32] Eurostat: „Eurostat Datenbank - Gaspreise“. [Online]. Available: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database). [Accessed: 17-Aug-2012].
- [33] Eurostat: „Panorama of energy - Energy statistics to support EU policies and solutions“, 2009.
- [34] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „SEAI - Fuel Cost Comparison“. [Online]. Available: [http://www.seai.ie/Publications/Statistics\\_Publications/Fuel\\_Cost\\_Comparison/](http://www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/Fuel_Cost_Comparison/). [Accessed: 23-Feb-2012].
- [35] Met Eireann (The Irish Meteorological Service): „Climate of Ireland - Met Éireann - The Irish Meteorological Service Online“. [Online]. Available: <http://www.met.ie/climate-ireland/climate-of-ireland.asp>. [Accessed: 24-Jan-2012].
- [36] CSO (Central Statistic Office): „Temperature by Meteorological Weather Station, Month and Statistic - StatBank - data and statistics“. [Online]. Available: [http://www.cso.ie/px/pxeirestat/Statire/SelectVarVal/Define.asp?maintable=MTM02&P\\_Language=0](http://www.cso.ie/px/pxeirestat/Statire/SelectVarVal/Define.asp?maintable=MTM02&P_Language=0). [Accessed: 23-Apr-2012].
- [37] Hirsch H., Lohr A. (Planungs-Büro Schmitz (Aachen)), Bundesarchitektenkammer (Deutschland), U. Wuppertal-Institut für Klima: „Energiegerechtes Bauen und Modernisieren: Grundlagen und Beispiele für Architekten, Bauherren und Bewohner“, Basel, Berlin, Boston, Birkhäuser, 1996.
- [38] Met Eireann (The Irish Meteorological Service): „Degree Days - the method of calculation“, Ireland. [Online]. Available: <http://www.met.ie/climate/degree-day.asp>. [Accessed: 02-Juni-2012].
- [39] F. Neumann, *100 Energiekennzahlen*. Wiesbaden: Cometis, 2010.
- [40] Eurostat: „Actual heating degree day, Ireland“, 2012
- [41] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „EU Solar Days - Solar Energy in Ireland“. [Online]. Available: [http://www.seai.ie/Renewables/REIO/SEAI\\_REIO\\_2011\\_Events/EU\\_Solar\\_Days,\\_Wexford,\\_11\\_May\\_2011/Paul\\_Dykes,\\_SEAI\\_EU\\_Solar\\_Days\\_Presentation.pdf](http://www.seai.ie/Renewables/REIO/SEAI_REIO_2011_Events/EU_Solar_Days,_Wexford,_11_May_2011/Paul_Dykes,_SEAI_EU_Solar_Days_Presentation.pdf). [Accessed: 28-Jan-2012].

- [42] European Commission: „Solar radiation and PV maps - Europe“. [Online]. Available: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe.htm#UK\\_IE](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/europe.htm#UK_IE). [Accessed: 24-Apr-2012].
- [43] CSO (Central Statistics Office Ireland): „Census of population 2011“, Dublin, 2011.
- [44] Connolly D.: „The integration of Fluctuating Renewable Using Energy Storage“, University of Limerick, Ireland, 2010.
- [45] SEI (Sustainable Energy Ireland): „Energy In Ireland 1990 -2010 - 2011 Report“, Dublin, 2011.
- [46] CSO (Central Statistics Office Ireland): „Energy Statistics Databank“. [Online]. Available: <http://www.cso.ie/px/sei/Dialog/SaveShow.asp>. [Accessed: 28-Apr-2012].
- [47] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „Energy Policy Statistical Support Unit“, Dublin, 2009. [Online]. Available: [http://www.seai.ie/Publications/Statistics\\_Publications/EPSSU\\_Publications/Energy\\_in\\_Ireland\\_Key\\_Statistics.pdf](http://www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/EPSSU_Publications/Energy_in_Ireland_Key_Statistics.pdf). [Accessed: 06-Juli-2012].
- [48] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „Energy End-Use in Ireland - Study Summary Report“. [Online]. Available: [http://www.seai.ie/Publications/Statistics\\_Publications/EPSSU\\_Publications/Commissioned\\_Research/Energy%20End-Use%20in%20Ireland.pdf](http://www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/EPSSU_Publications/Commissioned_Research/Energy%20End-Use%20in%20Ireland.pdf). [Accessed: 08-Mai-2012].
- [49] ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation): „Solar Thermal Markets in Europe - Trends and Market Statistics 2011“, 2012.
- [50] NSO (National Statistics Office Malta): „Census of population and housing 2005 - Volume 2 Dwellings“, Valletta, 2007.
- [51] F. O'Rourke, F. Boyle, und A. Reynolds, „Renewable energy resources and technologies applicable to Ireland“, *ELSEVIER*, Bd. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- [52] NSO (National Statistics Office Malta): „Household Budgetary Survey 2008“, Valletta, 2010.
- [53] Abela A., Hoxley M. et al: „A comparative study of the implementation of the energy certification of residential properties in Malta in compliance with the Energy Performance of Buildings Directive“, School of Architecture, Design and the Built Environment, Nottingham Trent University, 2012
- [54] Buhagiar V. und Tonna G.: „Beyond national minimum Standards: a comparison of the traditional HCB and the AB Thermablock“. Faculty for the Built Environment, University of Malta, 2012.
- [55] TABULA (Typology Approach for Building Stock Energy Assessment): „Building Typology Brochure - Italy“, 2011.
- [56] Misiukaite Gintaute: „Interview über Nutzung der Energieträger für Raumheizung in der maltesischen Wohngebäude“, Institute for Sustainable Energy, University of Malta, 2012.

- [57] Malta Airport MetOffice: „Climate of the Maltese Islands“. [Online]. Available: <http://www.maltairport.com/weather/page.asp?p=17356&l=1>. [Accessed: 08-Mai-2012].
- [58] NSO (National Statistics Office Malta): „The Climate of Malta: statistics, trends and analysis 1951 - 2010“, Malta, 2011.
- [59] Eurostat: „Heating degree-days by NUTS 2 regions - monthly data“. [Online]. Available: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database). [Accessed: 26-Juni-2012].
- [60] MRA (Malta resources Authority): „Energy Efficiency Policies and Measures in Malta 2006“, Valletta, 2007. [Online]. Available: [http://www.odyssee-indicators.org/Publications/PDF/nr\\_malta\\_2007.pdf](http://www.odyssee-indicators.org/Publications/PDF/nr_malta_2007.pdf). [Accessed: 03-Mai-2012].
- [61] MRRA (Ministry for Resources and Rural Affairs): „National Energy Efficiency Action Plan 2008“, Valletta, 2008.
- [62] Eurostat: „MALTA – Energy Mix Fact Sheet“, 2007.
- [63] Cassar G. und Sammut A.: „Energy Efficiency and Renewable Energy, Malta - National study“, Malta Resources Authority, Sophia Antipolis, 2007.
- [64] Abela Alan: „An investigation into the practical application of residential energy certificates“, 2012. [Online]. Available: [http://www.academia.edu/2015730/An\\_investigation\\_into\\_the\\_practical\\_application\\_of\\_residential\\_energy\\_certificates](http://www.academia.edu/2015730/An_investigation_into_the_practical_application_of_residential_energy_certificates). [Accessed: 16-Okt-2012].
- [65] Europäische Kommission: "Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen - Energieeffizienzplan 2011", 2011.
- [66] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „Passive homes - Guidelines for the Design and Construction of Passive House Dwelling in Ireland“. 2008.
- [67] SEAI (Sustainable Energy Authority of Ireland): „What grants are available?“ [Online]. Available: [http://www.seai.ie/Grants/Better\\_energy\\_homes/homeowner/What\\_Grants\\_Are\\_Available/](http://www.seai.ie/Grants/Better_energy_homes/homeowner/What_Grants_Are_Available/). [Accessed: 08-Feb-2012].
- [68] MRA (Malta Resources Authority): „2nd National Energy Efficiency Action Plan Malta“, Valletta, 2012
- [69] Zsolt T.: „Towards an Energy Efficient European Building Stock - An RICS Status Report on the Implementation of Directive 2002/91 on the Energy Performance of Buildings (EPBD) in the EU Member States“, EU Policy and Public Affairs Officer, 2009.
- [70] Word Resources Institute: „Common Carbon Metric - Protocol for Measuring Energy Use and Reporting Greenhouse Gas Emissions from Building Operations“. [Online]. Available: [http://www.unep.org/sbci/pdfs/Common-Carbon-Metric-for\\_Pilot\\_Testing\\_220410.pdf](http://www.unep.org/sbci/pdfs/Common-Carbon-Metric-for_Pilot_Testing_220410.pdf). [Accessed: 17-Nov-2012].

[71] „RES-H Policy“. [Online]. Available: <http://www.res-h-policy.eu/index.htm>. [Accessed: 09-Dez-2012].

## 9 Anhänge

### 9.1 Gebäudesegmente und Gebäudeklassen: Irland

#### Auszug aus den Input Daten – Segmente

Gebäudekategorie	Bauperiode: Anfangsjahr	Bauperiode: Endjahr	Heizungssystem	Warmwasserberei- tstellung	Anzahl der Gebäude
Einfamilienhaus einstöckig	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	2877
Einfamilienhaus einstöckig	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	3043
Einfamilienhaus einstöckig	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	3740
Einfamilienhaus einstöckig	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	4466
Einfamilienhaus einstöckig	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	7162
Einfamilienhaus einstöckig	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	6741
Einfamilienhaus einstöckig	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	543
Einfamilienhaus einstöckig	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	575
Einfamilienhaus einstöckig	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	566
Einfamilienhaus zweistöckig	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	1615
Einfamilienhaus zweistöckig	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	1722
Einfamilienhaus zweistöckig	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	2171
Einfamilienhaus zweistöckig	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssys- tem mit Elektro- Wassererwärmer	2633
Einfamilienhaus zweistöckig	1971	1980	Gasheizkessel	Zentralheizungssys	4362

			(alt)	tem mit Elektro-Wassererwärmer	
Einfamilienhaus zweistöckig	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	4091
Einfamilienhaus zweistöckig	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	130
Einfamilienhaus zweistöckig	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	161
Einfamilienhaus zweistöckig	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	153
Doppelhaus	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	337
Doppelhaus	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	338
Doppelhaus	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	343
Doppelhaus	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	340
Doppelhaus	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	348
Doppelhaus	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	345
Doppelhaus	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	5883
Doppelhaus	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	6192
Doppelhaus	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	3476
Reihenhaus	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	231
Reihenhaus	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	232
Reihenhaus	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	235
Reihenhaus	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-	234

				Wassererwärmer	
Reihenhaus	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	239
Reihenhaus	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	237
Reihenhaus	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2598
Reihenhaus	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2733
Reihenhaus	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1574
Mehrfamilienhaus	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	3095
Mehrfamilienhaus	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2760
Mehrfamilienhaus	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	4347
Mehrfamilienhaus	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1013
Mehrfamilienhaus	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2979
Mehrfamilienhaus	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1181
Mehrfamilienhaus	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	43
Mehrfamilienhaus	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	54
Mehrfamilienhaus	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	51
Einfamilienhaus einstöckig	1870	1919	Gasheizkessel (Brennwertkessel I)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	522
Einfamilienhaus einstöckig	1920	1945	Gasheizkessel (Brennwertkessel I)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	524
Einfamilienhaus einstöckig	1946	1960	Gasheizkessel (Brennwertkessel I)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	535

Einfamilienhaus einstöckig	1961	1970	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	529
Einfamilienhaus einstöckig	1971	1980	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	544
Einfamilienhaus einstöckig	1981	1990	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	538
Einfamilienhaus einstöckig	1991	2000	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	12368

## 9.2 Gebäudesegmente und Gebäudeklassen: Malta

**Auszug aus den Input Daten – Segmente**

Gebäudekategorie	Bauperiode: Anfangsjahr	Bauperiode: Endjahr	Heizungssystem	Warmwasserbereitstellung	Anzahl der Gebäude
Einfamilienhaus einstöckig	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2877
Einfamilienhaus einstöckig	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	3043
Einfamilienhaus einstöckig	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	3740
Einfamilienhaus einstöckig	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	4466
Einfamilienhaus einstöckig	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	7162
Einfamilienhaus einstöckig	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	6741
Einfamilienhaus einstöckig	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	543
Einfamilienhaus einstöckig	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	575
Einfamilienhaus einstöckig	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	566
Einfamilienhaus zweistöckig	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1615
Einfamilienhaus zweistöckig	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1722
Einfamilienhaus zweistöckig	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2171
Einfamilienhaus zweistöckig	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2633
Einfamilienhaus zweistöckig	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-	4362

				Wassererwärmer	
Einfamilienhaus zweistöckig	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	4091
Einfamilienhaus zweistöckig	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	130
Einfamilienhaus zweistöckig	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	161
Einfamilienhaus zweistöckig	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	153
Doppelhaus	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	337
Doppelhaus	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	338
Doppelhaus	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	343
Doppelhaus	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	340
Doppelhaus	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	348
Doppelhaus	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	345
Doppelhaus	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	5883
Doppelhaus	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	6192
Doppelhaus	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	3476
Reihenhaus	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	231
Reihenhaus	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	232
Reihenhaus	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	235
Reihenhaus	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	234

Reihenhaus	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	239
Reihenhaus	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	237
Reihenhaus	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2598
Reihenhaus	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2733
Reihenhaus	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1574
Mehrfamilienhaus	1870	1919	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	3095
Mehrfamilienhaus	1920	1945	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2760
Mehrfamilienhaus	1946	1960	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	4347
Mehrfamilienhaus	1961	1970	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1013
Mehrfamilienhaus	1971	1980	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	2979
Mehrfamilienhaus	1981	1990	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	1181
Mehrfamilienhaus	1991	2000	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	43
Mehrfamilienhaus	2001	2005	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	54
Mehrfamilienhaus	2006	2011	Gasheizkessel (alt)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	51
Einfamilienhaus einstöckig	1870	1919	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	522
Einfamilienhaus einstöckig	1920	1945	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	524
Einfamilienhaus einstöckig	1946	1960	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	535
Einfamilienhaus	1961	1970	Gasheizkessel	Zentralheizungssystem	529

einstöckig			(Brennwertkessel)	m mit Elektro-Wassererwärmer	
Einfamilienhaus einstöckig	1971	1980	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	544
Einfamilienhaus einstöckig	1981	1990	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	538
Einfamilienhaus einstöckig	1991	2000	Gasheizkessel (Brennwertkessel)	Zentralheizungssystem mit Elektro-Wassererwärmer	12368