

Gebäude maximaler Energieeffizienz  
mit integrierter erneuerbarer  
Energieerschließung  
Aktionsplan Plusenergiegebäude

R. Bointner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**56f/2012**

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung Aktionsplan Plusenergiegebäude

DI Raphael Bointner  
Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe  
Technische Universität Wien

Wien, Juni 2012

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Wesentliche Erkenntnisse .....	4
3. Empfehlungen .....	9
3.1. Empfehlungen für die Bauwirtschaft .....	9
3.2. Empfehlungen für politische Rahmenbedingungen .....	10
3.3. Empfehlungen für Forschung und Entwicklung .....	13
4. Zukünftige Bedeutung von Plus-Energie-Gebäuden.....	14
5. Literaturverzeichnis .....	18

## Haftungsausschluss

Trotz sorgfältiger Recherche kann für die Richtigkeit der Inhalte, weiterführende Links u.dgl. sowie die künftige Gültigkeit keinerlei Haftung übernommen werden. Die in dieser Studie enthaltenen Informationen ersetzen nicht eine gewissenhafte, ingenieurmäßige Planung sowie die Beachtung der einschlägigen Normen und gesetzlichen Vorschriften für konkrete Umsetzungsprojekte.

# 1. Einleitung

Die Bereitstellung von Energiedienstleistungen in Gebäuden macht einen erheblichen Anteil am gesamten Energiebedarf Österreichs aus und wird zum Großteil mit fossiler Energie abgedeckt. Damit verbunden sind eine hohe Importabhängigkeit, eine kritische Versorgungssicherheit und immense Treibhausgasemissionen. Mit steigenden Preisen für fossile Energieträger wird die Suche nach Alternativen ökonomisch immer dringlicher und erfordert neue Systemansätze in allen gesellschaftlichen Bereichen. Vor allem Verbesserungen im Gebäudebestand (Private Haushalte, Industrie, Landwirtschaft und Dienstleistungssektor) sind hier durch Steigerung der Energieeffizienz und der ökologischen Suffizienz besonders gefordert, da Österreich im Schnitt mehr als 200 Heiztage pro Jahr aufweist und in den warmen Sommermonaten zunehmend ein Bedarf an Raumkühlung besteht. Die sich daraus ableitbaren Sparpotentiale thermischer und elektrischer Energie in Gebäuden sowie die Nutzbarmachung der vorhandenen, natürlichen erneuerbaren Energieressourcen sind für die Sicherung der heimischen Interessen von hervorragender Bedeutung. Neben einem verringerten (fossilen) Energieverbrauch und einem Beitrag zu den österreichischen Klimaschutzzielen seien Stichworte wie Versorgungssicherheit und Technologieführerschaft exemplarisch für positive Nebeneffekte eines verbesserten Gebäudebestands erwähnt<sup>1</sup>.

Die Gestaltung energieeffizienter Aufbauten der Gebäude mit integrierter Nutzung erneuerbarer Energiequellen ist damit ein wichtiger Schritt zur Gestaltung eines nachhaltigen Energiesystems mit einer Verringerung der Treibhausgasemissionen und Verbesserung der Versorgungssicherheit sowie einer deutlichen Erhöhung der Energieeffizienz. Die langfristige Vision ist eine bebaute Umwelt, die vom Energieverbraucher zum Lieferanten von Energie wird und somit dem innovativen Konzept eines Plusenergiegebäudes entspricht. Die zentrale Fragestellung, die sich daraus ergibt, handelt somit um die Einsatzmöglichkeit und den Nutzen von Plusenergiegebäuden hinsichtlich ihrer energetischen, ökologischen und ökonomischen Machbarkeit.

Dabei zeigt sich, dass wirtschaftlich umsetzbare Plusenergiegebäude unter Berücksichtigung der Ökologie und mit Einsatz erneuerbarer Energie schon heute möglich sind. Neben Aspekten der Planung und der ökonomischen Rahmenbedingungen sind natürlich auch rechtliche und soziale Komponenten für Plusenergiegebäude sowie das fachgerechte Nutzerverhalten entscheidend. Dafür sind zum Teil ein Umdenken und ein bewussterer Umgang mit Energie nötig. Letztlich können richtig genutzte Plusenergiegebäude neben Aspekten wie der Wirtschaftlichkeit und des geringen Energieverbrauchs auch mit einer Steigerung der Nutzerzufriedenheit überzeugen und damit ihren Bewohnern und Nutzern zum Vorteil dienen.

---

<sup>1</sup> Eine aktuelle Studie zur wirtschaftlichen Entwicklung erneuerbarer Energietechnologien in Österreich bietet Bointner et. al. 2012b.



## 2. Wesentliche Erkenntnisse

Plusenergiegebäude können über einen längeren Zeitraum betrachtet – in der gegenständlichen Arbeit bis 2050 – einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und des nicht-erneuerbaren Primärenergieverbrauchs leisten und dabei unter gewissen Voraussetzungen auch kostengünstig sein. Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es bei allen untersuchten Modellgebäuden möglich unter Berücksichtigung von Errichtung, Instandhaltung und Betrieb des Gebäudes bis 2050 eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz – sprich CO<sub>2</sub>-Einsparungen - durch Einspeisung von erneuerbarem Strom ins Netz zu erreichen. In Bezug auf den nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarf ist ebenfalls eine negative, jährliche Betriebsbilanz, die nicht-erneuerbare Energieaufwendungen kompensiert, bei allen Gebäuden möglich.

Aus ökonomischer Sicht können durch den Einsatz des richtigen Heizsystems, einer energieeffizienten Elektrogeräte-Ausstattung und dem Einsatz von Photovoltaik Kostenreduktionen im Vergleich zu einer Basisausstattung der Gebäude erzielt werden. Ein wesentlicher Punkt der primärenergetischen und ökologischen Optimierung – der Einsatz von ökologischen Aufbauten – erscheint derzeit aber noch zu teuer. Daher ist zur weiteren Verbreitung von ökologischen Plusenergiegebäuden ein Augenmerk auf Kostenreduktionen unter anderem durch Forschung, Weiterentwicklung, Standardisierung und Vorfertigung im Bereich nachhaltiger Aufbauten zu legen.

Drei wesentliche Aspekte in der Gestaltung eines Plusenergiegebäudes, die sich zum Teil auch gegenseitig beeinflussen, sind der Standort, die Architektur und die Wahl des Heizsystems – sofern ein Heizwärmebedarf besteht. Die Kenntnis grundlegender klimatischer Daten des Gebäudestandorts erscheinen daher für eine qualitativ hochwertige Planung unumgänglich. Darauf hat das architektonische Konzept Rücksicht zu nehmen, insbesondere in Hinblick auf die Nutzung passiver solarer Erträge im Winter, der Sommertauglichkeit und der Bereitstellung verschattungsfreier Flächen zur Nutzung gebäudeintegrierter Photovoltaik. Bezüglich des Heizsystems kann keine eindeutige Empfehlung abgegeben werden. Je nach Nutzung des Gebäudes und benötigtem Temperaturniveau können unterschiedliche Heizsysteme vorteilhaft sein. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass unter Berücksichtigung aller Optimierungskriterien – Energie, Ökologie und Ökonomie – eine Wärmepumpe, ein Pelletkessel oder ein Fernwärmeanschluss die beste Lösung darstellen. An geeigneten Standorten kann bei entsprechenden inneren und solaren Gewinnen sowie sehr hohen Dämmstandards der Einbau eines Heizsystems unter Umständen ganz entfallen. Die Volatilität der Sonnenstrahlung macht den Einsatz von Solarthermie in den untersuchten Gebäuden ohne entsprechende Energiespeicher wenig attraktiv, da der Heizwärmebedarf so gering ist, dass in allen drei Optimierungsdimensionen ein monovalentes Heizsystem zum Einsatz kommt. Die Entwicklung von Energiespeichern und / oder der Wärmeeinspeisung in

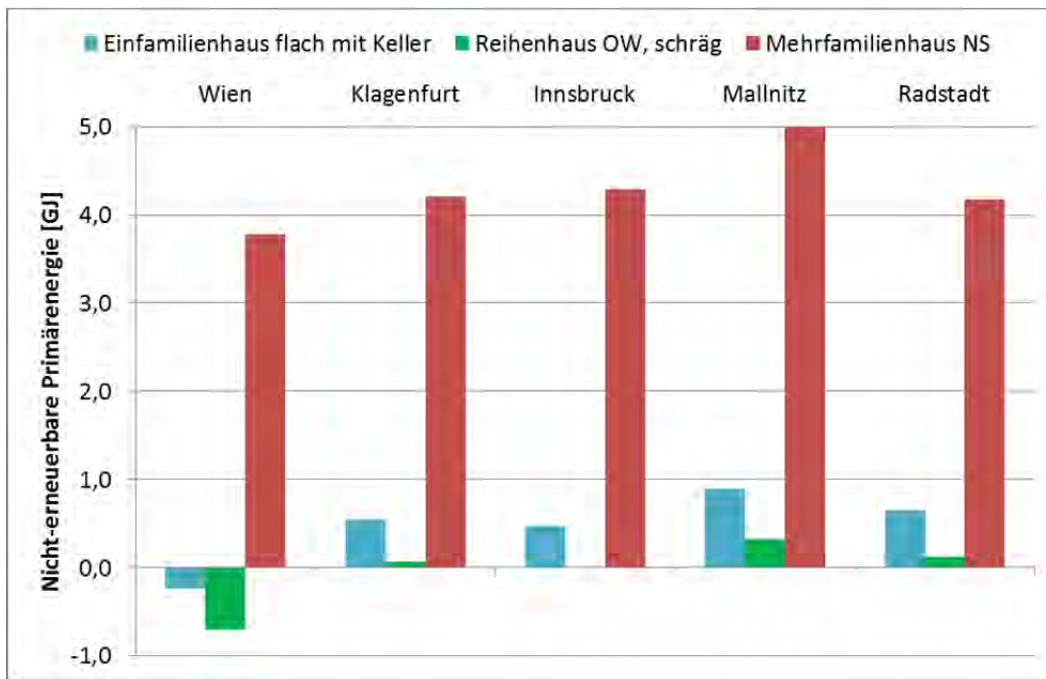
Fernwärmenetze werden daher hinsichtlich des zukünftigen Potentials der Solarthermie in Plusenergiegebäuden entscheidend sein.

Ein Kühlbedarf sollte in Wohngebäuden in Österreich durch planerische Maßnahmen gänzlich vermieden werden, was in den Modellgebäuden an den untersuchten Standorten realisiert werden konnte. Im Modell-Bürogebäude wird sich ein Kühlbedarf selbst unter Einsatz entsprechender Sonnenschutzrichtungen und energieeffizienten Geräten, die geringe innere Lasten mit sich bringen, nicht vollständig vermeiden lassen.

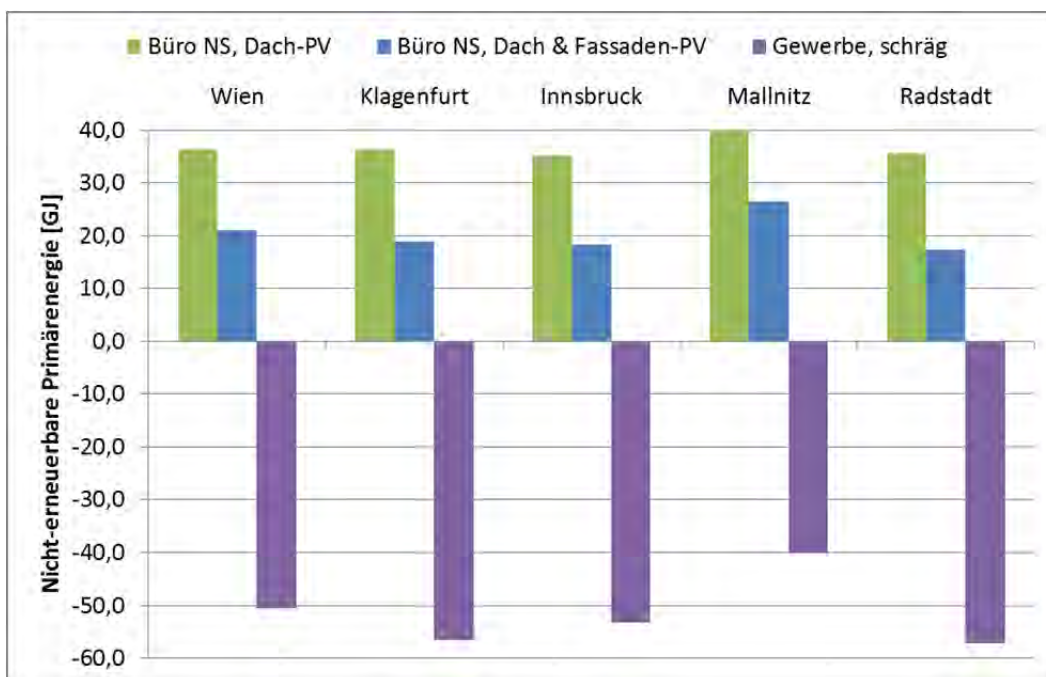
Maßnahmen zur Deckung dieses Kühlbedarfs wurden in der gegenständlichen Arbeit nicht näher untersucht, es sind aber einfache Lösungen, wie z. B. Nachtlüftungssysteme und eine gemeinsame Planung mit dem Heizsystem anzustreben. Hier erscheint besonders die Kombination einer Photovoltaik-Anlage mit einer Wasser/Wasser- oder Sole/Wasser-Wärmepumpe als attraktive Lösung, falls Belüftungsmaßnahmen nicht ausreichend sind.

Verschattungsfreie Photovoltaik kann nach den energetischen, ökologischen und ökonomischen Optimierungszielen als elementarer Bestandteil eines Plusenergiegebäudes angesehen werden. Sollte sich die Photovoltaik hinsichtlich ihres Wirkungsgrades und der Preise wie in den vergangenen Jahren weiterentwickeln, wird sie in den nächsten Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit eine weite Verbreitung im Gebäudesektor finden. Damit steigen aber auch die Anforderungen an das Verteilnetz großen Mengen an eingespeistem Photovoltaik-Strom gerecht zu werden. Kleinwindkraft kann zwar einen Beitrag zur Verbesserung der ökologischen und energetischen Bilanz der untersuchten Gebäude liefern, ist aber aus ökonomischer Sicht nur an optimalen Windstandorten geeignet. Daneben gilt es noch einige weitere Fragen, wie der Lebensdauer, der Auswirkungen auf die Gebäudestatik durch Schwingungen und der rechtlichen Rahmenbedingungen zu klären. Unter Bedachtnahme aller heute verfügbaren Informationen ist vom Einsatz der Kleinwindkraft abzuraten.

Zusammenfassend sind Plusenergiegebäude auch unter der Restriktion der Wirtschaftlichkeit möglich. Im Gegensatz zur primärenergetisch und ökologisch sinnvollsten Variante sind dabei natürlich Abstriche zu machen. So kann anders als bei der rein energetischen Optimierung nicht bei allen Gebäuden eine negative nicht-erneuerbare Primärenergiebilanz unter Berücksichtigung von Errichtung und Betrieb bis 2050 erzielt werden (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2). Betrachtet man hingegen die jährliche Bilanz entsprechend der gewählten Definition für Plusenergie, so ist es an allen untersuchten Standorten möglich unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit im Bereich der Wohngebäude als auch der Nicht-Wohngebäude Plusenergie-Standard zu realisieren (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4). Beim Bürogebäude ist dazu aber zusätzlich zur Photovoltaik-Anlage am Dach eine fassadenintegrierte Anlage nötig.



**Abbildung 1: Nicht-erneuerbare Primärenergie der ökonomisch günstigsten Variante bei Wohngebäuden unter Berücksichtigung von Errichtung und Betrieb bis 2050 (Errichtung und Betrieb bis 2050)**



**Abbildung 2: Nicht-erneuerbare Primärenergie der ökonomisch günstigsten Variante bei Nicht-Wohngebäuden unter Berücksichtigung von Errichtung und Betrieb bis 2050 (Errichtung und Betrieb bis 2050)**

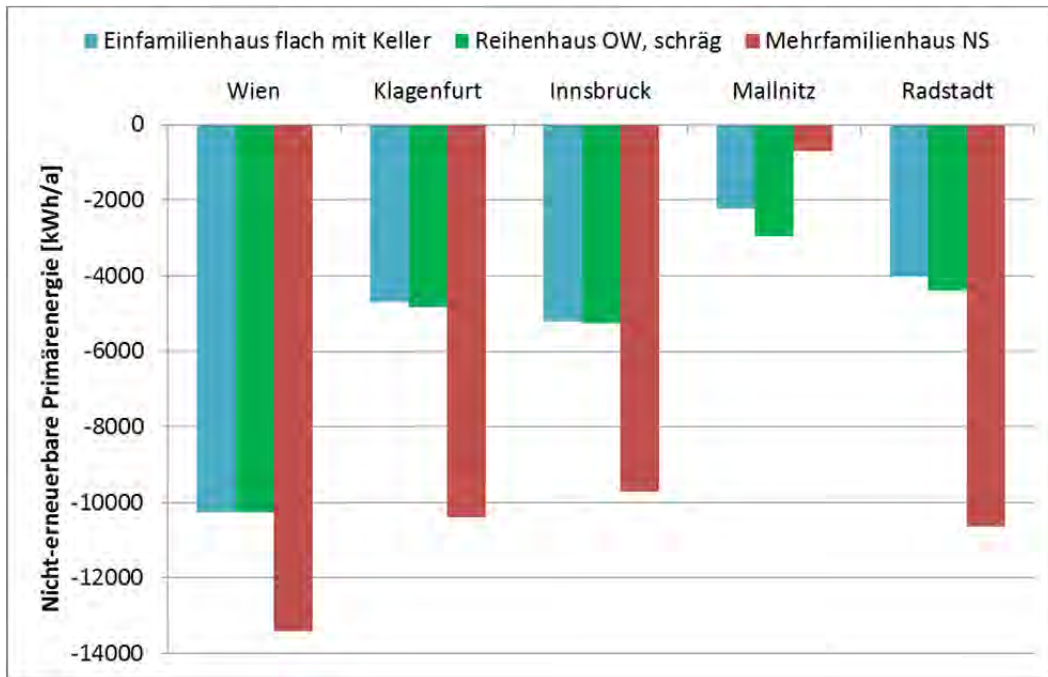


Abbildung 3: Nicht-erneuerbare Primärenergie der ökonomisch günstigsten Variante bei Wohngebäuden p. a.

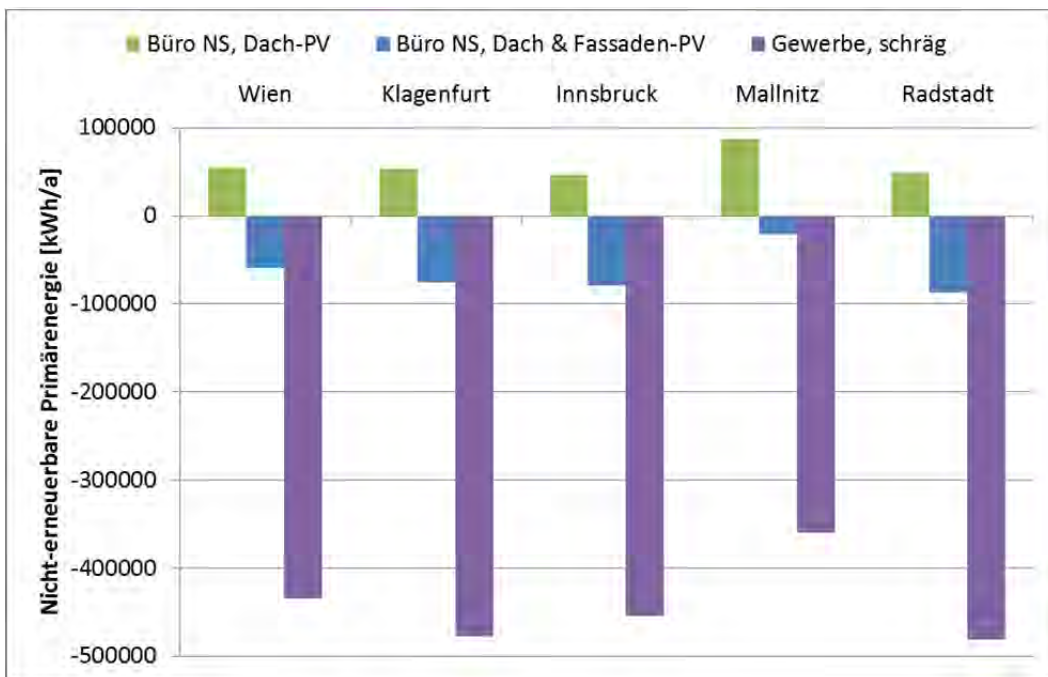


Abbildung 4: Nicht-erneuerbare Primärenergie der ökonomisch günstigsten Variante bei Nicht-Wohngebäuden p. a.

Neben lokalklimatischen, architektonischen, technischen, energetischen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen sind natürlich auch rechtliche und soziale Komponenten für Errichtung und Betrieb von Plusenergiegebäuden entscheidend. Die Definition zur „Erreichung kostenoptimaler Niveaus“ gemäß Artikel 4.1 der EU-Richtlinie 2010/31/EU in Niedrigst-Energiegebäuden (Lebensdauer, Zinssätze, Preisentwicklungen) sowie die Ausbildung und Schulung von Fachpersonal sind nur zwei dieser Herausforderungen der nächsten Jahre.

Daneben ist natürlich der Nutzer entscheidend. Nur durch ein entsprechendes Nutzerverhalten wird es möglich sein, dass die Plusenergiegebäude halten, was sie versprechen. Dafür sind zum Teil auch ein Umdenken und ein bewussterer Umgang mit Energie nötig. Letztlich können richtig genutzte Plusenergiegebäude neben Aspekten wie der Wirtschaftlichkeit und des geringen Energieverbrauchs auch mit einer Steigerung der Nutzerzufriedenheit überzeugen und damit seinen Bewohnern und Nutzern zum Vorteil dienen: Gebäude für Menschen.

Empfehlungen, die sich aus diesen Erkenntnissen ableiten lassen sowie ein Ausblick in die Zukunft von Plusenergiegebäuden hinsichtlich ihrer zukünftigen Relevanz im österreichischen Gebäudebestand sind in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt. Ausführliche Informationen bietet Bointner et al, 2012a.

## 3. Empfehlungen

### 3.1. Empfehlungen für die Bauwirtschaft

Zusammenfassend lassen sich aus den Ergebnissen von Bointner et al, 2012a folgende Planungsleitsätze für die Optimierung der architektonischen Rahmenbedingungen von Plusenergiegebäuden formulieren.

- Eine Berücksichtigung der lokalen klimatischen Gegebenheiten ist für die Optimierung der architektonischen Rahmenbedingungen von Plusenergiegebäuden unbedingt erforderlich.
- Durch Vergrößerung der südseitigen Glasflächen lassen sich die passiven solaren Gewinne steigern und der Heizwärmebedarf senken, zugleich steigt jedoch die Gefahr einer sommerlichen Überwärmung.
- Tendenziell nehmen die erzielbaren Energieeinsparungen durch Öffnung der Südfassade mit zunehmender Seehöhe des Gebäudestandortes zu.
- Zugleich nimmt das Risiko einer sommerlichen Überwärmung mit zunehmender Seehöhe des Gebäudestandortes tendenziell ab.
- Eine exakte Südorientierung der Südfassade ist sowohl für den Heizwärmebedarf, als auch für die sommerlich auftretenden Raumtemperaturen gegenüber einer Verschwenkung nach Osten oder Westen von Vorteil.
- Der zu erwartende Kühlbedarf und die maximal auftretenden Raumtemperaturen liegen in westlich orientierten Räumen in der Regel nur geringfügig höher, als in gleichen Räumen mit östlicher Orientierung. Betrachtet man das Tagesmaximum der Kühlleistung (bzw. die Kühllast), so fällt die Differenz zwischen östlicher und westlicher Orientierung wesentlich höher aus.
- Die verfügbare Speichermasse spielt vor allem bei großen südseitigen Glasflächen zur Erzielung von angenehmen Raumtemperaturen im Sommer eine wesentliche Rolle.
- In dichtverbauten stadträumlichen Situationen spielt die Straßenbreite bei ost-westorientierten Gebäudestandorten kaum eine Rolle. Bei nord-südorientierten Gebäuden hingegen wirkt sich der Gebäudeabstand über die Fassadenverschattung deutlich auf die erzielbaren passiven solaren Gewinne und damit auf den Heizwärmebedarf aus.
- Durch den Einsatz einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Lüftungswärmerückgewinnung kann der Heizwärmebedarf drastisch reduziert werden. Der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnungsanlage wirkt sich dabei stark auf die jeweilige erzielbare Energieeinsparung aus.

- Durch Anordnung von Lüftungsöffnungen in zwei oder mehr unterschiedlichen Fassadenebenen kann der nächtliche Luftwechsel erhöht und die auftretenden Maximaltemperaturen gesenkt werden.
- Dachgeschoßräume mit Schrägverglasungen in Ost-, Süd- oder Westorientierung sind in Bezug auf die Sommertauglichkeit grundsätzlich als kritisch zu sehen. Nur durch Erhöhen der speicherwirksamen Masse, das ermöglichen einer Quer- oder Diagonallüftung und die Ausführung der Schrägverglasung mit Sonnenschutzgläsern bzw. außenliegendem Sonnenschutz können hier angenehme sommerliche Temperaturen gesichert werden.
- Vollverglaste Fassaden schneiden im Bürobau in nördlicher, östlicher und westlicher Orientierung sowohl im Heizfall als auch im Kühlfall schlechter ab, als Fassaden mit geringerem Verglasungsanteil. Bei Orientierungen in südlicher Richtung zwischen etwa 105° und 255° können sich größere Verglasungsanteile positiv auf den Heizwärmebedarf auswirken, es ist jedoch fraglich, ob der gleichzeitig erhöhte Kühlbedarf in der Ganzjahresbilanz dadurch ausgeglichen werden kann.
- Das Heizsystem und ggf. ein Kühlsystem sollten unter Berücksichtigung der lokalklimatischen Gegebenheiten einer gemeinsamen Planung unterzogen werden. Daneben sollen nach Möglichkeit verschattungsfreie Flächen für Photovoltaik eingeplant werden.

### **3.2. Empfehlungen für politische Rahmenbedingungen**

Gerade den politischen Rahmenbedingungen kommt in der Entwicklung und Markteinführung von neuen Technologien im Energiebereich eine große Bedeutung zu. Aufgrund sich wandelnder Rahmenbedingungen durch die Verknappung von Ressourcen gewinnen die Fragen der Effizienz, Suffizienz und Ökologie neben der ökonomischen Komponente immer mehr an Bedeutung. Auf EU-Ebene wurden in den letzten Jahren bereits zahlreiche gesetzliche Initiativen verabschiedet, die auf diese Entwicklung Bezug nehmen. In Anbetracht der Tatsache, dass Erdöl und Erdgas sich rasch ihrem globalen Fördermaximum nähern oder, - wie einige Experten behaupten - bereits überschritten haben, werden auch in Zukunft weitere Maßnahmen zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern nötig sein. Der Gebäudebereich ist heute für einen großen Teil des Energieverbrauchs verantwortlich und durch lange Lebensdauern von Gebäuden mit bis zu einhundert Jahren oder mehr, wird sich ohne rasche Maßnahmen in den kommenden Jahrzehnten nicht viel ändern. Darüber hinaus werden Gebäude nur in langen Intervallen von etwa dreißig bis vierzig Jahren größeren Sanierungsarbeiten unterzogen, womit bis 2050 beim heutigen Gebäudebestand von nur einer Renovierung auszugehen ist. Somit wird es speziell im Gebäudesektor darauf ankommen, einerseits den Energiebedarf zu senken und ihn andererseits durch lokal vorhandene, erneuerbare Energieressourcen – zumindest teilweise - nachhaltig zu decken.

Unter Bedachtnahme der oben genannten Punkte erscheinen folgende Maßnahmen zur Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern bei gleichzeitiger Energieeffizienzsteigerung erforderlich, die auf politischer Ebene wegen der langen Zeitkonstanten im Gebäudesektor rasch umgesetzt werden müssen. Im Rahmen einer umfassenden Energie- und Klimapolitik sollen hier Überlegungen wie Versorgungssicherheit, Ökonomie, Klimaschutz, öffentliche Akzeptanz und Betriebssicherheit im Vordergrund stehen (vgl. Koch, 2012):

- Eine rasche Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie 2010/31/EU auf ambitioniertem Niveau, um der Vorreiterrolle Österreichs im Gebäude-Know-How im Sinne der heimischen Wirtschaft auch weiterhin gerecht zu werden.
- Eine rasche Definition des kostenoptimalen Niveaus für Niedrigenergiegebäude, wie in der EU-Gebäuderichtlinie 2010/31/EU gefordert, vgl. Verordnung zu kostenoptimalen Niveaus der EU-Gebäuderichtlinie EU Nr. 244/2012
- Laufende Anpassung von Minimum-Effizienz-Standards für Bauteile (z. B. U-Werte) um dem technologischen Fortschritt Rechnung zu tragen. Öffentliche Gebäude können dabei eine Vorbildfunktion erfüllen. Eine solche öffentliche Vorbildfunktion wird auch mehrfach von der EU gefordert, u. a. gemäß der EU Energieeffizienz-Richtlinie, 2009/28/EG, Art. 13 (5).
- Aufwertung des Energieausweises von Gebäuden durch Sanktionsmechanismen bei Zuwiderhandeln, wie dies in der Vorlage zum Energieausweisvorlagegesetz bereits angedacht ist. Daneben muss in der Bevölkerung auch Aufklärungsarbeit geleistet werden, da das Wissen über Energieausweise von Gebäuden noch sehr wenig verbreitet ist.
- Forcierung der Sanierungsrate von Gebäuden; dies ist unter anderem eine Forderung der EU-Kommission in ihrer Stellungnahme zur Energieeffizienz, die Sanierungsrate der öffentlichen Gebäude auf 3% p.a. zu steigern, vgl. Energieeffizienzplan 2011 KOM(2011) 109. Die öffentliche Hand kann hier mit einem positiven Beispiel voran gehen und öffentliche Gebäude durch ein Konjunkturprogramm verstärkt sanieren, wodurch auch verstärkt private Investitionen ausgelöst werden.
- Dänemark geht mit einem positiven Beispiel voran und untersagt den Einbau von Ölheizungen in neuen Gebäuden ab 2013. Bei Renovierungen gilt dieses Verbot ab 2016, falls ein Fernwärme- oder Erdgasanschluss verfügbar ist (siehe Koch, 2012 und Dänisches Ministerium für Klima, Energie und Gebäude, 2011). Damit geht Dänemark noch einen Schritt weiter als die Forderung der „Erneuerbaren Richtlinie“ 2009/28/EG, die den verpflichtenden Einsatz von erneuerbaren Energiequellen in Neubauten und bei größeren Renovierungsarbeiten ab 2015 vorschreibt (siehe Art. 13 (4)), und nimmt einen zentralen Punkt der EU Low-Carbon-Roadmap 2050, KOM(2011) 112, vorweg.
- Gesetzlich definierte Minimeffizienzstands bei Haushaltsgeräten können in der Regel ohne Mehrkosten bei der Anschaffung enorme Energieeinsparungen im Betrieb hervorrufen. Eine periodische Evaluierung, in etwa alle drei bis fünf Jahre,



von solchen Minimumeffizienzstands und ihre kontinuierliche Verschärfung sind daher dringend empfehlenswert (vgl. van Sark et al, 2010)

- Definition von verbindlichen äußeren Grenzen für Schatten werfende Objekte auf Nachbargrundstücke in lokalen Widmungsplänen (Schaffung von Planungs- und Rechtssicherheit, in Deutschland unter dem Titel „Recht auf Verschattungsfreiheit“ diskutiert).
- Schaffung geeigneter Modelle zur optimalen Aufteilung von Speicheraufgaben auf Endkunden und Netzbetreiber; Öffnung der vorhandenen thermischen und elektrischen Netze für dezentrale Netzeinspeisung.
- Forcierung der Aus- und Weiterbildung von unabhängigem Fachpersonal für nachhaltiges Bauen, wie es in zahlreichen EU-Dokumenten gefordert wird, vgl. u. a. 2009/28/EG, Art. 14. Diese Aus- und Weiterbildung sollte – ohne Anspruch auf Vollständigkeit - Gebäudeplaner und –techniker, Handwerker, Zivilingenieure, Immobilienmanager und –makler, Architekten sowie Energiefachleute umfassen.
- Innovative Finanzierungsinstrumente, wie Zinsvergünstigungen, wurden bereits in einigen EU-Mitgliedstaaten eingeführt, um Investitionen des Privatsektors in effiziente Gebäudelösungen anzuregen. Daneben sollen auch private Finanzierungsmodelle sowie Energie-Contracting-Modelle wissenschaftlich untersucht und ggf. politisch forciert werden; vgl. KOM(2011) 112, S. 9.
- Zusätzlich zur Energiepreisentwicklung bestimmten Steuern und Abgaben auf Brennstoffe über die Effizienz, mit denen diese eingesetzt werden. Eine entsprechende Besteuerung fossiler Energieträger bietet neben dem oben genannten Verbot von Ölkesseln einen wirkungsvollen Anreiz für Bauherren, Effizienztechnologien und erneuerbare Energiesysteme zu nutzen.
- Aufwertung der Energieeffizienzklassen von Haushaltsgeräten und Ausweitung auf weitere Haushaltsgeräte, um den Stromverbrauch im Haushalts- und Dienstleistungssektor zu senken
- Bereitstellung von entsprechenden Fördermitteln für Forschung und Entwicklung von Plus-Energie-Gebäuden, insbesondere für Grundlagenforschung zur ökonomischen, ökologischen und soziologischen Folgenabschätzung. Durch Grundlagenforschung kann neben der Ausbildung von hochqualifizierten Fachkräften auch ein langfristiger österreichischer Know-How-Vorsprung im Bereich innovativer Gebäudesysteme gesichert werden (vgl. Bointner et al, 2012b).
- Im Falle schon bestehender thermischer Netze: Verdichtung der Fernwärme bis zur vollflächigen Erweiterung auf ganze Stadtgebiete in Verbindung mit thermischer NetZRückspeisung aus dezentralen (Ab-)wärmequellen. Bei einer Verstärkung der Strategie umfassender thermischer Sanierungen im städtischen Bereich könnte ein weitgehender Ersatz von fossiler Energie zur Deckung des Wärmebedarfs eher erreichbar sein.

### 3.3. Empfehlungen für Forschung und Entwicklung

Aus der gegenständlichen Arbeit lassen sich zahlreiche Empfehlungen für zukünftige Forschungs- und Entwicklungstätigkeit ableiten. Die Durchführbarkeit dieser Forschungsvorhaben ist unter den heutigen Rahmenbedingungen jedoch vorwiegend an die politische Bereitschaft entsprechende Forschungsgelder für Grundlagenforschung bereitzustellen geknüpft, wie dies bereits oben erwähnt wurde. Die Empfehlungen für Forschung und Entwicklung im Detail sind:

- Die konsequente Anwendung von Erkenntnissen zu Plusenergiegebäuden im Neubau sollte in den nächsten Jahren zur frühen Marktreife der Technologie führen. Weitere Grundlagenarbeiten sind aber zur Entwicklung von Plusenergie-Sanierungskonzepten notwendig, da im Gebäudebestand wesentlich mehr Einsparungspotential als im Neubau gegeben ist.
- Vorgefertigte Plusenergie-Gebäudekomponenten können zur Kosteneinsparung in Neubau und Sanierung beitragen und Bauzeiten verringern. Um eine möglichst große Bandbreite an Einsatzbereichen abzudecken, sollen diese Komponenten in standardisierter Weise einfach zu größeren Baugruppen zu vereinen sein, die vor Ort nur noch montiert werden müssen. In diesem Punkt ist vor allem anwendungsorientierte Forschung und das Gewinnen von Erfahrungswerten durch Demonstrationsgebäude gefragt. Falls man solche vorgefertigten Komponenten auch möglichst ökologisch gestalten möchte, so ist auch hier weitere Grundlagenforschung nötig
- Aktuelle Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum Thema Plusenergiegebäude sind großteils auf die Errichtung und das fertig gestellte Gebäude konzentriert oder befassen sich mit der energetischen Bilanzierung über einen idealtypischen Zeitraum von meist einem Jahr. Eine ökologische und wirtschaftliche Gesamtoptimierung von Plusenergiegebäuden erfordert jedoch die Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen, wozu noch geeignete Methoden und Verfahren, ebenso wie entsprechende Kennwerte, entwickelt werden müssen.
- Bei allen Modellgebäuden ist aus heutiger, ökonomischer Sicht die konventionelle Bauweise günstiger als die konventionell-ökologische und die ökologische Variante der Aufbauten. Daher sind weitere Forschungsanstrengungen und Produktverbesserung nötig, die auf eine Kostenreduktion bei den ökologischen Aufbauten abzielen.

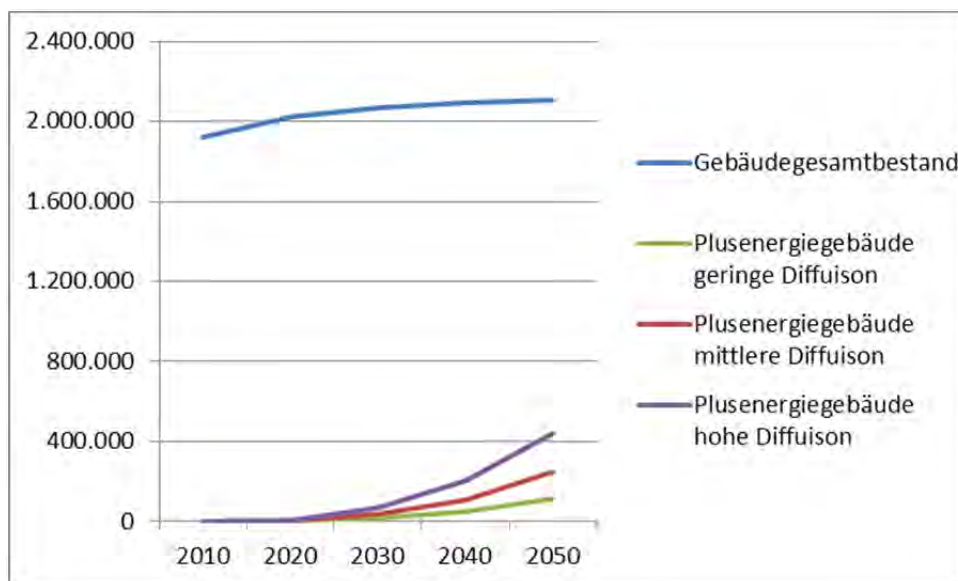
## 4. Zukünftige Bedeutung von Plus-Energie-Gebäuden

Plus-Energie-Gebäude werden in den nächsten Jahren und Jahrzehnten mehr und mehr Bedeutung gewinnen. Dies liegt an verschiedenen Gründen. Klimaschutzziele und die zunehmende Verknappung fossiler Energieressourcen führen in Verbindung mit steigenden Energiepreisen und Problemen in der Versorgungssicherheit zur Änderung der politischen Rahmenbedingungen. So soll ein „Niedrigst-Energie-Standard“ für öffentliche Gebäude ab 2019 und ab 2021 für alle Renovierungen und Neubauten etabliert werden. Bis 2050 sollen entsprechend der EU-Low-Carbon-Roadmap 2050 die Treibhausgasemissionen im Sektor Wohnen und Dienstleistungen um etwa 90% im Vergleich zum Basisjahr 1990 zurückgehen. Die Komponenten, die für Plus-Energie-Gebäude nötig sind, sind heute bereits größtenteils verfügbar und einsatzbereit. Wichtig ist jedoch mehr Know-How im Zusammenspiel dieser Komponenten zu gewinnen. Dafür ist neben der großflächigen Anwendung erprobter Maßnahmen auch die Umsetzung von innovativen Demonstrationsobjekten erforderlich. Einige dieser Vorreiter werden in Bointner et al, 2012a im Detail erwähnt. Auch die Technische Universität Wien geht hier mit einem positiven Beispiel voran und wird in Zusammenarbeit mit dem Gebäudeeigentümer der Bundesimmobiliengesellschaft, das sogenannte Chemiehochhaus am Wiener Getreidemarkt zu einem Plus-Energie-Büro sanieren (Heizwärmebedarf: 3,4 kWh/m<sup>2</sup>a, Kühlbedarf: 2,5 kWh/m<sup>2</sup>a, Beleuchtungsenergiebedarf: 5,6 kWh/m<sup>2</sup>a, nicht erneuerbarer Netto-Primärenergiebedarf: < 0 kWh/m<sup>2</sup>a durch Einsatz einer PV-Anlage).



**Abbildung 5: Chemiehochhaus der Technischen Universität Wien; links vor der Sanierung und rechts ein Rendering der Sanierung zum Plusenergiebüro mit fassadenintegrierter PV-Anlage; Quelle: TU-Wien (links), Architekten Hiesmayr-Gallister-Kratochwil (rechts)**

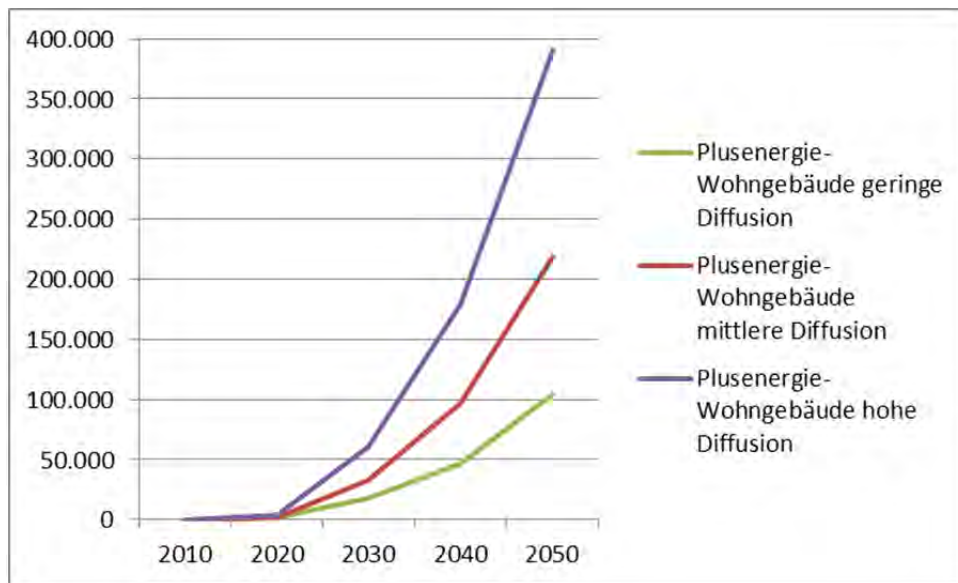
Damit ist bereits der sensibelste Bereich der zukünftigen Relevanz von Plus-Energie-Gebäuden angesprochen. Die Neubaurate in Österreich liegt nur bei 1–1,5% p. a., womit im Jahr 2050 nur etwa 16% der Wohngebäude und 27% der Nicht-Wohngebäude in Österreich jünger als dreißig Jahre sein und den neuesten Gebäudestandards entsprechen werden (vgl. Müller et al, 2010). Damit liegt, bei ungleich größeren Herausforderungen für die Planung und die Technologie, das wesentlich größere Potential für Plusenergie im Gebäudebestand. Es wird in Zukunft also vor allem auf Lösungen zur Erreichung des Plus-Energie-Standards im Gebäudebestand ankommen. Deutlich wird dies auch in Abbildung 6. Es wird noch einige Jahrzehnte dauern, bis sich Plusenergiegebäude auf den Gesamtgebäudebestand in Österreich signifikant auswirken werden. Je nach Diffusionsrate – in den Szenarien einer geringen, mittleren und hohen Technologiediffusion - werden Plusenergiegebäude einen Anteil von 5% – 21% am österreichischen Gebäudebestand im Jahr 2050 erreichen. Die geringe Diffusionsrate entspricht in etwa einer Entwicklung ohne begünstigende Einflüsse, bei der hohen Diffusionsrate wird von einem positiven Marktumfeld für Plusenergiegebäude ausgegangen. Als Diffusionstreiber hin zu einer hohen Verbreitung von Plusenergiegebäuden können in erster Linie Kosteneinsparungen der neuen Technologie (z. B. durch hohe Energiepreise), Förderungen und ordnungspolitische Maßnahmen (z. B. eine ambitionierte Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie 2010/31/EU) gesehen werden.



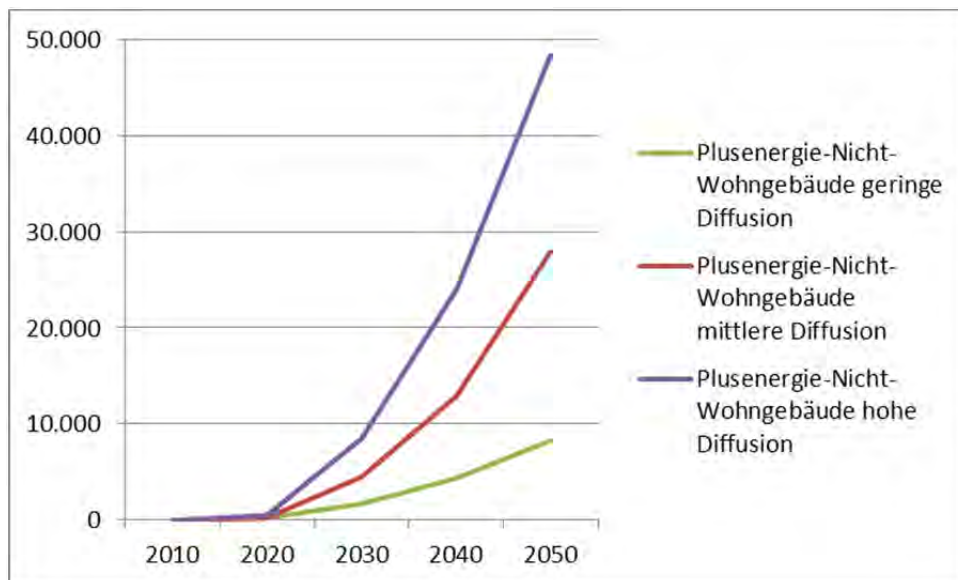
**Abbildung 6: Szenarien der Anzahl von Plusenergiegebäuden am österreichischen Gebäudebestand**

Wenngleich die Anzahl von Plusenergiegebäuden auf den ersten Blick in Abbildung 6 gering erscheinen mag, so wird in Abbildung 7 und Abbildung 8 deutlich, dass von einigen hunderttausend Gebäuden bis 2050 die Rede ist. Je nach Diffusionsszenario werden im Jahr 2050 ca. 100.000 bis 400.000 Wohngebäude bei einer Gesamtzahl von 1,85 Mio. Wohngebäuden durch Neubau und Sanierung Plusenergie-Standard erreichen, wobei der Sanierung zur Erreichung dieser Anzahl an Gebäuden ein genau so großes Gewicht wie dem Neubau zugemessen werden muss. Gleiches gilt für den Bereich der Nicht-

Wohngebäude, in dem 8.000 bis 50.000 Plusenergiegebäude bis 2050 erwartet werden können. Bei einer Gesamtzahl von etwa 2,1 Mio. Gebäuden in Österreich im Jahr 2050 (vgl. Müller et al, 2010) kann also bis zu einem Fünftel Plus-Energie-Standard erreichen.



**Abbildung 7: Szenarien der Anzahl von Plusenergie-Wohngebäuden in Österreich**



**Abbildung 8: Szenarien der Anzahl von Plusenergie-Nicht-Wohngebäuden in Österreich**

Für das Erreichen eines Plus-Energie-Gebäudestandards lässt sich im Allgemeinen aus technischer Sicht folgende Reihenfolge definieren, wobei der Zielerreichungsgrad in hohem Maße vom Gebäudestandort, der zu Beginn gründlich untersucht werden muss, sowie der fachlich einwandfreien Bauausführung vor Ort abhängig ist:

**1. Niedrigstenergiegebäude**

Energieeffizienz aller Gebäudebauteile ist in der Regel die Grundvoraussetzung (z. B. Gebäudehülle analog Passivhausstandard)

**1. Nutzung passiver Wärmequellen**

Durch intelligente Planung des Gebäudes sollen passive Wärmequellen wie solare Einstrahlung, Abwärme von Geräten und die Körperwärme von Menschen (und allenfalls Tieren) bestmöglich genutzt werden.

**2. Effiziente Geräteausstattung**

Eine energieeffiziente Geräteausstattung erhöht durch eine Verringerung der Abwärme zwar den Heizenergiebedarf, senkt gleichzeitig jedoch den Strombedarf des Gebäudes, wodurch man dem Ziel Plus-Energie-Gebäude wiederum einen Schritt näher kommt.

**3. Nutzung erneuerbarer Energiequellen vor Ort**

Der thermische und elektrische Energiebedarf des Gebäudes sollte primär durch lokal verfügbare, erneuerbare Energiequellen gedeckt werden. Ein Stromüberschuss sollte nach Möglichkeit ins Netz eingespeist werden; gleiches gilt in Abhängigkeit vom Heizsystem für Wärme, sofern ein Wärmenetz vorhanden und die Einspeisung technisch möglich ist.

**4. Lieferung von erneuerbarer Energie**

In Zeiten, in denen der thermische und / oder elektrische Energiebedarf des Gebäudes nicht durch die Energiequellen vor Ort gedeckt werden kann, sollte elektrische Energie über Stromnetze und thermische Energie abhängig vom Heizsystem durch Fern-, Umgebungswärme oder in Form von Biomasse bezogen werden.

**5. Nutzerverhalten**

Entscheidend neben der Planung und der qualitativ hochwertigen Ausführung ist im Betrieb der Nutzer. Es ist auch bei den Bewohnern und Nutzern von Gebäuden ein Umdenken im Umgang mit einem Plusenergiegebäude notwendig. Schulungsmaßnahmen und Ausklärungsarbeit können hier einen entscheidenden Beitrag zur Nutzerakzeptanz und –zufriedenheit leisten.

## 5. Literaturverzeichnis

**Bointner, R., Bednar, T., Eikemeier, S., Ghaemi, S., Haas, R., Harreither, C., Huber-Fauland, H., Ipser, C., Krec, K., Leeb, M., Ponweiser, K., Steiner, T., Stieldorf, K., Wegerer, P., Wertz, D. 2012a:** „Gebäude maximaler Energieeffizienz mit integrierter erneuerbarer Energieerschließung“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Juni 2012.

**Bointner, R., Bayr, M., Biermayr, P., Friedl, C., Köppl, A., Kranzl, L., Mauthner, F., Tichler, R., Weiss, W. 2012b:** „Wachstums- und Exportpotentiale Erneuerbarer Energiesysteme“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Jänner 2012.

**EU Richtlinie 2009/28/EG** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen ... Amtsblatt der Europäischen Union L 140/136.

**EU Richtlinie 2010/31/EU** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung). Amtsblatt der Europäischen Union L 153/13.

**EU Verordnung Nr. 244/2012** DER KOMMISSION vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU ... über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden durch die Schaffung eines Rahmens für eine Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudekomponenten. Amtsblatt der Europäischen Union L 81/18.

**EU Energieeffizienzplan 2011**, KOM(2011) 109.

**EU Low-Carbon-Roadmap 2050**, KOM(2011) 112.

**Koch, Hans Jørgen, 2012:** “Towards independence from fossil fuels“, Vortragspräsentation; verfügbar unter [www.erneuerbare-energie.at/vortrge/koch.pdf](http://www.erneuerbare-energie.at/vortrge/koch.pdf), abgerufen 27.05.2012

**Müller, A., Biermayr, P., Kranzl, L., Haas, R., Altenburger, F., Weiss, W., Bergmann, I., Friedl, G., Haslinger, W., Heimrath, R., Ohnmacht, R., 2010:** „Heizen 2050: Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050“, Gefördert vom Klima- und Energiefonds.

**Van Sark, Wilfried, Junginger, Martin, et al:** "Technological Learning in the Energy Sector", Cheltenham, UK, 2010