

# "Energieeffizient, klimaneutral oder nachhaltig? - Das Null-Emissions-Passivhaus am Beispiel der Rotlintstraße in Frankfurt"

Marc Großklos, Michael Hörner, Dr. Nikolaus Diefenbach

Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Annastraße 15, D-64285 Darmstadt, info@iwu.de

## 1 Warum Null-Emission?

Das Ziel einer langfristigen Klimapolitik muss es sein, die anthropogenen Treibhausgas-Emissionen (THG) drastisch zu reduzieren. Nach gegenwärtigem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und unter Berücksichtigung der Aspekte globaler Verteilungsgerechtigkeit bedeutet das für Deutschland eine Reduktion der THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 um mindestens 80% gegenüber dem Stand des Jahres 1990. Dabei müssen alle Lebensbereiche betrachtet werden und Maßnahmen für jedes Handlungsfeld getrennt getroffen werden. Ein Durchschnitts-Deutscher verursacht heute THG-Emissionen von ca. 11 t CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr, 25% davon entfallen auf Heizung und Stromverbrauch (weitere Anteile: 23 % Verkehr, 36 % Konsum, 15 % Ernährung; Quelle UBA-CO<sub>2</sub>-Rechner).

Im Gebäudebereich bestehen große Potenziale zur Verminderung der THG-Emissionen, die das Ziel, ein Gebäude völlig ohne Emissionen zu betreiben, technisch machbar erscheinen lassen. Es existieren bereits einige sogenannte Null-Energie- oder Null-Emissionsgebäude, die Bilanzgrenzen von diesen sind aber nicht einheitlich definiert, so dass ein Vergleich schwierig ist. Einige Gebäude betrachten nur die Heizenergie, andere den gesamten Endenergieverbrauch (Wärme für Heizung und Warmwasser, Strom für Hilfsenergie und Haushalt).

Um das Ziel Null-Emission-Gebäude zu erreichen, stehen grundsätzlich drei Mechanismen zur Verfügung: Vermeidung, Substitution und Kompensation von Treibhausgas-Emissionen.

## 2 Von der Energieeffizienz zur Klimaneutralität von Gebäuden

Voraussetzung für ein Null-Emissionsgebäude ist die weitgehende Ausschöpfung der Effizienzpotenziale, also die **Vermeidung** von Energiebedarf. Die Passivhaus-Bauweise verkörpert heute den Standard für energieeffizientes Bauen. Eine weitere Reduktion des Heizwärmebedarfs ist wirtschaftlich wenig sinnvoll und besonders bei Bestandsgebäuden wegen den unvermeidlichen Wärmebrücken auch kaum erreichbar. Aber auch der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung, die Verluste für die Verteilung der Wärme, die Umwandlungsverluste bei der Erzeugung der Wärme und schließlich der Stromeinsatz für die Lüftungsanlagen, Pumpen und sonstige Anlagentechnik müssen berücksichtigt werden.

Auch wenn in allen Bereichen maximale Energieeffizienz erreicht wird, entstehen nennenswerte Verbräuche mit Emissionen, die eine Substitution durch regenerative Energien bzw. Kompensation erforderlich machen, um Klimaneutralität zu erreichen.

Unter **Substitution** versteht man den Ersatz fossiler durch regenerative Energien, ohne die Klimaneutralität nicht annähernd erreicht werden kann. Dabei muss berücksichtigt werden, dass nicht nur fossile Energieträger, sondern auch wichtige regenerative Energien wie z.B. Biomasse oder Wasserkraft nur ein begrenztes Potenzial haben, sei es wegen technischer Nutzungsgrenzen oder wegen anderer schädlicher Umweltwirkungen. Die Betrachtung im Lebenszyklus „von der Wiege bis zur Bahre“ bringt es mit sich, dass auch regenerativen Energien THG-Emissionen zugeordnet werden müssen, etwa aus der Herstellung der Wärmeerzeuger oder aus der Gewinnung der Energieträger in der Land- oder Forstwirtschaft. Insbesondere die Nutzung von Bioenergien kann durch direkte und indirekte Landnutzungsänderungen klimaschädliche Folgewirkungen verursachen, die sorgfältig bilanziert werden müssen [Fritsche].

Soll Null-Emission bei einem Gebäude erreicht werden, ist irgendeine Art von weitergehender **Kompensation** erforderlich. Dabei sind unterschiedliche Ansätze denkbar:

Bei der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplungsprozessen oder Fotovoltaik-Anlagen können im Gebäude Gutschriften angerechnet werden z. B. für den Strom, der bei einem wärmegeführten BHKW erzeugt und ins öffentliche Versorgungsnetz eingespeist wird. Je besser das Referenzsystem (z. B. der deutsche Strommix) wird, für das die Gutschriften angerechnet werden, desto geringer werden jedoch die Gutschriften.

Ganz analog funktionieren die Mechanismen der freiwilligen Kompensation von THG-Emissionen. Neben dem sogenannten Verpflichtungsmarkt zum Handel mit Emissionszertifikaten, der durch das Kyoto-Protokoll geregelt wird, ist ein florierender Markt für die freiwillige Kompensation entstanden. Entscheidendes Qualitätsmerkmal bei diesen Angeboten ist, dass die Zertifikate einer Verifikation durch Dritte unterworfen sind, die sich weitgehend an den Anforderungen des Kyoto-Protokolls für Klimaschutzprojekte im Clean Development Mechanism (CDM) oder Joint Implementation (JI) orientieren. Zentral ist dabei die sogenannte „Zusätzlichkeit“ der Emissionsminderung. Nur solche Zertifikate werden zu Recht „Verified Emission Reductions (VER)“ genannt. Klimaschutzmaßnahmen, die aus sich heraus wirtschaftlich sind und deshalb ohnehin durchgeführt worden wären, kommen zur Kompensation nicht in Betracht.

Kompensation und Gutschriften bringen ein grundsätzliches Problem mit sich: Sie lassen sich auch auf Objekte anwenden, bei denen weder Vermeidung noch Substitution durch erneuerbare Energien stattfinden. Auch ein ungedämmter Altbau mit veraltetem Heizkessel und entsprechend hohen THG-Emissionen ließe sich durch Gutschrift aus einer großen Fotovoltaikanlage oder Einkauf von Zertifikaten über irgendwo auf der Welt erfolgte THG-Vermeidungen zum Null-Emissions-Haus umwandeln. Es liegt auf der Hand, dass eine solche Bewertung den Grundsatz der Nachhaltigkeit eklatant verletzen würde. Es müssen

also enge Grenzen für Kompensationen und Gutschriften gezogen werden<sup>1</sup>. Wo diese genau liegen, lässt sich gegenwärtig nicht abschließend quantifizieren.

Wir gehen hier von dem Ansatz aus, dass zunächst die Effizienz- und Substitutionspotentiale am Gebäude weitgehend ausgeschöpft werden müssen, ehe es durch Kompensation des Restenergieverbrauch bzw. der verbleibenden THG-Emissionen als ein "Null-Energie-" oder "Null-Emissions-Haus" bezeichnet werden kann [IWU].

### 3 Beispiel Sanierung Frankfurt Rotlintstraße

Am Beispiel der Sanierung Rotlintstraße 116-128 in Frankfurt durch die ABG Frankfurt Holding und das Büro faktor10 werden im Folgenden die umgesetzten Effizienzmaßnahmen beschrieben und Möglichkeiten zur Erreichung des Null-Emissionshauses aufgezeigt. Das Sanierungskonzept für diese Gebäude wird ausführlich an anderer Stelle in diesem Tagungsband beschrieben [Rasch], hier soll nur auf die Hauptmerkmale eingegangen werden (Planungsstand Januar 2009).

Ausgangspunkt der Effizienzmaßnahmen bildet die Sanierung von drei Wohnblöcken auf Passivhausstandard. Günstig zur Umsetzung sind die Kellerhöhe von 2,30 m für die Kellerdeckendämmung sowie eine Ost-West-Achse bei zwei Blöcken. Die Verluste bei den Verteilungen werden durch Dämmstoffdicken von mindestens 250 % bezogen auf die Anforderungen der EnEV reduziert. Die Kellerdecken werden mit 26 cm Zelluloseflocken gedämmt und in dieser Dämmung werden auch die horizontalen Verteilungen verlegt, so dass hier die Wärmeverluste noch weiter reduziert werden können. Die Verluste durch Warmwasserzirkulation sollen durch ein Rohr-in-Rohr-System minimiert werden. Eine thermische Solaranlage soll im Jahresmittel mindestens 50 % der Wärme für die Warmwasserbereitung liefern, gleichzeitig wird über eine spezielle Wasserbehandlung eine Reduktion der Warmwassertemperatur auf 48 °C ermöglicht.

Der Stromverbrauch der Anlagentechnik wird durch den Einsatz geregelter Hocheffizienzpumpen minimiert und durch spezielle Installationen in den Wohnungen (Standby-Schalter, Trockenschrank) soll den Mietern die Stromeinsparung erleichtert werden. Die benötigte Wärme des kleinen Nahwärmenetzes wird über ein Rapsöl-BHKW mit 21 kW thermischer Leistung erzeugt, das gleichzeitig 10 kW elektrischen Strom erzeugt, der in das Stromnetz eingespeist wird und für den Gutschriften angerechnet werden. Die Spitzenlastversorgung wird über einen Erdgaskessel abgedeckt. Es sind somit umfangreiche Effizienz- und Substitutionsmaßnahmen geplant, die die Voraussetzung für ein Null-Emissionshaus schaffen.

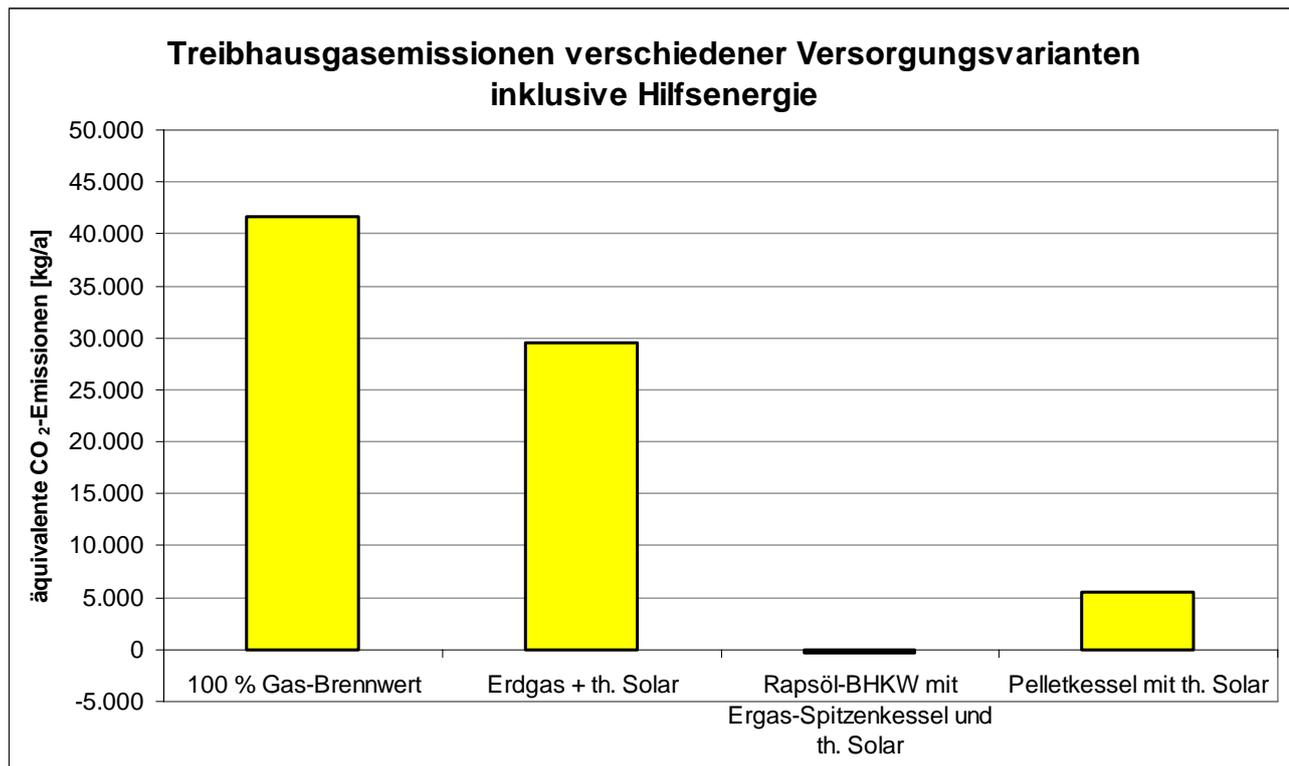
Trotzdem besitzt das Gebäude einen Bedarf von 17.200 Liter Rapsöl (davon anteilig 5.700 Liter für die Stromerzeugung), 1800 m<sup>3</sup> Erdgas und 20.500 kWh Strom für die Hilfsenergie im Jahr. Um dennoch „Null-Emission“ zu erreichen, wird zertifizierter Öko-Strom bezogen und die restlichen Emissionen durch Strom-Gutschriften aus dem BHKW abgedeckt. Es ist zu beachten, dass beim Rapsölanbau auf dem Acker in nennenswertem Umfang Lachgas

---

<sup>1</sup> Ähnliches gilt natürlich auch, wenn die Maßnahme nicht viel mehr umfasst als den Bezug von Öko-Strom

aus dem eingesetzten Dünger entsteht [Fritsche], das ein hohes THG-Potenzial aufweist. Auch dies muss durch die Gutschrift abgedeckt werden.

Im folgenden Diagramm wird für die geplante Energieversorgung in der Rotlintstraße die Bilanz dargestellt (vorläufige Anhaltswerte) und exemplarisch mit anderen möglichen Versorgungsvarianten verglichen. Die Bilanzgrenze für die Betrachtung beinhaltet die Verbräuche der Anlagentechnik mit den vorgelagerten Emission für Gewinnung und Umwandlung sowie den Stromverbrauch der Anlagentechnik und Lüftungsanlagen inkl. Vorketten.



Die Abbildung zeigt, dass beim Einsatz einer thermischen Solaranlage die THG - Emissionen des Ergaskessels von 41,5 t/a auf 29,5 t/a vermindert werden. Ein Pelletkessel mit thermischer Solaranlage erreicht 5,5 t/a THG-Emission. Den niedrigsten Wert liefert die Variante, die in der Rotlintstraße umgesetzt wird („Rapsöl-BHKW ...“) mit einem Wert knapp unter Null (-0,4 t/a), d. h. es wird Null-Emission erreicht. Berücksichtigt man zusätzlich den Materialeinsatz vor Ort, müssen für Varianten mit Solaranlage ca. 1,4 t/a, bei „nur Erdgas“ ca. 0,3 t/a berücksichtigt werden. Für die Variante „Erdgas+ th. Solar“ ergibt sich ein Primärenergiebedarf von 139 MWh/a, für „Pelletkessel mit th. Solar“ sind es 27 MWh/a, wogegen die Rapsölversorgung einen negativen Primärenergiebedarf von 127 MWh/a aufweist, d. h. es wird nicht-regenerative Primärenergie an anderer Stelle reduziert.

Greift man den Gedanken des Lebenszyklus auf, in dem die Nutzungsphase des Gebäudes eine wesentliche Rolle spielt, erscheint es logisch auch den Haushaltsstromverbrauch in der Bilanzierung zu berücksichtigen. Immerhin stellt dieser gerade in einem Passivhaus eine wichtige interne Wärmequelle dar. In der Rotlintstraße sollen die Mieter zu einem Vertrag mit einem Anbieter von zertifiziertem grünem Strom bewegt werden, um die mit

dem Haushaltsstrom verbundenen Emissionen ebenfalls zu minimieren. Etwa 3,2 t THG-Emission müssen für 100 MWh/a Haushaltsstromverbrauch auch bei durchschnittlichem Ökostrom im deutschen Netz zusätzlich angesetzt werden.

Es mag ungewöhnlich sein, eine thermische Solaranlage und ein BHKW gleichzeitig in das Technikkonzept einzubinden. Im Sinne der oben dargestellten Philosophie „Vermeidung vor Substitution“ war es jedoch Ziel, den Einsatz von Rapsöl so gering wie möglich zu halten. Theoretisch wäre die Klimaneutralität einfacher zu erreichen: Man dämmt die Gebäude nur auf den Standard der EnEV, was mit ca. 85 kWh/m<sup>2</sup><sub>WFA</sub> (nach PHPP) fast den 6-fachen Nutzenergiebedarf gegenüber dem Passivhausstandard verursachen würde, und deckt diesen hohen Bedarf mit dem entsprechend ausgelegten Rapsöl-BHKW. Im Ergebnis würde durch die erhöhte Stromgutschrift die absolute (!) THG-Emission noch einmal um fast 2 t sinken, was uns unmittelbar zu der Frage führt ...

## 4 Wie nachhaltig ist Klimaneutralität?

Am Beispiel von Bioenergie sollen einige Aspekte dieser Frage exemplarisch beleuchtet werden. Die Biosprit-Debatte im Zuge des Klimaschutzprogramms der Bundesregierung hat auf drastische Weise deutlich gemacht, dass Maßnahmen des Klimaschutzes gerade im Bioenergiesektor in unmittelbarer Konkurrenz zu so grundlegenden Schutzziele wie der Ernährungssicherheit stehen. Die Nutzung von biogenen Energien muss deshalb nicht nur hinsichtlich der Klimawirkungen über den Lebenszyklus sondern auch bzgl. wichtiger Nachhaltigkeitsindikatoren wie Landnutzung, Biodiversität, Bodenschutz und wie bereits erwähnt Ernährungssicherheit in den vorgelagerten Prozessketten beurteilt werden. Vielfältige Forschungsprojekte mit dem Ziel einer Gesamtbeurteilung von Bioenergie unter Nachhaltigkeitskriterien sind international angestoßen worden, um die Bedingungen einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Ressourcennutzung zu erforschen.

Vergleicht man z. B. nur den Indikator Flächeninanspruchnahme nach [GEMIS], dann wird schnell klar, dass eine Ölsaat wie Raps eine erheblich größere Anbaufläche braucht als eine Biomasse-Restnutzung z. B. aus Holz-Pellets. Im Beispielfall oben ist das etwa ein Faktor 300! Dabei steht der Anbau von Biomasse für die energetische Nutzung natürlich in Konkurrenz zum Nahrungs- und Futtermittelanbau und zur stofflichen Verwertung. Bisher wird Raps in Deutschland zwar überwiegend in Fruchtfolge angebaut und nutzt als Winter-raps zum Teil Brachezeiten im Winter. Erste Studien über die THG-Emissionen aus den zurechenbaren direkten und indirekten Landnutzungsänderungen [Fritsche] weisen der energetischen Verwertung von Raps ein Mehrfaches der Emissionen im Lebenszyklus zu.

Nach Ansicht des wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ [WBGU] ist bei der energetischen Nutzung von Biomasse deshalb auf die Priorität für die Nutzung von Abfall- und Reststoffen zu achten. Der Energiepflanzenanbau sollte auf solche Flächen beschränkt werden, deren Umnutzung für die Bioenergieproduktion indirekte Landnutzungsänderungen, z. B. durch Verdrängung der vorhergehenden Produktion von Nahrung, Futter oder Fasern auf andere Flächen, vermeiden. Konkret

wird auch vorgeschlagen, aus der Förderung flüssiger Biokraftstoffe für Mobilität im Straßenverkehr auszusteigen und verstärkte Anreize zu Bioenergienutzung für Strom- und Wärmeerzeugung zu setzen, am besten in Koppelprozessen und mit der oben genannten Bevorzugung biogener Abfall- und Reststoffe.

Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz hat ein international anwendbares System zur Zertifizierung für alle Arten von Biomasse entwickeln lassen. Das System „International Sustainability and Carbon Certification“ schlägt zwei Zertifikate vor. Das Biomasse-Nachhaltigkeitszertifikat setzt am Ort der Produktion in der Landwirtschaft an und fokussiert auf Landnutzungsänderungen, Biodiversität und Ernährungssicherheit. Das THG-Zertifikat berücksichtigt die Emissionen im Lebenszyklus. Der WBGU empfiehlt die zügige Umsetzung dieses oder auch eines vergleichbaren Zertifizierungssystems.

Solange Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Rolle von Bioenergie bestehen, kann die Maßgabe nur sein, auch sie als knappes Gut zu betrachten. Maximale Energieeinsparung in allen Verbrauchssektoren sollte somit die Voraussetzung für ihren Einsatz sein.

## Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen der vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung sowie Mitteln der Europäischen Union geförderten wissenschaftlichen Begleitung des Sanierungsvorhabens Frankfurt Rotlintstraße durchgeführt.

## Literatur

- [IWU] Diefenbach, N.; Enseling, A.; Werner, P.: Null-Emissions-Stadt: Sondierungsstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung: Darmstadt, Institut Wohnen und Umwelt 2002
- [Fritsche] Fritsche, U.; Wiegmann, K.: Treibhausbilanzen und kumulierter Primärenergieverbrauch von Bioenergie-Konversionspfaden unter Berücksichtigung möglicher Landnutzungsänderungen, Endbericht des Öko-Instituts im Auftrag des WBGU, Berlin 2008
- [GEMIS] Berechnungen mit GEMIS (Gesamt-Emissions-Modell-Integrierter-Systeme), Version 4.5 vom Januar 2009, Öko-Institut, Darmstadt
- [Rasch] Rasch, F.: Der logische Weg: Vom Passivhaus über das Null-Emissionshaus zum Warmmietenmodell, 13. Internationale Passivhaustagung in Frankfurt 2009
- [WBGU] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung, WBGU, Berlin 28.11.2008