



Auftragsnummer BIR – 6 / 6013 3007

20.06.2012

Das Gutachten umfasst 26 Seiten und 7 Seiten Anlagen

Die Kurzfassung des Gutachtens umfasst 8 Seiten

***Kurzfassung des Gutachtens zum Beitrag und zur Einordnung der Wärmerückgewinnung aus Raumlufotechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) im Vergleich zu bereits anerkannten regenerativen Energiequellen***

Im Auftrag des Fachverbandes Gebäude-Klima e. V.



Dr.-Ing. Christoph Kaup  
Lehrbeauftragter für Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung

Prof. Dr.-Ing. Percy Kampeis  
Prodekan Fachbereich Umweltplanung / Umwelttechnik

***Kurzfassung des Gutachtens zum Beitrag und zur Einordnung der Wärmerückgewinnung aus Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) im Vergleich zu bereits anerkannten regenerativen Energiequellen***

***Aufgabenstellung***

Das vorliegende Gutachten behandelt den Beitrag und die Einordnung der Wärmerückgewinnung (WRG) aus Raumluftechnischen Anlagen in Nichtwohngebäuden in Deutschland im Vergleich zu den bereits allgemein anerkannten regenerativen Energiequellen wie Solarenergie, Umweltwärme, Geothermie und Biomasse.

Bisher wird die Wärmerückgewinnung als reine Effizienzmaßnahme betrachtet. Es bestehen aber hinreichende Gründe, die Wärmerückgewinnung den erneuerbaren Energien mindestens gleichzustellen.

***Definition der Wärmerückgewinnung***

Wärmerückgewinnung ist ein Sammelbegriff für Verfahren der Wärmeübertragung zur **Wiedernutzbarmachung von thermischer Energie** in einem Prozess mit mindestens zwei Massenströmen, die unterschiedliche Temperaturniveaus besitzen.

Ziel der Wärmerückgewinnung ist die **Minimierung des Primärenergiebedarfs**, der zur Temperierung von Außenluft auf eine gewünschte Zulufttemperatur benötigt wird. Wärmerückgewinnung ist damit die Nutzung der Enthalpie eines Fortluft- oder Außenluftstromes (Wärme oder Kälte), bei der die zurückgewonnene **Wärme** entweder dem **Ursprungsprozess** (Lufttemperierung) oder **einem anderen Prozess** zugeführt wird (mehrfachfunktionale Nutzung).

Somit kann die WRG aus energetischer Sicht einerseits als Effizienzmaßnahme, andererseits auch als regenerative Energiequelle betrachtet werden, da die Abwärme durch den Wärmeübertragungsprozess zur Nutzwärme regeneriert wird. WRG ist damit ein **regenerativer Prozess**.

Das Verfahren der WRG und die Auswirkungen auf den Energiebedarf eines Gebäudes sind im folgenden Schaubild dargestellt:

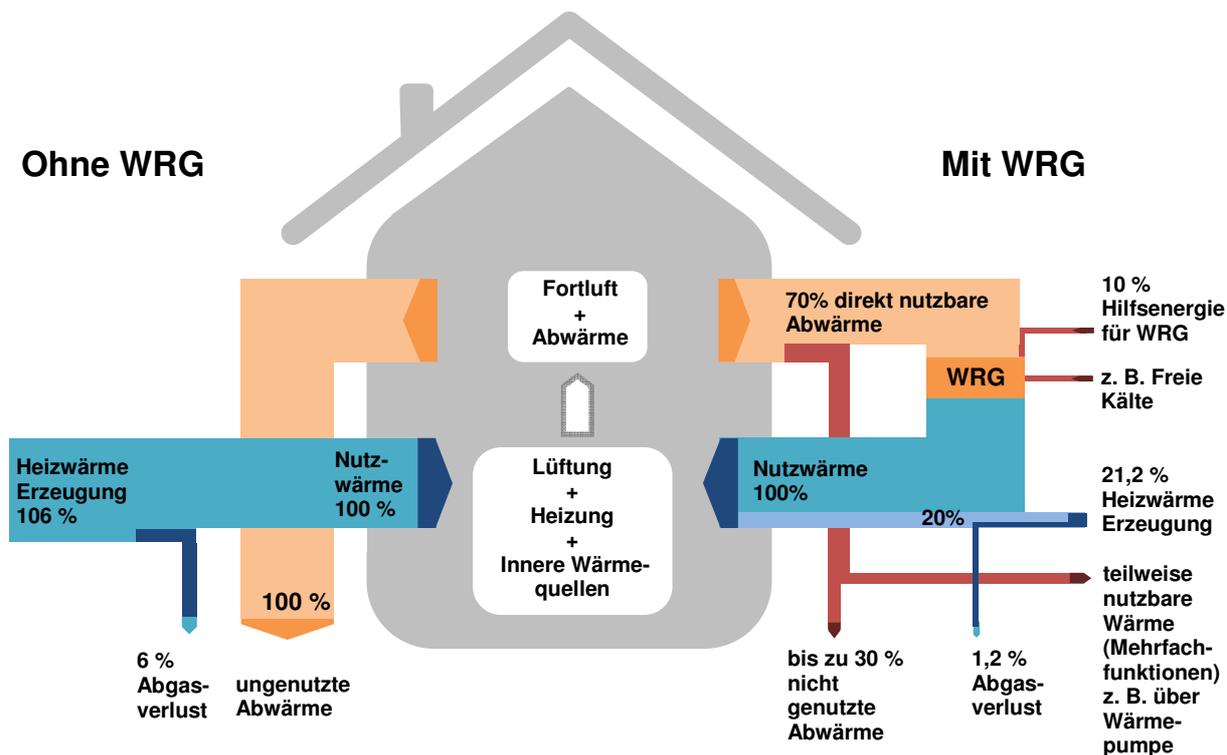


Bild 1: Wärmerückgewinnung und deren Auswirkungen auf den Gebäudeenergiebedarf<sup>1</sup>

### Wärmerückgewinnung aus Nicht-Wohngebäuden in Deutschland

Es ist unstrittig, dass die mechanische Lüftung gegenüber der natürlichen Lüftung zu einer deutlichen Verbesserung des Raumklimas, der Raumluftqualität und des Komforts in den versorgten Räumen führt.

Hierbei kann die mechanische Raumlüftung mit Wärmerückgewinnung gegenüber der natürlichen Lüftung einen erheblichen Betrag an thermischer Energie einsparen, da die **Lüftungswärmeverluste** rund **35 bis 38 %** der gesamten Wärmeverluste der Gebäude ausmachen.

Durch die Nutzung einer effizienten Raumlüftungstechnik lassen sich europaweit rund **2,8 %** des **gesamten Energiebedarfs** der EU einsparen (Basis 2007).

### Die Entwicklung der Wärmerückgewinnung in Deutschland

Auffallend ist die positive Entwicklung der Effizienz der Wärmerückgewinnung in den letzten Jahren. Man erkennt (siehe Bild 2), dass sich der durchschnittliche Temperaturübertragungsgrad, welcher die **Effizienz der Wärmerückgewinnung** beschreibt, in den Jahren **2006 bis 2011** sehr deutlich von **60,0%** auf **68,4%** erhöht hat. Gleichzeitig hat sich aber auch die **Nutzung der Wärmerückgewinnung** nachhaltig ent-

<sup>1</sup> Prof. Dr. Pfeiffenberger, 2012

wickelt (siehe Bild 3).

**Temperaturübertragungsgrade WRG**

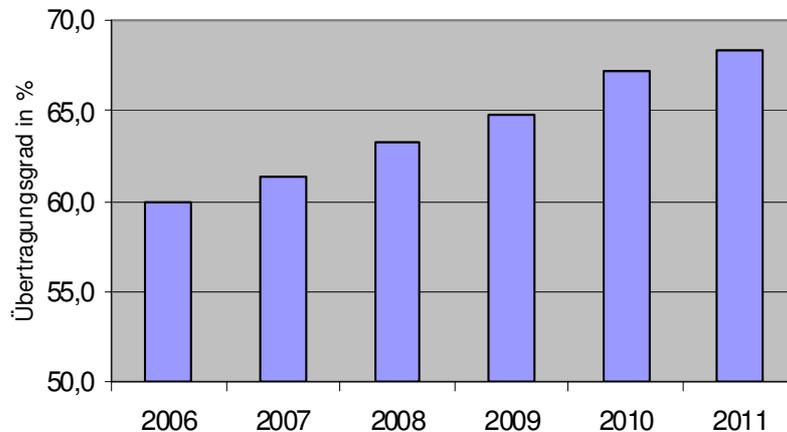


Bild 2: Entwicklung des Temperaturübertragungsgrades

Der Anteil der prinzipiell möglichen RLT-Geräte mit Wärmerückgewinnung hat sich von **31,5%** in **2006** auf **70,4%** in **2011** signifikant erhöht, was zweifellos auch auf die Forderungen der EnEV 2009 zurückzuführen ist.

**Nutzung der WRG**

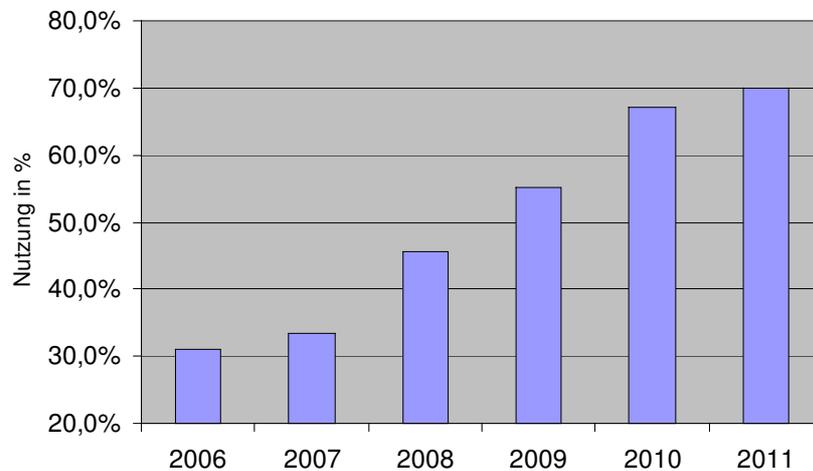


Bild 3: Entwicklung der Anteile der RLT-Geräte mit WRG

Es fällt allerdings auf, dass sich sowohl der Anstieg der Nutzung der Wärmerückgewinnung als auch der Anstieg des Temperaturübertragungsgrades der WRG erstmals in 2011 verlangsamt hat.

Da heute nur rund 70% der potenziell möglichen Geräte mit WRG ausgestattet werden, besteht ein noch **ungenutztes Potenzial von rund 30%**, das zukünftig bei Neuanlagen genutzt werden sollte.

### **Der Lüftungswärmeenergiebedarf in Nichtwohngebäuden in Deutschland und die Entwicklung des jährlichen Einsparpotenzials**

Die jährliche Wärmeeinsparung durch WRG hat sich in den Jahren 2006 bis 2011 in Deutschland ebenfalls positiv entwickelt. Dabei ist zu erkennen, dass sich einerseits die jährlich neu in RLT-Anlagen installierten Luftmengen innerhalb der letzten fünf Jahre reduziert haben und andererseits der Anteil der Wärmerückgewinnung an der gesamten Wärmearbeit gestiegen ist.

**Gesamtwärmebedarf und WRG-Anteil**

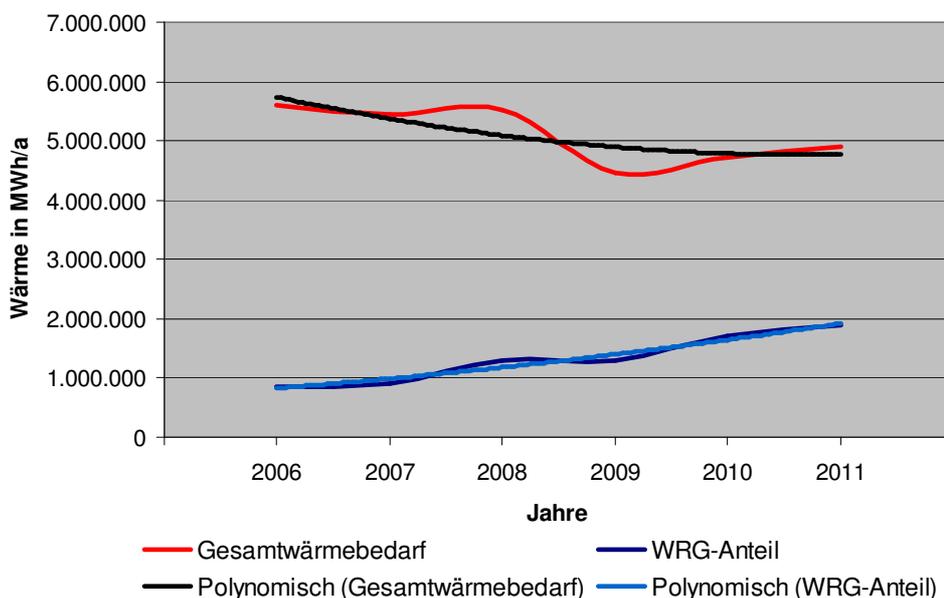


Bild 4: Entwicklung des Lüftungswärmebedarfs und des jährlichen Einsparpotenzials

Wenn man nun eine Nutzung der Wärmerückgewinnung ansetzt und die Effizienz der WRG berücksichtigt, ergibt sich ein **WRG-Potenzial in Deutschland** von aktuell **1.896.500 MWh pro Jahr** (2011), das mit Wärmerückgewinnungssystemen abgeschöpft wird.

Dieses Potenzial entspricht einer aktuellen **CO<sub>2</sub>-Einsparung** von **644.800 t pro Jahr**, die jedes Jahr durch die Nutzung einer effektiven Abwärmerückgewinnung erreicht wird (Basis Erdöl mit 0,340 t CO<sub>2</sub>/MWh).

Im Vergleich mit dem PKW würde dies einem Äquivalent von **318.000 Fahrzeugen** entsprechen, wenn man einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 160 g/km und einer jährlichen Fahrleistung von 12.660 km zugrunde legt. Dieser Wert entspricht rund 10% der ca. 3,1 Mio. PKW-Neuzulassungen in Deutschland pro Jahr.

### Jährlich neu installierte CO<sub>2</sub>-Einsparung

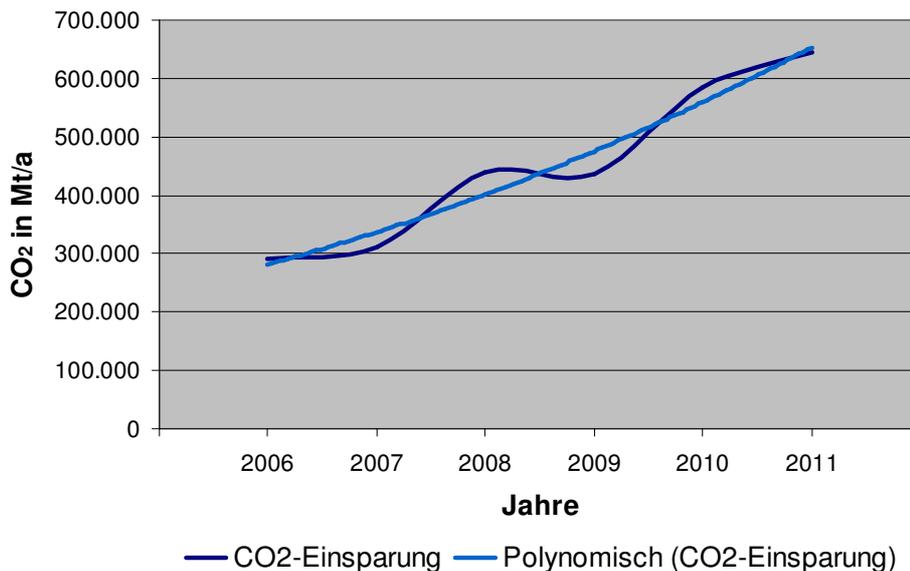


Bild 5: Entwicklung des jährlichen Einsparpotenzials der letzten 5 Jahre

Damit ist die Bilanz der WRG **nicht nur CO<sub>2</sub>-neutral**, sondern sie ist vielmehr **CO<sub>2</sub>-positiv**, da durch die Nutzung der WRG **keine Emissionen** erzeugt werden. Weiterhin ist sie frei von Schadstoffemissionen.

Übliche Jahresarbeitszahlen bezogen auf Wärme liegen bei der Nutzung der WRG bei 8 bis 16. Im Jahresvergleich hierzu liegt die Jahresarbeitszahl einer Kompressionswärmepumpe bei durchschnittlich 3,8 (Sole-Wasser-Wärmepumpe), 3,5 (Wasser-Wasser-Wärmepumpe) und 3,0 (Luft-Wasser-Wärmepumpe).

Insgesamt ist die WRG damit im Durchschnitt um den Faktor 3 bis 5 effektiver als eine Wärmepumpe.

### **Mehrfachfunktionale Nutzung der Wärmerückgewinnung**

Spätestens seit Erscheinen der VDI-Richtlinie 3803 Blatt 5 gehören mehrfachfunktionale Wärmerückgewinnungssysteme zum erweiterten Stand der Technik. Durch die mehrfachfunktionale Nutzung wird energetisch die Bilanzgrenze nochmals erweitert. Mehrfachfunktionale WRG-Systeme haben neben der primären Funktion der Wärmerückgewinnung noch weitere, sekundäre thermodynamische Funktionen.

So kann beispielsweise ein mehrfachfunktionales WRG-System die **Außenluft als Wärmesenke** nutzen, um Kälteleistung (**Freie Kälte**) zur Verfügung zu stellen.

Gemäß **EEWärmeG** wird allerdings die **Kälte**, welche **unmittelbar der Außenluft entnommen** wird, **nicht** als regenerative Energie anerkannt. Dies betrifft sowohl die freie Kühlung z. B. über Nachtlüftung als auch die Nutzung einer Rückkühlanlage, welche Abwärme aus einem Kühlaggregat an die Umgebungsluft abgibt – und zwar auch dann nicht, wenn das mechanische Kühlaggregat nicht in Betrieb ist.

Als wichtiger Grund für diese Einschränkungen wird die Tatsache genannt, dass es bisher keine technischen Regeln gibt, mit denen sich mit hinreichender Sicherheit der Beitrag aus der freien Kühlung am gesamten Kältebedarf bestimmen lässt. Zudem handelt es sich bei Nachtlüftung und reiner Wärmeabfuhr an die Umgebung im Wesentlichen um eine Lüftungstechnische (Effizienz-)Maßnahme.

Diese Begründung ist physikalisch nicht nachvollziehbar und sie behindert die besonders wirtschaftliche Nutzung der Außenluft als Wärmesenke, wohingegen die Nutzung der Außenluft als Wärmequelle – zum Beispiel für Wärmepumpen – nach EEWärmeG anerkannt ist. Heute kann aber sowohl mit Summenhäufigkeiten als auch mit der dynamischen oder quasidynamischen Simulation nach VDI 3803 Blatt 5 dieser Beitrag ermittelt werden.

Ebenso wird die Kombination einer erweiterten Abwärmenutzung (WRG mit Wärmepumpe) nicht als regenerative Energiequelle anerkannt, obwohl die Abwärmenutzung energetisch der Umweltwärme vorzuziehen ist. Dieselbe Wärmepumpe, mit der Wärmequelle Außenluft betrieben, wird aber gemäß EEWärmeG als regenerative Energiequelle anerkannt.

### **Schlussfolgerung**

Bei den zu erwartenden weiter steigenden Energiekosten wird sich die Effizienz der WRG weiter zu höheren Rückwärmehinrichtungen hin verschieben. Dies belegt bereits die Entwicklung der vergangenen Jahre (siehe Bild 2 und 3).

Es ist allerdings nicht nachvollziehbar, dass im **EEWärmeG Mindestkriterien** für die WRG gefordert werden (§ V Abs. 2), die heute noch **über dem allgemeinen Stand der Technik** liegen, während **andere Abwärmenutzungen** dann bereits dem Gesetz genügen, wenn sie „nur“ dem **Stand der Technik** entsprechen (§ V Abs. 4).

Ein großes Potenzial stellen heute die RLT-Anlagen dar, die noch nicht mit WRG ausgestattet werden. Dies sind Nur-Zuluft- und Nur-Abluftanlagen (19,5 % sämtlicher Ge-



räte), sowie Geräte mit Luftvolumenströmen unter 4.000 m<sup>3</sup>/h (30% sämtlicher Geräte, siehe Bild 4), die nicht unter die Pflicht des §15 der EnEV fallen.

Insbesondere RLT-Anlagen im Bestand sind an dieser Stelle zu nennen. Gerade diese Anlagen stellen ein erhebliches Einsparpotenzial dar, da aus Bild 2 und 3 zu erkennen ist, dass sich die WRG erst in den letzten 5 Jahren nennenswert positiv entwickelt und etabliert hat. Diese Entwicklung trifft für Altanlagen vor 2006 nicht zu.

***Forderung: Einordnung der Wärmerückgewinnung als regenerative Energiequelle***

Aus energetischer Sicht muss die Wärmerückgewinnung **als regenerative Energiequelle** definiert werden, da die **Abwärme** durch den Wärmeübertragungsprozess zur **Nutzwärme regeneriert**, also erneuert wird.

Die Wärmequelle Außenluft wird üblicherweise als regenerative Energiequelle angesehen (Beispiel Außenluft-Wärmepumpe). Damit beinhaltet die Außenluft Umweltenergie und die Abluft einer Raumluftechnischen Anlage wird zwangsläufig energetisch zur Außenluft, wenn sie das Gebäude verlässt. Allerdings ist die **direkte Nutzung der Abluft** als Wärmequelle aufgrund des höheren Temperaturniveaus in jedem Fall effizienter als die Nutzung über den „Umweg“ der Außenluft.

Des Weiteren stammt rund ein Drittel der inneren Wärmequellen in Gebäuden aus den bisher anerkannten regenerativen Quellen (z. B. Solarwärme).

Mit der Wärmerückgewinnung kann diese Wärme zu einem sehr großen Teil wiedergewonnen werden. Ohne WRG würden diese Energieanteile ungenutzt vergeudet. Dabei ist es völlig unerheblich, ob es sich um regenerativ oder um fossil erzeugte Wärme handelt, da unabhängig von ihrer Erzeugung die zurückgewonnene Wärme dazu beiträgt, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu minimieren.

Erneuerbare Energien, auch regenerative Energien, sind per Definition Energien aus Quellen, die sich entweder kurzfristig von selbst erneuern oder deren Nutzung nicht zur Erschöpfung der Quelle beiträgt. Die WRG nutzt alternative Energien, die aus Prozessen stammen, die ohnehin stattfinden. Somit ist die Wärmerückgewinnung eine Quelle, die sich selbst erneuert und deren Nutzung nicht zur Erschöpfung der Quelle beiträgt. Dadurch ist die Voraussetzung zur Einordnung als regenerative Energiequelle gegeben.

Die Einstufung der Lüftungswärmerückgewinnung als **Ersatzmaßnahme gemäß EEWärmeG** ist diskriminierend und technisch falsch. So stellt auch der im März 2012



## Gutachten zur Wärmerückgewinnung in der RLT

erschienene Gründruck der VDI 3803 Blatt 5 (Geräteanforderungen – Wärmerückgewinnungssysteme in Raumluftechnischen Anlagen) in der Einleitung dar:

*„Es ist sinnvoll, Abwärme auf einem höheren Temperatur- und damit Exergieniveau der erneuerbaren Energie gemäß EEWärmeG vorzuziehen, da dieselbe Wärme, nach außen gelüftet und durch den Mischprozess mit kühlerer Außenluft abgekühlt, als Umweltwärme und damit als erneuerbare Energie gilt, die unter Aufwand von Energie (z. B. Strom für elektrische Wärmepumpen) auf das Temperaturniveau der Gebäude gehoben werden muss. Daher ist die Abwärme der regenerativen Energie zumindest gleichzusetzen. **Sie ist aufgrund ihrer einfachen, effizienten und bedarfsgerechten Nutzung den erneuerbaren Energien vorzuziehen.**“*

In der Tat ist es nicht schlüssig, dass z. B. die elektrische Heizungswärmepumpe, deren auf nicht erneuerbare Energien bezogene Primärenergiebilanz kaum besser als die eines Brennwertkessels ist, nach den Bestimmungen des EEWärmeG regenerative Wärme erzeugt und die Wärmerückgewinnung, die zudem primärenergetisch wesentlich günstiger abschneidet, in einem relativ ähnlichen Prozess keine regenerative Energie hervorbringen soll.

Es ergibt sich durch die Ungleichbehandlung eine Wettbewerbsverzerrung unter den konkurrierenden Energiequellen, die zwangsläufig zu einer Fehlentwicklung führen wird.

Die WRG kann energetisch sowohl als Energieeffizienzmaßnahme, als auch als erneuerbare Energiequelle bewertet werden. Sie steht damit für eine effektive Verzahnung der Energieeffizienz und der Erneuerbaren Energien.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass mit Wärmerückgewinnung die mechanische Lüftung nicht nur eine den Komfort steigernde Lösung im Vergleich zur natürlichen Lüftung darstellt, sondern auch den Energiebedarf wesentlich reduzieren kann.

Birkenfeld, 20.06.2012

Prof. Dr.-Ing. Percy Kampeis  
Prodekan Fachbereich Umweltplanung /  
Umwelttechnik

Dr.-Ing. Christoph Kaup  
Lehrbeauftragter für Energieeffizienz  
und Wärmerückgewinnung

Die Kurfassung des Gutachtens umfasst 8 Seiten.  
Das Gutachten umfasst 26 Seiten und 7 Seiten Anlagen und enthält sämtliche Quellenangaben.