



Energetische Modernisierung raumluftechnischer Anlagen mit Radialventilatoren

Beschreibung eines möglichen Förderprogramms eines Energieeffizienz-Fonds

Überarbeiteter Endbericht im Auftrag der
Hans-Böckler-Stiftung

Wuppertal,
25. Oktober 2005

bearbeitet von:

Dipl.-Ing. Gerhard Wohlauf

Dipl.-Phys. Stefan Thomas

Dr. Wolfgang Irrek

- Wuppertal Institut -

Prof. Dr. Olav Hohmeyer

- Universität Flensburg -

mit Unterstützung von:

Cand. MBA Natalia Przhevalskaya

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen
Forschungsgruppe Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
Tel. 0202/2492-164, -143, -129
Fax 0202/2492-198
Email: wolfgang.irrek@wupperinst.org,
stefan.thomas@wupperinst.org

1 Anwendungsbereich / Technologiebereich

Ventilatoren sind Strömungsmaschinen zur kontinuierlichen Förderung von Gasen, typischerweise Luft, mit Hilfe von beschaukelten Laufrädern. Die am weitesten verbreiteten Ventilatorbauarten sind Axial- und Radialventilatoren, deren Wirkungsgrad maßgeblich durch die Schaufelgeometrie bestimmt wird. Der Anwendungsbereich der Ventilatoren reicht vom Kleinventilator (z.B. im PC) bis hin zu sehr großen Turboventilatoren für die Verbrennungsluftgebläse in Kraftwerken.

Aufgrund Ihres vielfältigen Anwendungsspektrums im Bereich der Gebäudelüftung gehören Radialventilatoren zu den verbreitetsten Arbeitsmaschinen der in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie im öffentlichen Bereich installierten zahlreichen Lüftungstechnischen Anlagen. Ihr Marktanteil am gesamten Ventilatormarkt beträgt – ohne die Kleinanlagen im Bereich der „kontrollierten Wohnungslüftung“ und die Dachlüfter (Einzellüfter) etwa 49 % (Radgen 2002).

Typen und Größen der in den EU-Ländern hergestellten Ventilatoren unterscheiden sich noch immer deutlich. Während beispielsweise in Deutschland und Schweden vornehmlich Radialventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufelgeometrien produziert werden, dominiert in Italien immer noch der vorwärtsgekrümmte Radialventilator.

Nach der aktuellen EU-Markstudie von P. Radgen (Fraunhofer ISI Karlsruhe) betrug der EU-weite Stromverbrauch für Ventilatoren 1997 etwa 197 TWh/a, wobei auf die Länder Deutschland (43,2 TWh/a), Frankreich (32,8 TWh/a), Italien (24,3 TWh/a) und England (28,6 TWh/a) mehr als 50 % des Verbrauches entfiel. Der größte Stromverbrauch im Industriebereich findet sich dabei in der Papierindustrie (20,1 TWh/a), der Chemischen- (18,1 TWh/a) und in der Eisen- und Stahlindustrie (12,5 TWh/a). Auf diese drei Sektoren allein entfällt etwa die Hälfte des industriellen Strombedarfs für Ventilatoren von ca. 100 TWh/a (rd. 50 % des gesamten EU-Strombedarfs für Ventilatoren).

Direktgetriebene Radialventilatoren werden heute bis zu typischen Luftleistungen bis ca. 120.000 m³/h vielfach schon als „Ventilator-Motor-Einheiten“ ohne Gehäuse – sogenannte „freilaufende Räder“ – geliefert (Ziehl-Abegg 2004, Gebhardt 2004, TLT 2004). Aber auch die typischen Gehäuseventilatoren mit zwei- und einseitiger Ansaugung werden wegen ihrer sehr hohen typischen Wirkungsgrade weiterhin am Markt angeboten (Gebhardt 2004).

2 Zielgruppe

Firmeneigentümer und deren Vertreter (Betriebsleiter usw.) in den Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen inklusive Betreiber von Lüftungsanlagen im öffentlichen Bereich wie Städte und Kommunen, Land und Bund usw.. Beteiligt sind außerdem die firmeneigenen Betriebsunterhaltungen, das einschlägige Fachhandwerk sowie als Berater/Dienstleister Fachingenieure und Energieberater. Außerdem Hersteller von Ventilatoren und Lüftungsgeräten sowie auch von Eff1-Motoren, Frequenzum-

richter und regeltechnischem Zubehör (Sensoren, Kompaktregler) inklusive des zugehörigen Fachgroßhandels.

3 Hintergrund

3.1 Marktzahlen und Bestandszahlen

Trotz unserer diversen Recherchen (u.a. Anfragen beim VDMA und bei einzelnen renommierten Herstellern) konnten keine detaillierteren d.h. typen- und größenabhängigen Markt- und Bestandszahlen erfragt werden. Unsere Bearbeitung stützt sich daher im wesentlichen auf die grundlegende Bearbeitung von E. Beck und die dort erhobenen Markt- und Bestandsdaten im Bereich der RLT-Anlagen mit Radialventilatoren des Jahres 1997 (Beck 2000). Die hier aufgeführten **Marktzahlen** für 1997 gehen von verkauften **68.000** Zu- und Ablufteinheiten in etwa **38.000 RLT-Anlagen** aus. Diese Zahl stimmt in etwa mit dem im selben Zeitraum verkauften Ventilatoren von 65.000 Stück überein. Die entsprechende äquivalente Lüffförderung der o.a. Lüftungsgeräte betrug dabei etwa 658 Mio. m³/h; damit liegt die durchschnittliche Luftleistung je Ventilator bei etwa **10.000 m³/h**. Die aktuellen Marktzahlen dürften wegen der in diesem Segment zeitweise stattgefunden geringen jährlichen Marktzuwächse etwas höher liegen. Damit kann die aktuelle Marktzahl an Radialventilatoren mit ca. **70.000-75.000** geschätzt werden.

Der Anteil der in den neuen Lüftungsgeräten eingesetzten Frequenzumrichter (FU) für Drehstromantriebe bzw. Stromrichter für EC-Motore für eine drehzahlvariable Betriebsweise im Bereich der allgemeinen Lüftungs- und Klimatechnik kann mit etwa **35-40 %** angegeben werden¹. Wirkungsgradoptimierte Motoren (Eff1-Motore) zur Nachrüstung von Ventilatoren mittels Flachriemenantriebe werden derzeit nur relativ selten nachgefragt.

Der Inlandsmarkt im Bereich der Lüftungsgeräte steht verstärkt unter dem Nachfrage- druck nach möglichst geringen Investitionspreisen. Ganzheitliche Kostenbetrachtungen der „Lebenszykluskosten“ unterbleiben - vielfach wegen des klassischen „Nutzer-Investor-Dilemmas“ – in den meisten Fällen. Nichtsdestoweniger setzten verschiedene renommierte Hersteller auf die Qualität und Effizienz ihrer Lüftungsgeräte, was sich auch schon durch einem hohen Anteil (teilweise größer 60 %; Marktdurchschnitt: ca. 25-30 %) an verkauften Lüftungsgeräten nach den RAL-Gütezeichen-Kriterien aus- zahlte, während viele Anbieter noch deutlich hinterherhinken (Gütegemeinschaft 2004).

Nach Beck 2001 resultiert für den **Anlagenbestand** mit Radialventilatoren eine über- schlägige Gesamtzahl von ca. 570.000 Komplett-Lüftungsgeräten (Zu- u. Abluft). Da der Gesamtbestand an Radialventilatoren mit etwa **1,2 Mio. Stück** angegeben werden kann, ergeben sich zusätzlich zu weitere 60.000 einfache Lüftungsgeräte (LG mit nur 1

¹ Dieser Anteil beträgt im Segment „freilaufende Räder mit EC-Motor“ technisch bedingt 100 % (Ziehl- Abegg 2004).

Luftseite, bzw. Einzellüfter (z.B. Dachlüfter). Die mittlere kalkulatorische Nutzung eines Lüftungsgerätes kann mit ca. 15 Jahren angegeben werden. Die technische Lebensdauer liegt beziehungsweise zu den mittleren Lebensdauern der Ventilatoren von ca. 80.000-100.000 h unter Berücksichtigung von typischen jährlichen Anlagenlaufzeiten (3.000-4000 h/a) mitunter deutlich darüber. Insbesondere im öffentlichen Bereich sind noch häufig ältere Lüftungsanlagen (Anlagenalter größer 25-30 Jahre) anzutreffen (Wuppertal Institut 2003).

Tab. 1: Marktdaten für Lüftungsgeräte mit Radialventilatoren

Lüftungsgeräte mit Radialventilatoren	Anzahl in 1000	max. FU-Anteil: geschätzt
Anzahl Lüftungsgeräte (kombinierte Zu- u. Abluft)	570	(10-15 %)
Anzahl Lüftungsgeräte (eine Luftseite bzw. Einzellüfter) - geschätzt	60	(10-15 %)
Summe:	630	

Der mittlere FU-Anteil (=Drehzahlregelindex) im Anlagenbestand der Gebäudelüftung kann auch wegen in Eigenregie durchgeführten Nachrüstungen mit **etwa 15 %** angesetzt werden. Im Komfortlüftungsbereich im Bereich GHD (Banken, Versicherungen, EDV-Klimatisierung, Reinraumtechnik usw.) liegt er sicherlich deutlich höher, während er im öffentlichen Bereich bei unter **10 %** liegen dürfte (Ziehl Abegg 2004, Gebhardt 2004, Wuppertal Institut 2003).

Als Lüftungsgerät wird nach (Beck 2000) eine typische im Gebäudebestand dominierende Kombination aus Zu- und Abluftgerät mit Luftvorwärmung verstanden, die im Regelfalle identische Raumbereiche lufttechnisch versorgen und daher meist für den Auslegungsfall in etwa gleichgroße Luftmengen (m³/h) aufweist. Die hier betrachteten typischen Luftleistungen liegen im Bereich von ca. 3.000 bis ca. 120.000 m³/h, wobei Lüftungsgeräte mit Auslegungs-Luftmengen zwischen 5.000 und etwa 60.000 m³/h dominieren. Auch installierte sogenannte Vollklimageräte (Luftkonditionierung durch Vorwärmung/Befeuchtung/Kühlung) eignen sich prinzipiell ebenfalls für eine entsprechende Nachrüstung (Ventilatortausch, FU-Nachrüstung usw.)

Die Mehrkosten für ein Qualitäts-Lüftungsgerät (z.B. LG mit Auslegungsluftmenge: 10.000 m³/h) nach den Gütegemeinschaft-Anforderungen (RAL-GZ 652) und besser können im Vergleich zu typischen Standardgeräten pauschal mit etwa 10-15 % angegeben werden (Howatherm 2004/robatherm 2004).

Nur etwa **40 %** der Bestandsanlagen besitzen eine **Wärmerückgewinnung (WRG)**, daher werden die meisten Altanlagen in Abhängigkeit zur Außentemperatur in reinem Zu- und Abluftbetrieb bzw. im kombinierten Zu-/Umluftbetrieb betrieben. Da nach VDI 3803 die RLT-Anlagen zukünftig mit Zu- und Abluft mit WRG-Einheiten ausgestattet werden sollen, erscheint aus unserer Sicht die besondere Förderung von WRG-Einheiten unter Einhaltung der hier dargestellten minimalen Rückwärmehzahlen und maximalen Druckverluste (dp) sinnvoll (Backes 2002/VDI 3803/DIN EN 13379). Ob-

wohl sich der Einsatz einer Wärmerückgewinnung (WRG) beim heutigen Energiepreinsniveau in Abhängigkeit der Nutzungssituation vielfach wirtschaftlich darstellt, lässt sich diese Forderung schon allein aus baulichen Gründen nicht generell umsetzen.

Bestehende RLT-Anlagen werden häufig mit zu hohen Luftvolumenstrom betrieben. In diesen Fällen kann durch eine Reduktion des Luftvolumenstroms (Reduktion der Ventilatorzahl über Drehzahlpassung bzw. Frequenzumrichter) der Energiebedarf für die Lüftung maßgeblich reduziert werden. Aber auch das Auswechseln von alten und häufig überdimensionierten Ventilatoren und (polumschaltbaren) Motoren (z.B. mit Eff1-Motor) und Übergang von Keil- auf Flachriemenantrieb ist in der Regel eine wirtschaftliche Maßnahme (BfE 1997, Beck 2000, Wuppertal Institut 2003)².

Von (Beck 2000) wird der Stromverbrauch für Lüftungsanlagen (Radialventilatoren) mit etwa **11,5 TWh/a** angegeben. Mit Blick auf den bei (Radgen 2002) dargestellten Lüftungstechnischen Gesamt-Stromverbrauch von **ca. 43,2 TWh** (Industrie, GHD, Haushalte) ergibt sich dagegen für einen 49 %-igen Anteil an Radialventilatoren ein höherer anteiliger Verbrauch von **21,2 TWh/a**, was mit Blick auf die vergleichbare Verbrauchshöhe von Pumpenanwendungen realistischer sein dürfte. Dies entspricht einer Kraftwerks-Grundlast (Tben: 7.500 h/a) von ca. 2.830 MW. Dieser Stromverbrauch verursacht eine jährliche CO₂-Belastung von ca. 16,3 Millionen t/a.

3.2 Ausgangssituation

Das mittlere Energiesparpotential beim Einsatz von Ventilatoren liegt nach der eingangs zitierten EU-Marktstudie zwischen 10-15 %, wobei davon nur zwischen 3,5 und 8,3 % umsetzbar sind. Zu den Optimierungsmöglichkeiten am Ventilator selbst, sind immer noch zusätzliche Einsparungen (ca. 17,5 %) durch Optimierung des Gesamtsystems erreichbar. Wie auch bei Pumpensystemen oder Druckluftanlagen ist auch hier das Einsparpotential im Gesamtsystem höher als das Verbesserungspotential am eigentlichen Ventilator. Die sich nach der EU-Studie ergebenden Gesamteinsparpotentiale von ca. 20-24 % sehen wir bezugnehmend auf weitere einschlägige Veröffentlichungen sowie mit Blick auf die Optimierungsmöglichkeiten mittels den heutigen direktbetriebenen Ventilatoren (mit Eff1-/EC-Motoren) und moderner Regel- und Sensortechnik als deutlich zu gering an (Albig 2003, LGA 2002). Auch aufgrund der innerhalb unserer **Solar- und Sparprojekte** durchgeführten qualifizierten Analysen (inkl. Einzelmessungen) gehen wir bei unseren Maßnahmenvorschlägen von höheren mittleren Stromeinsparpotentialen aus, die wir bei **etwa 35 bis 45 %** ansetzen (Wuppertal-Institut 2003). Verschiedene dokumentierte Anwendungsbeispiele u.a. aus dem Bereich Lüftungs- und Pumpenanwendungen sowie Grundlagen von Frequenzumrichtern mit Empfehlungen für die Umrückerauswahl und Dimensionierung finden sich im übrigen in verschiedenen Firmenschriften (Danfoss 2004 u.a.).

² Wegen der schlechten Wirkungsgrade der kleinen Drehzahl-Stufe sollten insbesondere polumschaltbare Motore durch Eff1-Motore und FU (Frequenzumrichter) ersetzt werden; damit kann meist sehr wirtschaftlich ein zeitgesteuerter Betrieb mit verschiedenen Laststufen (Luftmengen) realisiert werden.

Die über die verschiedenen Optimierungen erreichbare Stromeinsparung dürfte daher mit einer zugrundegelegten 40 %-igen Einsparquote bei etwa **8,48 TWh/a** allein bei den **Radialventilatoren** liegen (äquivalente Grundlast: 1130 MW). Mit diesen Einsparungen ist eine CO₂-Entlastung von ca. 6,5 Millionen t/a erreichbar. Mit einer mittleren Einsparquote von 25 % über alle Lüftungstechnischen Anwendungen mit Radial-, Axialventilatoren, sonstigen Ventilatoren (Dachlüfter, Wohnungslüftung) beträgt die resultierende Einsparung etwa **10,8 TWh/a³**.

3.3 Richt- und Grenzwerte/Normierung

Ähnlich wie in Dänemark und der Schweiz die Leistungsaufnahme einer Lüftungsanlage (z.B. in Schweiz vorgeschrieben) limitiert ist, schlagen sich nun auch hierzulande entsprechende Bestrebungen in einschlägigen Normen und Qualitätsanforderungen nieder (Beck/Hausladen 2001, VDI 3803, RAL GZ 652). In Hinblick auf Sanierung von Bestandsanlagen erscheinen uns die Anforderungen nach DIN EN 13779 hinsichtlich der Einhaltung eines spezifischen Summenwertes für Leistungsaufnahme der Luftförderung (Zu- u. Abluft) d.h. den „**Specific Fan Power-Wert (SFP-Wert)**“ von zu **sanierenden Anlagen** von **ca. 1.500-2.500 W/pro m³/s** Außenluft (Kat. SFP 3) als angemessen.

Tab. 2: Spezifische Ventilatorleistung (Summe aus Zuluft- und Abluftventilator) – nach DIN EN 13779

Kategorie	SFP in W/(m ³ /s)
SFP 1	< 1000
SFP 2	1000 bis 1500
SFP 3	1500 bis 2500
SFP 4	2500 bis 4000
SFP 5	> 4000

Für **neue Anlagen** erscheint dagegen eine Auslegung nach der hier aufgeführten SFP 2-Kategorie mit **1.000-1.500 W/pro m³/s** Luftvolumenstrom nahe liegend (DIN EN 13339, BEW 1997)⁴. Die in VDI 3803, Tabelle 4 (Grenzwerte) bzw. in RAL GZ 652, Bild 3 dargestellten Maximalwerte erscheinen uns dagegen nur mit Abstrichen als „richtungsweisende“ Effizienzvorgaben nutzbar⁵.

Die bei idealen Zu- und Anströmbedingungen im Prüflabor nach DIN 12 163 ermittelten Katalog-Kennlinien werden bei den üblicherweise ungünstigeren Einbaubedingungen im Klimakastengerät im praktischen Betrieb meist nicht erreicht. Außerdem lassen die technischen Lieferbedingungen für Ventilatoren nach **DIN 24166** erhebliche Toleranzen zu. Für die wichtigen Betriebswerte (Volumenstrom, Druck, Antriebsleistung, Wir-

³ Vorsichtiger Ansatz, prinzipiell bestehen auch hier deutliche Einsparpotentiale (Albig 2003).

⁴ Diese Werte stimmen auch mit den älteren schweizerischen Kennwerten nach (BEW 1997) überein.

⁵ Diese Vorgaben stellen nach Aussage eines einschlägigen Experten auch nur einen in zähen Verhandlungen zwischen den beteiligten Herstellern gefundenen „Einstiegskompromiss“ dar.

kungsgrad, Schallpegel) wird daher für die innerhalb des Bausteins geförderten Ventilatoren die Einhaltung der **Genauigkeitsklasse 1** (GK 1) nach DIN 24 166 ab **Ventilatorbaugröße 315** vorgeschlagen (DIN 24166, Baumgarth/Hörner/Reeker 2003)⁶.

Die Voraussetzung für die wichtige Qualitätssicherung werden mit dem in diesem Baustein geförderten Einbau einer Volumenstrommesseinrichtung (Messdüse usw.) in neue/vorhandene Lüftungsgeräte geschaffen.

Wir erwarten, dass hier auch die gerade erarbeitete einschlägige VDI-Richtlinie 6014 weitere belastbare Erkenntnisse bringt. Das typische Einsparpotential von Lüftungs- und Pumpenanwendungen soll mit dieser Richtlinie durch Gegenüberstellung der verschiedenen Antriebskonzepte und Regelverfahren unter Berücksichtigung des Wirkungsgradsverhaltens der bekannten Motorsysteme aufgezeigt werden (VDI 6014).

Einheitliche europäische Lüftungsgerätestandards können hier für mehr Transparenz sorgen. In einem geeigneten Bewertungsschema sollten neben der Effizienzklasse z.B. für einen typisierten Standardauslegungsfall vor allem auch die resultierenden Lebenszykluskosten angegeben werden bzw. deren zugrunde liegende Einzelkosten auf einfache Weise zu ermitteln sein (Howatherm 2004).

3.4 Förderüberlegungen:

Nicht zuletzt aus Effizienzgründen sollten für Neuanlagen und sanierungsbedürftige Bestandsanlagen (Austauschfall) nur noch Lüftungsgeräte nach den Gütekriterien RAL GZ 652 zum Einsatz kommen. Da sich diese **verbesserten Lüftungsgeräte** inzwischen fest am Markt etabliert haben, halten wir eine Förderung auch aus wettbewerblichen Gründen nicht für opportun. Auch eine gezielte Förderung von drehzahlvariablen Antrieben/Antriebskomponenten (z.B. Frequenzumrichter) halten wir für neue Lüftungsgeräte wegen des schon relativ hohen Marktanteils dieser Technologie als nicht sinnvoll. Es ist zu hoffen, dass die Vorgaben der **EnEV**, die ab 2006 gemäß EU-Gebäuderichtlinie auch für Lüftungsanlagen in **Neubauten** und bei größeren Sanierungen in größeren Bestandsgebäuden eingeführt werden müssen, diesen Trend weiter verstärken. Als flankierende Maßnahme sollte die **integrale Planung** bei Neubauten und größeren Sanierungen gefördert werden.

Vielmehr erscheint die Förderung von **Wärmerückgewinnungen** für neue und bestehende Anlagen sinnvoll, die vor allem thermische Energieeinsparung ermöglicht.

Im Gebäudebestand ist trotz der EnEV nicht mit einer umfangreichen Sanierungswelle hin zu drehzahlgeregelten und effizienten Lüftungsanlagen zu rechnen. Vielmehr zeigt die Erfahrung, dass bestehende Anlagen selten nachgerüstet und bei Ersatz oft gleiche Technik eingesetzt wird.

Als bestehende Haupthemmnisse im Bereich dieser Anwendungen sind anzusehen:

⁶ Die Vorgabe der GK1 stellt nach Meinung verschiedener Akteure ab Baugröße 315 keine unzumutbare Forderung an die Hersteller dar; sie wird von den renommierten Herstellern ohnehin zur Zeit meist schon eingehalten. Für kleinere Baugrößen reicht bis auf weiteres die GK2 (Genauigkeitsklasse 2).

- Unzulängliche Betreiberkenntnisse bezüglich eines energie- und kostenoptimalen Lüftungsbetriebs, oft verbunden mit einer „möglichst billig-ist ausreichend“-Mentalität (Kontroverse: Management-Betrieb)
- In Teilbereichen (Management/Betrieb) unzulängliches Problembewusstsein (z.B. Life cycle cost) bzw. mitunter nicht ausreichende Fachkompetenz hinsichtlich eines energieoptimierten Anlagenbetriebs
- Unzulängliche Marktanreize hinsichtlich eines qualitätsgesicherten und energieoptimierten Lüftungsbetriebs (...günstige industrielle Strompreise).

Daher wird für **bestehende Anlagen** durchaus eine gezielte Förderung **von mehr Antriebseffizienz** vorgeschlagen. Damit werden prinzipiell auch die technischen Voraussetzungen für die Umsetzung einer bedarfsabhängigen Lüftung mittels geeigneter Sensor- und Regeltechnik geschaffen.

Mit Blick auf mehr Transparenz des Anbietermarktes setzen wir daneben auf eine Effizienzkampagne und **Anreize** für eine **qualitätsorientierte Anlagenevaluierung** im Sanierungsfalle sowie **weitere Anreize** für sinnvolle – weil meist nicht stattfindende – **Abnahmemessungen** von neuen/sanierten Lüftungsanlagen.

4 Ziel

Ziel dieses Baustein ist es, die in diesem Anwendungsbereich schlummernden Stromsparpotentiale im Bereich der installierten Lüftungsanlagen (Radialventilatoren) zusammen mit naheliegenden Systemoptimierungen (Antriebe, Regeltechnik usw.) in möglichst praxisnaher Weise zu erschließen und nachhaltig umzusetzen. Eine wichtige Rolle kommt hierbei der Minimierung der „Lebenszykluskosten“ dieser vielfältigen Lüftungsanwendungen zu.

Eine nachhaltige Reduzierung des Energieeinsatzes im Bereich der vielfältigen Lüftungsanwendungen wirkt sich neben den positiven Klimaschutzeffekten über reduzierte Betriebskosten auch deutlich positiv auf das Betriebsergebnis der Industrie sowie die weiteren Nutzergruppen (GHD, öffentliche Hand, Industrie) aus.

5 Beschreibung des Vorschlags, Hauptakteur

5.1 Bezugseinheit und Maßnahmenvorschlag

Als **kalkulatorische Bezugseinheit** für die typischen Anwendungsbereiche: GHD (KMU), öffentlicher Bereich, Industrie wurde mit Blick auf die Sanierung des Anlagenbestandes folgendes **Maßnahmenpaket** mit vier Einzelmaßnahmen (EM) gewählt:

- EM1: Austausch eines alten gegen ein effizientes Lüftungsgerät mit Zu- und Abluftteil mit integrierter Luftvorwärmung und Wärmerückgewinnung (Innenaufstellung) nach RAL GZ 652 für eine Auslegung⁷ mit Luftmenge: 10.000 m³/h; dPext: 500 Pa; Pges. ca. 740 Pa für einen drehzahlvariablen Betrieb mit direktbetriebenem Ventilatoren – Mehrkosten für WRG i. Vergleich zu Standard-Lüftungsgerät (ohne WRG): **11.000 Euro** – bei Einhaltung einer Mindest-Rückwärmezahl und eines maximalen Druckverlustes nach den Vorgaben RAL GZ 652 und einer Mindest-Betriebszeit von 3000 h/a)
- EM2: Austausch von zwei Ventilatoren im Bestand durch zwei effizientere (direktangetriebene) Ventilatoren⁸ (Luftmenge: 10.000 m³/h) mit drehzahlregelbaren Antrieben (Eff1-Motore, Flachriemen, FU)
Komplettpreis (pro Ventilator-Antriebseinheit: 4.000 Euro): **8.000 Euro**
- EM3: Nachrüstung von zwei drehzahlregelbaren Antrieben (Eff1-Motore, Flachriemen, FU) für zwei Ventilatoren im Bestand (Luftmenge: 10.000 m³/h)
Komplettpreis (pro Antriebseinheit: 2.200 Euro): **4.400 Euro**
- EM 4: 3 Sätze mit je 1-2 Luftgütesensoren bzw. sonstiger geeigneter Sensortechnik (z.B. Präsenzsensoren) - inklus. Installation - zur Realisierung eines bedarfsabhängigen luftgütegesteuerten Betriebs von 3 Bestands-Lüftungsgeräten mit drehzahlvariablen Antrieben (Zu- und Abluftseite); Kalkulationspreis
Komplettpreis (pro Lüftungsgerät: 1.700 Euro): **5.100 Euro**

Die Komplettkosten dieses Programmpaketes liegen bei etwa **28.500 Euro**. Die durchschnittliche Stromeinsparung für das jeweilige gesamte typische Maßnahmenpaket beträgt unabhängig vom Anwendungsbereich etwa **34.300 kWh/a**. Diese Einsparungen wurden jeweils für den typischen Referenzfall (Bestandsanlage: 10.000 m³/h) - d.h. Lüftungsgeräte / Ventilatoren mit typischen Auslegungen, Leistungsaufnahmen - mit einer angenommenen Laufzeit (tb=3.000 h/a) gerechnet. Die Kostenangaben für das Lüftungsgerät beruhen auf einem konkreten Angebot; die weiteren Preisangaben sind typische Kalkulationspreise einschlägiger Hersteller.

Die berücksichtigte Wärmeeinsparung des Gesamtpaketes (Lüftungsgerät mit WRG) beträgt dabei unter Zugrundelegung einer typischen Standardnutzung (tB: ca. 3.000 h/a) etwa **30.000 kWh/a**, die im Gesamtpaket unter Berücksichtigung eines üblichen Beheizungsmitxes bei den typischen Energieträgern bilanziert wurden.

⁷ Für diese Auslegungssituation (10.000 m³/h; Pges: ca. 750 Pa) liegt im übrigen in etwa auch die derzeitige wirtschaftliche Einsatzgrenze für Ventilatoren mit EC-Antrieb und freilaufenden Rädern.

⁸ Auswahl: Ventilator mit Direktantrieb / Flachriemen in Abhängigkeit der jeweiligen Austauschsituation.

Nachfolgend wird jeweils die über die jeweilige Einzelmaßnahmen (EM) erreichte Strom- und Wärmeeinsparung angegeben. Die Einsparungen wurden für den Referenzfall (tb=3.000 h/a) gerechnet; sie setzen sich jeweils aus den angegebenen Optimierungen durch effizientere Ventilatoren bzw. Antriebe und einen meist realisierbare Umsetzung eines bedarfsabhängigen Betriebsweise im Bereich von 25 % durch eine luftgüte- bzw. präsenzabhängige Betriebsweise zusammen. Die meist im Einzelfall durch Reduzierung der Luftmengen erreichbaren zusätzlichen Einsparungen sind dabei noch nicht berücksichtigt.

Tab. 3: Strom- und Wärmeeinsparung

EM (Einzelmaßnahme)	kalkulierte Stromeinsparung und Wärmeeinsparung: WE pro EM in kWh/a	Anmerkungen
EM 1: Austausch von 1 Lüftungsgerät mit WRG mit Bedarfslüftung (CO2 usw.)	4.500 / 5.100 Su.: 9.600 WE: 30.000	Anm.: die Stromeinsparung von 4.500 resultiert dabei aus der qualifizierten Beratung / Geräteauswahl
EM 2: Ventilatortausch von 2 effizienten Ventilatoren mit Bedarfslüftung (CO2 usw.)	8.000 / 6.500 Su.: 14.500	höhere Einsparung: weil Bestand
EM 3: Nachrüstung von 2 Ventilatorantrieben (Eff1-Motor/FU) mit Bedarfslüftung (CO2 usw.)	Su.: 10.200	Einsparung: -5 % (Antrieboptimierung); -25 % (CO2/Präsenz) höhere Einsparung: weil Bestand
EM 4: Nachrüstung von Sensoren (CO2abhängige bzw. präsenzabhängige Lüftung) für drei Lüftungsgeräten	---	mittlere Einsparung pro Sensoreinheit/LG ca. 25 % ist mit unterschiedlichen Anteilen jeweils bei EM 1-3 enthalten.
Gesamt Summe (EM 1-4)	34.300	

5.2 Anreize und Beratungsangebote

Durch geeignete Anreize (Beratungsangebote, Energiesparchecks und Sanierungszuschüsse) sollen die Betreiber der Anlagen unter Berücksichtigung der jeweiligen betrieblichen Randbedingungen motiviert werden, einen möglichst effizienten Anlagenstandard zu etablieren und ggf. nahe liegende weitere Optimierungsmaßnahmen durchzuführen.

Nachfolgend werden bezogen auf die jeweilige Einzelmaßnahme (EM) die **Anreizprämien (AP)** für die gezielte Beschaffung durch den Betreiber sowie eine **Evaluierungs- und Beratungsprämie (BP)** für die Berater/Fachingenieure aufgeführt, die wir bezüglich einer nachhaltigen Umsetzung für ausreichend aber nicht überhöht halten.

Tab. 4: Anreizprämien

EM (Einzelmaßnahme)	Bezugsgröße	Anreiz-Prämie (AP) u. Beratungs-Prämie (BP) in Euro (jeweilige maximale Prämie pro Einzelmaßnahme)
Prämie für Austausch von 1 Lüftungsgerät (Zu-/Abl) mit WRG	pro WRG	AP: 2800
Prämie für Beratung/Evaluierung Lüftungssanierung (Ventilator-/Antrieboptimierung)	pro Ventilator	BP: 200 BP (max): 1200 (6 Ventilatoren)
Prämie für Beratung/Evaluierung Lüftungssanierung (CO ₂ -/präsenzabhängiger Betrieb)	pro Ventilator	BP: 200 BP (max): 1200 (6 Ventilatoren)
Anreizprämie für zusätzliche Volumenstrommesseinrichtung	pro Ventilator	AP: 100 AP (max): 600 (6 Ventilatoren)
Prämie für Abnahmemessung	pro Ventilator	BP: 100 BP (max): 600 (6 Ventilatoren)
Summe (maximal):	---	6.400 Euro

Die Prämien werden in Abhängigkeit der erbrachten Beratungseinheiten bzw. der erfolgten Umsetzungsstufen auf Vorlage eines schriftlichen Nachweises wie Berichtskopie, Einbaubestätigung (Rechnung/Überweisung) vom **BAFA oder einem anderen nach Ausschreibung ausgewählten Akteur, z.B. der DIHK mit ihrem Netzwerk dezentraler IHKs oder der Energiewirtschaft, an den Betreiber** bzw. den **Fachberater** ausgezahlt. Als weitere Voraussetzung ist die Einhaltung eines spezifischen Summenwertes für Leistungsaufnahme der Luftförderung (Zu- u. Abluft) d.h. den „**Specific Fan Power-Wert (SFP-Wert)**“ von **ca. 1.500-2.500 W/pro m³/s** Außenluft (Kat. SFP 3) nachzuweisen.

Die stichprobenweise Nachprüfung durch regional bestellte weitere Treuhänder (Sachverständige, Qualifizierte Vertreter von TÜV/Dekra/Energieagenturen/Energieberater der Handwerkskammer/Vertreter der Landesfachverbände usw.) bleibt vorbehalten.

Zum Erfolgsnachweis und zur Qualitätssicherung der erfolgten Optimierungsmaßnahmen wird eine Dokumentation der wichtigsten Bestands- und Auslegungsdaten der Lüftungssanierung sowie der vorgeschlagenen/durchgeführten weiteren Optimierungsmaßnahmen durch den Berater bzw. durch die jeweilige ausführende Firma (bzw. eigenen Kräfte) vorgeschlagen. In Hinblick auf die Evaluierung des konkreten Sanierungsbedarfs erscheinen qualifizierte Anlagen- und Bedarfserhebungen mit Durchführung von einzelnen Leistungsmessungen (elektrische Leistungsaufnahme, Luftmenge, Anlagendruck) nahe liegend.

5.3 Weitere Programmbestandteile

Folgende weiteren Programmbestandteile sind **integriert mit dem Zuschussangebot erforderlich**, um das Programm zu einem Erfolg zu führen:

1. Kooperation mit Ingenieur- und Architektenkammern sowie Handwerkskammern für eine **Motivationskampagne** unter ArchitektInnen und IngenieurInnen sowie Elektrohandwerk;
2. eine **Motivations- und Marketing-Kampagne** für (private und kommunale) GebäudeeignerInnen, in Zusammenarbeit mit DIHK und Städtetag, Städte- und Gemeindebund, Landkreistag; diese soll mit den bestehenden einschlägigen Kampagnen wie **MotorChallenge** bzw. mit der **dena-Kampagne** „Energieeffiziente Systeme in Industrie und Gewerbe“ abgestimmt werden;
3. In diesem Zusammenhang sollten **Datenbanken** effizienter Lüftungsgeräte, Ventilatoren etc. mit einem **Lebenszykluskostenrechner** auf dem Internet bereit gestellt werden;
4. ggf. **Demo-Projekte** als Basis für weitere Verbreitung;
5. Einführung, ggf. auch Erarbeitung eines **Leitfadens für die Analysen** in engem Zusammenhang mit einem Programm zur Förderung der integralen Planung für Neubauten auf Basis der DIN EN 13779 mit möglichst ambitionierten Zielwerten für den SFP-Wert;
6. ein evtl. neues oder aktualisiertes **Seminar** zur ganzheitlichen energetischen Sanierung mit einem speziellen Modul zur energieeffizienten Auslegung von Lüftungsanlagen für ArchitektInnen und IngenieurInnen als Bestandteil eines bundesweiten Impulsprogramms **zur Weiterbildung**; Angebot des Seminars in den Schulungs-Stützpunkten der Hersteller, regionalen Ausbildungszentren der Fachverbände, IHKen, Handwerkskammern; das hierzu benötigte **Lehr- und Demonstrationmaterial** sollte in enger Zusammenarbeit mit Herstellern und dem zuständigen Fachgebiet von ZVEI/VDMA von einem einschlägig ausgewiesenen Fachinstitut erstellt werden;
7. zusätzliche Motivation durch **Plaketten** „Energy Saver“ oder „Energy Champion“ für erfolgreiche TeilnehmerInnen, bzw. Integration mit dem EU Green Buildings Programm.

Darüber hinaus sollten die von uns vorgeschlagenen Investitionsprämien mit einem Kredit aus den **Umweltprogrammen der KfW** für den Mittelstand und die Kommunen **kombinierbar** sein. Das würde die Wirkung beider Instrumente – Programm des Energieeffizienz-Fonds und KfW-Programme – wechselseitig verstärken.

5.4 Hauptakteur(e)

Für die **Prämienauszahlung** kommt, wie bereits genannt, das BAFA oder ein anderer nach Ausschreibung ausgewählter Akteur, z.B. die DIHK mit ihrem Netzwerk dezentraler IHKs oder die Energiewirtschaft in Frage. Letztere beiden Akteure könnten auch die

Umsetzung weiterer Programmelemente übernehmen oder unterstützen, insbesondere die Verbreitung von Leitfaden, Schulungen (DIHK), Plaketten und der Motivations- und Marketing-Kampagne für GebäudeeigentümerInnen. Die Energiewirtschaft könnte Demonstrationsprojekte unterstützen.

Für die **Motivations-, Informations- und Weiterbildungselemente** könnte andererseits auch die dena die Federführung übernehmen, in Kooperation mit regionalen und lokalen Energieagenturen, Ingenieur- und Architektenkammern, DIHK, kommunalen Spitzenverbänden, Handwerkskammern und der Energiewirtschaft.

Die **übergreifende Koordination** des Programms mit der Beauftragung und Supervision der genannten Hauptakteure sollte beim Energieeffizienz-Fonds liegen. Auch die übergreifende Koordination der Kooperation mit den verschiedenen Verbänden sollte der Fonds selbst in die Wege leiten, die Detailarbeit kann dann aber von den beauftragten ProjektleiterInnen der Programmelemente übernommen werden.

Wichtig ist dabei, die Akteure **gemeinsam und abgestimmt für die Programme zu Lüftungsanlagen, Umwälzpumpen und Beleuchtungsanlagen** für Industrie, GHD-Sektor und öffentlichen Sektor anzusprechen und auszuwählen.

6 MarktpartnerInnen / KooperationspartnerInnen

Direkte Marktpartner sind das einschlägige Fachhandwerk sowie als Berater/Dienstleister Fachingenieure und Fachberater für die unabhängige Analyse und Begleitung (Erfolgskontrolle). Außerdem Hersteller von Ventilatoren und Lüftungsgeräten sowie auch von Eff1-Motoren, Frequenzumrichter und regeltechnischem Zubehör (Sensoren, Kompaktregler) sowie des zugehörigen Fachgroßhandels.

Begleitet wird das Einzelprogramm durch eine entsprechende **Motivations- und Marketing-Kampagne**; diese soll mit den bestehenden einschlägigen Kampagnen wie **MotorChallenge** bzw. mit der **dena-Kampagne** „Energieeffiziente Systeme in Industrie und Gewerbe“ abgestimmt werden.

Darüber hinaus sollen die FachberaterInnen von Energieagenturen, sowie die EnergieberaterInnen der Industrie- und Handelskammern in diese Marketing-Kampagne eingebunden werden. Diese Maßnahmen könnten durch eine entsprechende **Internet-präsentation** sowie regionale **Auftakt-Workshops** – am besten bei einschlägigen „**best practice**“-Akteuren vor Ort - unterstützt werden (EA NRW 2003).

Weitere MarktpartnerInnen für die **Umsetzung der Programmelemente** wurden bereits im vorigen Unterkapitel genannt.

7 Laufzeit

Die Laufzeit dieses Bausteins geht zunächst von **2006 bis 2010, also fünf Jahre**. Spätestens nach zwei Jahren halten wir eine **Zwischenevaluierung** u.a. mit Überprüfung der Förderstrategie (Höhe der Anreizprämien usw.) für sinnvoll. Aus unserer Sicht soll-

te ein derartiges Programm über einen mehrjährigen Zeitraum gehen, damit unter Berücksichtigung einer gewissen Anlaufphase (Informationskampagne, Etablierung der Beratung usw.) ausreichend Zeit für die eigentliche Umsetzung besteht. Im Rahmen der Zwischenevaluierung sollte auch bereits über eine Verlängerung des Programms über 2010 hinaus nachgedacht werden.

Die Programmentwickler gehen davon aus, dass die innerhalb des Programmbausteines entwickelten Erkenntnisse für eine nachhaltige Qualitätssicherung im Bereich der Lüftungstechnik sich schon innerhalb des Umsetzungszeitraums des Programms bei den Schlüsselakteuren (AnlagenbetreiberInnen, PlanerInnen und Handwerk) etablieren. Sie werden sich daher auch noch nach dem offiziellen Ende des Programms weiter auszahlen.

8 Geschätzte Energieeinsparung und CO₂-Minderung

Wie zuvor dargestellt, beträgt das Energiesparpotenzial der rund 1,2 Mio. Radialventilatoren im Anlagenbestand rund 8,5 TWh pro Jahr.

Wir gehen davon aus, dass jährlich in den Sektoren Industrie, GHD und öffentlicher Bereich rund 37.000 Lüftungsgeräte mit je zwei Ventilatoren erneuert werden; hinzu kommt in unserem Maßnahmenpaket der Austausch von Einzelventilatoren und die Nachrüstung bestehender Anlagen mit Frequenzumrichtern.

Von dieser Grundgesamtheit soll das Programm in seiner Laufzeit **durchschnittlich zusätzlich 11.000 Maßnahmenpakete** erreichen. Dabei gehen wir davon aus, dass sich Mitnahmeeffekte einerseits und die zusätzliche Einsparung durch Spill-over-Effekte aufgrund der Information, Motivation und Weiterbildung andererseits die Waage halten. Nach Ablauf des Programms wirken diese **Markttransformationseffekte** für mindestens weitere fünf Jahre nach und führen zu geschätzten jährlichen zusätzlichen Einsparungen in gleicher Höhe wie während des Programms.

Die Annahmen zu den **Einsparungen pro Maßnahmenpaket** wurden bereits zuvor erläutert.

Tab. 5: Endenergieeinsparung durch das RLT-Programm

Jahr	Strom (GWh)	Gas (GWh)	Fernwärme (GWh)	leichtes Heizöl (GWh)	schweres Heizöl (GWh)	Kohle (GWh)	Summe Wärme (GWh)
2006	377	132	33	83	83	0	330
2007	755	264	66	165	165	0	660
2008	1.132	396	99	248	248	0	990
2009	1.509	528	132	330	330	0	1.320
2010	1.887	660	165	413	413	0	1.650
2011	2.264	792	198	495	495	0	1.980
2012	2.641	924	231	578	578	0	2.310
2013	3.018	1.056	264	660	660	0	2.640
2014	3.396	1.188	297	743	743	0	2.970
2015	3.773	1.320	330	825	825	0	3.300

Quelle: Eigene Berechnungen des Wuppertal Instituts

Durch die Energieeinsparungen werden insgesamt über die Nutzungsdauer der Einsparmaßnahmen die Emissionen um 46,5 Mio. t CO₂-Äquivalente, den Stromverbrauch um 56,6 TWh und den Wärmeverbrauch um 49,5 TWh reduziert.

9 Geschätzter Finanzierungsbedarf und wirtschaftlicher Nutzen

Die Annahmen zu den Investitionskosten und Zuschüssen pro Maßnahmenpaket wurden bereits zuvor erläutert. Die gesamten Investitionen und Prämienzahlungen ergeben sich daher durch Multiplikation mit der geschätzten Zahl der Maßnahmenpakete.

Hinzu kommen folgende Programmkosten:

- Kosten für die Antragsprüfung und Auszahlung von etwa 200 Euro pro Maßnahmenpaket;
- Anteilige Kosten für die Motivations- und Informationskampagnen (gemeinsam mit anderen Programmbausteinen zu Pumpen und Beleuchtung) von etwa 1,5 Mio. Euro pro Jahr;
- Kosten für die Entwicklung, Koordination und Pflege der Informationsinstrumente wie Datenbanken, Leitfaden, Schulungsseminare etc. von rund 0,3 Mio. Euro pro Jahr;
- Sowie die Kosten für einen Programmmanager (80.000 Euro pro Jahr) und die laufende Evaluierung (150.000 Euro pro Jahr).

Insgesamt ergeben sich damit Programmkosten von etwa 4,4 Mio. Euro pro Jahr.

Mit den zuvor genannten Energieeinsparungen pro Maßnahmenpaket, der Zahl der geförderten Maßnahmenpakete und den allgemeinen wirtschaftlichen Rahmendaten

kann der wirtschaftliche Nutzen berechnet werden. Er übersteigt die Kosten vor allem aus Sicht der TeilnehmerInnen deutlich (vgl. Tabelle; die Spalte „eingesparte Energiekosten“ gilt für die TeilnehmerInnen).

Tab. 6: Benötigte Fondsmittel sowie einzel- und volkswirtschaftliche Wirkungen des RLT-Programms

Jahr	Monetäre Anreize (Mio. EUR)	Programmkosten (Mio. EUR)	Benötigte Fondsmittel (Mio. EUR)	Induzierte Investitionen (Mio. EUR)	Vermiedene Grenzkosten (Mio. EUR)	Eingesparte Energiekosten (Mio. EUR)
2006	70,4	4,4	74,8	313,5	29,9	36,0
2007	70,4	4,4	74,8	313,5	59,7	72,1
2008	70,4	4,4	74,8	313,5	89,6	108,1
2009	70,4	4,4	74,8	313,5	119,5	144,1
2010	70,4	4,4	74,8	313,5	149,4	180,1
2011	0,0	0,0	0,0	313,5	179,2	216,2
2012	0,0	0,0	0,0	313,5	209,1	252,2
2013	0,0	0,0	0,0	313,5	239,0	288,2
2014	0,0	0,0	0,0	313,5	268,8	324,2
2015	0,0	0,0	0,0	313,5	298,7	360,3
Barwert über Nutzungsdauer (15 Jahre)	326	20	346	2.644	2.801	3.379
Volkswirtschaftlicher Nutzen-Kosten-Test						1,05
Nutzen-Kosten-Test aus der Perspektive der Programm-TeilnehmerInnen						1,46
Mittlere statische Amortisationszeit in Jahren aus Sicht der Programm-TeilnehmerInnen						6,75

Quelle: Eigene Berechnungen des Wuppertal Instituts

10 Auswirkungen auf das Geschlechterverhältnis

Auswirkungen auf das Geschlechterverhältnis konnten nicht im Detail geprüft werden, sind aber auf den ersten Blick nicht erkennbar.

11 Auswirkungen auf die Energiewirtschaft und die Energieeffizienz-Wirtschaft - Arbeitsplätze, Innovationspotential und Ausstrahlung

Mit Hilfe des Programms kann u.E. ein Marktdurchbruch hinsichtlich einer schnelleren Etablierung von effizienterer Lüftungstechnik vorrangig im Anlagenbestand sowie eine Erhöhung der Gesamteffizienz im Querschnittsbereich Lüftung erzielt werden. Dies wird desweiteren einen Beitrag zur Kostendegression bei Lüftungsgeräten, Ventilatoren sowie beim Einsatz der weiteren Effizienz-Komponenten (Frequenzumrichter/Eff1-Motore/Regeltechnik usw.) leisten. Der mit dem Baustein ausgelöste KnowHow-Zuwachs wird darüber hinaus auch einen Beitrag zur Kostendegression bei den Transaktionskosten des Einsatzes energieeffizienter Technologien und Dienstleistungen auslösen.

Dabei können in hervorragender Weise Synergieeffekte zu weiteren laufenden Programmen genutzt werden, z.B. zur MotorChallenge (EU-Kommissions und Europäisches Kupferinstitut) und der neuen dena-Kampagne „Energieeffiziente Systeme in Industrie und Gewerbe“.

Der mit dem Baustein ausgelöste KnowHow-Zuwachs und die Zuschüsse sowie die Kostendegression bei den Transaktionskosten werden u.E. auch die Anbieter von Energiedienstleistungen (Contractingunternehmen, Energieversorgungsunternehmen usw.) neu motivieren. Aufgrund des Erfahrungsgewinns aller beteiligten Akteure innerhalb der Projektlaufzeit und angesichts der lukrativen Stromsparpotentiale dürften zunehmend neue Energiedienstleistungsangebote wie „Lüftungsoptimierung“ insbesondere auch für die Betreiber in Industrie, Gewerbe, Dienstleistungen usw. leichter kalkulierbar und damit höchst wirtschaftlich umsetzbar werden.

Wie die Tabelle zu den Endenergieeinsparungen zeigt, schätzen wir, dass aufgrund des Programms bis 2015 der Energieverbrauch der RLT-Anlagen gegenüber dem Trend um etwa 3,7 TWh pro Jahr vermindert wird. Das entspricht gut 40 % des bei Radialventilatoren vorhandenen Potenzials von etwa 8,5 TWh pro Jahr. Berücksichtigt man, dass ein Teil des Potenzials auch schon im Trend realisiert würde und ein weiterer Teil erst nach 2015 in Rahmen von Erneuerungszyklen nutzbar ist, bringt das Programm eine recht weitgehende Ausschöpfung des Potenzials.

Die Nettobeschäftigungseffekte in Personenjahren über die Nutzungsdauer der Einsparungen sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tab. 7: Arbeitsplatzeffekte des RLT-Programms in Personenjahren (2000) während der gesamten Laufzeit

	Pers. Jahre 2000
Nettoeffekte	
Summen der I-O-Effekte	42.991
Summen der Multiplikatoreffekte	7.593
Summe der Gesamteffekte	50.584
Gesamteffekt pro Jahr (25a)	2.023
Gesamteffekt pro GWh	0,48
Gesamteffekt pro Mill. Euro Nachfrageverschiebung	9,36
Neue Nachfrage	
Summen der I-O-Effekte	64.040
Summen der Multiplikatoreffekte	28.417
Summe der Gesamteffekte	92.458
Verdrängte Nachfrage	
Summen der I-O-Effekte	-52.179
Summen der Multiplikatoreffekte	-38.011
Summe der Gesamteffekte	-90.190
Verbleibender Konsum (Delta)	
Summen der I-O-Effekte	31.130
Summen der Multiplikatoreffekte	17.186
Summe der Gesamteffekte	48.316

Quelle: Eigene Berechnungen von Prof. Dr. Olav Hohmeyer

12 Weiterführende Perspektiven

Darüberhinaus ergeben sich erhöhte Marktchancen durch erprobte und bewährte Effizienztechnologien, was sicherlich u.a. auch eine erhöhte Nachfrage aus dem Bereich der EU 25-Länder (Osteuropa usw.) mit derzeit meist geringerer Lüftungseffizienz auslösen wird. Desweiteren erfolgt eine Sensibilisierung bei Herstellern und Betreibern hinsichtlich nachhaltiger Energienutzung mit der Etablierung weiterer „best-practice-Lösungen“ im Bestand.

Eine regelmäßige Wartung - insbesondere ein regelmäßiger Filtertausch - ist sowohl für die Sicherstellung der Anlageneffizienz wie auch für die Hygiene der RLT-Anlagen elementar. Leider hinkt die konkrete Lüftungspraxis diesem Anspruch aus den ver-

schiedensten Gründen (u.a. Zwang zur Kosteneinsparung) häufig deutlich hinterher, was sich allerdings auf die Dauer in einem überhöhtem Energieverbrauch und einem höheren Anlagenverschleiß und aufgeschobenem Instandsetzungsaufwand niederschlägt. Mit der Umsetzung dieses Bausteins werden daher sicherlich auch nachhaltige Impulse für eine verbesserte/effizientere Anlagenwartung ausgelöst (VDI 6022).

Mit Blick auf die weiteren Einsparpotentiale im Bereich der Anlagen mit **Axialventilatoren** (Tunnel- und Parkhauslüftungen, Rückkühlanlagen usw.), im Bereich der **Dachlüfter** (Radiallüfter/Axiallüfter) sowie ggf. auch im Bereich der **Wohnungslüftungen** (Radiallüfter/Axiallüfter) könnte das Programm prinzipiell auch auf diese **Anwendungsbereiche ausgedehnt** werden. So ergeben sich z.B. für typische Anwendungen von Axiallüftern z.B. mittels EC-Ventilatoren „kleiner Baugröße“ in Rückkühleinheiten usw. ebenfalls sehr interessante Einsparpotentiale (ebm 2001, Ziehl-Abegg 2004).

13 Umsetzungsschritte / offene Fragen

In Hinblick auf eine praxisnahe Umsetzung dieses Bausteins ist der Austausch mit den beteiligten Akteuren über die allgemeine Strategie und die Details der Umsetzung unter Einbeziehung vorliegender Erfahrungen unverzichtbar. Die jeweiligen Anreiz- und Beratungsprämien beruhen auf einem ersten Entwurf; sie müssen noch mit den jeweiligen Akteurs-/Verbandsvertretern (z.B. Hersteller, VDI-TGA, VBI usw.) abgestimmt werden, damit zum einen einigermaßen attraktive Anreize für die beteiligten Akteure geschaffen werden, andererseits sich die Mitnahmeeffekte in Grenzen halten⁹.

Auch die übrigen Programmelemente sind auf Basis dieser Vorgespräche und weiterer Analysen zu detaillieren. Dabei ist eine Verzahnung mit den Programmbausteinen zu Umwälzpumpen und Beleuchtung für die Sektoren Industrie, GHD und öffentlicher Bereich sicher zu stellen.

Parallel zu diesen Vorarbeiten ist in Abstimmung mit den Programmen zu Umwälzpumpen und Beleuchtung der Hauptakteur für die Auszahlung der Prämien auszuwählen, ggf. durch Ausschreibung.

Auch für die Koordination der Informations-, Motivations- und Weiterbildungsangebote ist ein Hauptakteur auszuwählen. Des Weiteren ist vor Programmstart die Erstellung von kommentierten Erhebungs- und Bewertungsunterlagen, Datenbanken effizienter Lüftungsgeräte und Ventilatoren, Schulungsmaterialien etc. für die Umsetzung dringend notwendig.

Auch die Evaluierung sollte bereits vorab vorbereitet werden, indem die Voraussetzungen zur Erfassung der relevanten Daten geschaffen werden.

⁹ Ggf. ist z.B. die Anreizprämie für eine WRG-Einheit größenabhängig zu staffeln.

14 Quellen

Für die Erarbeitung dieses Vorschlags wurden folgende Quellen verwendet:

- Albig 2003: Energieeinsparung bei RLT-Anlagen-Wahl eines optimalen Ventilators und Einsatz von EC-Motoren mit höchstem Wirkungsgrad. Beitrag in HLH Nr. 8 (Aug.)/2003
- Backes 2002: RLT-Geräte im Vergleich. Richtlinien und Normen. Betrag von Chr. Backes in TAB 5/2002. Sonderdruck der Fa. Howatherm Klimatechnik GmbH.
- Baumgarth/Hörner/Reeker (Hg) 2003: Handbuch der Klimatechnik, Bd. 2: Anwendungen. 4. Neubearb. Auflg., C.F. Müller Verlag, Heidelberg, 2003
- Beck 2000: Energieverbrauch, -einsparpotential und -grenzwerte von Lüftungsanlagen. Dissertation von E. Beck am FB Architektur der Universität Kassel (unveröffentlicht), Juli 2000
- Beck/Hausladen 2001: Energiegrenzwerte von Lüftungsanlagen-Überlegungen und Vorschläge. in TAB (Technik am Bau) H.1/2001.
- BEW 1997: Merkblatt: Luftförderung mit kleinem Energiebedarf (Form 805.162 d/02.97). Hg.: Schweizerisches Bundesamt für Energiewirtschaft, 3000 Bern, 1997.
- BINE 1997: Sanierung von raumlufttechnischen Anlagen. Profiinfo II/1997, Bonn 1997.
- BINE 2001: Gebäudelüftung mit Luftqualitäts-Regelung; Projektinfo 1/01, Bonn 2001.
- BMWA 2004: Statusbericht: Energieoptimiertes Bauen (ENOB) 5./6. Mai 2004 Freiburg i. Br. – Ergebnisse aktueller Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Hg.: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA), Forschungszentrum Jülich GmbH, 2004
- Brechbühl B. 1998: Laufzeitoptimierung von Klimaanlageanlagen für Publikumsräume mittels CO₂-Luftqualitätsfühler (3 S./Febr. 1998). Hg.: Hochbauamt des Kantons Zürich-ATAL, 1998.
- Danfoss 2004: Broschüren: Aus der Praxis für die Praxis (05/2003) und Planerfibel für den HKL-Fachplaner (08/2003). Danfoss GmbH-Motion Controls, 63073 Offenbach/Main, 2004.
- DIN 1946: Raumlufttechnik (VDI-Lüftungsregeln), insbesondere:
Teil 1: Terminologie und graphische Symbole (10/1988),
Teil 2: Gesundheitstechnische Anforderungen (01/1994),
Teil 4: Lüftung von Wohnungen-Anforderungen, Ausführung, Abnahme (09/1194)
- DIN 24163, Teil 1-3: Ventilatoren, Leistungsmessung, Normkennlinien, 1985
- DIN 24166: Ventilatoren, Technische Lieferbedingungen, 1989
- DIN EN 13779: Lüftung von Gebäuden-Leistungsanforderungen für raumlufttechnische Anlagen. (deutsche Fassung prEN 13779: 1999/Ausg. 02/2002). Beuth-Verlag-Berlin, 2002
- DIN EN 13779: Lüftung von Gebäuden-Leistungsanforderungen für raumlufttechnische Anlagen. (deutsche Fassung prEN 13779: 1999/Ausg. 02/2002). Beuth-Verlag-Berlin, 2002
- ebm 2001: Katalog: EC-Standard Ventilatoren 2001 u. Detailauskünfte über EC-Ventilatoren und deren Einsparpotentiale. ebm Werke GmbH & Co. KG, Mulfingen, 2001
- EnAg NRW/o. Jahr: Energie- und kosteneffizient lüften und klimatisieren mit RAVEL NRW (Seminarunterlage). Hg.: Energieagentur NRW, Wuppertal, o. Jahr (ca. 1999).
- GEA-Happel 2003: Anforderungen an effiziente Zentrallüftungsgeräte in Europa. Beiträge im GEA-Klimareport Ausgabe März (Teil 1) u. Juli 2003 (Teil 2). Hg.: GEA-Happel Klimatechnik GmbH, 44638 Herne

- Gebhardt 2004: diverse Kataloge: Radialventilatoren und Fa.-Unterlagen zur Anlagensanierung sowie verschiedene Auskünfte von verschiedenen Mitarbeitern (Technik/Entwicklung). Fa. Gebhardt Ventilatoren GmbH & Co. 74638 Waldenburg, Oktober-Dezember 2004
- Gütegemeinschaft 2004: Detailauskünfte vom Hr. Böhm/Gf der Gütegemeinschaft Raumluftechnische Geräte e.V., 82110 Germering Okt. 2004-s.a. www.guetegemeinschaft.com
- Honeywell 1997: Bedarfsgerechte Lüftung-Energieeinsparung im RLT-Betrieb (Druckschrift-4 S./02.97). Honeywell AG, 63067 Offenbach.
- Howatherm 2004: Diverse Detailauskünfte über Lüftungsgeräte mit EC-Motoren von Hr. Backes (Entwicklung) und Preisauskünfte von Hr. Meuthen (Howatherm Vertriebs-NL Duisburg), Oktober/Dezember 2004
- Hummes 2000: Senkung der Betriebskosten von RLT-Anlagen durch Anlagenoptimierung. Beitrag von D. Hummes in HLH Nr. 12-Dezember 2000.
- Jüttemann 1999: Wärme- und Kälterückgewinnung in raumluftechnischen Anlagen. Werner Verlag, Düsseldorf, 4. überarb. Auflage 1999.
- Kaup 1996: Möglichkeiten der Energieeinsparung in RLT-Geräten. Beitrag in KK – Die Kälte- und Klimatechnik Heft 3 (S. 200-205), 1995. Sonderdruck der Fa. Howatherm GmbH.
- Klee 2001: Energetische Optimierung von RLT-Anlagen. In HLH Bd. 52 (2001) Nr. 3 - 2001.
- LGA 2002: Energie Lüftung – Energieeffiziente Lüftungsanlagen in Betrieben (Broschüre / 50 S.). Hg.: Landesgewerbeamt Baden-Württemberg-Informationszentrum Energie, 70174 Stuttgart, Mai 2002
- Meier/o. Jahr: Bedarfsgerechte Lüftung, bearbeitet von Dr. S. Meier-Fa. Landis & Staefa. (Sonderdruck/4 S.). Hg.: VDMA-HKG-Arbeitskreis „Bedarfsgerechte Lüftung“, Frankfurt/a. M., o. Jahr (ca. 1996).
- Motor Challenge 2004: Energy Efficient Motor Driven Systems...can save Europe 200 billion kWh of electricity consumption and 100 million tonne of greenhouse gas emissions a year. Published by European Copper Institute, Brussels, Belgium, April 2004
- Radgen (Hg.) 2002: Market Study für Improving Energy Efficiency for Fans. EU SAVE Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) Karlsruhe. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2002
- RAL GZ RLT 2003: RAL-Gütezeichen Raumluftechnische Geräte – Gütesicherung RAL-GZ 652 (Ausgabe Januar 2003). Hg.: Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., 53757 St. Augustin. Bezug: Gütegemeinschaft Raumluftechnische Geräte e.V. 82110 Germering-s.a. www.guetegemeinschaft.com
- robatherm 2004: Mitteilung von geschätzten Marktzahlen von Lüftungsgeräten/Ventilatoren durch Hr. R. Baumeister (Gf/Marketing) sowie des typischen Mehrpreises für Gerät nach RAL GZ 652 durch Vertriebs-NL NRW. Fa. robatherm, 89325 Burgau, Dezember 2004
- UBA 2000: Leitfaden für die Innenlufthygiene in Schulgebäuden. Hg.: Umweltbundesamt (UBA) Berlin, 2000.
- VDI 2071 (12/97): Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen.
- VDI 3803 (10.2002): Raumluftechnische Anlagen; Bauliche und technische Anforderungen.
- VDI 6014: Energieeinsparung durch Einsatz drehzahlregelbarer Antriebe in der TGA (...insbesondere im Bereich der Lüftungen und Pumpen). - in Bearbeitung / Veröffentlichung des Gründruckes (Entwurf): voraussichtlich Ende 2005

VDI 6022-BI. 1 (06.98): Hygienische Anforderungen an RLT-Anlagen Büro und Versammlungsräume. BI. 2 (12.99): Hygienische Anforderungen an RLT-Anlagen-Anforderungen an die Hygieneschulung.

Wetzel R./o. Jahr: Mischgassensoren in bedarfsgeregelten Lüftungssystemen - Energieeinsparung auf erweitertem Anwendungsfeld möglich. –Projektbeschreibung des Forschungsprojektes „Luqas II“ (s.a. BINE 2001/w.o) erhalten v. Fa. ETR Elektronik Technologie Rump GmbH, 44319 Dortmund (11.2002).

Wuppertal Institut 2003: Energiesparkonzept für die Gesamtschule Berger Feld in 45891 Gelsenkirchen - mit Grundlagenteil: RLT-Sanierung in Schulen (Endbericht, unveröffentlicht). Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie. Wuppertal, 09.2003

Ziehl-Abegg 2004: Kataloge: EC-Ventilatoren u.a. sowie technische Detailauskünfte über Ventilatoren mit EC-Motoren und die bestehende Einsparpotentiale von Hr. Albig. Fa. Ziehl-Abegg, Künzelsau, Dezember 2004