

Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

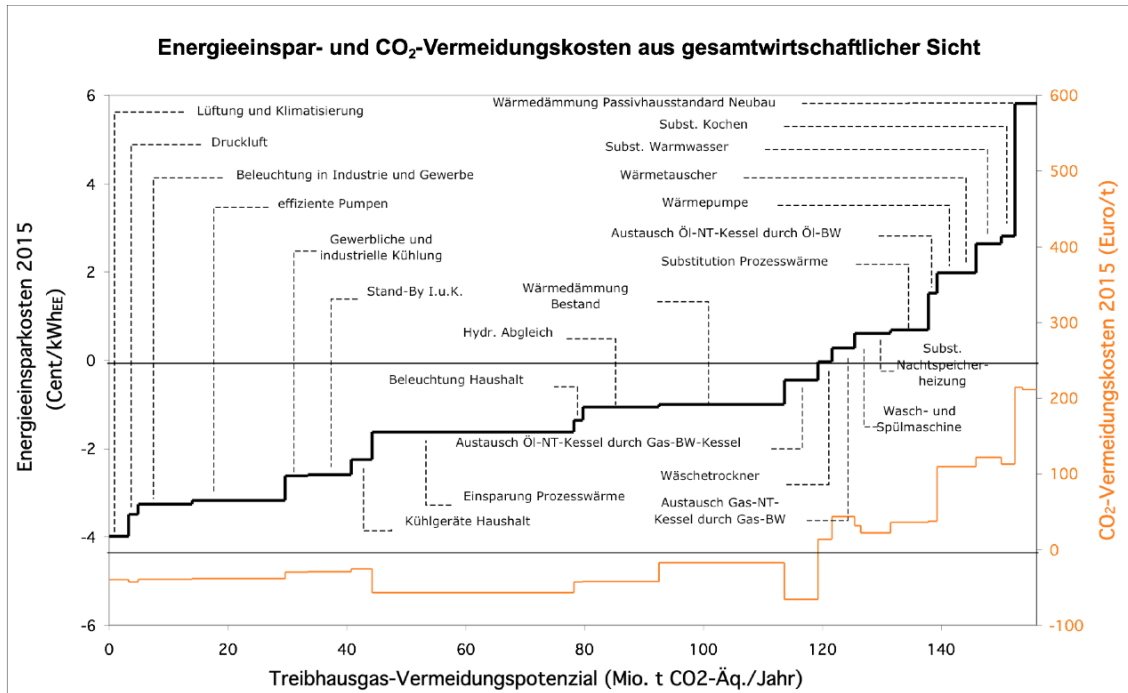
Technisch-wirtschaftliche Potenziale zur Einsparung von Endenergie

Dr. Wolfgang Irrek (Koordination) / Dr. Stefan Thomas
mit Unterstützung von Dr. Claus Barthel

In einem Projekt des Wuppertal Instituts im Auftrag der E.ON AG wurden **70 Technologien bzw. Maßnahmen** in Bezug auf ihr Potenzial zur CO₂-Reduktion und Einsparung oder Substitution von Endenergie in Deutschland untersucht (Wuppertal Institut 2006). Die ermittelten Potenziale wurden anschließend sowohl aus einzelwirtschaftlicher Sicht (Kalkulationszinssatz: 8%) als auch aus gesamtwirtschaftlicher Sicht (Kalkulationszinssatz: 4%) ökonomisch bewertet. Die Analysen wurden jeweils für die Zeitpunkte 2005 (dem Jahr der Erstellung der Studie), 2010 und 2015 unter Beachtung normaler Reinvestitionszyklen durchgeführt. Wechselwirkungen zwischen Maßnahmen wie Wärmedämmung und Heizungserneuerung wurden berücksichtigt.

Das Ergebnis der Betrachtung aller Einzeltechnologien und Systemlösungen lässt sich in verschiedener Weise darstellen. Um die ökologische Wirksamkeit festzustellen, ist die Betrachtung der jeweiligen **CO₂-Minderung** sinnvoll.

Abb. 1 Ergebnisse einer Untersuchung von 70 Endenergie-Einspartechnologien



Quelle: Wuppertal Institut 2006

Diese bietet auch die Möglichkeit eines Vergleichs zwischen Maßnahmen zur Strom- bzw. Heizenergieeinsparung und zum Energieträgerwechsel. Die CO₂-Minderung ist für alle Einspartechniken und für alle Sektoren in der obigen Abbildung 1 aufsummiert. Dabei wurden die Maßnahmen, die auf die gleiche Endanwendung zielen und in den gleichen Technikmärkten erbracht werden, zusammengefasst. Die CO₂-Minderung der einzelnen Maßnahmen wurde dabei jeweils addiert, für die Kosten eingesparter Energie oder der CO₂-Vermeidung wurde das mit der CO₂-Minderung gewichtete Mittel gebildet. So ist ein übersichtlicher Vergleich der CO₂-Minderungspotenziale und der Nettokosten der Einsparung bei den verschiedenen Endanwendungen und Technikmärkten möglich. Letztere sind teilweise Sektor übergreifend.

In der Kurve für die Einsparkosten (kräftigere Linie) und die CO₂-Vermeidungskosten (dünne Linie) sind die Maßnahmen in der Reihenfolge aufsteigender durchschnittlicher Netto-Einsparkosten in Euro pro kWh eingesparter oder substituierter Ausgangsenergie (Strom oder Wärmeenergieträger) aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive aufgetragen. Als Netto-Einsparkosten sind die Mehrkosten der jeweiligen Technik abzüglich der langfristig vermeidbaren Systemkosten für die Bereitstellung von Strom bzw. Wärmeenergieträgern zu verstehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich hier um Mittelwerte für Mehrkosten und um Aussagen handelt, die für den Durchschnittsfall gelten. Als konkrete Planungsgrundlage muss dagegen gerade bei den komplexeren Maßnahmen immer der Einzelfall betrachtet werden.

Alle Maßnahmen, deren so definierte Kosten eingesparter oder substituierter Energie niedriger als Null liegen, sind aus gesamtwirtschaftlicher Sicht rentabel. Maßnahmen, deren Kosten über Null liegen, verursachen dagegen Mehrkosten.

Es ist also mit den untersuchten Effizienztechnologien und Maßnahmen gesamtwirtschaftlich rentabel, **innerhalb von zehn Jahren über 120 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr** einzusparen. Besonders hohe Beiträge können die Wärmedämmung im Gebäudebestand, der hydraulische Abgleich im Haushalts- und GHD-Bereich sowie Prozesswärmeeinsparung und Ausrüstung von Pumpen mit Frequenzumrichtern im GHD-Sektor und in der Industrie liefern.

Zusätzlich sind die CO₂-Vermeidungskosten in Euro pro Tonne für die jeweilige Einspartechnik aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive dargestellt (dünnere Linie). Bei diesem Indikator sind ebenfalls die meisten untersuchten Potenziale wirtschaftlich, d.h. sie weisen CO₂-Vermeidungskosten unter null bzw. unter einem erwarteten Zertifikatspreis von 10 Euro pro Tonne auf. Jedoch gibt es mathematische Probleme gerade bei Ressourcen mit negativen Werten der CO₂-Vermeidungskosten, die insbesondere den Vergleich zwischen Maßnahmen zur Einsparung einer Endenergie und Maßnahmen zum Energieträgerwechsel nicht erlauben.

Aus einzel- und gesamtwirtschaftlicher Sicht besonders vorteilhafte Technologie- bzw. Anwendungsbereiche bei den Kundengruppen private Haushalte, Kommunen, Gewerbe und Industrie sind (vgl. hierzu ausführlicher Wuppertal Institut 2006):

- Brennstoffeinsparung im Prozesswärmebereich der Industrie;
- Heizungsoptimierung/Hydraulischer Abgleich/Faktor 4-Umwälzpumpen im Haushaltsbereich;
- Wärmedämmung auf Niedrigenergiehaus-Standard und Heizungserneuerung (Öl- bzw. ggf. auch Gaskesseltausch) im Gebäudebestand;
- Effiziente Pumpen in Industrie und GHD-Sektor;
- Effiziente Lüftungs- und Klimaanlage in Industrie und GHD-Sektor;
- Optimierte Anlageneinstellung (Lüftung, Pumpen, Antriebe) in Industrie und GHD-Sektor;
- Verringerung von Standby-Verlusten im Audio/Video/TK-Bereich sowie von Standby-Verlusten im GHD-Sektor;
- Effiziente Prozesskälte- und Druckluftbereitstellung in der Industrie;
- Effiziente Beleuchtungssysteme in allen Sektoren;
- Lebensmittelkühlung durch steckerfertige, effiziente Kühlgeräte im GHD-Sektor;
- Effiziente Kühl- und Gefriergeräte, Warmwasseranschlüsse sowie effiziente Wäschetrockner im Haushaltsbereich;
- Stromsubstitutionsmaßnahmen im Haushaltsbereich und im GHD-Sektor;
- Wärmerückgewinnung im Industrie- und GHD-Sektor;
- Optimierung des Klimatisierungsbedarfs der Mobilfunk-Basisstationen.

Tab. 1 Einzel- und gesamtwirtschaftliche Ergebnisse der Aggregation aller für sich allein wirtschaftlichen Einzelmaßnahmen nach Anwendungsbereichen innerhalb von zehn Jahren (ohne Berücksichtigung von Transaktionskosten ihrer Umsetzung) – Industrie

Anwendung	CO ₂ -Reduktionspotenzial [t/a]	Einsparung Strom netto [TWh/Jahr]	Einsparung Brennstoffe netto [TWh/Jahr]	Gesamtwirtschaftlicher Gewinn [Mio. Euro/a]	Nettovorteil der Kunden [Mio. Euro/Jahr]	Amortisationszeit (Kundensicht) [Jahre]	Verzinsung (Kundensicht) [%]
INDUSTRIE							
Pumpen	9.822.007	15		477	712	2,9	40,5%
Prozesswärme (Substitution, Brennstoffeinsparungen)	34.829.505	16	82	1.648	1.979	3,1	51,2%
Prozesskälte	1.287.167	2		63	92	3,3	34,2%
Druckluft	1.608.517	2		86	123	3,4	34,6%
Beleuchtung	2.357.468	4		124	178	3,7	47,0%
Ventilatoren, Lüftung, Klima	1.812.076	2	1	88	118	4,1	35,2%
Wärmedämmung + Heizungserneuerung (Gas-/Öl-Kesseltausch)	1.215.562		4	63	61	7,8	76,8%
Wärmerückgewinnung	353.423		2	13	5	11,3	10,8%
SUMME	53.285.725	41	88	2.560	3.268		

Quelle: Wuppertal Institut 2006. Die Amortisationszeiten sind dynamisch gerechnet. Eingesparte CO₂-Zertifikatskosten wurden bei der Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Gewinns mit 10 Euro/t CO₂ bewertet. Aus der Kundensicht sind sie implizit Teil der angelegten Energiepreisentwicklung.

Tab. 2 Einzel- und gesamtwirtschaftliche Ergebnisse der Aggregation aller für sich allein wirtschaftlichen Einzelmaßnahmen nach Anwendungsbereichen innerhalb von zehn Jahren (ohne Berücksichtigung von Transaktionskosten ihrer Umsetzung) – GHD-Sektor

Anwendung	CO ₂ -Reduktionspotenzial [t/a]	Einsparung Strom netto [TWh/Jahr]	Einsparung Brennstoffe netto [TWh/Jahr]	Gesamtwirtschaftlicher Gewinn [Mio. Euro/a]	Nettovorteil der Kunden [Mio. Euro/Jahr]	Amortisationszeit (Kundensicht) [Jahre]	Verzinsung (Kundensicht) [%]
GHD-SEKTOR							
Klimatisierungsbedarf Telekommunikation (mobil, Festnetz)	880.631	1		61	116	0,9	376,0 %
Verringerung Standby-Verluste im IuK-Bereich	2.403.365	4		77	204	1,8	53,2%
Pumpen	3.638.068	6		175	374	2,2	51,7%
Beleuchtung (innen)	6.115.493	9		325	656	2,7	61,2%
Ventilatoren, Lüftung, Klima	1.504.589	2	1	72	136	3,2	44,7%
Kühlen / Tiefkühlen	2.528.431	4		90	210	3,9	31,0%
Prozesswärme (Substitution, Brennstoffeinsparungen)	5.461.394	1	16	168	211	5,1	21,9%
Kochen (Substitution Strom durch Gas)	411.380	1	-1	6	33	6,5	18,7%
Beleuchtung (Ampeln, Straßen)	584.071	1		0	21	6,9	14,8%
Warmwasser (Substitution Strom durch Gas)	305.926	1	-1	-6	15	9,6	12,8%
Wärmerückgewinnung	1.155.030		5	39	20	10,6	11,5%
Wärmedämmung + Heizungserneuerung (Gas-/Öl-Kesseltausch)	3.616.294		16	198	104	13,1	37,3%
SUMME	28.604.671	29	35	1.204	2.099		

Quelle: Wuppertal Institut 2006. Die Amortisationszeiten sind dynamisch gerechnet. Eingesparte CO₂-Zertifikatskosten wurden bei der Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Gewinns mit 10 Euro/t CO₂ bewertet. Aus der Kundensicht sind sie implizit Teil der angelegten Energiepreisentwicklung.

Tab. 3 Einzel- und gesamtwirtschaftliche Ergebnisse der Aggregation aller für sich allein wirtschaftlichen Einzelmaßnahmen nach Anwendungsbereichen innerhalb von zehn Jahren (ohne Berücksichtigung von Transaktionskosten ihrer Umsetzung) – Private Haushalte

Anwendung	CO ₂ -Reduktionspotenzial [t/a]	Einsparung Strom netto [TWh/Jahr]	Einsparung Brennstoffe netto [TWh/Jahr]	Gesamtwirtschaftlicher Gewinn [Mio. Euro/a]	Vorteil der Kund(innen) [Mio. Euro/Jahr]	Amortisationszeit (Kundensicht) [Jahre]	Verzinsung (Kundensicht) [%]
PRIVATE HAUSHALTE							
Verringerung Standby-Verluste Audio/Video/TV	3.987.426	6		150	801	1,1	100,9 %
Spülmaschine (Warmwasseranschluss)	172.373	1	-1	4	59	1,9	59,0%
Beleuchtung	1.521.422	2		81	325	1,8	87,5%
Kühl- und Gefriergeräte (A+, A++)	3.551.945	5		122	677	2,1	52,5%
Heizungsoptimierung (Pumpentausch, hydraul. Abgleich)	14.986.146	4	43	562	1.751	2,7	43,9%
Wäschetrockner	2.364.142	5	-3	2	412	3,5	38,9%
Waschmaschine (A+, Warmwasseranschluss)	829.897	2	-1	-20	125	6,8	24,4%
Wärmedämmung + Heizungserneuerung (Gas-/Öl-Kesseltausch)	18.901.687		68	512	1.158	9,0	16,6%
Substitution Nachtspeicherheizungen und Elektrowarmwasser	6.854.786	15	-18	-253	243	10,6	11,8%
SUMME	53.169.823	40	87	1.160	5.550		

Quelle: Eigene Berechnung des Wuppertal Institut, 2006. Die Amortisationszeiten sind dynamisch gerechnet. Eingesparte CO₂-Zertifikatskosten wurden bei der Berechnung des gesamtwirtschaftlichen Gewinns mit 10 Euro/t CO₂ bewertet. Aus der Kundensicht sind sie implizit Teil der angelegten Energiepreisentwicklung.

Ähnliche Potenzialabschätzungen führt das Wuppertal Institut derzeit (Stand: Mai 2008) zusammen mit Projektpartnern für die EU-27 durch.

Eine überschlägige, vergleichende Übersicht von Energieeinspar-Potenzialermittlungen verschiedener Studien für Deutschland gibt die folgende Tabelle.

Tab. 4: Vergleich aktueller Energieeinspar- und CO₂-Reduktionspotenzialermittlungen für Deutschland

Sektor	Quelle betrachteter Zeitraum Einheit p.a.	Ist-Verbrauch				Technisches Potenzial Gesamteinsparung				Wirtschaftliches Potenzial				Ist- Verbrauch McKinsey	Techn. Potenzial McKinsey 2008-2020 Mt CO2e	Wirtschaftl. Potenzial McKinsey 2008-2020 Mt CO2e
		Wuppertal Inst 2005		Prognos 2002		Wuppertal Inst 2005-2015		Prognos 2008-2016		Wuppertal Inst 2005-2015		Prognos 2008-2016				
		TWhel	TWhth	TWhel	TWhth	TWhel	TWhth	TWhel	TWhth	TWhel	TWhth	TWhel	TWhth			
PHH																
IuK		23,79		23,06		6,08		5,69		6,08		5,25				
Beleuchtung		13,22		15,69		2,32		6,39		2,32		6,39				
Kühl- und Gefriergeräte		22,46		16,94		5,41		5,33		5,41		5,33				
Heizungsumwälzpumpen, hydraul. Abgleich		7,61		5,83		3,86	42,85	0,92		3,86	42,85	0,25				
Wäschetrockner		4,89		3,89		5,12	-3,44	2,53		5,12	-3,44	1,25				
Waschmaschine		6,17	0,02	4,72		1,79	-1,19	0,47		1,79	-1,19	0,47				
Geschirrspüler		6,66	0,02	4,44		0,70	-0,95	0,44		0,70	-0,95	0,44				
Kochen		13,64	1,82	11,03	4,81	2,90	-3,48									
Warmwasser		18,43		14,58	57,64	5,97	-7,16	6,94		5,97	-7,16	1,39				
Raumwärme	Gebäudehüllensanierung Heizung	24,37	566,02	25,83	585,83	0,65	61,54	38,33		54,92	33,33	41,94		31,00	28,00	
GHD																
IuK		15,35		19,75		3,66		1,11		3,66		0,67				
Telekommunikation		3,61				1,34				1,34				9,00	9,00	
Kühlen / Tiefkühlen		12,97		3,06		3,85		0,83		3,85		0,83				
Pumpen, Prozessantriebe		22,24		5,83		5,54		0,33		5,54						
Beleuchtung		37,55		45,28		9,32		13,89		9,32		10,56		7,00	7,00	
Ventilatoren, Lüftung, Klima		19,32	0,08	4,72		1,81	1,07	2,78		1,81	1,07	2,22		11,00	11,00	
Lüftung; Energiemonitoring & -management																
Warmwasser		3,98				1,01	-1,21			1,01	-1,21					
Prozesswärme		2,90	30,90	16,99	72,53	0,96	10,01				11,16					
Kochen		5,30				1,17	-1,40			1,17	-1,40					
Raumwärme	Gebäudehüllensanierung Heizung	0,18	188,09	3,11	198,58	0,24	20,53	15,56		7,35	13,06			3,00	3,00	
						-13,05	31,18	13,89		-10,50	20,07					
PHH+GHD																
Raumwärme	Gebäudehüllensanierung Heizung	24,55	754,11	28,94	784,42	0,89	82,07	53,89		62,27	46,39			72,00	31,00	
						-41,58	108,72	68,81		-1,78	16,18					
Andere Anwendungen																
Industrie																
Raumwärme	Gebäudehüllensanierung Heizung	0,06	60,67	6,06	89,94	0,08	6,21	0,83	34,17	1,92	0,28	17,22				
						-4,21	10,06			-3,39	6,47					
Beleuchtung		18,75		20,03		3,59		7,50		3,59		5,56		6,00	6,00	
Kühlung		9,36				1,96				1,96						
Lüftung		23,47	0,10			2,20	1,30			2,20	1,30					
Kraft				136,22	8,86			91,39				28,33		21,00	21,00	
	davon Pumpen	87,03				14,97				14,97						
Prozesswärme		53,72	366,30	65,22	376,25	16,12	81,75	1,39	67,50	101,09	30,56					
Warmwasser		1,70				0,43	-0,52									
Druckluft		14,09				2,45				2,45				22,00	3,00	
Andere Anwendungen bzw. übergreifend																
								55,00	91,39			20,28	18,61			

Anmerkungen:

Das wirtschaftliche Potenzial ist in allen drei Studien aus Kunden- bzw. Entscheiderperspektive bewertet worden. Dabei wurden jedoch unterschiedliche Zinssätze zugrunde gelegt: Die Berechnungen von Prognos basieren auf einem Zinssatz von 4,2% bzw. 4,5%. Das Wuppertal Institut führt die Berechnungen der Wirtschaftlichkeit aus Kundensicht einheitlich mit einem Zinssatz von 8% durch. McKinsey berücksichtigt die jeweiligen Zinssätze der Entscheider in den Berechnungen: Die Spanne reicht von 4% für Privathaushalte bis zu 9,5% für die Industrie.

Bzgl. Prozesswärme: Das wirtschaftliche Potenzial kann u. U. aufgrund von Verrechnungseffekten, die durch Substitutionsmaßnahmen verursacht werden, größer sein als das technische Potenzial.

Bzgl. Prognos, Industrie: Einzelne Maßnahmen waren nicht eindeutig zuzuordnen. Diese Maßnahmen wurden unter "andere Anwendungen bzw. übergreifend" gelistet.

Bzgl. Wuppertal Institut, Heizungsanlagen: Es wurde ein negatives wirtschaftliches Einsparpotenzial bei brennstoffbetriebenen Heizungsanlagen in Privathaushalten durch das Wuppertal Institut ermittelt. Das negative Einsparpotential resultiert zum einen aus der Substitution von Nachtspeicheröfen durch brennstoffbetriebene Anlagen (Brennstoffmehrverbrauch). Zum anderen ist nach den mit E.ON Ruhrgas abgestimmten Berechnungen des Wuppertal Instituts der Einsatz von Brennwertechnik im Vergleich zu heute neu eingesetzter Niedertemperaturtechnik in vielen Fällen nicht wirtschaftlich, weil Kosten für notwendige bauliche Veränderungen an der Abgasanlage, die im Zuge des Einbaues eines Brennwerteckel zum Teil anfallen, zusätzlich berücksichtigt werden müssen.

Quelle: Wuppertal Institut 2006, PROGROS 2007, McKinsey 2007

Beispiel: Energie- und Materialeinsparung bei Heizungsoptimierung mit Pumpentausch

Die energetischen Schulsanierungen im Rahmen der vom Wuppertal Institut begleiteten Solar & Spar-Projekte (www.solarundspar.de) machen alte Heizungsumwälzpumpen überflüssig, wodurch **Material und Energie** eingespart werden. Noch größere Energieeinsparungen ergeben sich durch den Ersatz der verbleibenden Pumpen durch Hocheffizienzpumpen (bis zu 85% Stromersparung) und die Optimierung des Heizungsnetzes durch eine Optimierung von Steuerung und Regelung inklusive des so genannten hydraulischen Abgleichs.

Allein im Wohngebäudebereich könnten **1% des deutschen Stromverbrauches** allein dadurch eingespart werden, dass bei einer Heizungssanierung jeweils richtig dimensionierte **hoch effiziente Heizungsumwälzpumpen** eingesetzt würden.

Bei diesen Pumpen handelt es sich um permanentmagnetische EC Motor-Pumpen kleiner Leistung – statt der üblichen ineffizienten, oft sogar unregelmäßig arbeitenden Heizungsumwälzpumpe. Der **hydraulische Abgleich** im Rahmen der Optimierung der Steuerung bzw. Regelung des Heizungssystems optimiert den Wasserfluss im Leitungssystem. Aber auch die **Warmwasserbereitung** kann optimiert werden – beispielsweise durch eine angepasste Pumpengröße oder die Optimierung des Pumpenbetriebs.



Die **Energieeinsparung** durch die Hocheffizienzpumpe und die parallel durchgeführte Optimierungsmaßnahme liegt bei einem Ein- oder Zweifamilienhaus jedes Jahr bei bis zu 400 kWh Strom und 4.500 kWh Wärmeenergieträger. Das sind etwa 250 Euro pro Jahr Kosteneinsparung – bei steigenden Energiekosten natürlich entsprechend mehr. Wie die folgende Rechnung zeigt, **rechnet sich die Maßnahme nach etwa drei bis vier Jahren**, bei größeren Gebäuden nach etwa vier bis sieben Jahren:

	Hocheffizienzpumpe	Konventionelle Pumpe
Anschaffungskosten und Einbau	425 Euro	240 Euro
Kosten für Optimierung Heizung und Warmwasser	680 Euro	
Gesamtkosten	1.105 Euro	240 Euro
Eingesparte Energiekosten pro Jahr	- 250 Euro	
Amortisationszeit der Hocheffizienzpumpe	Ca. 3 - 4 Jahre	

Woran scheitert in vielen Fällen die Realisierung dieser vorteilhaften Effizienzmaßnahmen?

Nur wenige **Handwerksbetriebe** bieten die energieeffiziente, aber teurere Pumpe immer mit an. Viele andere Handwerksbetriebe denken nicht daran, kennen die Hocheffizienzpumpe nicht gut genug oder vermuten, dass die Kunden sowieso nur auf den Anschaffungspreis schauen. Oder aber sie scheuen den Aufwand, die Kunden bei der Pumpenwahl zu beraten und sie davon zu überzeugen, dass eine Optimierung des Heizkreislaufs im Zuge des Pumpentauschs für die Kunden sinnvoll ist. Die **Hersteller und Händler** können zudem nicht unbedingt eine höhere Marge durch den Verkauf der teureren Pumpen im Markt erzielen. Und die meisten **Gebäudeeigentümer/-innen** machen sich nicht die Mühe, sich über mögliche Pumpen für ihre Heizungsanlagen zu informieren, deren Kosten zu vergleichen und schließlich diejenige zu wählen,

die die niedrigsten Lebenszykluskosten aufweist. Schließlich eilt es oft, wenn die Heizungsumwälzpumpe im Winter plötzlich ausfällt und ersetzt werden muss. Die meisten Gebäudeeigentümer/-innen kennen zudem auch die Optimierungsmöglichkeiten bei einer Heizungs- und Warmwassererzeugungsanlage nicht.

Literatur

McKinsey & Company (2007): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland, Studie im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“, Berlin

PROGNOS (2007): Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen, Endbericht 18/06 im Auftrag des BMWi, bearbeitet von F. Seefeldt et al., Basel und Berlin

Wuppertal Institut (2006): Optionen und Potenziale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen, Kurzfassung, Endbericht im Auftrag der E.ON AG, Wuppertal
http://www.wupperinst.org/de/projekte/proj/index.html?&projekt_id=142