

# Energetische Gebäudeerneuerungen – Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten

Eine Auswertung des Gebäudeprogramms  
der Stiftung Klimarappen

Zusammenfassung

Stiftung Klimarappen

## **Auftraggeber**

Stiftung Klimarappen  
Dr. Marco Berg

## **Begleitung**

Stefan Haas, Gebäudeprogramm AG  
Thomas Nordmann, TNC und Gebäudeprogramm AG

## **Auftragnehmer**

### **TEP Energy GmbH**

Technology Economics Policy – Research and Advice  
A spin-off company of ETH Zurich  
c/o ETH Zürich, Zürichbergstr. 18, 8032 Zürich

Dr. Martin Jakob  
+41 44 632 06 53 (office) +41 79 691 16 28 (cell)  
martin.jakob @ tep-energy.ch

### **In Zusammenarbeit mit**

Meier+Steinauer Partner AG, Zürich  
Hochschule Luzern (HSLU), Kompetenzzentrum Typologie und Planung in Architektur  
(CCTP), Horw

## **Autoren**

Martin Jakob (Projektleitung), TEP Energy, Zürich  
Beate Grodofzig Fürst, TEP Energy, Zürich  
Nadja Gross, TEP Energy, Zürich

## **Mitarbeit**

Marco Bendotti, Meier+Steinauer Partner AG, Zürich  
Stefan Brändle, Meier+Steinauer Partner AG, Zürich  
Robi Fischer, HSLU  
Gabriela Koch, TEP Energy, Zürich  
Ursula Ott, TEP Energy, Zürich  
Daniela Widmer, TEP Energy, Zürich  
Remo Forster, TEP Energy, Zürich

# 1 Zusammenfassung

## Ausgangslage, Zielsetzung, methodisches Vorgehen

### *Ausgangslage*

Von Juni 2006 bis Dezember 2009 betrieb die Stiftung Klimarappen (SKR) ein Programm zur Förderung energetischer Erneuerungen von Gebäuden im Bereich der Gebäudehülle. Um die Förderberechtigung der gesuchstellenden Gebäudebesitzer zu prüfen und um eine Grundlage zur Programmevaluation bereit zu stellen, erfasste die SKR verschiedene Angaben zu den jeweiligen Gebäuden und den geplanten baulichen Massnahmen. Dazu gehören Flächenangaben, energietechnische Kennwerte und insbesondere die Kosten der geplanten und getätigten Erneuerungsmassnahmen in Form von Bauabrechnungen.

### *Zielsetzung*

Das Projekt hatte zum Ziel, die Kostenkennwerte baulicher Energieeffizienzmassnahmen (EE-Massnahmen) anhand der Gesuchs- und Abrechnungsunterlagen des Gebäudeprogramms zu ermitteln und deren Einflussfaktoren zu bestimmen. Auf dieser neuen und aktuellen empirischen Grundlage sollten die Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von EE-Massnahmen errechnet und mit den Annahmen dazu verglichen werden, auf deren Grundlage die Fördersätze zu Beginn des Programms festgelegt worden waren. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten Hinweise für die Konzipierung ähnlicher Förderprogramme geben.

### *Methodisches Vorgehen*

Zum einen wurde die gesamte Datenbank des Gebäudeprogramms der SKR mittels multipler Regression ausgewertet (rund 9'000 Projekte). Zum anderen wurden bei einer Stichprobe von rund 400 abgeschlossenen Projekten die erbrachten Bauleistungen mittels eines eigens konzipierten Rasters erfasst. Der unterschiedliche Umfang der Bauleistungen und Kostenelemente bei den einzelnen Projekten ermöglichte es, die kostenbeeinflussenden Faktoren zu ermitteln und die einzelnen Kostenpunkte mittels Regressionsanalysen zu quantifizieren. Die Prüfung der Bauabrechnungen gab auch Aufschluss über den baulichen Kontext, in dem die energetischen Erneuerungen durchgeführt wurden (typische Kombinationen von Bauteilen und weiteren Renovationsarbeiten).

Mit den Regressionsanalysen konnten zudem gewisse Abgrenzungen zwischen energetischen und nicht-energetischen Massnahmen (Instandsetzungen) quantifiziert werden. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeitsrechnungen wurden so ergänzend Kostenkennwerte von nicht-energetischen Instandsetzungsmassnahmen wie z.B. der Ausbesserung und dem Neuanstrich der Fassade erarbeitet. Diese Instandsetzungskosten dienten – nebst dem Ist-Zustand des Gebäudes – als einer der Referenzfälle, an denen die Wirtschaftlichkeit der energetischen Erneuerungsmassnahmen und die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten gemessen wurden. In Bezug auf die energetische Wirkung, welche ebenfalls in die Wirtschaftlichkeit einfließt, wurden die energietechnischen Kennwerte (U-Werte) anhand der vorliegenden Unterlagen zum Schichtaufbau bestimmt.

## **Validierung der Datenquellen**

Durch Vergleich der bereinigten Kosten der Dossier-Stichprobe und den Werten der Datenbank wurden die Datenqualität geprüft und die elektronisch verfügbaren Werte in der Datenbank validiert. Bei beiden Quellen erwiesen sich in der Regel dieselben Einfluss-

faktoren für die Kostenkennwerte als statistisch signifikant. Zu nennen sind die Ausführungsart, die Materialisierung, die Eigenleistung sowie die Energieeffizienz, welche alle in ähnlichem Mass die Kosten beeinflussen.

Bei einem nicht vernachlässigbaren Anteil der Dossiers, je nach Bauteil zwischen knapp 20% und bis gegen 40%, ergab sich jedoch aufgrund der Analyse der Bauabrechnungen bei den Kosten ein Anpassungsbedarf, in einigen Fällen auch bei den Flächen. Allerdings mittelten sich Anpassungen nach oben und unten mehr oder weniger aus; der Mittelwert der spezifischen Kosten (CHF/m<sup>2</sup>) in der Datenbank erwies sich als statistisch nicht verschieden von demjenigen der bereinigten Kostenkennwerte aus den Dossiers.

Die Streuung der „wahren“ Kostenkennwerte ist jedoch weniger breit als diejenige der Werte in der Datenbank. Mit den Daten der Dossiers-Stichprobe können deshalb die spezifischen Kosten trotz der deutlich geringeren Anzahl Datensätze statistisch besser erklärt und inhaltlich besser verstanden werden. Die ermittelten Kostenkennwerte sind mit einer geringeren Unsicherheit verbunden, und es lassen sich Kennwerte für differenziertere Fallunterscheidungen bestimmen (z.B. mit und ohne Gerüst, mit und ohne Fensterentsorgung).

Aus den Regressionsanalysen ging des weiteren hervor, dass pauschal angegebene, nicht überprüfbare Rechnungsbeträge systematisch höher liegen als solche bei detaillierten Bauabrechnungen, in der Regel um 15% bis 40%. Ausnahmen bilden Kellerdecke und Estrich mit hoher Abweichung (65% bzw. 70%) und Fenster und Flachdach ohne signifikante Abweichung. Der Anteil solcher Rechnungen beträgt jedoch nur 10% bis 20% (Ausnahme Kellerdecke: 35%). Die daraus resultierende Verzerrung liegt zwischen 0% und 8% (beim Estrichboden 12%), d.h. die Überschätzung der im folgenden ausgewiesenen Kosten ist relativ gering.

## **Charakterisierung der durchgeführten Massnahmen**

### *Energetische Qualität der Massnahmen*

Der Anteil der energetischen Erneuerungen gemäss dem weitergehenden Förderstandard „Optimiert“, der den Anforderungen der Minergie-Module entspricht, unterscheidet sich je nach Bauteil: bei der Fassade und beim Dach beträgt er rund zwei Drittel, beim Flachdach drei Viertel, beim Estrichboden und bei der Kellerdecke hingegen „nur“ 60% bzw. 40%. Vor allem bei Büro- und Schulgebäuden wurde das höhere Effizienzniveau häufiger gewählt. Beim Fenster waren drei Standards möglich: rund die Hälfte wählte die Grundförderung, während sich dreifachverglaste und Minergie-Fenster die andere Hälfte im Verhältnis zwei zu drei teilten.

Damit liegt der Anteil der weitergehenden Förderstandards weit über den ursprünglichen Erwartungen: 20% bei den opaken Bauteilen (Wand, Dach, Keller etc.) und 30% beim Fenster (davon ein Drittel Minergie-Modul). Die entsprechenden Boni, welche 2008 erhöht wurden, trugen mit dazu bei, dass das höhere Effizienzniveau gewählt wurde.

Bei den opaken Bauteilen beträgt die typische Dämmstärke 14 bis 15 cm bei der Grundförderung, bei den Erneuerungen des Förderstandards „optimiert“ mit 16 bis 17 cm etwas weniger als anfangs angenommen. Zurückzuführen sein dürfte dies auf die unerwartet hohe energetische Effizienz der Dämmstoffe.

### *Bauteilkombinationen*

Bezüglich Bauteilkombinationen war in der Konzeption des Förderprogramms angelegt, die Häufigkeit von Mehrfachkombinationen zu steigern. In der ersten Phase des Förderprogramms mussten mindestens zwei der drei wichtigsten Bauteile (Wand, Dach und Fenster) erneuert werden, in der zweiten Phase ab 2008 waren auch Einzelmassnahmen möglich, sofern diese seit 2000 bereits durchgeführte Massnahmen ergänzten.

Mit Anteilen von etwa 40% (Einfamilienhäuser) bis zu 50% (Nicht-Wohngebäude) wurden am häufigsten alle drei wichtigen Gebäudeteile gleichzeitig erneuert. Die zweithäufigste Kombination beinhaltete Fenster und Dach mit einem Anteil von knapp einem Viertel. Für Mehrfamilienhäuser (MFH) sind diese Anteile nur geringfügig abweichend. Die Kombinationen Fassade und Dach bzw. Fassade und Fenster sind mit Anteilen zwischen je rund 10% und 15% etwa gleich häufig. Einzelbauteilerneuerungen weisen noch geringere Anteile auf.

Obwohl dies nicht zwingend erforderlich war, weisen umfassende Erneuerungen von drei und mehr Bauteilen also einen relativ hohen Anteil auf. Dies dürfte nicht zuletzt auf den Anreiz des Gesamterneuerungsbonus zurückzuführen sein, welcher in diesen Fällen in Anspruch genommen werden konnte.

### **Ergebnisse zu den Kostenkennwerten**

Die aus den Regressionsanalysen abgeleiteten Kostenkennwerte zeigen, dass die Mehrkosten des energieeffizienten Erneuerns bei den meisten Bauteilen relativ gering sind. Um einen verbesserten Standard zu erreichen oder den Minergie-Gesamterneuerungs-Bonus zu erhalten, war in der Regel mit Mehrkosten von 6% bis 9% zu rechnen (bei Massnahmen an Estrich und Kellerdecke bei tiefem Kostenniveau 7% bis 24%), bezogen auf die Dämmstärke mit Mehrkosten von 0.9% bis 1.8% bei einer um 10% höheren Dämmstärke. In absoluten Werten betragen diese 3 bis 4 CHF/m<sup>2</sup> für Flachdach, Estrichboden und Kellerdecke), 12 bis 20 CHF/m<sup>2</sup> für Fassade und Steildach sowie 40 bis 50 CHF/m<sup>2</sup> für Fenster mit Dreifachverglasung) bzw. 50 bis 80 CHF/m<sup>2</sup> für Minergie-Fenster (Tabelle 1).

Die Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen untersuchten Dossiers und der Gesamtdatenbank ist in der Regel relativ gut und liegt bei 10% bis 15%, wobei beim Steildach die unterschiedliche Art des Massnahmentyps zu beachten ist (bei der Gesamtdatenbank ist die Differenzierungsmöglichkeit geringer). Beim Fenster sind die Kosten gemäss den Daten der Gesamtdatenbank höher, v.a. bei den EFH und den Kunststoff-Fenster. Dies ist u. a. auf die starke Teuerung im Fensterbereich (die untersuchten Dossiers stammen mehrheitlich aus der ersten Phase des Gebäudeprogramms, währendem die Gesamtdatenbank mehrheitlich später gestartete Projekte umfasst), leicht unterschiedliche Projektgrösse und Skaleneffekte sowie statistische Unsicherheiten zurück zu führen.

Die Ergebnisse aus der Gesamtdatenbank und der Auswertung einer Stichprobe von Dossiers und ergänzen sich gut: im ersten Fall konnte v.a. die Abhängigkeit der Kosten von der Energieeffizienz gut aufgezeigt werden und im zweiten Fall konnten die Kosten präziser bestimmt und es konnten zusätzliche Einflussfaktoren quantifiziert werden.

### *Vergleich der Kostenergebnisse mit Ergebnissen früherer Untersuchungen*

Im Vergleich zu früheren Untersuchungen (Kostenstand 2001/2002), aber auch innerhalb der Laufzeit des Programms, wurden zum Teil Kostensteigerungen (v.a. bei der Fassade), z.T. aber auch rückläufige Kosten festgestellt. Letzteres betrifft vor allem die Fenster, bei denen die Mehrkosten von Minergie-Fenstern (im Vergleich zu Standardfenstern) deutlich

gesunken sind (bei Holzfenstern z.B. von 240 auf 80 CHF/m<sup>2</sup> oder weniger), obwohl sich die Energieeffizienz von Standardfenstern ebenfalls verbessert hat. Das ist ein bemerkenswerter techno-ökonomischer Fortschritt. Auch bei den opaken Bauteilen (Wand, Dach etc.) sind die Mehrkosten der zunehmenden Energieeffizienz (höhere Dämmstärken) relativ moderat.

Tabelle 1 Übersicht über die Kostenkennwerte (CHF/m<sup>2</sup>) für die Erneuerungsmassnahmen der verschiedenen Bauteile, abgeleitet aus den Ergebnissen der verschiedenen Regressionsmodelle

Gesamtdatenbank (übernommen aus Tabelle 56)	EFH				MFH			
	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Optimiert		Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Optimiert	
Kompaktfassade, EPS	188	200	212		686	204	216	
Hinterlüftete Fassade, MW	197	294	312		759	300	318	
Steildach (zwischen Sparren)	119	226	246		276	226	246	
Steildach (neue Eindeckung)	127	239	260		185	239	260	
Flachdach (neue Eindeckung)	137	245	249*		445	252	256*	
Estrichboden	97	96	99*		253	95	98*	
Kellerdecke	74	106	113		229	92	99	
	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Dreifachverglasung	Minergie-Fenster	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Dreifachverglasung	Minergie-Fenster
Fenster (Kunststoffrahmen)	32	760	808	827	173	588	625	640
Fenster (Holzrahmen)	32	916	974	998	173	709	754	772
Untersuchte Dossiers (übernommen aus Tabelle 117)	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Optimiert		Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Optimiert	
Kompaktfassade, EPS	179	201	216		759	183	196	
Hinterlüftete Fassade, MW)	179	269	289		759	248	267	
Steildach (innen, inkl. Verkleidung, Mineralw.)	127	129	k.A.		185	114	k.A.	
Steildach (neue Eindeckung)	127	331	k.A.		185	293	k.A.	
Flachdach (Eindeckung neu)	116	298	k.A.		152	227	k.A.	
Estrichboden (Mineralwolle)	84	97	k.A.		248	80	k.A.	
Kellerdecke (Mineralwolle)	72	90	103*		184	90	103*	
	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Dreifachverglasung	Minergie-Fenster	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Grundförderung	Dreifachverglasung	Minergie-Fenster
Fenster (Kunststoffrahmen) **	35	598	k.A.	647	166	471	k.A.	510
Fenster (Holzrahmen) **	35	786	k.A.	852	166	619	k.A.	671

\* 2 cm höhere Dämmstärke      \*\*gewichtet 63% mit Entsorgung, 37% ohne Entsorgung

Quelle: Gebäudeprogramm Stiftung Klimarappen, TEP Energy

## Energetische Wirkung, Wirtschaftlichkeit der Massnahmen und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten

### *Energetische Wirkung der Massnahmen*

Die von der Stiftung ausgewiesene energetische Wirkung des Programms basiert auf einem Wirkungsmodell, welches mit dem Bund vereinbart wurde. Dieses beruht u.a. auf der Differenz der U-Werte vor und nach einer Erneuerung. Die Korrektheit der im Wirkungsmodell getroffenen Annahmen wurde überprüft, indem der U-Wert vor der Erneuerung anhand des Schichtaufbaus der Bauteile ermittelt wurde. Verglichen mit den Annahmen stimmen die U-Werte in der Ausgangslage im Fall der Fassade recht gut überein, liegen aber bei anderen Bauteilen eher höher. Hinzu kommt aber, dass der Anteil des weitergehenden Förderstandards höher ist als ursprünglich angenommen.

Beide Effekte, also tendenziell höhere U-Werte in der Ausgangslage und höhere Anteile effizienterer Standards, vergrössern die U-Wert-Differenz. Die massnahmenspezifische energetische Wirkung des Förderprogramms ist also mindestens so hoch, tendenziell eher höher als ex-ante angenommen.

### *Wirtschaftlichkeit der energetischen Massnahmen*

Die Wirtschaftlichkeit der energetischen Massnahmen wird anhand der sogenannten nicht amortisierbaren Mehrkosten (NAM) dargestellt. Die NAM ergeben sich aus der Differenz der Investitionskosten und der kapitalisierten Energiekosteneinsparungen. Sind die NAM positiv, also grösser als 0, sind die Massnahmen unwirtschaftlich. Sind sie negativ, sind die Massnahmen wirtschaftlich, d.h., die Energiekosteneinsparungen sind grösser als die (Mehr-)Investitionskosten der entsprechenden Massnahme. Beide Werte werden hierbei auf zu definierende Referenzfälle bezogen. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zwischen diesen Fällen sorgfältig zu unterscheiden. Zunächst werden die Ergebnisse der NAM ohne Berücksichtigung der Förderbeiträge zusammengefasst (Tabelle 2):

- Wenn der Ist-Zustand als Vergleichsbasis herangezogen wird, weisen energetische Massnahmen gemäss gesetzlichen Anforderungen (Stand 2006) oder gemäss Anforderungen des Gebäudeprogramms der SKR z.T. beträchtliche NAM auf, dies umso mehr, wenn von einem tiefen Endenergiepreis ausgegangen wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei diesem – eigentlich nicht sachgerechten – Vergleich die Instandsetzungs- und Neuwertschaffungskomponente nicht berücksichtigt wird. Die NAM sind in diesem Vergleichsfall denn auch besonders bei Fenstern und Dacherneuerungen mit neuer Eindeckung besonders hoch.
- Erst wenn mit einer ohnehin durchzuführenden Instandsetzung verglichen wird, werden die NAM relativ gering oder gar negativ (d.h. wirtschaftlich). Beim Bauteil Fenster verbleiben allerdings im Referenzfall 1 (kostengünstiger Unterhalt) deutliche Mehrkosten: solange eine kostengünstige Instandsetzung aus technischen Gründen machbar ist, lohnt sich ein Fensterersatz aus Gründen der Energiekosten nicht. Umgekehrt ist ein Fensterersatz als wirtschaftlich zu bezeichnen, wenn Fenster aufgrund ihres Zustandes ohnehin zu ersetzen sind und wenn Komfortnutzen bewertet werden.
- Die NAM der weitergehenden Massnahmen gemäss Grundförderung des Gebäudeprogramms sind in den meisten Fällen negativ oder nur leicht positiv (dies ohne Berücksichtigung des Förderbeitrags), d.h. z.T. bereits ohne Förderung wirtschaftlich. Der Schritt vom Standard „Grundförderung“ zum Standard „optimiert“ ist in einigen Fällen knapp wirtschaftlich, in anderen Fällen knapp nicht wirtschaftlich.

Ein Teil der Massnahmen ist bei einem Endenergiepreis von 7.3 Rp./kWh über die Lebensdauer der Massnahmen also wirtschaftlich oder beinahe wirtschaftlich. Dies gilt insbesondere dann, wenn ohnehin mindestens eine Instandsetzungsmassnahme geplant ist oder wenn ein höherer Energiepreis von z.B. 10 Rp./kWh herangezogen wird. Es zeigt sich aber auch, dass zum Teil beträchtliche Mehrkosten auftreten, wenn energetische Massnahmen ausserhalb des Erneuerungsrhythmus ausgelöst werden ('energetische Erneuerung gemäss gesetzlichen Anforderungen' oder 'FP Grundförderung' verglichen mit 'Ist-Zustand').

Die Förderung der SKR ist vor diesem Hintergrund zu sehen. Mit den Förderbeiträgen wird erreicht, dass

- sich die NAM im Vergleich zum IST-Zustand verringern.
- die NAM des Standards „Grundförderung“ im Vergleich zu Instandsetzungen sogar negativ werden – ausser bei Fenstern, bei denen ein Ersatz aus energetischen Gründen trotz Förderung nicht wirtschaftlich ist, solange eine kostengünstige Instandsetzung möglich ist.
- der Schritt von der typischen energetischen Erneuerung zu weitergehenden Standards wirtschaftlich wird.

Die Analysen haben auch gezeigt, dass die NAM zum Teil markant höher sind, als bei Konzipierung des Gebäudeprogramms angenommen. Auch wenn die tendenziell etwas gestiegenen Energiepreise die NAM verringern, lassen sich die vorgenommenen Beitragserhöhungen des Förderprogramms der SKR Anfang 2008 und die Zuschüsse des Bundes bzw. der Kantone und zum Teil von Gemeinden durchaus vertreten.

Anzumerken bleibt, dass weitere relativ hohe Anreize und Vergünstigungen in diesen Betrachtungen nicht berücksichtigt sind, namentlich die Abzüge vom steuerbaren Einkommen, welche bei energetischen Massnahmen geltend gemacht werden können. Je nach steuerlicher Situation können solche Abzüge die Kosten der Massnahmen netto um 20% bis 30% reduzieren. Da sich dies überproportional auf die Differenzkosten auswirkt, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Referenzfall Instandsetzungen besonders stark.

#### *CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten*

Die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten ergeben sich aus der Division von NAM und vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen über die Lebensdauer der Massnahmen. Im Vergleich zum Ist-Zustand sind die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei den meisten Bauteilen relativ hoch. Einzig bei Erneuerungsmassnahmen, welche einfach und von innen durchgeführt werden können (Estrichboden, Kellerdecke, Dachschräge von innen), liegen sie bei rund 10 CHF/t CO<sub>2</sub> oder tiefer, wenn ein weitergehender Standard, z.B. gemäss Grundförderung, gewählt wird (Tabelle 3).

Bei Massnahmen mit hoher Eingriffstiefe und grosser Mehrwertschaffung (neue Fenster, neue Dacheindeckung) liegen die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten im Vergleich zum IST-Zustand bei über 100 CHF/t CO<sub>2</sub>. Erst wenn mit ohnehin durchzuführenden Instandsetzungsmassnahmen (oder mit ohnehin durchzuführenden energetischen Massnahmen) verglichen wird, ergeben sich in der Regel negative CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten (d.h. Gewinne) oder Kosten von unter 10 CHF/t CO<sub>2</sub>.

Die Ergebnisse zeigen auch auf, dass die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten relativ sensitiv auf die zugrundeliegenden Kosten, den jeweiligen Vergleichsfall, die Verzinsung sowie auf den unterstellten Energiepreis reagieren.

Tabelle 2 Nichtamortisierbare Mehrkosten (NAM) energetischer Erneuerungen gemäss gesetzlichen Anforderungen sowie der Förderprogramm-Massnahmen (FP) gegenüber dem Ist-Zustand, gegenüber einer Instandsetzungsmassnahme bzw. gegenüber einer Massnahme, die die gesetzlichen Anforderungen erfüllen würde, sowie Zusatzkosten des Bonus „Optimiert“ gegenüber der FP-Grundanforderung bei einem Energiepreis von 7.3 Rp./kWh und einem Realzinssatz von 3% p.a.

	Energetische Erneuerung (*) <-> Ist-Zustand CHF/m <sup>2</sup>	Grundförderung <-> Ist-Zustand CHF/m <sup>2</sup>	Grundförderung <-> Instandsetzung CHF/m <sup>2</sup>	Grundförderung <-> energetische Erneuerung (*) CHF/m <sup>2</sup>	„Optimiert“ <-> Instandsetzung CHF/m <sup>2</sup>	Minergie Fenster <-> Instandsetzung CHF/m <sup>2</sup>
Ohne Berücksichtigung der Förderbeiträge						
Fenster Fall 1	383	368	286	-15	306	295
Fenster Fall 2	531	521	-64	-9	-34	-41
Wand	88	90	-5	1	1	
Dach (von innen)	3	-4	-74	-7	-70	
Dach (gegen aussen)	111	114	-51	2	-38	
Estrichboden	18	5	5	-13	2	
Kellerdecke	3	1	1	-2	2	
Mit Berücksichtigung der Förderbeiträge (Stand 2008-2009)						
Fenster Fall 1		348	266	-35	236	215
Fenster Fall 2		501	-84	-29	-104	-121
Wand		70	-25	-19	-29	
Dach (von innen)		-24	-94	-27	-100	
Dach (gegen aussen)		94	-71	-18	-68	
Estrichboden		-15	-15	-33	-28	
Kellerdecke		-19	-19	-22	-28	
(*) Gemäss gesetzlicher Anforderung (2006) Energetische Erneuerung gemäss gesetzlichen Anforderungen <-> Ist-Zustand: Massnahmenkosten gemäss gesetzlicher Anforderung minus kapitalisierte Differenz der Energiekosten zwischen energetischer Erneuerung und Ist-Zustand (ohne Erneuerungsmassnahmen) FP Grundförderung <-> Ist-Zustand: Massnahmenkosten gemäss Grundanforderung des Förderprogramms minus kapitalisierte Differenz der Energiekosten zwischen Erneuerung gemäss Grundanforderung und Ist-Zustand (ohne Erneuerungsmassnahmen) FP Grundförderung <-> Instandsetzung: Massnahmenkosten gemäss Grundanforderung des Förderprogramms minus Kosten bei einer Instandsetzung minus kapitalisierte Differenz der Energiekosten zwischen Erneuerung gemäss Grundanforderung und Instandsetzung (ohne energetische Wirkung) FP Grundförderung <-> energetische Erneuerung: Massnahmenkosten gemäss Grundanforderung des Förderprogramms minus Kosten bei einer energetischen Erneuerung (welche die gesetzlichen Anforderungen erfüllt) minus kapitalisierte Differenz der Energiekosten zwischen Erneuerung gemäss Grundanforderung und gesetzlicher Anforderung FP Bonus „Optimiert“ <-> Instandsetzung: Massnahmen-Mehrkosten „Optimiert“ minus Kosten bei einer Instandsetzung minus kapitalisierte Differenz der Energiekosten zwischen Erneuerung gemäss Grundanforderung und Instandsetzung (ohne energetische Wirkung)						

Quelle: Berechnungen TEP Energy

Tabelle 3 CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von baulichen energetischen Gebäudehüllen-Erneuerungsmassnahmen aufgrund der NAM (Energiepreis 7.3 Rp./kWh und einem Realzinssatz von 3% p.a., 70% Heizöl, 30% Gas), CHF/t CO<sub>2</sub>.

	Energetische Erneuerung (*) <-> Ist-Zustand CHF/t CO <sub>2</sub>	Grund förderung <-> Ist-Zustand CHF/t CO <sub>2</sub>	Grund förderung <-> Instandsetzung CHF/t CO <sub>2</sub>	Grund förderung <-> energetische Erneuerung (*) CHF/t CO <sub>2</sub>	„Optimiert“ <-> Instandsetzung CHF/t CO <sub>2</sub>	Minergie- Fenster <-> Instandsetzung CHF/t CO <sub>2</sub>
Fenster Fall 1	374	305	237	-80	236	227
Fenster Fall 2	518	432	-53	-51	-26	-32
Wand	157	138	-8	14	1	
Dach (von innen)	5	-4	-91	-64	-82	
Dach (gegen aussen)	159	141	-63	23	-44	
Estrichboden	41	9	9	-98	3	
Kellerdecke	5	2	2	-20	3	

Quelle: Berechnungen TEP Energy

## Schlussfolgerungen

Die mit diesem Projekt verfolgten Ziele konnten mit dem gewählten methodischen Vorgehen im Wesentlichen erfüllt werden. Das Projekt bringt für verschiedene Zielgruppen relevante Erkenntnisse.

### *Kostenkennwerte: Bau- und Immobilienwirtschaft, Gebäudeeigentümer*

Die Mehrkosten von weitergehenden Standards, wie sie durch das Gebäudeprogramm der SKR gefördert wurden, sind im Vergleich zu den gesetzlichen Anforderungen (Stand 2006) relativ gering: bei den opaken Bauteilen wenige Franken pro m<sup>2</sup> und bei den Fenstern 40 bis 80 Franken pro m<sup>2</sup>.

### *Wirtschaftlichkeit: Gebäudeeigentümer, Immobilienwirtschaft, energiepolitisch Interessierte*

Die spezifischen Kosten der Energieeffizienzverbesserung (pro kWh) im Gebäudebereich sind stark abhängig vom angenommenen Vergleichsfall (nichts tun, Instandsetzen, minimal energetisch erneuern) und weiteren Parametern (z.B. Energiepreise, Zinssätze). Bei sachgerechter Betrachtung ergeben sich für die Investierenden bei vielen Massnahmen Nettogewinne. Die Mehr-Investitionskosten der zunehmenden Energieeffizienz hat sich in den letzten Jahren abgeflacht und aufgrund der Wirtschaftlichkeitsrechnungen sollte, sofern bautechnisch möglich, bei allen Bauteilen mindestens der Minergie-Standard angestrebt werden.

### *CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten: klimapolitisch Interessierte*

Bei vielen Massnahmen im Bereich Gebäudehülle ist die CO<sub>2</sub>-Vermeidung mit nur geringen Kosten oder gar mit Gewinnen verbunden, namentlich wenn die Instandsetzungs- und Neuwertschaffungskomponente in die Betrachtung einbezogen werden und wenn ein nicht zu tiefer Energiepreis unterstellt wird. Daraus lässt sich schliessen, dass beträchtliche kostengünstige CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale im Inland bestehen.

#### *Wirkung des Gebäudeprogramms: SKR, Bund, Kantone*

Die empirische Auswertung der (rechnerischen) energetischen Wirkung der durchgeführten Energieeffizienzmassnahmen lässt den Schluss zu, dass die massnahmenspezifische Wirkung des Gebäudeprogramms mindestens so gross bzw. eher grösser ist als die ex-ante abgeschätzte Wirkung. Die im mit dem Bund vereinbarten Wirkungsmodell getroffenen Annahmen erweisen sich also als konservativ. Die beabsichtigte Wirkung, Anreize für weitergehende Energieeffizienzlevels und umfassendere Erneuerungen zu schaffen, wurde ebenfalls erreicht und übertrifft die ursprünglichen Erwartungen.

#### *Fazit*

Mit den in diesem Projekt erarbeiteten Ergebnissen zu Kostenkennwerten, Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten wird eine Diskussionsgrundlage in Bezug auf energie- und klimapolitische Massnahmen geschaffen. Die ermittelten Kostenkennwerte und die Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind für Gebäudebesitzer potenziell eine wertvolle Orientierungshilfe und Entscheidungsgrundlage und sollten in geeigneter Form aufgearbeitet, publik gemacht und verbreitet werden.