

Amt für Hochbauten Stadt Zürich (AHB)

---

# Wirtschaftlichkeit von Neubau- und Erneuerungsinvestitionen in der 2000-Watt-Gesellschaft

---

12. Mai 2011

1090\_vorstudie\_wirtschaftlichkeit\_ahb\_schlube\_11\_05\_12.doc

## **Begleitgruppe**

Dr. Heinrich Gugerli, Amt für Hochbauten Stadt Zürich, Leiter Fachstelle Nachhaltiges Bauen

Bruno Bébié, Departement der Industriellen Betriebe Stadt Zürich, Energiebeauftragter

Alois Gloggnier, Immobilienverwaltung Stadt Zürich

Ian Jenkinson, Amt für Hochbauten Stadt Zürich

Jürg Müller, Liegenschaftenverwaltung Stadt Zürich

---

## **Erarbeitet durch**

econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, CH-8002 Zürich

[www.econcept.ch](http://www.econcept.ch) / + 41 44 286 75 75

## **Autoren**

Walter Ott, lic. oec. publ., Raumplaner ETHZ/NDS, dipl. El. Ing. ETHZ

Stefan von Grünigen, MA in Wirtschaftswissenschaften UNIZ

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Inhalt Arbeitspapier</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Fragestellung, Ziele und Abgrenzungen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsrechnung im Gebäudebereich</b>	<b>5</b>
3.1	Grundsätze der Methodik	5
3.2	Relevante Parameter der Wirtschaftlichkeitsrechnung	8
3.3	Abgrenzung von energetischen Massnahmen	12
<b>4</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsrelevante Kenngrössen</b>	<b>15</b>
4.1	Kalkulationszinssatz	15
4.1.1	Langfristige Treiber der Realzinsentwicklung	15
4.1.2	Historische Realzinsentwicklung in der Schweiz	17
4.1.3	Objektspezifisches und allgemeines Immobilienrisiko	18
4.1.4	Langfristiger Zeithorizont öffentlicher Institutionen	18
4.1.5	Fazit zum kalkulatorischen Zinssatz	18
4.2	Energiepreise	19
4.2.1	Zeithorizont	19
4.2.2	Fossile Energieträger: Heizöl und Erdgas	19
4.2.3	Elektrizität	29
4.3	Energiepreiszuschläge zur Internalisierung externer Kosten	32
4.4	Zusatznutzen energetischer Massnahmen im Gebäudebereich	35
4.4.1	Grundlagen	35
4.4.2	Monetarisierung von Zusatznutzen	35
4.5	Nutzungsdauer der Bauelemente	39
4.5.1	Lebensdauer von energierelevanten Gebäudeelementen	39
4.5.2	Erwartete Nutzungsdauer	40
4.5.3	Effektive Sanierungs- und Rückbauraten	41
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung, Empfehlungen und weiteres Vorgehen</b>	<b>43</b>
	<b>Literatur</b>	<b>47</b>



# 1 Ausgangslage und Inhalt Arbeitspapier

## **Ausgangslage**

Seit dem 7. Januar 1998 bestehen vom Stadtrat erlassene "Richtlinien für die Wirtschaftlichkeitsrechnung bei energetischen Massnahmen", welche zur Beurteilung von Kosten und Nutzen energetischer Massnahmen städtischer Neubauten und Erneuerungen beizuziehen sind. Sie enthalten methodische Vorgaben (Realwertmethode, Einbezug externer Kosten) und Festlegungen für Zinssätze, reale Energiepreissteigerungen und Energiepreiszuschläge (zur Berücksichtigung externer Kosten des Energieverbrauchs).

Im Jahr 2002 bereitete econcept im Auftrag des Amtes für Hochbauten (AHB) Grundlagen für erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnungen auf (econcept, "Wirtschaftlichkeit nachhaltiger energetischer Massnahmen im Gebäudebereich", November 2002). Diese Grundlagen gehen von einer Lebenszyklusbetrachtung aus, bei der nicht nur die Investitionen betrachtet werden, sondern auch die (mittleren) jährlichen Kapitalkosten sowie die Veränderungen bei den Instandsetzungs-, Unterhalts- und Betriebskosten während der Lebensdauer der jeweiligen Baute. Zusätzlich wird angegeben, wie die externen Kosten des Energieverbrauchs und die Zusatznutzen energetischer Massnahmen an Gebäuden in die Wirtschaftlichkeitsberechnung integriert werden können.

Die SIA Norm 480 "Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau" liefert Grundlagen und methodische Vorgaben für lebenszyklusbezogene Wirtschaftlichkeitsrechnungen inklusive Vorgaben für die zu verwendenden Zinssätze, Amortisationsfristen, Preisänderungen bei Energie/Wasser/Abwasser, den Einbezug von Energie- und CO<sub>2</sub>-Abgaben und Empfehlungen für die Berücksichtigung externer Kosten.

Das AHB hat mit dem Projekt LUKRETIA (Lukretia I, II, III) Grundlagen geschaffen für die Ermittlung von Lebenszykluskosten bei Projektwettbewerben und in Bauprojekten. Diese umfassen alle relevanten Kosten, welche die Lebenszykluskosten beeinflussen: Kapitalkosten (Zinsen und Amortisationen), Bewirtschaftungskosten (Verwaltung, Versicherungen, Erhaltungskosten wertvermehrend), Betriebskosten (Ver-/Entsorgungskosten, Sicherheits- und Bewachungs-, Reinigungs- und Pflege-, Überwachungs- und Instandhaltungskosten) und Verwertungskosten.

## **Die Stadt Zürich auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft**

In der jüngeren Zeit hat der Druck zu klima- und energiepolitischen Massnahmen zugenommen. Energiepreise von über 140 CHF pro 100 l Heizöl extraleicht im Jahr 2008 haben das Bewusstsein für in Zukunft zu erwartende Energiepreissteigerungen geweckt und die energie- und klimapolitischen Diskussionen wiesen auf die Notwendigkeit und Dringlichkeit der klimaverträglichen Reduktion der Treibhausgasemissionen hin.

Die Stadt Zürich hat diese Thematik zu einem Schwerpunkt der Legislatur von 2006 – 2010 gemacht. Im Rahmen des Legislatorschwerpunktes «Nachhaltige Stadt Zürich – auf

dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft» (LSP 4, 2006 – 2010) orientierte sich die Stadt Zürich an den anspruchsvollen Langfristzielen, die sich aufgrund der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft ergeben. Mit über 76 Prozent Ja-Stimmen wurden die Nachhaltigkeit und die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft von den StadtzürcherInnen in der Gemeindeabstimmung vom 30.11. 2008 angenommen und in der Gemeindeordnung verankert, was der Stadt den Auftrag und die Legitimation für die Entwicklung der erforderlichen Massnahmen gibt. Daneben hat in der Zwischenzeit der SIA einen Effizienzpfad für die energetische Entwicklung des Gebäudebestandes (Gebäudekategorien Wohnen, Büro und Schulen) entwickelt, welche mit den Zielsetzungen der 2000-Watt-Gesellschaft konform ist (SIA Merkblatt 2040 «SIA Effizienzpfad Energie» sowie die zugehörige Dokumentation SIA D0236 «SIA Effizienzpfad Energie» (Ausgabe 2011)).

Auch in der schweizerischen Klima- und Energiepolitik werden mit diversen zum Teil neuen Aktivitäten und Instrumenten anspruchsvolle Langfristziele anvisiert: So wurde eine CO<sub>2</sub> -Abgabe für Brennstoffe eingeführt, welche neu zum Teil zweckgebunden für die Finanzierung eines eidgenössischen Förderprogramms für energetische Massnahmen im Gebäudebereich verwendet wird. Zusätzlich erhalten die Kantone vom Bund Beiträge für kantonale Förderprogramme, vorausgesetzt sie schaffen eigene kantonale Förderprogramme im Energiebereich. Daneben wurden Verbrauchsvorgaben im Beleuchtungsbereich eingeführt bzw. beim Flottenverbrauch von Personenwagen verschärft.

Aufgrund der neuesten Angaben zum schweizerischen CO<sub>2</sub> -Verbrauch (Herbst 2010) zeichnet sich ab, dass die Schweiz die Ziele des Kyoto-Protokolls und des CO<sub>2</sub> -Gesetzes zur Verminderung der Treibhausgasemissionen in der Periode von 2008 – 2012 um 8% gegenüber 1990 nicht einhalten können (trotz Anrechnung der Senkenleistung der Schweizer Wälder und trotz Kaufs ausländischer Emissionszertifikate durch die Stiftung Klimarappen). Die Herausforderung in einer wachsenden Wirtschaft die anvisierten Zielsetzungen einzuhalten ist gross.

Auf der anderen Seite sind die Energiepreise trotz reduziertem globalem Wirtschaftswachstum schon 2009 wieder auf das Niveau von anfangs 2007 gestiegen und weisen zurzeit eher steigende Tendenz auf (trotz tiefem Dollarkurs).

## 2 Fragestellung, Ziele und Abgrenzungen

Die Entwicklung der Energiepreise und Zinssätze, sowie diverse in jüngster Zeit erfolgte Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen (Legislatorschwerpunkt «Nachhaltige Stadt Zürich – auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft», CO<sub>2</sub>-Abgabe, Förderprogramme für erneuerbare Energien) machen eine Überprüfung der Richtlinie des Stadtrates zur Beurteilung von Kosten und Nutzen energetischer Massnahmen bei städtischen Neubauten und Erneuerungen erforderlich (StRB 46/1998). Die Überprüfung der Richtlinie ist insbesondere angezeigt hinsichtlich des *Kalkulationszinssatzes*, der zu verwendenden *zukünftigen Energiepreise* und der *Energiepreiszuschläge* zur Berücksichtigung externer Kosten im Energiebereich.

### Zielsetzung

Die Stadt Zürich ist daran interessiert, Vorgaben zur Berücksichtigung der künftigen Energiepreisentwicklung und den damit verbundenen Risiken zu erhalten. Zusätzlich sollen die Angaben und Methoden zur Erweiterung der betriebswirtschaftlichen Rechnung in Richtung nachhaltige Wirtschaftlichkeitsrechnung durch den Einbezug von externen Kosten einerseits und von Zusatznutzen energetischer Massnahmen an Gebäuden andererseits überprüft werden.

### Fragestellungen

In dieser Vorstudie werden konkret die folgenden Fragen geklärt:

- Inwieweit müssen die Angaben in der eingangs erwähnten Richtlinie des Stadtrates angepasst werden?
- Wie ist die Entwicklung der Realzinse vor dem Hintergrund der langfristig wirksamen gesellschaftlich-wirtschaftlichen Treiber einzuschätzen?
- Ist die bestehende Methodik zur Schätzung zukünftiger Energiekosten nach wie vor zweckmässig?
- Welches sind die relevanten Treiber und Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Energiepreise und welche Annahmen sind für diese zu treffen?
- Ist die Methodik zum Einbezug von externen Kosten durch Energiepreiszuschläge zweckmässig und welche Zuschläge sind gerechtfertigt?
- Welche Zusatznutzen von energetischen Massnahmen im Gebäudebereich sind in die Wirtschaftlichkeitsrechnung einzuziehen und wie sind diese zu bewerten?
- Besteht ein weitergehender Untersuchungsbedarf, welcher im Rahmen einer Hauptstudie mit weiteren Partnern wie Bundesamt für Energie (BFE), Energiefachstellen-

Konferenz (EnFK), Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (KBOB), Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons ZH (AWEL), etc. gedeckt werden soll?

Die vorliegende Studie beschäftigt sich in erster Linie mit Wirtschaftlichkeitsüberlegungen bei der Projektierung, bei Wettbewerben, bei Neubauten und Erneuerungen sowie bei der Bewirtschaftung von Gebäuden.

### **Abgrenzungen**

Aspekte der Finanzierung und der Einsatzmöglichkeit innovativer Finanzierungsmodelle für energetische Massnahmen werden hier explizit ausgeklammert. Ebenso werden hier sozialpolitische Fragen im Zusammenhang mit der Gebäudeerneuerung und der Wohnbaupolitik der Stadt nicht angesprochen. Diese Fragestellungen dürften jedoch in den geplanten Forschungsschwerpunkt «Energieeffizienz und erneuerbare Energien der Stadt Zürich» Aufnahme finden (in Teilprojekt 2).

### **Aufbau des Berichtes**

**Kapitel 3** enthält die Methodik der Wirtschaftlichkeitsrechnung: Die anzuwendende Methode, der zeitliche und sachliche Geltungsbereich einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsrechnung werden kurz erläutert und eingeordnet. Die für die Wirtschaftlichkeitsrechnung massgeblichen Parameter und die Art ihrer Bestimmung werden dargelegt. Die Abgrenzung energetischer Kosten und Nutzen von den übrigen Bau- und Erneuerungskosten wird erläutert.

**Kapitel 4** Wirtschaftlichkeitsrelevante Kenngrössen: Das Kapitel enthält Perspektiven von Energiepreisen und Kalkulationszinsen, die dazugehörigen Überlegungen zu den künftigen Einflussfaktoren und deren Entwicklung. Zusätzlich werden Überlegungen zum Einbezug von externen Kosten und von Zusatznutzen in die Wirtschaftlichkeitsrechnung angestellt.

**Kapitel 5** umfasst die Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.

## 3 Wirtschaftlichkeitsrechnung im Gebäudebereich

### 3.1 Grundsätze der Methodik

Aufgrund der verfügbaren Literatur (SIA 2004, ISO 2008, IPB und KBOB 2010, Huse 2009, Pichler 2009, Loderer 2007) sowie der Unterlagen aus dem Projekt LUKRETIA (AHB 2009) lassen sich Grundsätze zur Wirtschaftlichkeitsrechnung im Gebäudebereich ableiten, die heute als «best practice» bezeichnet werden können.

Als wichtigster Grundsatz bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit gilt die Betrachtung der Kosten über die ganze Lebensdauer der Gebäudebestandteile. Dies ist insbesondere im Nachhaltigkeits- und Energiebereich von grosser Bedeutung, da die höheren Investitionen sofort anfallen, die tieferen Betriebskosten aber während des ganzen Betrachtungszeitraumes wirksam sind. Ausserdem ist zu beachten, dass die Betriebs- und Instandsetzungskosten einen wesentlichen Teil der Gesamtkosten eines Gebäudes ausmachen. Eine direkte Folge dieses Ansatzes ist die grosse Relevanz des Betrachtungszeitraums, wie das Beispiel in Tabelle 1 zeigt.

Betrachtungszeitraum	30 Jahre	60 Jahre	100 Jahre
Anteil Investitionskosten an den Gesamtkosten	45%	33%	27%
Anteil Instandsetzungskosten an den Gesamtkosten	30%	36%	39%
Anteil Betriebskosten an den Gesamtkosten	21%	27%	30%

Tabelle 1: Anteile verschiedener Kostenarten an den Lebenszykluskosten, dynamische Berechnung für das Schulhaus «Milchbuck», Erneuerung nach Minergie Standard (AHB 2009).

Die Analyse der Kosten eines Gebäudes über die ganze Lebensdauer umfasst insbesondere die in der Tabelle 2 aufgelisteten Kostengruppen.

Kostengruppen
<b>Einmalige Investitionskosten</b>
Planungs- und Projektierungskosten, Bauüberwachungskosten
Realisierung (Baukosten: Direkte Anlagekosten inkl. Perimeter- und Anschlussbeiträge, Finanzierungskosten während des Baus und allfällige Altlast-Sanierungskosten; bei der betriebswirtschaftlichen Rechnung: Minus Beiträge der öffentlichen Hand und einmalige Steuererleichterungen)
<b>Jährliche Nutzungskosten</b>
Bewirtschaftungskosten (Verwaltung, Versicherung, Steuer)
Betriebskosten (Ver- und Entsorgung, Sicherheit, Reinigung usw. (betriebswirtschaftliche Rechnung: Minus allfällige Betriebskostenbeiträge/Steuererleichterungen während des Betriebes))
Instandsetzungskosten
<b>Verwertungskosten</b>

Tabelle 2 Wesentliche Kostengruppen für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Gebäudebestandteilen. Es zeigt sich, dass die Nutzungskosten bei einer Betrachtung über die ganze Lebensdauer einen entscheidenden Einfluss haben. Häufig wird bei Investitionsentscheidungen diesem Aspekt zu wenig Beachtung geschenkt.

## Ansätze zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Statische Methoden	Dynamische Methoden	VOFI Methoden
Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwertmethode	Vermögensendwert
Gewinnvergleichsrechnung	Annuitätenmethode	Entnahme
Rentabilitätsrechnung	Internal Rate of Return	Rentabilität
Amortisationsrechnung	Payback Methode	Amortisationsdauer

econcept

Figur 1: In der betriebswirtschaftlichen Theorie wurden verschiedene Ansätze zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit erarbeitet. Diese lassen sich statischen und dynamischen Methoden einerseits und Methoden der vollständigen Finanzpläne (VOFI) andererseits zuordnen.

In der Praxis werden vorwiegend statische und dynamische Modelle verwendet. Dynamische Methoden zeichnen sich dadurch aus, dass alle Zahlungen auf einen bestimmten Zeitpunkt (z.B. auf den Projektbeginn) diskontiert werden, wogegen bei statischen Verfahren keine Diskontierung stattfindet. Nebst den dynamischen und statischen Verfahren werden auch verschiedene Methoden verwendet, die auf Kennzahlen vollständiger Finanzpläne (VOFI) basieren. Mit VOFI werden alle Zahlungsströme detailliert erfasst, was eine Berücksichtigung unterschiedlicher Finanzierungsbedingungen und Kreditbeschränkungen möglich macht. Da der VOFI-Ansatz sehr aufwändig ist, wird er in der Praxis aber kaum verwendet (Pichler 2009). Auch wenn statische Verfahren in der Praxis Anwendung finden, sind diese für eine seriöse Wirtschaftlichkeitsrechnung über einen längeren Zeitraum nicht geeignet, da sie keine Berücksichtigung der zeitlichen Abfolge von Einnahmen und Ausgaben, sowie von Zinseffekten ermöglichen. Da im Gebäudebereich von langen Investitionszeiträumen und ungleichmässiger Verteilung der Cashflows über die Laufzeit des Projektes ausgegangen wird, konzentriert sich die vorliegende Studie auf dynamische Methoden.

Die vier relevanten dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnungsmethoden sind: Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode, Methode des internen Zinssatzes (Internal Rate of Return, IRR) und Payback-Methode (Pichler 2009). Die *IRR-Methode* erweist sich im Gebäudebereich als problematisch<sup>1</sup> und wird hier deshalb nicht weiter diskutiert. Gleiches gilt für die *Payback-Methode*, da diese vor allem bei vergleichsweise kurzen Investitionszeiträumen zur Anwendung kommt. Mit der *Kapitalwertmethode* werden alle relevanten Cashflows eines Projektes auf den Investitionszeitpunkt abgezinst und mit der Investitionsausgabe verglichen (siehe Formel 1). Das Projekt ist rentabel, wenn der resultierende Nettobarwert positiv ist. Der Nettobarwert wird auch Net Present Value (NPV) ge-

<sup>1</sup> Die IRR Methode ist mathematisch nur eindeutig lösbar, wenn die Struktur der zukünftigen Einnahmeüberschüsse maximal einen Vorzeichenwechsel aufweist. Im Immobilienbereich erweist sich dies als Problem, da beispielsweise durch Ausgaben für Erneuerungsmassnahmen durchaus mehrere Vorzeichenwechsel im Betrachtungszeitraum stattfinden können (Pichler 2009).

nannt, analog bezeichnen die Begriffe Barwert oder Present Value (PV) die Summe der abgezinsten Cashflows.

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{c_t}{(1+i)^t} + \frac{RW_n}{(1+i)^n}$$

NPV	Net Present Value (NPV) bzw. Nettobarwert
$I_0$	Anfangsinvestition im Jahr $t=0$
$n$	Anzahl Jahre des Betrachtungszeitraums
$c_t$	Netto Cashflow im Jahr $t$
$i$	Kalkulationszinssatz
$RW_n$	Restwert der Investition im Jahr $t = n$

---

Formel 1: Formel zur Berechnung des Net Present Value (Nettobarwert) nach der Kapitalwertmethode. Das Resultat ohne Berücksichtigung der Anfangsinvestition wird als Present Value oder Barwert bezeichnet.

Die *Annuitätenmethode* ist ein Spezialfall der Kapitalwertmethode, bei der eine jährlich gleichbleibende Zahlung (die Annuität) ermittelt wird. Der Annuitätenfaktor<sup>2</sup> bestimmt das Verhältnis zwischen Kapitaleinsatz und Annuität und leitet sich vom Kalkulationszinssatz und der Laufzeit ab. Durch die Verwendung eines «Mittelwertfaktors» lassen sich bei der Ermittlung der Annuität Preisänderungen berücksichtigen, sofern die prozentualen Veränderungen über den Betrachtungszeitraum konstant sind. Der Nachteil der Annuitätenmethode ist die fehlende Berücksichtigung der zeitlichen Struktur von Preisänderungen bei Kosten oder Ertragsströmen. Ausserdem erfordert die Annuitätenmethode grundsätzlich nicht weniger Informationen und Annahmen als andere dynamische Methoden. Deshalb steht bei der Analyse der Wirtschaftlichkeit von Energiemassnahmen die Verwendung der Kapitalwertmethode im Vordergrund.

Ein weiterer wichtiger Ansatz der Wirtschaftlichkeitsrechnung im Gebäudebereich ist die Verwendung von *Szenarien*, da viele relevante Input-Grössen nur geschätzt werden können. Szenarienanalysen können das Risiko von Fehlentscheidungen verringern, indem sie den Entscheidungsträgern aufzeigen, welchen Einfluss unterschiedliche Annahmen haben und wie gross die Bandbreite der finanziellen Wirkung eines Entscheides sein kann. Eine genauere Berücksichtigung von Unsicherheiten durch Schätzfehler erfolgt mittels *Sensitivitätsanalysen*. Dabei werden für unsichere Einflussgrössen ein maximaler und ein minimaler Wert definiert. Anschliessend kann die Kapitalwertmethode für beide Extremwerte angewendet werden, wobei die übrigen Einflussgrössen konstant gehalten werden. Die Differenz zwischen dem NPV der unteren und dem der oberen Grenze, ausgedrückt als Prozentsatz des ursprünglich geschätzten Wertes, gilt als Sensitivitätsmass des NPV in Bezug auf die untersuchte Einflussgrösse. Eine Sensitivität von 200% in Bezug auf die Energiekosten bedeutet beispielsweise, dass der NPV aufgrund der Unsi-

---

<sup>2</sup> In der Finanzliteratur ist der Begriff PVIFA (Present Value Interest Factor of an Annuity) geläufiger. Der Annuitätenfaktor ist der Kehrwert des PVIFA.

cherheit bei den Energiekosten um 200% vom ursprünglich geschätzten Wert abweichen kann. Diese Technik ermöglicht somit eine Quantifizierung des Risikos durch einzelne unsichere Einflussgrößen und zeigt auf, in welchen Bereichen möglicherweise weitere Abklärungen resp. Absicherungen nötig sind.

Bei energetischen Investitionen sind neben den (Netto-) Kosten<sup>3</sup> auch die zusätzlichen (nichtmonetären) Nutzen der Investitionen (Co-Benefits bzw. Zusatznutzen wie Qualitäts- und Komfortsteigerungen, Reduktion bauphysikalischer Probleme, Reduktion von Ausenlärmissionen, etc.) und die Möglichkeiten auf der Ertragsseite (höhere Mieteinnahmen oder Verkaufserlöse, aber auch Förderbeiträge und Steuerabzüge) zu beachten (dies wird noch zu oft vernachlässigt).

Energetische Investitionen, die zu Energieeinsparungen führen, sind wertvermehrend und können mindestens im Ausmass des wertvermehrenden Anteils auf die Netto-Mieten überwältzt werden (vorausgesetzt seitens der Nachfrage ist eine Überwälzung durchsetzbar). Steigende Energiepreise erhöhen die Nebenkosten und verstärken die Wahrnehmung der Nebenkosten als Kostenfaktor bzw. der mit steigenden Nebenkosten einhergehenden Zunahme der Bruttomiete trotz konstanter Nettomiete. Damit werden die Bruttomieten sowie die Nebenkosten vermehrt zu einem relevanten Entscheidungskriterium für die Mieterschaft. Aus diesem Grund sind tiefere Energiekosten nicht nur bei selbst genutzten Bauten, sondern auch für Vermietungsobjekte im Finanzvermögen relevant. In diesem Sinn können Investitionen in einen nachhaltigen energetischen Standard als Versicherung gegen zukünftige Energiepreis-Risiken gesehen werden.

Neben einer Reduktion von Energiekosten erhöhen energetische Massnahmen den Nutzerkomfort, besonders stark bei Objekten mit zuvor schlechtem energetischem Standard. Die wertvermehrenden Komfortsteigerungen sind ein weiteres Argument für höhere Nettomieten. Sie müssen den Nutzern aber noch oft aktiv bewusst gemacht werden.

### **3.2 Relevante Parameter der Wirtschaftlichkeitsrechnung**

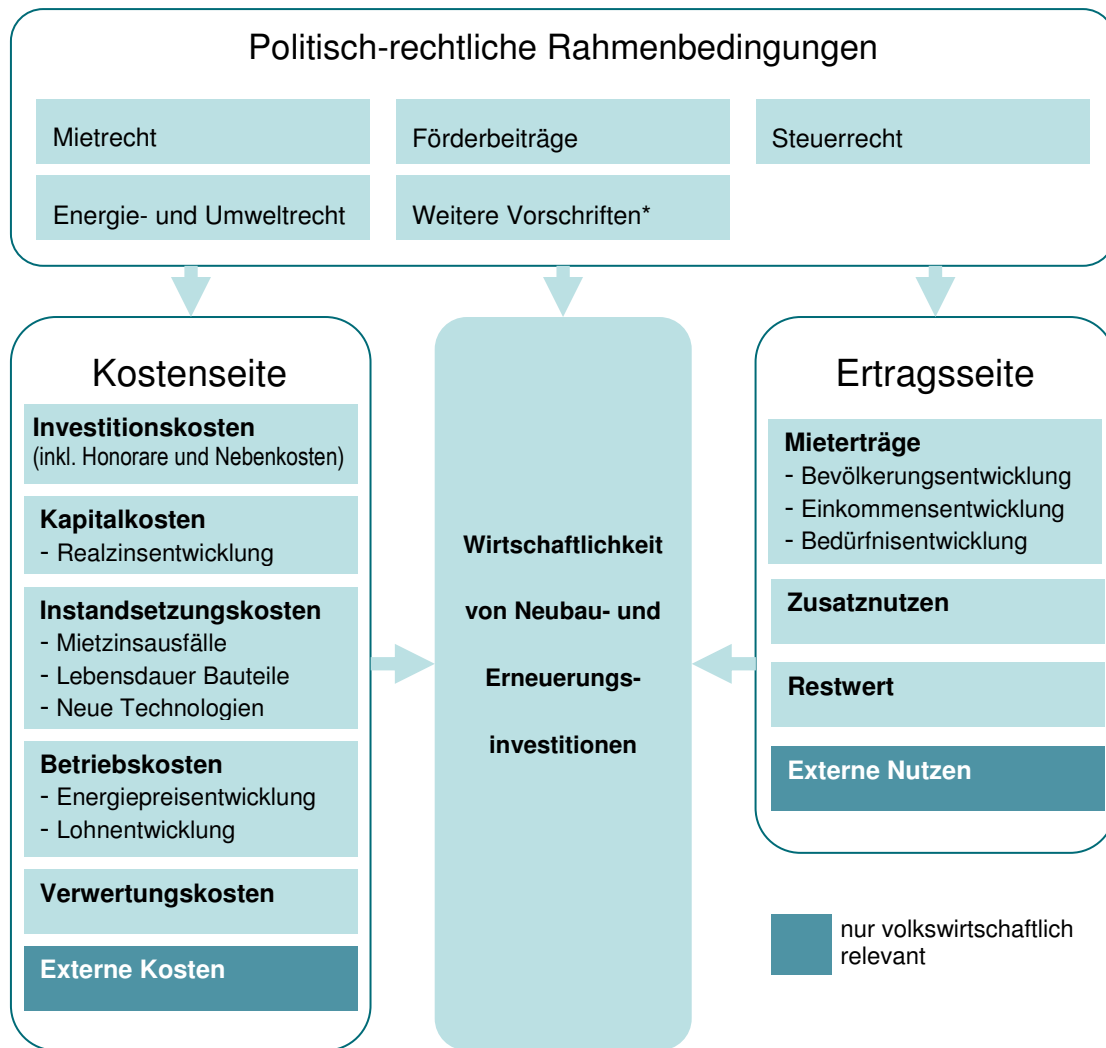
Wie aus den Überlegungen zur Methodik ersichtlich wird, ist die Wirtschaftlichkeit einer Investition von verschiedenen Faktoren abhängig. Figur 2 stellt diese in einer Übersicht dar.

In einer praktischen Wirtschaftlichkeitsrechnung lassen sich meist nicht alle Faktoren berücksichtigen, welche einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Investition haben können. Tabelle 1 zeigt die ausgewählten Parameter, die bei der Verwendung der Kapitalwertmethode besonders relevant sind. Dabei wird zwischen einer betriebswirtschaftlichen und einer volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise unterschieden.

---

<sup>3</sup> Kapitalkosten und zusätzliche Unterhalts- und Betriebskosten minus Energiekosteneinsparungen

**Faktoren, welche die Wirtschaftlichkeit einer Investition beeinflussen**



\* Beispiele: Erdbebenvorsorge, Brandschutz, behindertengerechtes Bauen.

econcept, nach IPB und KBOB 2010

Figur 2: Wie aus den Überlegungen zur Methodik ersichtlich wird, ist die Wirtschaftlichkeit einer Investition von verschiedenen Faktoren abhängig, die sich in drei Bereiche einteilen lassen.

Betriebswirtschaftliche Wirtschaftlichkeitsrechnung	Volkswirtschaftliche Wirtschaftlichkeitsrechnung
Kalkulationszinssatz	Kalkulationszinssatz
Entwicklung der relativen Preise	Entwicklung der relativen Preise
Steuern, Abgaben, Subventionen	Sekundäreffekte staatlicher Tätigkeit
Energiekosten	Energiekosten
Zusatznutzen, einnahmewirksam	Zusatznutzen, einnahmewirksam
-	Zusatznutzen, einnahmenunwirksam
-	Externe Kosten / externe Nutzen
Restwert	Restwert

Tabelle 3: Relevante Parameter zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiemaßnahmen nach der Kapitalwertmethode.

- Der **Kalkulationszinssatz** bezeichnet die «vom Investor geforderte Mindestverzinsung des eingesetzten Kapitals, welche theoretisch der Höhe der Kapitalkosten in einem effizienten Markt entsprechen sollte» (Pichler 2009). Es gibt verschiedene Methoden zur Identifizierung des Kalkulationszinssatz:
  - **Actual Cost of Capital (ACC)**: Als Basis dient der Zinssatz eines langfristigen, festverzinslichen und (annähernd) risikofreien Wertpapiers wie beispielsweise schweizerische Bundesobligationen. Dieser Zinssatz wird einerseits aufgrund des allgemeinen Immobilienrisikos (z.B. Illiquidität) und andererseits aufgrund des individuellen Risikoprofils der einzelnen Immobilie (Art der Immobilie, Standort, Alter, Zustand, Mieterprofil) angepasst<sup>4</sup>.
  - **All Risk Yield (ARY)**: Als Basis dient in diesem Fall die Rendite, welche bei Projekten mit ähnlicher Risikostruktur in jüngster Vergangenheit erzielt wurde. Dies erfordert eine hohe Übereinstimmung der Risikoprofile, was in der Praxis selten ist. Ausserdem sind genaue Kenntnisse über die Rendite anderer Projekte nötig.
  - **Weighted Average Cost of Capital (WACC)**: Der WACC Ansatz basiert auf den gewichteten Kapitalkosten des eingesetzten Fremd- und Eigenkapitals. Insbesondere der effektive Eigenkapitalzinssatz ist schwierig zu bestimmen, da dieser in der Regel nicht direkt beobachtbar ist (ausser wenn die Eigenkapitalrendite durch den Regulator festgelegt wird, beispielsweise bei der Regulierung von natürlichen Monopolen). Durch Managementvorgaben vorgegebene Eigenkapitalverzinsungen, wie sie beispielsweise in der Finanzindustrie üblicherweise angewendet werden, sind vor allem Führungs- resp. Bewertungsinstrumente und lassen nicht unbedingt auf die effektiven Kosten des Eigenkapitals schliessen.

Für Bauten der öffentlichen Hand ist der ACC Ansatz zweckmässig, insbesondere weil die anderen Methoden in diesem Fall nicht oder nur mit grossem Aufwand angewendet werden können.

- Die Teuerung wird in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, da alle Grössen real betrachtet werden. Die **relativen Preise** sind im Immobilienbereich aber relevant, wenn für Einnahmen und Ausgaben unterschiedliche Preisentwicklungen zu erwarten sind. Beispielsweise wenn gesetzliche Rahmenbedingungen eine Anpassung der Mieteinnahmen erschweren und dadurch die Einnahmen, im Vergleich zu den Ausgaben, weniger stark steigen.
- **Steuern, Abgaben und Subventionen** werden prinzipiell nur in der rein betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise berücksichtigt. Aufgrund des Eingriffs in die Marktmechanismen führen Steuern, Abgaben und Subventionen in der Regel zu volkswirtschaftlich relevanten **Sekundäreffekten**. Dies können sowohl positiv als auch negativ sein und lassen sich nur schwer quantifizieren. Steuern und Abgaben verursachen in der Regel einen ökonomischen Wohlfahrtsverlust (Zusatzlast der Besteuerung bzw. **dead-weight-loss** bzw. excess burden, welche dem Nutzenverlust entsprechen, wel-

---

<sup>4</sup> Eine weitere Methode der Risikoanpassung ist das Capital Asset Pricing Modell (CAPM).

cher sich durch die wegen der Abgaben veränderte Allokation der Ressourcen ergibt, es sei denn, dass die Abgabe eine Internalisierung bezweckt, wodurch die Ressourcenallokation aus volkswirtschaftlicher Sicht verbessert wird).

Subventionen können einerseits Investitionen induzieren, was unter Umständen einen positiven ökonomischen Effekt hat, andererseits führen Subventionen oft zu ineffizienten Allokationen im Markt. Letzteres kann dazu führen, dass die staatlichen Mittel nicht die gewünschte Wirkung entfalten sondern einseitig einzelnen Marktteilnehmern zu Gunsten kommen (Mitnahmeeffekte).

- Insbesondere bei der Bewertung von Energiemassnahmen sind die **Höhe und Entwicklung der Energiekosten** bedeutsam. Im Rahmen der Kapitalwertberechnung lassen sich Veränderungen bei den Energiekosten berücksichtigen, da diese die zukünftigen Nettocashflows einer Immobilie verändern. Die zukünftigen Kosten werden in der Praxis oft als prozentuale jährliche Preissteigerung approximiert. Dieses Verfahren setzt aber einen stabilen und exponentiellen Veränderungspfad voraus, was insbesondere für fossile Energieträger zu hinterfragen ist.
- **Externe Kosten** entstehen durch die Nutzung der verschiedenen Energieträger und sind nicht im Marktpreis der Energie enthalten. Die externen Kosten der Energienutzung werden in der Schweiz zum Teil mithilfe von absoluten Energiepreiszuschlägen berücksichtigt (SIA 2004), ein Verfahren was auch in anderen Ländern diskutiert und zum Teil angewendet wird (UBA 2007). Dieses Verfahren berücksichtigt aber nur externe Kosten, welche in direktem Zusammenhang mit der Verwendung von Energieträgern stehen. Energetische Massnahmen weisen aber in der Regel noch weitere externe Kosten auf, beispielsweise hervorgerufen durch die Versiegelung von Bodenfläche, die Produktion und Entsorgung der verwendeten Baustoffe, die Veränderung der Ästhetik des Gebäudes oder durch andere Effekte, die in keinem direkten Zusammenhang mit der Energienutzung stehen. Sollten sie mitberücksichtigt werden, müssten komplexere Methoden angewendet werden. Ansätze dazu finden sich beispielsweise in Österreich (BWA 2002) oder Kalifornien (UBA 2007). Werden solche Berechnungen zusätzlich zu den Energiepreiszuschlägen in die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen integriert, müssen jedoch Doppelzählungen der Effekte ausgeschlossen werden. Gleiches gilt auch bei der Berücksichtigung einer allfälligen CO<sub>2</sub>-Abgabe.
- Bei den **Zusatznutzen von Energiemassnahmen** muss unterschieden werden, ob diese zu einer Erhöhung des Ertrages führen oder nicht. Eine Komfortlüftung kann beispielsweise höhere Mietzinse rechtfertigen<sup>5</sup>. Diese sind beim Entscheid für oder gegen eine solche Investition zu berücksichtigen.
- Der **Restwert** entspricht dem Wert der Cashflows, die nach der Betrachtungsperiode noch anfallen werden (unter Einbezug allfälliger Verwertungskosten, Verkaufserlöse, Instandsetzungskosten, Mieteinnahmen usw.). Der Restwert hängt massgeblich vom Betrachtungszeitraum und dem verwendeten Kalkulationszinssatz ab. So ist beispielsweise nach 60 Jahren bei einem Zinssatz von  $\geq 4\%$  der Einfluss des Restwertes

---

<sup>5</sup> Es ist aber unter Umständen unklar, ob der höhere Mietzins im Einzelfall durchsetzbar ist.

auf den Barwert kleiner als 10%. Bei langen Betrachtungszeiträumen und moderaten Zinssätzen spielt der Restwert für die Wirtschaftlichkeitsrechnung eine untergeordnete Rolle.

### 3.3 Abgrenzung von energetischen Massnahmen

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit von energetischen Massnahmen stellt sich typischerweise in den folgenden Fällen:

- Bei Neubauten muss entschieden werden, ob und welche energetischen Massnahmen umgesetzt werden sollen, die über das gesetzlich geforderte Energieeffizienzniveau hinausgehen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung hilft in diesem Fall zwischen dem Projekt mit zusätzlichen, über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehenden energetischen Massnahmen und dem Projekt ohne zusätzliche Massnahmen zu vergleichen.
- Bei bestehenden Bauten, die ohnehin saniert werden müssen, geht es um den Vergleich zwischen einer Instandsetzung ohne energetische Verbesserung («Pinselsanierung») und einer umfassenden energetischen Sanierung des Gebäudes.

Um korrekte Aussagen über die Wirtschaftlichkeit der Varianten zu machen, ist die kostenseitige Abgrenzung der energetischen Massnahmen von zentraler Bedeutung. Das Problem stellt sich insbesondere bei Sanierungen. Bei Neubauten kann der Variantenvergleich bereits in der Planungsphase ohne bestehende Bausubstanz erfolgen.

Bei Sanierungen muss in der Praxis geklärt werden, welche Kosten sogenannte «Ohnehinkosten» sind, die im Rahmen der ohnehin erforderlichen Gebäudeinstandsetzung anfallen und welche Kosten eine Folge von vorgenommenen zusätzlichen bzw. wertsteigernden energetischen Massnahmen sind, welche den energetischen Massnahmen anzurechnen sind:

- So ist der Ersatz eines Heizkessels, der das Ende seiner Lebensdauer erreicht hat eine Instandsetzungsmassnahme, mindestens solange, als dabei ein Kessel durch einen modernen gleichartigen Kessel ersetzt wird, auch wenn der neue Kessel infolge der zwischenzeitlich stattgefundenen Technologieentwicklung deutlich bessere energetische Eigenschaften aufweist. Nur dann, wenn nicht nur ein besseres gleichartiges Produkt sondern zusätzliche Massnahmen oder aufwändigere Technologien eingesetzt werden, welche gegenüber den aktuell verwendeten Standardtechnologien eine höhere Energieeffizienz erlauben, entstehen in einem solchen Fall energetische Zusatzkosten im Umfang der Kostendifferenz zwischen der besonders effizienten Technologie und der jeweils aktuellen Standardtechnologie.
- Beim sehr häufig vorgenommenen Fensterersatz bei Gebäudeinstandsetzungen und –erneuerungen besteht ein Kosten-Zuordnungsproblem: Nur wenn das Fenster nicht mehr funktionstüchtig ist, kann von einem altersbedingten Fensterersatz gesprochen

werden. Die hohen Kosten des Fensterersatzes sind in solchen Fällen weitestgehend Instandsetzungskosten, auch wenn das neue Fenster energetisch eine massive Verbesserung bedeutet (der Fenster-U-Wert sinkt von 2.1 – 2.8 W/m<sup>2</sup>K beim alten Fenster auf 1.3 – 1.5 W/m<sup>2</sup>K bei einem neuen Standardfenster ohne besondere energetische Vorkehrungen, energetisch schlechtere Fenster sind nicht mehr erhältlich). Nur noch die Zusatzkosten für ein Fenster mit einem U-Wert unter 1.2 W/m<sup>2</sup>K können dann noch als energetische Kosten bezeichnet werden.

Wird das alte Fenster jedoch vorzeitig ersetzt (z.B. im Rahmen einer Gesamterneuerung der Gebäudehülle oder aus Komfortgründen), dann ist der im Ersatzzeitpunkt noch vorhandene (Rest-) Zeitwert<sup>6</sup> des alten Fensters der energetischen Erneuerung anzurechnen.

- Wird die erforderliche Instandsetzung einer Fassade (Farbanstrich und eventuell Putzenerneuerung) kombiniert mit einer gleichzeitig vorgenommenen Fassadendämmung, müssen wiederum die Kosten der Fassadeninstandsetzung von den Kosten der Fassadenerneuerung inklusive Fassadendämmung subtrahiert werden, um die energetischen (Zusatz-) Kosten der Fassadendämmung zu bestimmen. Problematisch kann dabei die Zurechnung von Kosten von Folgemaßnahmen werden: Das Anpassen der Dachränder, die Versetzung der Dachentwässerung (inkl. Kanalisation und Schachtverschiebungen), die Perimeterdämmung (inkl. Aushub, Bepflanzung und Belagsarbeiten), das Verschieben von Fenstern (inkl. Storenkasten), etc. Die Erarbeitung von zwei Vergleichsprojekten mit bzw. ohne Fassadendämmung erlaubt in derartigen Fällen meist eine klare Kostenzuteilung. Müssen jedoch zusätzlich die Balkonbrüstungen verstärkt werden, kostspieligere Massnahmen aufgrund ästhetischer Ansprüche ergriffen werden oder Fluchtwege über bestehende Laubengänge, welche infolge der Fassadendämmung verengt werden, erweitert werden, ist die Zuordnung weniger klar. Werden Balkone im Rahmen einer energetischen Sanierung von der Fassade entkoppelt und gleichzeitig vergrößert, müssten die Mehrkosten auf die beiden Wertsteigerungselemente «energetische Verbesserung» und «Balkonvergrößerung» aufgeteilt werden. Das erfordert eine normative Zuordnungsentscheidung, es sei denn, es sei bekannt, welche Zahlungsbereitschaft seitens der Nutzenden für die Balkonvergrößerung besteht.

Der energetischen Massnahme sind nur diejenigen Kosten anzurechnen, welche durch die energiebedingten Massnahmenelemente sowie durch energiebedingte vorzeitige Erneuerungen im Vergleich zu einer Erneuerung am Ende der Lebensdauer entstanden sind. Am besten lassen sich die energiebedingten Kosten durch einen Vergleich des Projektes mit energetischen Massnahmen mit einem sonst durchgeführten (Referenz-) Projekt ohne energetische Massnahmen bestimmen (Vergleich energetische Instandsetzung mit Referenzinstandsetzung ohne energetische Massnahmen). Werden Bauteile aus energetischen Gründen oder aus Gründen der Durchführungsökonomie (z.B. Kopplung mehrerer Massnahmen an der Gebäudehülle, falls ein Gerüst benötigt wird) frühzeitig

<sup>6</sup> Rest- Zeitwert: Bei einer Lebensdauer des Fensters von 40 Jahren und ehemaligen Investitionskosten von 500 CHF/m<sup>2</sup> beträgt der Zeitwert des alten Fensters bei einem Ersatz nach 30 Jahren noch  $500 \text{ CHF/m}^2 \cdot (40-30)/40 = 125 \text{ CHF/m}^2$ .

ersetzt, müsste korrekterweise der Zeitwert des ersetzten Bauteils im Zeitpunkt der energetischen Sanierung zu den Kosten der energetischen Erneuerung addiert werden.

Weiter stellt sich die Frage, ob die Kosten von Massnahmen angerechnet werden müssen, die baulich nicht zwingend sind, aber beispielsweise aus architektonisch-ästhetischen Gründen wünschenswert sind. Gleiches gilt für Zusatzkosten bei Erneuerungsmassnahmen, welche ausschliesslich aufgrund des Ortsbilds- oder des Denkmalschutzes entstehen. Hier geht es letztlich um die Gewichtung unterschiedlicher Ziele öffentlichen Handelns (Energieeffizienz, Denkmalschutz, Ortsbildschutz usw.) und die entsprechende Zuordnung der entstehenden Mehrkosten.

Eine Gleichgewichtung der Ziele öffentlichen Handelns impliziert, dass die Zusatzkosten von Massnahmen, die einzig aufgrund weiterer politischer Zielsetzungen resultieren, *nicht* den Energiemassnahmen angerechnet werden.

## 4 Wirtschaftlichkeitsrelevante Kenngrössen

Im folgenden Kapitel werden die wichtigsten in der Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendeten Kenngrössen analysiert. Dies führt letztlich zu einer Überarbeitung und Aktualisierung der Methoden und Annahmen aus der eingangs erwähnten Richtlinie des Stadtrates.

### 4.1 Kalkulationszinssatz

Nach dem im Kapitel 3 beschriebenen Ansatz ist der anzuwendende kalkulatorische Zinssatz einerseits vom allgemeinen und vom objektspezifischen Risiko einer Immobilie sowie andererseits vom erwarteten realen Zinssatz risikofreier Wertpapiere abhängig. Basierend auf verfügbarer Literatur, identifiziert dieses Kapitel die wichtigsten Treiber des langfristigen (20-25 Jahre) Realzinses und bewertet deren Relevanz. Es ist aber anzumerken, dass die Frage der Realzinsentwicklung nach wie vor kontrovers diskutiert wird und dass die vorliegende Vorstudie daher nur einen ersten Überblick über diese Diskussion bieten kann.

#### 4.1.1 Langfristige Treiber der Realzinsentwicklung

Der langfristige reale Zinssatz in den meisten industrialisierten Ländern ist seit einigen Jahren sehr tief, dies trotz eines zwischenzeitlich hohen Wirtschaftswachstums. Der Grund für diese Entwicklung ist nach wie vor umstritten. Über die grundsätzlichen Determinanten des langfristigen Realzinses herrscht aber weitgehend Einigkeit: Der Realzins gleicht die Geldnachfrage (Investitionen) und das Geldangebot (Ersparnisse) aus. Steigt die Geldnachfrage relativ zum Angebot, steigen auch die Realzinsen und umgekehrt. Mit anderen Worten: Die Einflussfaktoren für Investitionen und Ersparnisse bestimmen indirekt den Realzins.

#### ***Einflussfaktoren für Investitionen (Investitionsnachfrage)***

- *Wachstum der Erwerbsbevölkerung:* Auch wenn die Hypothese nicht unumstritten ist, wird meist davon ausgegangen, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Investitionsnachfrage und der Wachstumsrate der Erwerbsbevölkerung besteht. Dieser Zusammenhang wurde auch empirisch bekräftigt (Desroches und Francis 2007).
- *Globalisierung der Finanz- und Warenmärkte:* Durch den freien Kapital- und Warenfluss können Ressourcen in jenen Sektoren und Regionen eingesetzt werden, in denen die Rendite am höchsten ist. Dies führt tendenziell zu höheren Gewinnen und dadurch zu höheren Renditeerwartungen, was die globale Investitionsnachfrage erhöht. Auch für diese Hypothese gibt es einzelne empirische Belege, zum Beispiel in Desroches und Francis (2007). Andere Autoren weisen aber darauf hin, dass die Globalisierung unter Umständen auch einen negativen Effekt auf das Zinsniveau haben kann. Dies wenn das Ausmass des Globalisierungsprozesses unterschätzt wird,

resp. wenn die Globalisierung für die Unternehmen unerwartet heftig ausfällt (Natal und Stoffels 2007).

- *Stabilität im politischen und rechtlichen Umfeld:* Unsicherheiten dämpfen die Investitionsnachfrage, weil die langfristigen Perspektiven unsicher sind.

### **Treiber für Ersparnisse (Sparquote)**

- *Demographie:* Jüngere Erwerbstätige haben typischerweise eine tiefere Sparquote als Personen gegen Ende des Erwerbslebens und nach der Pensionierung wird das Ersparte aufgebraucht. Der demographische Wandel in den Industrieländern führt zu einem höheren Anteil von Pensionierten im Verhältnis zu den Erwerbstätigen. Solange die Wirkung der Industrieländer für die globale Sparquote bestimmend ist, kann deshalb von einer tendenziell sinkenden Sparquote ausgegangen werden. Diesem demographischen Trend wirkt in einigen Industrieländern jedoch die steigende Lebenserwartung entgegen. Eine höhere Lebenserwartung führt tendenziell dazu, dass das Sparen (2. Säule und privates Sparen im Gegensatz zu Umlageverfahren wie der AHV) für Altersvorsorge wichtiger wird. Demzufolge müssen die Erwerbstätigen mehr für Ihre Vorsorge sparen, was zu einer höheren Sparquote führt. Desroches und Francis (2007) fanden für beide Effekte empirische Belege.
- *Fiskalpolitik:* Staatliche Budget-Defizite können zu Entsparen führen, da das staatliche Sparen einen wesentlichen Teil des Gesamtsparens ausmacht. Diese Idee ist aber theoretisch umstritten: Die sogenannte Ricardianische-Äquivalenz-Hypothese postuliert, dass die Höhe der Gesamtersparnisse nicht auf Änderungen staatlicher Ausgaberegimes reagiert. Auch wenn diese Hypothese theoretisch fundiert ist, gibt es aber keine starken empirischen Belege für ihre praktische Bedeutung (Romer 2001).

### **Relevanz der Einflussfaktoren für die Schweiz**

Die hier vorgestellten Einflussfaktoren sind allesamt relativ träge und haben deshalb vorwiegend eine Wirkung auf die langfristige Realzinsentwicklung. Die empirische Studie von Desroches und Francis (2007) zeigt, dass insbesondere das Wachstum der Erwerbsbevölkerung eine entscheidende Grösse zur Bestimmung der langfristigen Realzinssätze ist. Da die Kapitalintensität der Industrieländer wesentlich höher ist, führt das langsamere Wachstum der Erwerbsbevölkerung in diesen Ländern mittelfristig zu einem Druck auf das globale Realzinsniveau. Andererseits nimmt die Kapitalintensität der Ökonomien von Schwellenländern wie China oder Indien zu, was den Einfluss dieser Länder auf das globale Realzinsniveau erhöht. Da die Erwerbsbevölkerung in den Schwellenländern nicht ab- sondern eher zunimmt, kann langfristig von zwei gegenläufigen Trends ausgegangen werden.

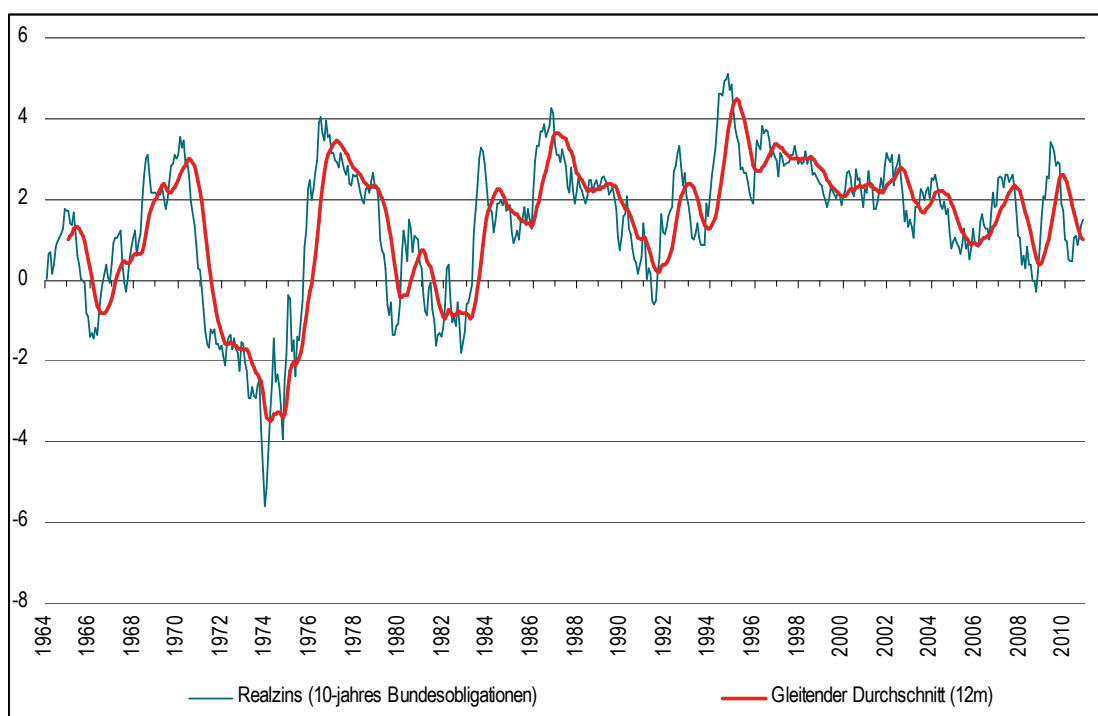
Die genannten Einschätzungen lassen global eine langfristig stabile Situation mit tiefen Realzinsen erwarten. Es ist aber zu beachten, dass ökonomische und / oder politische Entwicklungen wesentliche Veränderungen der Einflussfaktoren und somit des zu erwartenden Realzinsniveaus bewirken können.

Um die langfristige Entwicklung in der Schweiz einschätzen zu können, muss zuerst die Frage beantwortet werden, ob für den realen Zinssatz in der Schweiz globale, regionale (Euro-Raum) oder landesspezifische Einflüsse entscheidend sind. Dies ist insofern wichtig, weil viele Einflussfaktoren lokal, regional und global unterschiedliche Tendenzen aufweisen. Einige Autoren sehen in den immer stärker global vernetzen und durchlässigen Finanzmärkten einen Hinweis auf die Konvergenz zu *einem* globalen Realzinssatz. Die Konvergenz-Hypothese ist aber nicht unumstritten. Es ist schwierig, den Einfluss der einzelnen Aggregationsebenen genau zu quantifizieren. Eine Untersuchung von Brzoza-Brzezina und Cuaresma (2008) weist beispielsweise den globalen Effekten 48%, den regionalen 14% und den länderspezifischen Effekten 40% der Gesamtwirkung zu.

Inwiefern sich der Anteil der Erwerbsbevölkerung in der Schweiz in Zukunft verringern wird und somit der Druck auf das Realzinnsniveau verstärkt wird, ist auch von der Entwicklung der Migrationsströme abhängig.

#### 4.1.2 Historische Realzinsentwicklung in der Schweiz

Eine in der Praxis verwendete Methode zur Ableitung des Realzinses ist die Analyse historischer Daten. Figur 3 zeigt die Realzinsentwicklung in der Schweiz am Beispiel der zehnjährigen Bundesobligationen (10y BO). Der Realzins wurde hierfür als Differenz zwischen dem nominalen Zins der zehnjährigen Bundesobligationen und dem Landesindex der Konsumentenpreise berechnet. Der Durchschnitt des so ermittelten Realzinses über den ganzen Betrachtungszeitraum (1964 – 2010) liegt bei 1.37%. An dieser Stelle muss aber erwähnt werden, dass historische Trends zukünftige Entwicklungen nicht prognostizieren können.



Figur 3: Realzinsentwicklung zwischen 1964 und 2010 (Quelle: UBS)

### 4.1.3 Objektspezifisches und allgemeines Immobilienrisiko

Die höhere Illiquidität von Immobilienanlagen gegenüber anderen Investitionen stellt das bedeutendste allgemeine Immobilienrisiko dar und führt zu einem Zuschlag auf den risikofreien Zinssatz. Das spezifische Immobilienrisiko ist sicher grösser als Null, hängt aber stark von der Immobilienart, dem Standort, dem Alter und Zustand sowie der Mieterstruktur eines bestimmten Objektes ab. Deshalb sind weitergehende allgemeingültige Aussagen zum spezifischen Immobilienrisiko wenig zweckmässig. In der SIA Norm 480 (SIA 2004) wird ein (realer) Kalkulationszinssatz von 3.0% - 3.5% für private Schuldner mit guter Bonität und für Projekte mit geringem Risiko vorgeschlagen. Laut SIA kann bei Bundesinvestitionen mit 2% - 2.5% und bei Investitionen von Kantonen und Gemeinden mit einem realen Kalkulationszinssatz von 2.5% - 3% gerechnet werden, sofern die Projekte ein geringes Objektrisiko aufweisen. Der eingangs erwähnte Stadtratsbeschluss geht von einem realen Kalkulationszinssatz von 2.5% aus. Dieser Wert liegt am unteren Ende des durch den SIA definierten Zinsbandes für Gemeinden und Kantone (2.5-3%). Vergleicht man den realen Kalkulationszinssatz von 2.5% mit dem historisch ausgewiesenen Realzins für Bundesobligationen (pseudo-risikofreie Anlage) so betrug der Risikozuschlag für Immobilien der Stadt Zürich etwa 1,1%. Für private Investoren wäre dieser Wert sicherlich deutlich höher. Es lassen sich keine plausiblen Aussagen über die langfristige Veränderung des allgemeinen Immobilienrisikos machen. Aufgrund der anhaltend regen Bautätigkeit und der Entwicklung der Preise auf dem Immobilienmarkt ist mittelfristig ein höheres allgemeines Immobilienrisiko nicht auszuschliessen.

### 4.1.4 Langfristiger Zeithorizont öffentlicher Institutionen

Aufgrund der durch die politischen Zielsetzungen geforderten Berücksichtigung langfristiger Zielsetzungen und der angestrebten Vorbildwirkung der öffentlichen Hand im Energiebereich handeln öffentliche Institutionen in der Regel langfristiger als private Investoren. Die öffentliche Hand gewichtet somit zukünftige Entwicklungen stärker als private Investoren. Dies bedeutet, dass die Zeitpräferenz der öffentlichen Hand geringer ist als die individuelle resp. privatwirtschaftliche Zeitpräferenz. Diese Argumentation kann als Abschlag im Umfang von 0.5% auf den kalkulatorischen Zinssatz umgesetzt werden. Beim kalkulatorischen Zinssatz handelt es sich daher auch um eine politische Einflussgrösse. Ein solcher Abschlag kann auch als indirekte Subvention von Energieeffizienzmassnahmen verstanden werden.

### 4.1.5 Fazit zum kalkulatorischen Zinssatz

Aufgrund der in diesem Kapitel vorgestellten Argumente und Grundlagen gehen wir davon aus, dass ein kalkulatorischer Zinssatz von 2.5-3%, so wie er in der SIA Norm 480 definiert ist, für Bauten der Stadt Zürich nach wie vor angebracht ist.

Wenn aufgrund der politischen Zielvorgaben (Stichwort: 2000-Watt-Gesellschaft) die tiefere Zeitpräferenz der öffentlichen Hand und somit die stärkere Gewichtung langfristiger

Entwicklungen berücksichtigt werden soll, kann der kalkulatorische Zinssatz eher bei (2% bis) 2.5% liegen.

## 4.2 Energiepreise

In den eingangs erwähnten Richtlinien des Stadtrates werden die anzuwendenden Energiepreise durch das aktuelle Preisniveau<sup>7</sup> und durch eine prozentual konstante Kostensteigerung pro Jahr definiert. Die SIA Norm 480 verwendet dieselbe Methodik, empfiehlt aber die Verwendung des Durchschnittspreises der letzten drei Jahre als Ausgangswert. Dieser Ansatz erfordert in zweierlei Hinsicht eine Überprüfung:

- Welche Methodik ist für Investitionen im Gebäudebereich zweckmässig?
- Sind die definierten realen Kostensteigerungen pro Jahr noch aktuell?

### 4.2.1 Zeithorizont

Bei der Analyse der Wirtschaftlichkeit von energetischen Massnahmen sind vor allem langfristige Preistrends relevant. Aus diesem Grund beschäftigt sich die vorliegende Studie nicht mit kurzfristigen Preisschwankungen, sondern ausschliesslich mit mittel- bis langfristigen Preisentwicklungen. Kurzfristig ist der Preis von Energieträgern von einem unelastischen Angebot und einer unelastischen Nachfrage geprägt. Dies führt dazu, dass selbst kleinere Änderungen auf der Angebots- oder Nachfrageseite zu massiven Preisschwankungen führen können. Diese kurzfristigen Ausschläge verhindern die Bildung stabiler Erwartungen hinsichtlich zukünftiger (steigender) Preise und erschweren dadurch die Kommunikation von langfristigen Preiserwartungen.

### 4.2.2 Fossile Energieträger: Heizöl und Erdgas

Vier Fünftel des weltweiten Energieverbrauchs werden durch die drei fossilen Energieträger (Erdöl, Erdgas und Kohle) gedeckt. Von einer Erschöpfung dieser Rohstoffe ist im Betrachtungszeitraum der vorliegenden Studie (bis 2035) nicht auszugehen. Die Förderung, insbesondere von Erdöl und Erdgas, wird aber tendenziell kostspieliger, weil einerseits immer unzugänglichere Vorkommen, wie etwa in der Arktis oder in der Tiefsee, erschlossen werden müssen und weil andererseits nicht-konventionelle Vorkommen wie Schwerstöle, Ölsande oder Ölschiefer abgebaut werden (Stichwort: globales Fördermaximum der konventionell erschliessbaren Erdölvorräte: Peak-Oil). Ausserdem ist zu beachten, dass etwa 75% der Ölreserven in OPEC<sup>8</sup> Ländern liegen, was dazu führt, dass sowohl das Kartellverhalten der OPEC wie auch die politische Situation in diesen Ländern von grosser Bedeutung sein können.

<sup>7</sup> Der Energiebeauftragte legt jährlich die anzuwendenden Energiepreise auf Grund der Preise des Vorjahres und der im laufenden Jahr anzunehmenden Preisentwicklung fest (StRB 46/1998).

<sup>8</sup> Organisation erdölexportierender Länder (Organization of Petroleum Exporting Countries). Dies sind: Algerien, Angola, Ecuador, Irak, Iran, Kater, Kuwait, Libyen, Nigeria, Saudi-Arabien, Vereinigte Arabische Emirate und Venezuela.

Die Entwicklung der Preise für fossile Energieträger ist langfristig zweifellos von der absoluten Knappheit der Ressourcen getrieben. Der Besitzer der Ressourcen hat zu jedem Zeitpunkt zwei Handlungsalternativen: Entweder verkauft er eine Einheit mehr und legt den aus dem Verkauf erzielten Gewinn an oder er entscheidet sich, die Ressource nicht abzubauen und erst später zu verkaufen. Nach der sogenannten *Hotelling-Regel* wird der Besitzer der Ressource deshalb gerade so viel auf den Markt bringen, dass sein Gewinn (die Ressourcenrente) mit einer Rate ansteigt, die auch mit alternativen Investitionen in der gleichen Risikoklasse zu erzielen wäre.

Die Ressourcenrente wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst: Nebst dem erzielbaren Verkaufspreis sind auch die Extraktionskosten, sowie die Menge der noch verfügbaren Vorräte entscheidend. Aufgrund dieser Situation ist eine Analyse der Ressourcenrente und somit indirekt der Preispfade besonders schwierig (Bretschger und Leinert 2010).

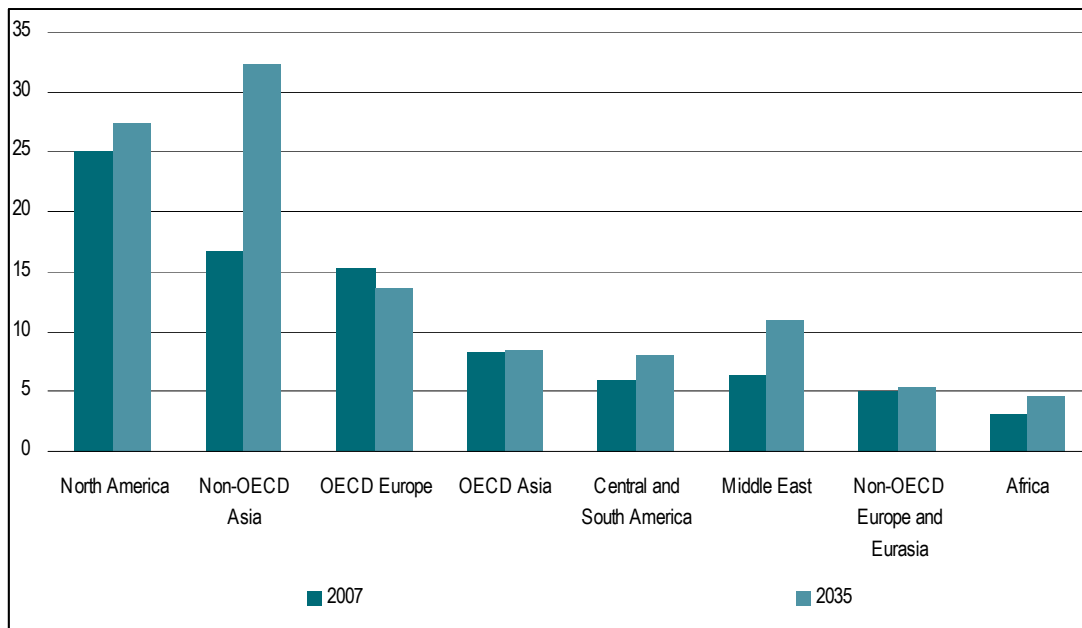
### **Heizöl**

Der für Gebäude massgebliche Heizölpreis ist direkt vom Erdölpreis abhängig. Die Entwicklung der Heizölkosten kann demnach anhand der Preisentwicklung des Rohöls betrachtet werden. Dieser Ansatz geht von einer konstanten Weiterführung der aktuellen Besteuerung von Heizöl aus und berücksichtigt keine allfälligen kurz- bis maximal mittelfristig preiswirksamen Verknappungen bei Transport- und Raffineriekapazitäten.

Die Entwicklung des globalen Ölpreises ist mittelfristig von verschiedensten ökonomischen, politischen und gesellschaftlichen Faktoren abhängig. Besonders relevant sind:

- Das wirtschaftliche Wachstum, insbesondere in den Nicht-OECD Ländern, da diese langfristig einen grossen Teil der Nachfrage generieren werden (siehe Figur 4).
- Politische Rahmenbedingungen, insbesondere Regulierungen betreffend den CO<sub>2</sub>-Ausstoss und dem Abbau von unkonventionellen Ölvorkommen.
- Die Investitionen und das Kartellverhalten (Produktionsmengen) der OPEC-Länder sowie die politische Stabilität der Länder mit grossen Ölvorkommen, insbesondere im Nahen Osten und in Russland.
- Die Steigerung der Ausbeute konventioneller Ölfelder («Enhanced Oil Recovery»). Sie steht in einem direkten, wechselseitigen Zusammenhang mit der Technologieentwicklung sowie den Abbaumöglichkeiten und Förderkosten unkonventioneller Ölvorkommen.
- Fiskalpolitische Regulierungen, insbesondere die Investitionsmöglichkeiten in den Nicht-OPEC-Regionen wie beispielsweise in Russland oder am kaspischen Meer.
- Die Konkurrenz durch synthetisch hergestellte Kraftstoffe (Kohle- und Erdgasverflüssigung) und Biokraftstoffe.

## Veränderung der Nachfrage in verschiedenen Regionen bis 2035



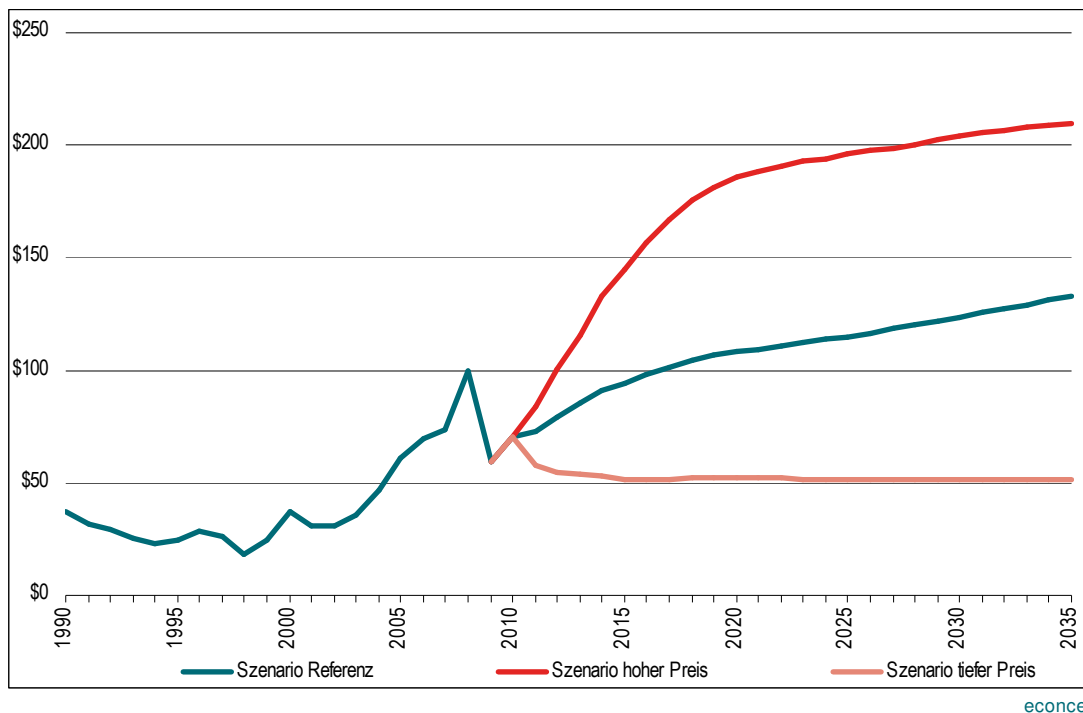
econcept

Figur 4: Die Nachfrage nach Flüssigbrenn- und -treibstoffen (Benzin, Diesel, Kerosin, Heizöl usw.) wird bis 2035 vor allem durch die Nachfrage der Nicht-OECD Länder (insbesondere China und Indien) bestimmt. Angaben in Millionen Barrel pro Tag. Daten: International Energy Outlook 2010 (IEA 2010b).

Die Vielzahl von schwer einschätzbaren Einflussfaktoren führt unweigerlich zu einer grossen Bandbreite möglicher Preisszenarien. Drei solche Szenarien, basierend auf den Daten des EIA Annual Energy Outlook 2010 (EIA 2010a), sind in Figur 5 dargestellt. Wichtig ist zu wissen, dass die gezeigten Preise keinesfalls Prognosen sind, sondern resultierende Preisszenarien unter bestimmten Annahmen darstellen.

- Das Szenario «Referenz» geht von einer stabilen Weiterentwicklung unter den jetzigen Bedingungen aus. Die mittelfristige Preisentwicklung folgt den bestehenden Technologien, Regulierungen und Erschliessungsmöglichkeiten; die langfristige Entwicklung ist durch die erwarteten ökonomischen Bedingungen modelliert.
- Das Szenario «tiefer Preis» geht von einem härteren Wettbewerb, einem schwachen Kartellverhalten der OPEC und einer starken internationalen Zusammenarbeit aus. Insbesondere wird in diesem Szenario angenommen, dass es zu einer weitgehenden Öffnung jener Länder kommt, welche bis jetzt eine restriktive Haltung gegenüber privaten und / oder ausländischen Investitionen an den Tag gelegt haben.
- Das Szenario «hoher Preis» geht von zunehmenden Restriktionen bei der Produktion von konventionellem Rohöl aus. Die Einschränkungen resultieren bis 2035 in erster Linie aus politischen Entscheidungen der produzierenden Länder wie beispielsweise der Durchsetzung von Förderquoten und Investitionsrestriktionen oder einer zunehmenden Nationalisierung der Erdölförderung. Als Folge dieser Entwicklung sind die konsumierenden Länder gezwungen, vermehrt auf eigene Ressourcen zurückzugreifen. Dies bedeutet vor allem den Abbau von nicht-konventionellen Vorkommen und die synthetische Herstellung von Erdöl aus Erdgas oder Kohle.

### Drei Ölpreisszenarien bis 2035



Figur 5: Durchschnittliche Rohölpreise in den drei Szenarien: «Referenz», «tiefer Preis» und «hoher Preis». Alle Preise real in 2008-US Dollars pro Barrel. Quelle: EIA 2010a

Bei der Analyse der Szenarien sind zwei Aspekte augenfällig:

- Der langfristige Preisunterschied zwischen den Szenarien ist sehr gross.
- Der Preisfad nimmt nur im Referenzszenario einigermassen konstant zu, sowohl der tiefe wie auch der hohe Preisfad weisen in den ersten Jahren relativ grosse Preis-  
anpassungen auf.

Andere Untersuchungen gehen von realen Rohölpreisen im Jahr 2030 zwischen 65 und 124 USD pro Barrel aus, diese Bandbreite wird durch die EIA-Szenarien vollständig abgedeckt. Welches Szenario realistischer ist, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen. Aktuelle politische Entwicklungen lassen aber das Tiefpreisszenario als wenig realistisch erscheinen. Gründe hierfür sind unter anderem: Die Nationalisierung der Erdölforderung in Russland und Bolivien, die geopolitische Situation im Nahen Osten und technische Schwierigkeiten bei der Förderung von Tiefseevorkommen.

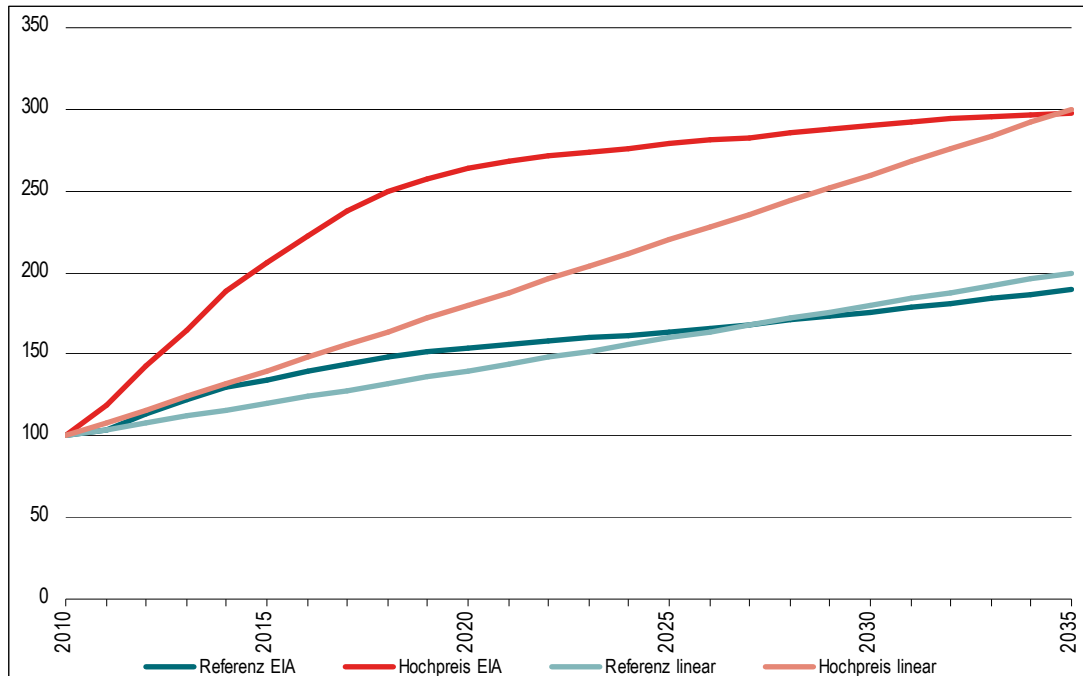
Rechnet man die Preissteigerungen des Erdöls bis 2035 auf eine mittlere reale Kostensteigerung der Heizölpreise pro Jahr um, ergibt sich ausgehend von Preisen von 2009 eine jährliche Kostensteigerung von etwa  $-0.75\%$  p.a. (Szenario «tiefer Preis»),  $4\%$  p.a. (Szenario «Referenz») und  $6.25\%$  p.a. (Szenario «hoher Preis»). Die hohe Volatilität des Erdölpreises macht aber eine solche Berechnung problematisch wie folgendes Beispiel zeigt: Würde man dieselbe Berechnung basierend auf den Preisen von 2008 durchführen, wäre die resultierende jährliche Kostensteigerung  $-3.0\%$  p.a. (Szenario «tiefer Preis»),  $1.5\%$  p.a. (Szenario «Referenz») und  $3.5\%$  p.a. (Szenario «hoher Preis»).

Auf die Festlegung zukünftiger Preissteigerungen in der Form konstanter Preissteigerungs**raten**, ausgehend vom aktuellen oder vorjährigen Preis sollte verzichtet werden. Stattdessen scheint die Verwendung eines Pfades realer Preise sinnvoller, wobei ein hohes und ein mittleres Preisszenario zur Berücksichtigung der grossen Unsicherheit zukünftiger Preise verwendet werden sollte.

Die Verwendung von vorgegebenen Preispfaden führt aber unweigerlich zu Problemen bei der Begründung von angenommenen Preissteigerungen gegenüber den Nutzern, insbesondere wenn die tatsächlichen Preise aufgrund kurzfristiger Schwankungen markant vom Preispfad (nach unten) abweichen. Die vorgegebenen Preispfade müssen daher alle 4-5 Jahre der effektiv stattfindenden langfristigen Entwicklung angepasst werden.

Da die ausgewiesenen EIA-Preisszenarien eine hohe Unsicherheit aufweisen, ist eine lineare Approximation der Preispfade für die Wirtschaftlichkeitsrechnung ausreichend. Indexiert man die Preise per 2010 auf 100 Punkte, weist das Referenzszenario eine lineare Preissteigerung von 4 Indexpunkten p.a., das Hochpreisszenario eine Preissteigerung von 8 Indexpunkten p.a. aus<sup>9</sup> (vgl. Figur 6). Das Tiefpreisszenario der IEA muss aus den oben genannten Gründen als wenig realistisch betrachtet werden und wird deshalb nicht weiter verfolgt.

### Lineare Approximation der relevanten EIA Preisszenarien



econconcept

Figur 6: Indexierte EIA Preisszenarien «Referenz» und «Hochpreis» (Basis 2010 = 100 Punkte) und lineare Approximation. Das Referenzszenario weist eine lineare Preissteigerung von 4 Indexpunkten pro Jahr, das Hochpreisszenario eine Preissteigerung von 8 Indexpunkten p.a. (von 2010) aus.<sup>8</sup>

<sup>9</sup> Eine Preissteigerung um 4 Indexpunkte von 2010 bedeutet, dass in Zukunft die Preise um einen konstanten absoluten Betrag pro Jahr zunehmen, welcher 4% bzw. 8% des Verbrauches von 2010 entspricht. Das ergibt eine lineare Preissteigerung. Dagegen würde eine Preissteigerungs**rate** von 4% bzw. 8% p.a. eine exponentielle Zunahme der Preise ergeben.

Zur Festlegung des Ausgangspreises für die Wirtschaftlichkeitsrechnung sollte aufgrund der erwähnten hohen Volatilität des Erdölpreises nicht einfach der aktuelle Heizölpreis verwendet werden. Es bieten sich zwei Methoden zum Ausgleich kurzfristiger Schwankungen an:

- Die Verwendung des durchschnittlichen Heizölpreises der letzten drei Jahre. Diese Methodik gleicht die relativ kurzfristigen Schwankungen des Ölpreises aus und berücksichtigt so das Problem der starken Volatilität. Allerdings unterschätzt ein solcher gleitender Durchschnitt systembedingt mögliche Preistrends, was zu einer falschen Preisvorstellung führen kann. Aus diesem Grund sollten keine weiter als drei Jahre zurückliegenden Preise berücksichtigt werden. Ausserdem empfiehlt es sich, die hier beschriebene Methode mit einer anderen zu kombinieren um mögliche Fehler auszugleichen.

#### **Berechnungsbeispiel per Ende 2010<sup>10</sup>**

Durchschnittspreis 2008:	CHF 105.93 / 100 l
Durchschnittspreis 2009:	CHF 65.18 / 100 l
Durchschnittspreis 2010 (Jan.-Nov.):	CHF 81.73 / 100 l
<b>Durchschnitt (inkl. MWSt):</b>	<b>CHF 84.28 / 100 l</b>

- Eine weitere Methode zur Berechnung des Ausgangspreises für die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist die Ableitung des Ölpreises aus dem Erdgaspreis. Der Erdgaspreis liegt einerseits in der Regel etliche Monate im Voraus fest und folgt andererseits dem Erdölpreis mit einer gewissen Verspätung. Somit lässt sich mit dieser Methode ein aktueller Heizölpreis approximieren.

#### **Berechnungsbeispiel<sup>11</sup>**

Gaspreis (Arbeitspreis «erdgas-duo», + 0.9 Rp./kWh für Leistung, exkl. MWSt.)	CHF 0.064 / kWh	
Umrechnung Brennwert zu Heizwert (Brennwert = 1.11 x Heizwert):	CHF 0.071 / kWh	
Heizöl-Äquivalent (11.86 kWh/kg):	CHF 84.25 / 100 kg	
+ MWSt. (8%):	CHF 90.99 / 100 kg	oder
	<b>CHF 76.99 / 100 l</b>	

Es scheint zweckmässig, die beiden Methoden zu kombinieren und den Ausgangspreis für Heizöl als Durchschnittspreis der beiden Methoden zu berechnen. Eine ex-post Analyse der verschiedenen Berechnungsmethoden ist in Tabelle 4 dargestellt.

<sup>10</sup> Preise basierend auf durchschnittlichen Monatspreisen für Heizöl bei Lieferungen von 14'000-20'000 Litern (Quelle: BFS)

<sup>11</sup> Berechnung gemäss Energiebeauftragter der Stadt Zürich

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Berechnung nur aus Gaspreis gemäss DIB, Stadt Zürich	32.1	48.8	45.2	39.3	40.5	53.5	65.4	75.0	67.8	94.0	67.8	76.2
<b>Verhältnis «Berechnung aus Gaspreis» / «Heizöl effektiv»</b>	<b>0.99</b>	<b>0.90</b>	<b>1.05</b>	<b>0.98</b>	<b>0.95</b>	<b>1.08</b>	<b>0.80</b>	<b>0.98</b>	<b>0.82</b>	<b>0.83</b>	<b>1.04</b>	<b>0.98</b>
Berechnung econcept: Mittelwert aus «Berechnung aus Gaspreis» und dem durchschnittlichen Heizölpreis der letzten drei Jahre			44.2	42.5	41.2	48.8	61.8	72.1	74.0	92.3	77.4	80.8
<b>Verhältnis «Berechnung econcept» / «Heizöl effektiv»</b>			<b>1.03</b>	<b>1.06</b>	<b>0.96</b>	<b>0.98</b>	<b>0.75</b>	<b>0.95</b>	<b>0.90</b>	<b>0.82</b>	<b>1.18</b>	<b>1.04</b>

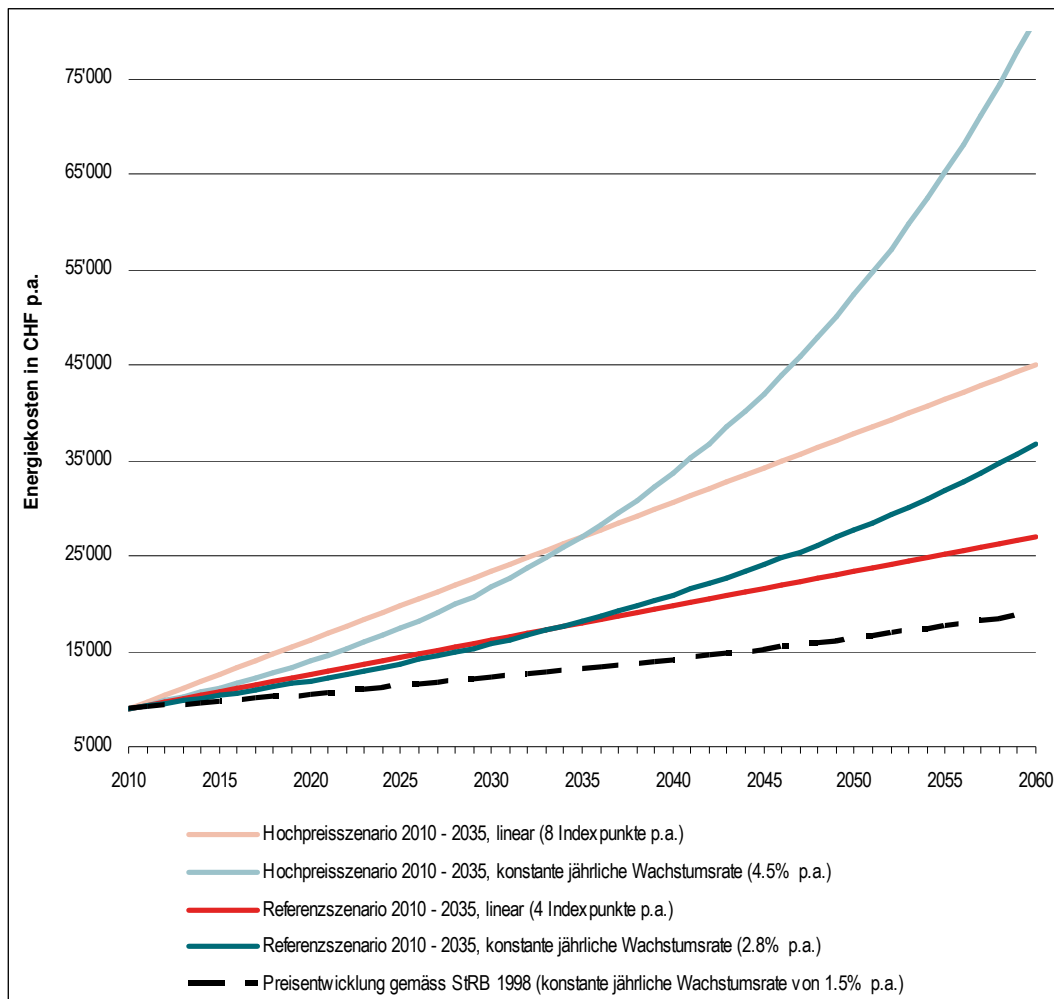
Tabelle 4: Ex-post Analyse der effektiven Heizölpreise im Vergleich zu den berechneten Preisen (Preisangaben für 100 Liter (inkl. MWSt.), Quelle: Energiebeauftragter, Berechnung econcept).

Wir empfehlen, dass für die Berücksichtigung der zukünftigen Heizölpreise in der Wirtschaftlichkeitsrechnung folgende Methode zur Anwendung kommt:

- Berechnung des Ausgangspreises (Index = 100 Punkte) für Heizöl als Mittelwert der oben beschriebenen Methoden. Für die weitere Entwicklung des Preises ist aufgrund der aktuellen Situation vorerst von einer linearen jährlichen Preissteigerung von 4 Indexpunkten p.a. auszugehen (d.h. konstant zusätzlichen 4% des Verbrauchs von 2010 pro Jahr).
- Aufgrund noch nicht vorhersehbarer politischer und ökonomischer Entwicklungen können wesentliche Änderungen der angenommenen Preisentwicklung nicht ausgeschlossen werden. Deshalb sollten im Rahmen einer Szenario-Analyse auch die Auswirkungen eines Hochpreispfades auf die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Für diesen Fall ist von einer jährlichen Preissteigerung im Rahmen von 8 Indexpunkten p.a. auszugehen.

Um die Effekte der verschiedenen Berechnungsmethoden zu verdeutlichen wurde ein konkretes Beispiel anhand eines fiktiven Gebäudes gerechnet (Verbrauch 10'000 Liter Heizöl pro Jahr, Ausgangspreis 90 CHF / 100 Liter, 50 Jahre Nutzungsdauer des Gebäudes, 2.5% realer kalkulatorischer Zinssatz) und nachfolgend dargestellt.

## Berechnungsbeispiel Heizölpreise



econcept

Figur 7: Veränderung der jährlichen Energiepreise für das Beispielgebäude (Verbrauch 10'000 Liter Heizöl p.a., Ausgangspreis 90 CHF / 100 Liter, 2.5% realer kalkulatorischer Zinssatz p.a.) im Referenz- und im Hochpreisszenario. Die Preise werden jeweils einerseits mit konstanten jährlichen Wachstumsraten (entspricht der Methodik des Stadtratsbeschlusses von 1998) und andererseits nach der hier empfohlenen, linearen Methode berechnet. Die Modelparameter werden so gewählt, dass die Preise im Jahr 2035 den jeweiligen EIA-Preisszenarien entsprechen. Die Graphik zeigt, dass die Verwendung von exponentiellen Annäherungsmodellen (wie im Stadtratsbeschluss) bei Zeithorizonten von mehr als 30 Jahren zu unrealistischen Preisannahmen führen kann. Dies gilt insbesondere für Szenarien mit höheren Preissteigerungsraten. Zum Vergleich enthält die Graphik ausserdem die Preisentwicklung gemäss StRB 1998, d.h. mit einer konstanten Jährlichen Wachstumsrate von 1.5% p.a..

Berechnungsmethode	Kostensteigerung pro Jahr	Present Value Energiekosten (CHF)
Stadtratsbeschluss (StRB) 1998	1.5%	362'978
Referenzszenario 2010 - 2035, linear	Konstant 4% von 2010	473'410
Referenzszenario 2010 - 2035, nach Methodik StRB 1998	2.85%	500'461
Hochpreisszenario 2010 - 2035, linear	Konstant 8% von 2010	682'559
Hochpreisszenario 2010 - 2035, nach Methodik StRB 1998	4.5%	774'555

Tabelle 5 Die diskontierten Gesamtenergiekosten für das Beispielgebäude (Verbrauch 10'000 Liter Heizöl p.a., Ausgangspreis 90 CHF / 100 Liter, 2.5% realer kalkulatorischer Zinssatz p.a.) über die ganze Lebensdauer von 50 Jahren, berechnet anhand der verschiedenen Berechnungsmethoden.

## **Erdgas**

Zumindest langfristig sind Erdgas und Rohöl Substitute, was den empirisch zu beobachtenden Zusammenhang zwischen Rohöl- und Gaspreisen ökonomisch erklärt (IER 2010). Die Substituierbarkeit ergibt sich einerseits durch die Möglichkeit Gas und Öl für die gleiche Anwendung zu nutzen (Beispiele: motorisierter Verkehr, Elektrizitätserzeugung). Andererseits lässt sich Erdöl auch direkt aus Erdgas erzeugen bzw. aus Erdgas können flüssige Brenn- und Treibstoffe hergestellt werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt sind die sehr langfristigen Lieferverträge im Erdgasbereich (typischerweise 15 – 25 Jahre, in der Regel nach dem «take or pay» Prinzip), die bisher an den Erdölpreis gebunden waren.

Zurzeit entkoppelt sich jedoch die Erdgasproduktion tendenziell von der Erdölproduktion. Während die Ölpreise deutlich gestiegen sind (90 – 100\$ pro barrel), sind die Spotpreise beim Erdgas gegenüber 2009 deutlich gesunken (NZZ, 4. Januar 2011, S. 19). Die E.ON Ruhrgas ortet laut NZZ (4.1. 2011), ein aktuelles Überangebot von Erdgas in Europa und erwartet eine Gasschwemme, die in Europa noch Jahre anhalten könnte. Der Konzernchef von Shell sprach am Weltenergiekongress in Montreal von einer «Angebotsrevolution» (NZZ, 4.1. 2011). Die Entwicklung von neuen Fördertechniken wie Horizontal-Bohrungen («horizontal drilling»), hydraulische Rissbildung («hydraulic fracturing») oder der Nutzung von Schiefergasvorkommen («shale gas») führt zu einer vermehrten Nutzung lokaler Erdgasvorkommen, beispielsweise in den USA, Kanada und in China, in Zukunft eventuell auch in Europa (Polen, Schweden, Deutschland und Frankreich). Das bedeutendste Produktionswachstum bei traditionellen Vorhaben bis 2035 wird im Nahen Osten, vor allem in Iran und Katar, erwartet. Im Gegensatz zum Erdöl gibt es bei Erdgas nach wie vor sehr grosse und wenig genutzte Vorkommen. Diese Faktoren sowie die Bestrebungen zur Liberalisierung des Erdgasmarktes wird die bisherige starre Kopplung des Erdgaspreises an den Ölpreis in Frage stellen.

Die Nachfrage nach Erdgas wird weltweit tendenziell zunehmen, wobei vor allem die Nicht-OECD Länder zu dieser Zunahme beitragen werden (siehe Figur 8). Allgemein wird erwartet, dass der relative Beitrag von Erdgas an die globale Energieversorgung bis ins Jahr 2035 steigen wird. Es ist ausserdem davon auszugehen, dass Erdgas vermehrt zur Produktion von Elektrizität verwendet wird, insbesondere im Hinblick auf die mögliche Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses bei der Substitution von Kohle durch Erdgas. Der Umfang dieser Entwicklungen hängt aber entscheidend von der Ausgestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen ab.

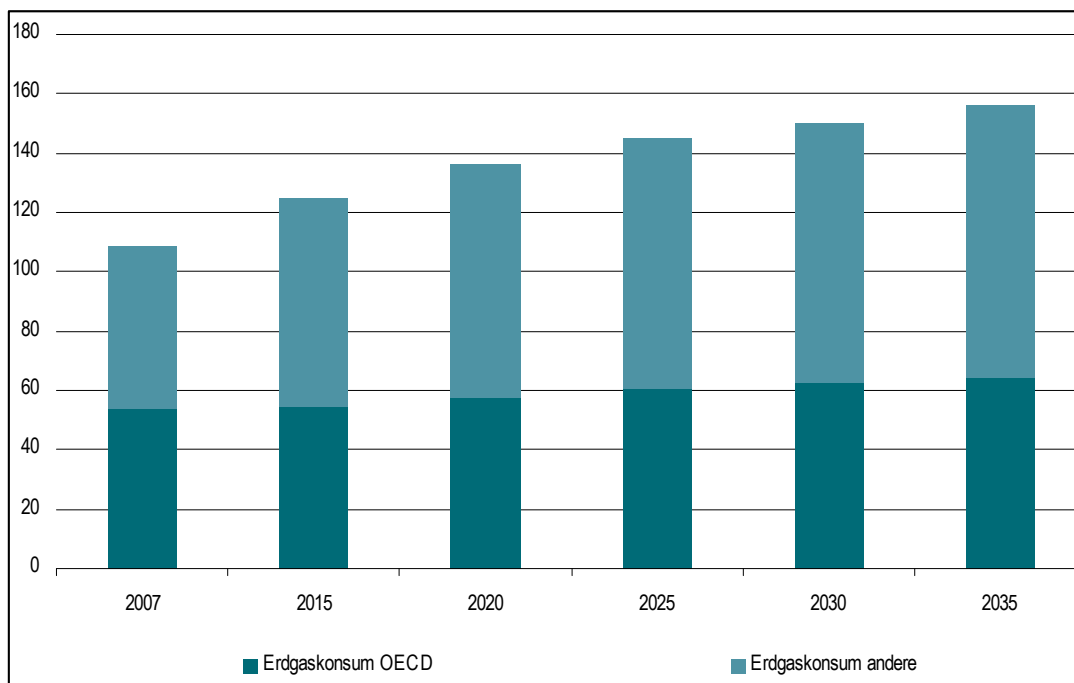
Es muss von einer Zunahme von Angebot und Nachfrage nach Erdgas ausgegangen werden. Die weitgehend ökonomisch begründete Substituierbarkeit von Erdgas und Erdöl lässt weiterhin eine langfristig parallele Entwicklung von Erdgas- und Heizölpreisen vermuten, allerdings in Zukunft kaum mehr mit der bisherigen starren Kopplung des Erdgaspreises an den Ölpreis: Da die Endverbraucherpreise beim Erdgas zu einem beträchtlichen Teil auch die Kosten der Verteilinfrastruktur widerspiegeln (ca. 40-50%), dürfte die Entwicklung der Erdgas-Endverbraucherpreise moderater verlaufen als die der Heizölpreise (die Kosten der Erdgas-Verteilinfrastruktur sind fix bzw. allenfalls von der Entwick-

lung des Realzinssatzes abhängig). Andererseits bewirken die fixen Verteilkosten bei abnehmender Wärmenachfrage infolge energetisch verbesserter Gebäude, dass die spezifischen Erdgas-Verteilkosten [CHF/kWh] zunehmen werden, was zu höheren Endverbraucherpreisen bei Erdgas führen wird (siehe econcept 2011). Wir gehen jedoch davon aus, dass die Erdgaspreise wie bisher so festgesetzt werden, dass sie der Erdölpreisentwicklung bei den Endkonsumenten folgen und daher in etwa im gleichen Ausmass zunehmen werden.

Aufgrund dieser Überlegungen empfehlen wir, folgende Methode zur Berücksichtigung der Erdgaspreisentwicklung:

- Berechnung des Ausgangspreises (Index = 100 Punkte) für Erdgas basierend auf den jeweils aktuellen Lieferbedingungen. Für die weitere Entwicklung des Erdgaspreises ist daher von einer linearen jährlichen Preissteigerung von 4 Indexpunkten auszugehen.
- Im Rahmen einer Szenario-Analyse ist die Auswirkung eines Hochpreispfades auf die Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen. Für den Hochpreispfad ist von einer Preissteigerung von 8 Indexpunkten pro Jahr auszugehen.

### Weltweiter Erdgaskonsum bis 2030



econcept

Figur 8: Der weltweite Erdgaskonsum wird bis ins Jahr 2035 um etwa 45% zunehmen, wobei das hauptsächlichste Wachstum in den Nicht-OECD Ländern stattfinden wird. Quelle: EIA International Energy Outlook 2010.

### 4.2.3 Elektrizität

Im Rahmen der Studie «Stromzukunft Stadt Zürich» (ewz und enervis 2008) wurde eine umfassende Analyse der Stromproduktion, des Strombedarfs sowie der Markt- und Kapazitätsentwicklung erstellt. Aufgrund der Berücksichtigung in- und ausländischer Angebots- und Nachfragefaktoren, sowie der Verwendung eines ökonomisch fundierten Preisschätzungsmodells kann die Studie als Grundlage für die Überprüfung und Aktualisierung der Richtlinie zur Wirtschaftlichkeitsberechnung verwendet werden.

Im *Basisszenario* wird unter anderem von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Reale Preise und konstante Wechselkurse, sowie eine Erhöhung der Preise bis ins Jahr 2050 um 50% für Erdgas respektive um 25% für Kohle (Basis 2007).
- Steigerung der CO<sub>2</sub> - Kosten bis 2030 auf 33 € pro Tonne.
- Lastentwicklung nach dem BFE Szenario II (BFE 2007), was einem verlangsamten Bedarfswachstum entspricht.
- Für Deutschland wird ein Teilausstieg aus der Kernkraft angenommen, für die Schweiz hingegen die Weiterverwendung der bestehenden KKW für 60 resp. 50 Jahre (Beznau I/II und Mühleberg). Weder in der Schweiz noch in Italien wird die Realisierung neuer Anlagen angenommen, in den anderen Ländern (ausser Deutschland) geht das Basisszenario vom Ersatz bestehender Kapazitäten aus.
- Der Anteil erneuerbarer Energien fliesst gemäss den entsprechenden Kapazitätsausbauplänen der einzelnen Länder in das Modell ein. Es wird davon ausgegangen, dass durch Fördermechanismen die angestrebten Ziele erreicht werden, sofern die Vollkosten der Anlagen nicht durch den Marktpreis gedeckt werden.

Das Szenario *Regenerative* («RegSz») übernimmt die Annahmen des Basisszenarios, geht aber von einer höheren Energieeffizienz (BFE-Energieperspektiven Szenario III) und einem massiven Ausbau erneuerbarer Energien aufgrund politischer Vorgaben aus.

Nebst den beiden beschriebenen Szenarien wurden auch die Sensitivitäten bezüglich der folgenden drei Parameter analysiert:

- «Sensi1»: Europaweiter Ersatz der Kernenergieanlagen
- «Sensi2»: Ausbau der Kernenergie-Grundlast-Kapazität in der Schweiz
- «Sensi3»: Ausbau der Grundlast-Kapazität in Italien durch neue Gaskraftwerke

Die resultierenden Marktpreise aller Szenarien sind in Figur 9 graphisch dargestellt. Die konkrete Entwicklung der Preise ist insbesondere auch von der Frage abhängig, inwiefern die Kernkraft in der Schweiz und in Europa ersetzt, ausgebaut oder im selben Umfang wie heute weiterverwendet wird. Eine genauere Betrachtung der erwarteten Preise im Jahr 2035 zeigt, dass das Basisszenario und das Szenario Regenerative die beiden Preisextreme darstellen.

Aufgrund der vorliegenden Analyse möglicher zukünftiger Strompreise ist die direkte Verwendung dieser Preise für die Wirtschaftlichkeitsrechnung angebracht. Wie in Tabelle 6 dargestellt ist bis 2035 eine durchschnittliche jährliche Preissteigerung von konstant 0.85 (Szenario Erneuerbare) bis 1.2 Indexpunkten (Basisszenario) zu erwarten, der Durchschnitt liegt bei 1.1. Indexpunkten.

Angesichts der schwachen Streuung empfehlen wir von einer linearen jährlichen Preissteigerung von 1.1 Indexpunkten auszugehen (bezogen auf die Preise im Jahr 2010).

Die in Figur 9 dargestellten Preise beziehen sich auf die erwarteten Marktpreise für Elektrizität in den verschiedenen Szenarien. Wird in einem Gebäude aufgrund politischer Vorgaben Ökostrom verwendet, so müssen die Preispfade entsprechend angepasst werden. Die Preiszuschläge für Ökostrom («ewz.ökopower») liegen aktuell bei 25% (Hochtarif) und 50% (Niedertarif). Aufgrund der starken Kostendegression bei neuen erneuerbaren Stromproduktionstechnologien in jüngster Zeit ist davon auszugehen, dass diese Zuschläge in Zukunft abnehmen werden.

	2010	2035 Basisszenario	2035 Szenario Erneuerbare («RegSz»)	2035 Ausbau Kernkraft in Europa («sensi1»)
Peak	70	98	92	98
Off-Peak	59	85	76	81
Base	62	89	81	88
<b>Durchschnitt</b>	<b>64</b>	<b>91</b>	<b>83</b>	<b>89</b>
Index	100	142	130	140

Tabelle 6 Erwartete Marktpreise (Grosshandelspreise) für Elektrizität in der Schweiz (€/MWh). Die erwarteten Preissteigerungen liegen, bezogen auf den Preis 2010, zwischen +30 und +40% (Quelle: ewz und enervis 2008).

### Marktpreise Schweiz bis 2050



© ewz und enervis 2008

Figur 9: Erwartete Marktpreise (Grosshandelspreise) für Elektrizität in der Schweiz in €/MWh für den Peak-, Base-, und Off-Peak-Bereich basierend auf den beiden Szenarien «Basis» und «Regenerative» sowie den drei Sensitivitäten «Sensi1», «Sensi2» und «Sensi3» von enervis (Quelle: ewz und enervis 2008).

### 4.3 Energiepreiszuschläge zur Internalisierung externer Kosten

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht und im Hinblick auf eine umfassende Nachhaltigkeitsoptik ist die betriebswirtschaftliche Rechnung unvollständig. Sie erfasst nur die Kosten und Nutzen, die direkt identifizierbare finanzielle Flüsse (bzw. Markttransaktionen) auslösen. Energetische Massnahmen weisen jedoch externe Kosten sowie sogenannte Zusatznutzen (siehe folgendes Kapitel 4.4) auf, die in der betriebswirtschaftlichen Rechnung nicht berücksichtigt werden und die einen massgeblichen Einfluss auf die jeweiligen Investitionsentscheide haben können.

Die **externen Energiekosten** umfassen die mit dem Energieeinsatz verbundenen Kosten der Umweltbelastung (Auswirkungen der Luftschadstoffbelastung<sup>12</sup> und der Treibhausgasemissionen), die Beeinträchtigung von Natur und Landschaft und nicht versicherbare Risiken von Grossunfällen, die von der Allgemeinheit getragen werden, ohne dass die EnergieverbraucherInnen dafür bezahlen. Von der Schätzung der externen Kosten des Energieverbrauches in der Schweiz wurden sogenannte **Energiepreiszuschläge** abgeleitet (ohne die externen Kosten von sehr seltenen Grossunfällen bei Kernkraftwerken oder Staumauern; econcept, Infrac, Prognos 1996), welche damals einem unteren Schätzwert für die Bandbreite der externen Kosten beim Energieträgerverbrauch entsprachen (in Rp./kWh). Derartige Energiepreiszuschläge können in **erweiterten Wirtschaftlichkeitsrechnungen** zu den Energiepreisen addiert werden, was zu gesamtwirtschaftlich vorteilhafteren Investitions- und Verbrauchsentscheiden führt als bei der betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise ohne Einbezug der externen Kosten. Verschiedene Kantone sowie der Bund (Bundesamt für Bauten und Logistik BBL) empfehlen, die Energiepreiszuschläge in die Evaluation energetischer Massnahmen einzubeziehen, so bisher auch die Stadt Zürich in der Richtlinie des Stadtrates zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Massnahmen.<sup>13</sup>:

Energieträger	Energiepreiszuschläge	
Heizöl	4.5 Rp./kWh	44.6 Rp./lt.
Erdgas	3.0 Rp./kWh	3.0 Rp./kWh
Holz	1.5 Rp./kWh	1.20 CHF/Schüttm <sup>3</sup>
Elektrizität	5.0 Rp./kWh	5.0 Rp./kWh
Fernwärme	1.5 Rp./kWh (gilt für Stadt Zürich)	1.5 Rp./kWh (gilt für Stadt Zürich)

Tabelle 7: Energiepreiszuschläge für externe Kosten (Quelle: Richtlinien Stadt Zürich vom 7. Januar 1998)

Diese Energiepreiszuschläge, welche auf econcept, Infrac, Prognos (1996) beruhen (Kostenbasis 1993), wurden in der Zwischenzeit weder den veränderten Verhältnissen bezüglich Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen, Renaturierung einzelner Gewässerstrecken, Knappheit beanspruchter Landflächen bzw. Landschaftsräume ange-

<sup>12</sup> Externe Kosten der energiebedingten Luftschadstoffbelastung: Immissionsbedingte Gesundheitskosten, immissionsbedingte Gebäudeschäden und Reinigungskosten, immissionsbedingte landwirtschaftliche Produktionsausfälle

<sup>13</sup> Die in der Richtlinie vorgeschlagenen Energiepreiszuschläge basieren auf der "Empfehlung für energetische Wirtschaftlichkeitsrechnungen mit Einbezug der externen Kosten" (BFE 1997).

passt noch wurden die Kosten- und Bewertungsansätze für die Bereiche Raumwärme-, Warmwasser- und Stromproduktion überprüft. Zwar sind neuere Berechnungen für die externen Kosten in den Bereichen luftschadstoffbedingte Gebäudeschäden, Gesundheitsschäden und Ertragsminderungen in der Landwirtschaft sowie von CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten für das Jahr 2005 verfügbar (ARE/BAFU 2008). Diese umfassen jedoch nur die luftschadstoffbedingten externen Kosten der Energieproduktion, weil das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) die externen Kosten der Luftverschmutzung für die Ermittlung der durch den Schwerverkehr verursachten externen Kosten zur Bemessung LSVA benötigt (neben externen Staukosten, Unfallkosten und Kosten der Beeinträchtigung von Natur und Landschaft durch Verkehrsinfrastrukturen).

Die 1996 relevanten (heiz-) energiebedingten Luftschadstoffemissionen (NO<sub>x</sub>, NMVOC, SO<sub>x</sub>) haben seit 1996 abgenommen. Sie wurden aber zwischenzeitlich durch Feinstaub als Leitschadstoff und Hauptverursacher von immissionsbedingten Schäden teilweise abgelöst. Zudem wurde mit der Einführung der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen zumindest eine Teilinternalisierung der externen Kosten der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen im Wärmebereich vorgenommen. Bei den externen Kosten der Elektrizitätsproduktion und -verteilung (Landnutzungsänderungen, Landschaftsbeeinträchtigungen, externe Risikokosten von KKW und Speicherkraftwerken) ist die Situation zumindest unklar. Zudem sind die externen Kosten je nach Produktionstechnologie unterschiedlich.

Aus diesen Gründen erachten wir die Energiepreiszuschläge des Stadtrates als nicht mehr hinreichend begründet und zumindest revisionsbedürftig. Sie könnten insbesondere wegen der Teilinternalisierung durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen geringer sein als bisher.

In dieser Situation bestehen primär die folgenden Vorgehensalternativen:

1. Abschaffung der Energiepreiszuschläge mit dem Verweis auf die Teilinternalisierung durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen und auf die verringerte Luftschadstoffbelastung durch Feuerungen.
2. Abschätzung zumindest der feuerungsbedingten externen Kosten der Luftschadstoffbelastung aufgrund von (ARE/BAFU 2008). Zusätzlich müsste versucht werden, die übrigen externen Kosten in den Bereichen der Wärme- und Elektrizitätsversorgung (näherungsweise) aufzudatieren (von der Kostenbasis 1993 auf 2005).
3. Neuermittlung der externen Kosten der Wärme- und Stromversorgung

**Alternative 1)** bedeutet, dass die nach der Teilinternalisierung durch die (moderate) Brennstoffabgabe verbleibenden volkswirtschaftlichen Effekte des Strom- und Wärmeverbrauchs vernachlässigt werden, was aus der Sicht von Verursacherprinzip, Kostenwahrheit und den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft nicht erstrebenswert ist (auch wenn die Wirkung der Energiepreiszuschläge in der Vergangenheit begrenzt war).

Bei **Alternative 2)** könnten mindestens die feuerungsbedingten externen Treibhausgas- und Luftschadstoffkosten unter Berücksichtigung der aktuellen CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen mit begrenztem Aufwand aufdatiert werden. Die Überprüfung der übrigen exter-

nen Kosten der Strom- und Wärmeversorgung wären allerdings in der Tendenz aufwändiger (die Vorgehensvarianten und der erforderliche Aufwand müssten noch vertieft abgeklärt werden).

**Alternative 3)** würde einen hohen Aufwand verursachen und dürfte nur dann machbar sein, wenn auch seitens der Bundesämter ARE, BAFU und BFE Bedarf besteht.

Daneben besteht die Möglichkeit, die verschiedenen Energieverbrauchssysteme mittels Lebenszyklusanalysen und Umweltbelastungspunkten (UBP) zu bewerten und die resultierenden UBP neben den Kosten und Erträgen als weitere Entscheidungsdimension in Nutzwertanalysen zu verwenden. Falls die Ecoinvent-Datenbank, auf der die UBP-Berechnungen beruhen, periodisch aktualisiert wird, ermöglicht diese Variante eine mit der 2000-Watt-Gesellschaft konsistente Bewertungsmöglichkeit.

Die nicht in den Preisen widerspiegelten gesellschaftlichen Wirkungen (Kosten) des Energieverbrauchs sind relevant und sollten im Sinne des Verursacherprinzips so weit wie möglich in die Investitionsentscheidungen einfließen und dort bei der Variantenwahl wirksam werden.

Grundsätzlich ist es erstrebenswert, die nicht in den Preisen enthaltenen gesellschaftlichen Kosten des Energieverbrauchs in monetärer Form (als externe Kosten bzw. umgerechnet als Energiepreiszuschläge) zur Verfügung zu haben, damit sie direkt in die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen einfließen können. UBP ergeben qualitative Hinweise und sind nicht direkt in Wirtschaftlichkeitsrechnungen verwendbar (benötigen Nutzwertanalyse mit Gewichtungsentscheidungen für die Kombination der monetären Werte der Wirtschaftlichkeitsrechnung mit den UBP).

Aufgrund der geschilderten Ausgangslage schlagen wir das folgende Vorgehen vor:

1. Aufwändige Teillösung für die (CO<sub>2</sub>-relevante) Wärmeversorgung mit fossilen Energieträgern: Aufdatierung der Energiepreiszuschläge für die fossile Wärmeversorgung aufgrund der neugerechneten externen Kosten der Luftverschmutzung und Treibhausgasemissionen von 2005 (ARE/BAFU 2008) und unter Berücksichtigung der Teilinternalisierung durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen (→ neue Energiepreiszuschläge für fossile Brennstoffe).  
Einfacher wäre eine grobe Internalisierung mithilfe von CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten, welche als approximative Emissionszuschläge in Wirtschaftlichkeitsrechnungen verwendet werden könnten. Sie würden bezüglich der Luftschadstoffe wie auch bezüglich der Treibhausgase eine approximative Internalisierung erlauben.
2. Prüfung der Machbarkeit und der Teilnahmebereitschaft potenziell interessierter Partner (BFU, BAFU, ARE, KBOB, einzelne Kantone und grosse Städte) für eine Aufdatierung der externen Kosten der Stromversorgung, allenfalls mit einer Übertragung der Ergebnisse von ExterneE<sup>14</sup> auf die Schweiz. Besondere Relevanz haben dabei die schwierige und methodisch umstrittene Ermittlung der nicht gedeckten gesellschaftli-

<sup>14</sup> ExterneE: Externalities of Energy, ein EU-Forschungsprogramm; <http://www.externe.info> (2005)

chen Risikokosten der Kernkraftnutzung und der Risiken von Stauseen. Neu zu bearbeiten wären daneben die externen Kosten der Wasserkraftnutzung im Bereich von Natur und Landschaft (Beeinträchtigung von Landschaften, natürlichen Flussläufen und Habitaten) sowie die externen Kosten der Produktion erneuerbarer Energien (PV, thermische Kollektoren, Windenergieanlagen, Biomassenutzung).

### 3. Einbezug von UBP zur Ergänzung der Wirtschaftlichkeitsrechnung

## 4.4 Zusatznutzen energetischer Massnahmen im Gebäudebereich

### 4.4.1 Grundlagen

Nachhaltige Investitionsentscheidungen erfordern nicht nur eine zeitlich sondern auch eine sachlich umfassende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Es ist zu beachten, dass viele energetische Massnahmen im Gebäudebereich auf mehreren Ebenen nutzenwirksam sind und nicht nur zur Einsparung von Energiekosten führen. Wird bei einer Wirtschaftlichkeitsrechnung nur der energetische Nutzen in Form von eingesparten Energiekosten betrachtet, greift die Analyse zu kurz. Tabelle 8 zeigt eine Auflistung der wichtigsten Zusatznutzen und Nutzeneinbussen welche durch energetische Massnahmen ausgelöst werden können.

Zusätzliche Nutzen	Nutzeneinbussen
Höherer Wohnkomfort (thermische Behaglichkeit, frische Luft auch bei geschlossenem Fenster, verringerte Feuchtigkeits- und Schimmelpilzrisiken)	Unter Umständen Verringerung der Wohnfläche durch dickere Dämmung (bei Innenraumdämmung oder bei Neubauten, die gegebene Ausnutzung voll beanspruchen)
Reduktion Aussenlärmbelastung	Höhere Innenlärmsensibilität
Schutz gegen Staub und Pollen (bei Lüftungsanlage mit Pollenfilter)	Verlust des Aussenbezuges
Erhöhte Einbruchsicherheit	
Annerkennung im sozialen Umfeld, ethische Aspekte	

Tabelle 8 Mögliche Zusatznutzen und Nutzenverschlechterungen bei energetischen Massnahmen im Gebäudebereich.

Die Vermarktungserfahrungen mit energetischen Massnahmen zeigen, dass diese nicht nur wegen der Energiebedarfsreduktion umgesetzt werden, sondern auch wegen den anfallenden Zusatznutzen. Die Kenntnis dieser Zusatznutzen und ihre Monetarisierung sind daher für eine angemessene ökonomische Bewertung energetischer Massnahmen bedeutsam.

### 4.4.2 Monetarisierung von Zusatznutzen

Viele der oben beschriebenen Aspekte lassen sich aus verschiedenen Gründen weder direkt als monetäre Grösse (Kosten oder Preise) beobachten noch indirekt monetarisieren. Die Zahlungsbereitschaft der Nutzer derartiger Massnahmen kann jedoch mit unter-

schiedlichen ökonomischen Methoden ermittelt werden. In einer Studie zur Erfassung von Zahlungsbereitschaften für energetische Massnahmen (BFE 2006) verwendeten die Autoren parallel drei verschiedene Konzepte zur Monetarisierung der Nutzen energetischer Massnahmen:

- **Discrete Choice Analyse:** Den Befragten wurden verschiedene Wohnsituationen vorgelegt, die sich in den untersuchten Wohnungsmerkmalen (unterschiedlicher Wohnkomfort, weniger Aussenlärm, bessere Luftqualität durch bessere Fenster, mechanische Lüftungsanlage) sowie dem Preis (Miete oder Kaufpreis) von ihrer aktuellen Wohnsituation unterscheiden. Aus paarweisen Vergleichen wählen die Befragten jeweils diejenige Variante, die ihren Präferenzen am besten entspricht. Aus diesen Entscheidungen konnte mit ökonometrischen Methoden eine Zahlungsbereitschaft für die verschiedenen Nutzenkomponenten von Energieeffizienz-Massnahmen ermittelt werden (Fassadenisolation, energetisch verbesserte Fenster, Komfortlüftung mit den durch diese Massnahmen bewirkten Nutzen (vgl. Tabelle 8)).
- **Contingent Valuation:** Durch Contingent Valuation wird die Zahlungsbereitschaft direkt erfasst, indem beispielsweise BesitzerInnen resp. MieterInnen gefragt werden, ob und wenn ja wie viel mehr sie für eine mechanische Lüftungsanlage zu zahlen bereit wären.
- **Hedonic Regression:** Bei diesem Ansatz werden mit statistischen Methoden die Miet- und Kaufpreisunterschiede von Wohnungen und Häusern auf unterschiedliche Eigenschaften zurückgeführt (hier auf unterschiedlichen energetischen Ausbaustand). Im Unterschied zu den Ergebnissen der Nutzenschätzung mittels Discrete Choice oder Contingent Valuation beruhen die Ergebnisse beim Hedonic Pricing auf beobachteten Präferenzäusserungen (bezahlten Mieten oder Kaufpreisen) und nicht auf bekundeten Präferenzen. Hedonic Regression erfordert aber detaillierte Kenntnisse über die vielfältigen Eigenschaften und über die Preise bzw. Mieten der untersuchten Immobilien.

Tabelle 9 (s. unten) fasst die wichtigsten Resultate der oben erwähnten Studie zusammen. Die beschriebenen Zahlungsbereitschaften müssen dabei als obere Grenze der tatsächlichen Zahlungsbereitschaften für energetische Massnahmen interpretiert werden, da die aus Befragungen oder Experimenten ermittelten Werte tendenziell höher sind als die tatsächliche Nachfrage auf dem Markt. Ein Grund dafür liegt unter anderem in der fehlenden Budgetrestriktion der Befragten in hypothetischen Befragungssituationen (das gilt nicht für die Ergebnisse von Hedonic Regression Studien).

Die Ergebnisse zeigen, dass eine positive und zum Teil beträchtliche Zahlungsbereitschaft für energetische Massnahmen besteht. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass systembedingt die dargestellten Zahlungsbereitschaften für die einzelnen Massnahmen auch deren Energiekosteneinsparungen umfassen. Bei der mechanischen Lüftungsanlage kann aufgrund der Nennung der Vor- und Nachteile durch die Befragten darauf geschlossen werden, dass die (relativ hohe) Zahlungsbereitschaft hauptsächlich die Bewertung der Wohnkomfortsteigerungen und weniger die Energieeinsparungen reflektiert. Bei Fenstern und Wärmedämmungen spielen die Energieeinsparungen bei der Bewertung vermutlich eine wichtige Rolle.

Insgesamt lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass die Zusatznutzen verbesserten Wohnkomforts von den Befragten als ebenso wichtig und zum Teil als klar wichtiger erachtet werden als die Nutzen von möglichen Energiekosteneinsparungen.

### Zahlungsbereitschaft (ZB) für energetische Massnahmen

in [%] der Miete bzw. des Kaufpreises und in [CHF/Mt.] bzw. [CHF]

Discrete Choice Analyse	Fenster	Fassade	Lüftungsanlage
<b>MieterInnen MFH-Bestand</b>	<b>Standard-Fenster<sub>neu</sub> statt Doppel-Fenster<sub>alt</sub></b> 8% - 17% 112 – 223 CHF/Mt.	<b>Wärmedämmung statt Anstrich</b> 3% -10% 33 – 129 CHF/Mt.	<b>Lüftungsanlage</b> 4% - 11% 59 – 142 CHF/Mt.
<b>MieterInnen MFH neu</b>	<b>3-fach-Fenster<sub>neu</sub> statt Standard-Fenster<sub>neu</sub></b> nicht signifikant	<b>Wärmedämmung<sub>erhöht</sub> statt Wärmedämmung<sub>StandardNeu</sub></b> 1% - 5% 12 - 100 CHF/Mt.	<b>Lüftungsanlage</b> 4% - 11% 85 – 219 CHF/Mt.
<b>EigentümerInnen EFH-Bestand</b> (mittlerer Preis EFH: 650'000 CHF)	<b>Standard-Fenster<sub>neu</sub> statt Doppel-Fenster<sub>alt</sub></b> 9 % - 13.5 % 61'000 - 91'000 CHF	<b>Wärmedämmung statt Anstrich</b> 4,6 % - 6,9 % 30'000 - 45'000 CHF	<b>Lüftungsanlage</b> 5,4 % - 8,1% 35'000 - 52'000 CHF
<b>EigentümerInnen EFH neu</b> (mittlerer Preis EFH: 720'000 CHF)	<b>3-fach-Fenster<sub>neu</sub> statt Standard-Fenster<sub>neu</sub></b> nicht signifikant	<b>Wärmedämmung<sub>erhöht</sub> statt Wärmedämmung<sub>Standard Neu</sub></b> nicht signifikant	<b>Lüftungsanlage</b> 5,4 % - 8,1% 35'000 - 52'000 CHF
<b>Hedonic Regression</b>	<b>Fenster</b>	<b>Fassade</b>	<b>MINERGIE<sub>Neubau</sub></b>
<b>EigentümerInnen neue EFH, Region Zürich</b>	2)	2)	<b>Minergie-Lüftung</b> 3% bis 10%
<b>ZKB-Studie: Preiseffekt bei Einfamilienhäusern</b>	<b>Fenster mit Isolierverglasung</b> 2% - 3,5%	<b>k.A.</b>	<b>Minergie-EFH</b> 9,2% (+/-5%)
<b>Direkte Befragung</b>	<b>Gutes Wohnklima</b>	<b>Frische Innenluft</b>	<b>Lüftungsanlage</b>
<b>MieterInnen MFH:</b>			
- Alle Befragten	37 CHF/Mt.	37 CHF/Mt.	23 CHF/Mt.
- nur Befragte mit Zahlungsbereitsch. <sup>3)</sup>	116 CHF/Mt.	120 CHF/Mt.	98 CHF/Mt.
<b>BesitzerInnen EFH:</b>			
- Alle Befragten	1'366 CHF	2'074 CHF	3'606 CHF
- nur Befragte mit Zahlungsbereitschaft	13'450 CHF	21'611 CHF	17'415 CHF
<b>Dichter-Studie (1'000 Befragte):</b>			
- 30% der MieterInnen mit Zahlungsber.			57 (50 <sup>1)</sup> CHF/Mt.
- 31% der EigentümerInnen mit Zahlungsbereitschaft			3'363 (2'500 <sup>1)</sup> CHF

<sup>1)</sup> In Klammern: Median.

<sup>2)</sup> Nicht separat untersucht: Die Zahlungsbereitschaft wurde nur für das Erreichen des MINERGIE-Standards (inkl. Lüftungsanlage) geschätzt, nicht für Fenster, Wärmedämmung, Lüftungsanlage separat.

<sup>3)</sup> Zahlungsbereitschaft

Tabelle 9 Ermittelte Zahlungsbereitschaft für energetische Massnahmen absolut (in CHF bzw. in CHF/Mt.) und in Prozent der Monatsmiete bzw. des Kaufpreises für Mietende von bestehenden bzw. neuen Mehrfamilienhäusern (MFH), für KäuferInnen von neuen Einfamilienhäusern (EFH) und für Besizende von bestehenden Einfamilienhäusern (Quelle: BFE 2006, S. 14).

Werden die Kosten von unterschiedlichen Energieeffizienzmassnahmen bei neuen bzw. bei bestehenden Mehrfamilienhäusern (MFH) und Einfamilienhäusern (EFH) mit den geäusserten Zahlungsbereitschaften für die damit bewirkten Qualitätsverbesserungen verglichen, zeigt sich, dass die mittleren Zahlungsbereitschaften ausser bei den Komfortlüftungsanlagen über den Kosten der erforderlichen Massnahmen liegen. Bei der Komfortlüftung äussern nur die befragten EFH-Kaufenden im Mittel eine die Kosten übersteigende Zahlungsbereitschaft. Der untere Wert der angegebenen Bandbreite (Mittelwert minus eine Standardabweichung) liegt im Bereich der Kosten. Bei den Mietenden in MFH liegt die ermittelte mittlere Zahlungsbereitschaft im Bereich der Kosten (BFE 2006, S. 15)

Auch wenn positiv bewertete Zusatznutzen ermittelt wurden, ist es unter Umständen unklar, ob diese in jedem Fall in höhere Mietzinse umsetzbar sind. Einerseits fehlt bei vielen Anbietern und Nachfragern oft (noch) das Bewusstsein für diese Qualitätsmerkmale. Dem könnte mit einheitlichen und einfach zu verstehenden Qualitätsstandards und obligatorisch zu kommunizierenden Gebäudelabeln abgeholfen werden (vgl. Energieausweis für Gebäude der Kantone). Daneben können aber auch Budgetbegrenzungen bei Nachfragern zu geringeren Zahlungsbereitschaften im konkreten Einzelfall führen.

Energetische Massnahmen die zu höheren Bruttomieten bzw. Bruttojahreskosten führen (d.h. Massnahmen, deren Mehrkosten nicht durch Energiekosteneinsparungen kompensierbar sind), können die MieterInnenstruktur beeinflussen und sozialpolitisch nicht erwünschte Nebenwirkungen zeitigen. Gerade bei Bauten der öffentlichen Hand sind derartige Wirkungen oft problematisch, auch wenn die ergriffenen Massnahmen langfristig und vor allem im Hinblick auf die klima- und energiepolitischen Zielsetzungen sinnvoll sind. Sie müssen daher unter Umständen durch zusätzliche sozialpolitisch motivierte Massnahmen abgefedert werden.

Die zitierten empirischen Untersuchungen bestätigen das Vorhandensein von Zusatznutzen energetischer Massnahmen im Gebäudebereich, welche über die Kosteneinsparungen des reduzierten Energieverbrauchs hinausgehen und welche in der Regel im Bereich oder über den Kosten der energetischen Massnahmen liegen. Die ermittelten Zusatznutzen können nicht direkt in die Wirtschaftlichkeitsrechnung eingesetzt werden, weil sie sowohl die Zusatznutzen als auch die resultierenden Energiekostenreduktionen enthalten. Zudem basieren sie nur im Falle der mit der Methode der Hedonic Regression ermittelten Zusatznutzen auf Marktdaten und effektiven Kaufentscheidungen von Nutzern. Die über die Ermittlung von bekundeten Zahlungsbereitschaften gewonnenen Zusatznutzen sind nicht gleich robust. Die Ungewissheit, ob die bekundete Zahlungsbereitschaft in der Realität wirklich besteht, kann auch mit bewusst darauf ausgerichteter Methodik nicht ganz eliminiert werden.

Wir schlagen vor, die Angaben zu den mittleren Zahlungsbereitschaften für energetische Massnahmen als qualitative Zusatzinformation und als Argumentarium bei Investitionsentscheidungen zu verwenden (allenfalls in Ergänzung zu UBP, falls diese ermittelt werden sollten).

## 4.5 Nutzungsdauer der Bauelemente

### 4.5.1 Lebensdauer von energierelevanten Gebäudeelementen

Grobe Richtwerte für die Lebensdauer einzelner Bauelemente liefern Tabellen, wie sie in verschiedenen Publikationen zu finden sind (vgl. SIA 2010, SIA 2004, BTE 2008, AHB 2009, BVBW 2001). Ein Vergleich der verschiedenen Quellen zeigt, dass zwischen den Angaben grosse Unterschiede bestehen (vgl. Tabelle 10).

Strategische Bauteile	LUKRETIA <sup>15</sup> / System Stratus Stadt Zürich	SIA 480 <sup>16</sup>	BVBW «Leitfaden nachhal- tiges Bauen»	Empfehlung BTE	SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden»
Rohbau, Struktur	77	100	35-120	50-100	<b>60</b>
Fassade (Aussenwärmedämmung)	38	70	25-120	30-90	<b>40 (30)</b>
Fenster, Aussentüren	29	50	22-50	25-60	<b>30</b>
Steildach	38	40	35-70	40-75	<b>40</b>
Flachdach	22	40	20-30	17-25	<b>30</b>
Elektroanlagen	44	50	15-25	20-50	<b>30</b>
Wärmeerzeugung	20	40	12-60	15-20	<b>20</b>
Wärmeverteilung	56	-	40	40-65	<b>30</b>
Sanitäranlagen	33	40-50	25	30	<b>30</b>
Lüftungsanlagen	20	40	15-35	30	<b>30</b>
Innenausbau (ohne Maler- arbeiten)	29	30-70	20-100	20-70	<b>30</b>

Tabelle 10 Grobe Einschätzung der Lebensdauern in Jahren (Quelle: AHB 2009, SIA 2004, Bund Technischer Experten (BTE) 2008, Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BVBW) 2001, SIA 2010) und empfohlene Amortisationszeiten gemäss SIA 2032 (vgl. die untenstehenden Begründungen)

Um die Lebensdauer für *einzelne* energierelevante Gebäudeelemente zu untersuchen, reichen die groben Angaben aus den erwähnten Quellen nicht aus. Im «Leitfaden Nachhaltiges Bauen» des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BVBW 2001) sowie im «BTE Lebensdauer katalog» (BTE 2008) werden mittlere Lebensdauern für einzelne Bauelemente angegeben; Tabelle 11 zeigt eine Übersicht der energetisch relevanten Bauelemente. Die Daten aus BVBW 2001 wurden u.a. auch im Projekt LUKRETIA verwendet.

<sup>15</sup> Die im Projekt LUKRETIA ermittelten Lebensdauern werden auch in der Publikation «Lebenszykluskosten-Ermittlung von Immobilien» (IFMA und CRB, im Erscheinen) verwendet.

<sup>16</sup> Die SIA unterscheidet zwei Beanspruchungsgruppen, die hier aufgeführten technischen Lebensdauern basieren auf der mittleren Beanspruchungsgruppe (Wohnen, Unterricht, Landwirtschaft, Handel, Verwaltung, Kultus, Kultur, Freizeit, Sport).

Bauelement	BVBW «Leitfaden nachhaltiges Bauen»	Empfehlung BTE
Wärmedämmung	25-35	40-50
Erdwärmetauscher	50-80	-
Wärmepumpen	10-15	18-25
Holzpellet-Heizkessel	-	15-20
Ölheizkessel	-	15-20
Gasheizkessel	-	18-24
Fernwärmeübergabe	-	15-18
Lufttechnische Geräte (Wärmetauscher, Wärmerückgewinner)	10-25	17-32
Luftleitungen	30-40	23-39
Mess-, Steuer-, und Regelanlagen	10-20	10-15
Thermische Solaranlage	-	17-27
Photovoltaik Zellen	-	25
Photovoltaik Wechselrichter	-	10-15

Tabelle 11 Lebensdauer energierelevanter Bauelemente (Quelle: Bund Technischer Experten (BTE) 2008, Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BVBW) 2001)

#### 4.5.2 Erwartete Nutzungsdauer

Bei der Analyse der Wirtschaftlichkeit spielt die erwartete *Nutzungsdauer* der einzelnen Bauelemente die entscheidende Rolle. Die Nutzungsdauer ist nicht nur von der technischen Lebensdauer der Elemente abhängig. Vielmehr ist die technische Lebensdauer aus folgenden Gründen als obere Grenze der erwarteten Nutzungsdauer zu verstehen:

- Aufgrund baupraktischer Gründe sowie zur Minimierung der Kosten umfasst eine Sanierung in der Regel mehrere Bauelemente gleichzeitig (Verteilung von Fixkosten wie Baustelleneinrichtung, Gerüst, Anschlusskosten, etc. auf mehrere Massnahmen oder Erfordernis eines Massnahmenverbundes aus technischen Gründen, etc.). Dabei wird der Zeitpunkt der Sanierung typischerweise von demjenigen Bauelement bestimmt, welches am Ende seiner technischen Lebensdauer steht; auch wenn die anderen betroffenen Elemente zum Sanierungszeitpunkt eine Rest-Lebensdauer aufweisen würden. Die durchschnittliche Nutzungsdauer aller sanierten Bauelemente liegt deshalb unter der durchschnittlichen technischen Lebensdauer der Einzelelemente.
- Durch Veränderungen der Bedürfnisse, die Technologieentwicklung sowie durch den Wandel ästhetischer Anforderungen und weiteres werden Gebäude und Gebäudebestandteile oft vor dem Ende der technischen Lebensdauer ersetzt, was zu einer geringeren erwarteten Nutzungsdauer führt.
- Auch bei der öffentlichen Hand sind Veränderungen bei den zu erfüllenden Aufgaben und Gebäudenutzungen nicht ausgeschlossen. Dies kann dazu führen, dass Immobilien veränderten Nutzungsbedürfnissen angepasst werden müssen, unabhängig von der jeweils noch vorhandenen technischen Restlebensdauer (was jedoch nicht zulasten der Wirtschaftlichkeit der energetischen Erneuerung gehen darf).

An dieser Stelle sei erwähnt, dass sich die Nutzungsdauer, im Unterschied zur Lebensdauer, immer auf die Verwendung am ursprünglichen Ort bezieht. Wird also beispielsweise eine Türe ersetzt, endet damit für die hier angestellten Wirtschaftlichkeitsüberlegungen auch die Nutzungsdauer des Türgriffs, unabhängig davon, ob er für eine andere Türe weiterverwendet wird oder nicht.

Aufgrund der Überlegungen in diesem Kapitel und den Angaben aus Tabelle 10 und Tabelle 11 empfehlen wir die Verwendung der Lebensdauern gemäss **SIA Merkblatt 2032 «Graue Energie von Gebäuden»**. Diese sind nicht zu differenziert und tragen der Tatsache Rechnung, dass Bauteile in der Regel nicht einzeln, nach Ablauf ihrer jeweiligen Lebensdauer ersetzt werden, sondern in Massnahmenpaketen, wobei einzelne Elemente in den jeweiligen Massnahmenpaketen ihre technische Lebensdauer in der Regel noch nicht erreicht haben.

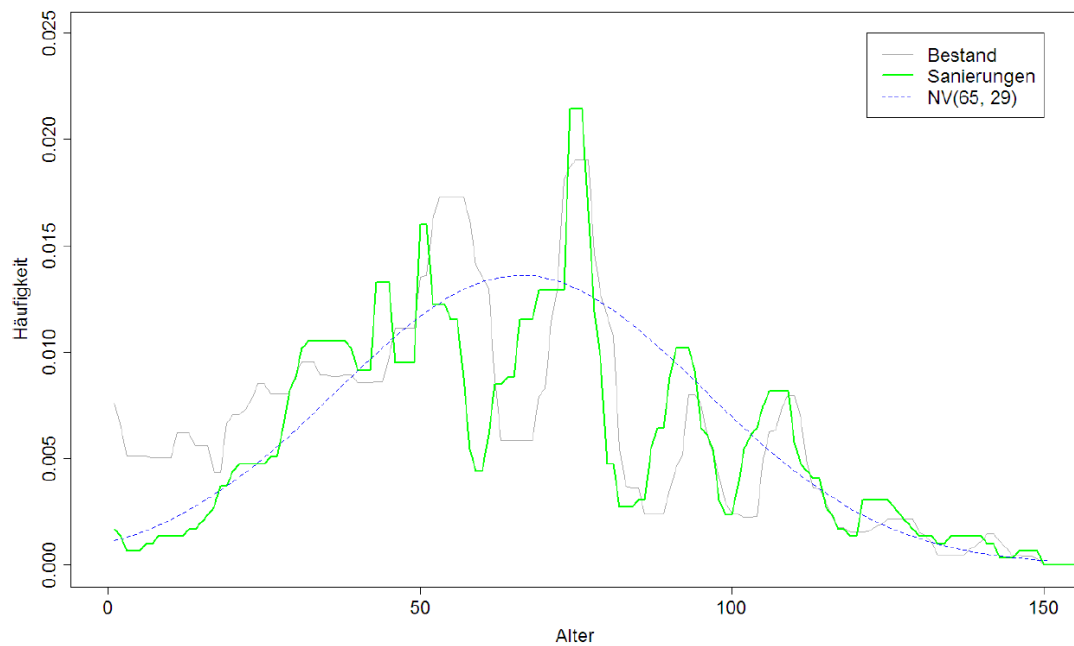
#### 4.5.3 Effektive Sanierungs- und Rückbauraten

Im Rahmen der Studie «Ressourcenmodell der mineralischen Baustoffe auf der Ebene der Stadt Zürich» (Schneider und Rubli 2009) wurde ein interessanter Ansatz zur Bestimmung der Lebensdauer von Gebäuden verwendet, der hier kurz erwähnt werden soll.

Häufig wird zur Analyse von Neubau-Zyklen angenommen, dass die effektiven Nutzungsdauern um die technischen Lebensdauern normal verteilt schwanken und dass die entsprechenden Sanierungs-Zyklen zwar kürzer sind, aber die gleiche Verteilung aufweisen. Aus der quantitativen Analyse von Daten zu Sanierungen (2000-2005) und Abbrüchen (1993-2005) in der Stadt Zürich folgt aber, dass dies nicht stimmt. Beim Sanierungsentscheid scheint das Alter eines Gebäudes nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Die Gebäude werden vielmehr proportional zum Bestand saniert, das heisst beispielsweise, dass wenn viele Gebäude im Alter von 50 Jahren vorhanden sind, werden auch viele 50-jährige Gebäude saniert (vgl. Figur 10). Gleiches kann auch für die Abbrüche resp. Neubauten gezeigt werden. Allerdings ist dabei eine «Schonfrist» zu beachten, in der das Gebäude nicht saniert resp. abgebrochen wird, diese Frist ist vom Gebäudetyp abhängig (vgl. Tabelle 12).

Die Analyse von Schneider und Rubli untermauert das Argument, wonach die technische Lebensdauer für die effektive Nutzungsdauer nicht von entscheidender Bedeutung ist. Im Sinn einer Risikominimierung ist daher, wie oben erwähnt, von kürzeren Nutzungsdauern als der technischen Lebensdauer auszugehen.

### Bestand, Sanierung und Normalverteilung



Schneider und Rubli 2009

Figur 10: Altersverteilung des Bestandes (grau) und Altersverteilung der sanierten Gebäude (grün). Die Angaben zum Bestand sind von 2005, die Verteilung ist auf 1 normiert.

	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	DL-Gebäude	Übrige
Sanierung möglich nach ... Jahren nach Sanierung oder Neubau	20	15	5	10
Abbruch ist möglich nach ... Jahren nach Sanierung	20	15	5	10
Abbruch ist möglich nach ... Jahren nach Neubau	30	30	10	10

Tabelle 12 Schonfristen Stadt Zürich nach Schneider und Rubli (2009)

## 5 Zusammenfassung, Empfehlungen und weiteres Vorgehen

Die Entwicklung der Energiepreise und Zinssätze, sowie diverse in jüngster Zeit erfolgte Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen (Legislatorschwerpunkt «Nachhaltige Stadt Zürich – auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft», CO<sub>2</sub>-Abgabe, Förderprogramme für erneuerbare Energien) machen eine Überprüfung der Richtlinie des Stadtrates zur Beurteilung von Kosten und Nutzen energetischer Massnahmen bei städtischen Neubauten und Erneuerungen erforderlich (StRB 46/1998). In der vorliegenden Vorstudie werden die Angaben und Methoden der erwähnten Richtlinie überprüft und aktualisiert. Ausserdem wird der weitere Untersuchungsbedarf im Rahmen einer möglichen Hauptstudie aufgezeigt. Die Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Massnahmen bietet die **Kapitalwertmethode** entscheidende Vorteile und sollte weiterhin verwendet werden. Um der Unsicherheit einzelner Faktoren, insbesondere der Energiepreise, Rechnung zu tragen, sollten bei unsicheren und für die Wirtschaftlichkeit relevanten Einflussfaktoren (Preise, ev. Zinssatz, ev. Nutzungsdauer) die Auswirkungen von unterschiedlichen **Szenarien** ermittelt und bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.
2. Bei der **Abgrenzung energetischer Massnahmen** lässt sich festhalten, dass der energetischen Massnahme grundsätzlich nur diejenigen Kosten anzurechnen sind, welche durch die energiebedingten Massnahmenelemente sowie durch energiebedingte vorzeitige Erneuerungen entstanden sind. Am besten lassen sich die energiebedingten Kosten durch einen Vergleich des Projektes mit energetischen Massnahmen mit einem sonst durchgeführten (Referenz-) Projekt ohne energetische Massnahmen bestimmen. Werden Bauteile aus energetischen Gründen oder aus Gründen der Durchführungsökonomie frühzeitig ersetzt, müsste korrekterweise der Zeitwert frühzeitig ersetzter Bauteile im Zeitpunkt der energetischen Sanierung zu den Kosten der energetischen Erneuerung addiert werden.

Eine Gleichgewichtung unterschiedlicher Ziele öffentlichen Handelns bei Neubauten und Erneuerungen bedingt, dass die Zusatzkosten von Massnahmen die aufgrund weiterer nicht energiepolitischer Zielsetzungen (z.B. Denkmalschutz, ästhetische Anforderungen) resultieren, *nicht* den Energiemassnahmen angerechnet werden.

3. Aufgrund der in dieser Vorstudie analysierten Grundlagen gehen wir davon aus, dass ein **kalkulatorischer Zinssatz** von 2.5%-3% p.a. für Bauten der Stadt Zürich nach wie vor angebracht ist. Wenn aber aufgrund der politischen Zielvorgaben (Stichwort: 2000-Watt-Gesellschaft) eine stärkere Gewichtung langfristiger Entwicklungen berücksichtigt werden soll, könnte der kalkulatorische Zinssatz um 0.5% gesenkt werden, auf (2% -) 2.5% p.a.

4. Bei den **Heizölpreisen** sollte auf die Festlegung von Preissteigerungen in Form konstanter Preissteigerungsraten (wie in der aktuellen Richtlinie des Stadtrates) verzichtet werden. Aufgrund der aktuellen Preisperspektiven für Energieressourcen empfehlen wir, für die künftige Entwicklung der Erdölpreise von einer linearen jährlichen Preissteigerung von konstant 4% der Preise von 2010 auszugehen. Dieser Preispfad ist aber alle 4-5 Jahre der effektiv stattfindenden langfristigen Entwicklung anzupassen. Aufgrund noch nicht vorhersehbarer politischer und ökonomischer Entwicklungen kann eine wesentlich stärkere Preisentwicklung nicht ausgeschlossen werden. Deshalb sollten im Rahmen von Szenario-Analysen auch die Auswirkungen eines Hochpreispfades auf die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Für den Hochpreispfad empfehlen wir, von einer konstanten jährlichen Preissteigerung im Rahmen von 8% der Preise von 2010 auszugehen.
5. Wir gehen davon aus, dass die **Erdgaspreise** wie bisher so festgesetzt werden, dass sie der Erdölpreisentwicklung bei den Endkonsumenten folgen und daher in etwa im gleichen Ausmass zunehmen werden.
6. Aufgrund der vorliegenden Perspektiven der zukünftigen **Strompreise** des ewz ist die direkte Verwendung dieser Preise in der Wirtschaftlichkeitsrechnung angebracht. Die konstante durchschnittliche Preissteigerung liegt dabei bei jährlich +1.1% der Strompreises von 2010 (diese Angaben müssen aufgrund der zurzeit laufenden neuen Studie von enervis 2010 überprüft und allenfalls angepasst werden). Wird in einem Gebäude aufgrund politischer Vorgaben Ökostrom verwendet, so müssen die Preispfade entsprechend angepasst werden.
7. Die nicht in den Marktpreisen enthaltenen gesellschaftlichen bzw. externen Kosten des Energieverbrauchs sind relevant und sollten im Sinne des Verursacherprinzips so weit wie möglich in die Investitionsentscheidungen einfließen. Die zurzeit noch verwendeten Vorgaben zum Einbezug dieser externen Kosten durch Energiepreiszuschläge sind jedoch nicht mehr aktuell. Wir schlagen vor, dass die externen Kosten von Luftverschmutzung und Treibhausgasemissionen mithilfe von Emissionszuschlägen für die Treibhausgasemissionen mindestens zum Teil zu internalisieren. Die Emissionszuschläge müssten sich dabei an den Vermeidungskosten für Treibhausgasemissionen orientieren.

Daneben könnte geprüft werden, inwiefern und mit welchen Partnern (z.B. BFE, BAFU, ARE, KBOB, einzelne Kantone) eine **Aufdatierung der externen Kosten fossilen Wärmeversorgung**, der **Stromversorgung** sowie der massgeblichen **Energiepreiszuschläge** machbar wäre. Sie könnten mithilfe von (ARE/BAFU 2008) für die Kostenbasis von 2005 ermittelt und allenfalls noch auf 2010 aufdatiert werden. Die Teilinternalisierung externer Kosten durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe müsste dabei mitberücksichtigt werden. Bei der Elektrizität haben die schwierige und methodisch umstrittene Ermittlung der nicht gedeckten gesellschaftlichen Risikokosten der Kernkraftnutzung und der Risiken von Stauseen

besondere Relevanz. Neu zu bearbeiten wären daneben die externen Kosten der Wasserkraftnutzung im Bereich von Natur und Landschaft (Beeinträchtigung von Landschaften, natürlichen Flussläufen und Habitaten) sowie die externen Kosten der Produktion erneuerbarer Energien (PV, thermische Kollektoren, Windenergieanlagen, Biomassenutzung). Diese Aufdatierung und teilweise Neubestimmung würde jedoch einen beträchtlichen Aufwand erfordern.

8. Empirische Untersuchungen bestätigen das Vorhandensein von **Zusatznutzen energetischer Massnahmen** im Gebäudebereich, welche über die Kosteneinsparungen des reduzierten Energieverbrauchs hinausgehen und welche in der Regel im Bereich oder über den Kosten der energetischen Massnahmen liegen. Die ermittelten Zusatznutzen können jedoch nicht direkt in die Wirtschaftlichkeitsrechnung eingesetzt werden, weil sie sowohl die Zusatznutzen als auch die resultierenden Energiekostenreduktionen enthalten. Ausserdem ist es aufgrund der Erhebungsmethodik ungewiss, ob die bekundete Zahlungsbereitschaft in der Realität wirklich besteht. Wir schlagen deshalb vor, die Angaben zu den mittleren Zahlungsbereitschaften für energetische Massnahmen als qualitative Zusatzinformation und Argumentarium bei Investitionsentscheidungen zu verwenden.
9. Aufgrund der verfügbaren Daten empfehlen wir die Verwendung der **Lebensdauern** gemäss **SIA Merkblatt 2032 «Graue Energie von Gebäuden»** als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsrechnung. Damit soll der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die effektive Nutzungsdauer der Bauelemente oft kürzer ist als die mittlere technische Lebensdauer. So wird beispielsweise bei Sanierungen in der Regel ein Teil der sanierten Elemente aus vorgehensökonomischen Gründen ersetzt, obwohl die technische Lebensdauer noch nicht erreicht ist.

## Forschungs- und Abklärungsbedarf

Wir sehen vor allem in den folgenden beiden Bereichen unmittelbar bestehenden Forschungs- und Abklärungsbedarf:

### Revision der SIA – Norm 480 «Wirtschaftlichkeitsrechnung im Hochbau»:

SIA 480 sollte revidiert und diverse Annahmen und Vorgehensweisen den aktuellen Verhältnissen angepasst werden. Das betrifft insbesondere:

- Kalkulationszinssatz: Die Diskussion über den anzuwendenden realen Kalkulationszinssatz sollte unter Berücksichtigung der aktuell verwendeten Ansätze geführt und davon Empfehlungen abgeleitet werden (vgl. Kapitel 3.2).
- Die Empfehlungen zum Einbezug der künftigen Energiepreisentwicklung sollten überprüft werden und tendenziell stärker auf die zukünftige Energiepreisentwicklungen und die diese Entwicklungen mitbestimmenden Faktoren abgestützt werden.
- Die Energiepreiszuschläge sind zu revidieren: Siehe unten sowie Kapitel 4.3.

- Die Angaben zur technischen Lebensdauer von Bauelementen sind zu überprüfen oder mindestens zu ergänzen mit einem zweiten Angabenset mit in der Praxis üblichen Lebensdauern, welche die erforderliche Modernisierung, den vorzeitigen Ersatz bei Gebäudeerneuerungen und die Ausführungsrisiken berücksichtigen (d.h. die Tatsache, dass die Nutzungsdauer oft geringer ist als die technische Lebensdauer infolge von Ersatz im Rahmen von Massnahmenpaketen oder infolge von Ersatz aufgrund von Modernisierungsbedürfnissen).

### **Externe Kosten des Energieverbrauchs im Gebäudebereich und Energiepreiszuschläge:**

Wie oben erwähnt sind die zurzeit verwendeten Energiepreiszuschläge als Kostensätze zum Einbezug der externen Kosten der Wärmeversorgung und des Stromverbrauchs in Gebäuden veraltet, tragen den seither erfolgten Teilinternalisierungen (z.B. mit der CO<sub>2</sub>-Abgabe nicht Rechnung) und sollten daher überprüft, aufdatiert und ersetzt werden. In Kapitel 4.3 werden unterschiedlich aufwändige Varianten vorgeschlagen:

- Teilinternalisierung mit einem Emissionszuschlag zum Energiepreis, der sich an den CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten orientiert.
- Umfassende Neuschätzung aller externen Kosten unter Berücksichtigung bestehender Internalisierungsinstrumente (wie der CO<sub>2</sub>-Abgabe).
- Abschätzung der feuerungsbedingten externen Kosten der Luftschadstoffbelastung aufgrund von (ARE/BAFU 2008) und der bestehenden Internalisierungsinstrumente. Neuschätzung oder Aufdatierung der übrigen externen Kosten der Wärme- und Elektrizitätsversorgung von Gebäuden.

Während bei der dritten Variante bezüglich der externen Kosten der feuerungsbedingten Luftverschmutzung auf eine bestehende Grundlage von (ARE/BAFU 2008) zurückgegriffen werden könnte, erfordert die Neuschätzung der externen Kosten der Stromversorgung von Variante 2 aufwändige Neuerhebungen.

## Literatur

- AHB (2009): *Lebenszykluskosten: Grundlegendokument zur Anwendung und Ermittlung von Lebenszykluskosten im Rahmen von Baumassnahmen im Hochbaudepartement der Stadt Zürich*, Hochbaudepartement der Stadt Zürich
- ARE/BAFU (2008): *Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten*, Bundesamt für Raumentwicklung und Bundesamt für Umwelt, Bern
- BFE (2006): *Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energieeffizienten Wohnbauten*, Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2007): *Die Energieperspektiven 2035*, Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2006): *Direkte und indirekte Zusatznutzen bei energieeffizienten Wohnbauten*, Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- Bretschger und Leinert (2010): *Preisentwicklung bei natürlichen Ressourcen*, Die Volkswirtschaft, Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), Bern.
- BVBW (2001): *Leitfaden Nachhaltiges Bauen*, Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin.
- BWA (2002): *Externe Kosten im Hochbau*, Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Wien.
- Brzoza-Brzezina und Cuaresma (2007): *Mr. Wicksell and the Global Economy: What Drives Real Interest Rates?*, Working paper 139, Österreichische Nationalbank, Wien.
- Desroches und Francis (2007): *World Real Interest Rates: A Global Savings and Investment Perspective*, Bank of Canada Working Paper 2007-16, Bank of Canada, Ottawa.
- econcept (2011): *Die Zukunft leitungsgebundener Energieversorgungssysteme*, im Auftrag von BFE, AWEL Kanton Zürich, Fernwärme Zürich Erdgas Zürich, IWB Basel und VSG, Zürich, Februar 2011
- econcept (2002): *Wirtschaftlichkeit nachhaltiger energetischer Massnahmen im Gebäudereich*, im Auftrag des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich, Zürich, November 2002
- econcept, Infras, Prognos (1996): *Die vergessenen Milliarden – Externe Kosten im Energie- und Verkehrsbereich*, Verlag Paul Haupt, Bern 1996
- EIA (2010a): *Annual Energy Outlook 2010*, U.S. Energy Information Administration (EIA), U.S. Department of Energy, Washington DC.
- EIA (2010b): *International Energy Outlook 2010*, U.S. Energy Information Administration (EIA), U.S. Department of Energy, Washington DC.

- EIA (2009): *Medium-Term Oil Market Report 2009*, U.S. Energy Information Administration (EIA), U.S. Department of Energy, Washington DC.
- ewz und enervis (2008): *Stromzukunft Stadt Zürich: Projektbericht*, ewz, Zürich.
- Huse (2009): *Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zum Neubau eines Bürogebäudes nach Passivhausstandard am Beispiel einer Polizeidienststelle*, Diplomarbeit, Passivhaus Institut, Universität Freiburg i.B..
- IEA (2008): *World Energy Outlook 2008*, International Energy Agency (IEA).
- IER (2010): *Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030*, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart.
- IFMA und CRB (im Erscheinen): *Lebenszykluskosten-Ermittlung von Immobilien*
- IPB und KBOB (2010): *Nachhaltiges Immobilienmanagement*, Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren IPB und Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren.
- ISO (2008): *ISO 15686-5:2008 Buildings & constructed assets – Service life planning – Part 5: Life cycle costing*,
- Loderer (2007): *Handbuch der Bewertung*, 4. Auflage, Verlag Neue Züricher Zeitung, Zürich.
- Nadal und Stoffels (2007): *Globalization, markups and the natural rate of interest*, Schweizerische Nationalbank Working Paper 2007-14, Schweizerische Nationalbank, Zürich.
- NZZ (2011): «Entwicklung des Erdgaspreises bricht aus alten Bahnen aus», Giorgio V. Müller, in Neue Zürcher Zeitung vom 4. Januar 2011, S. 19
- Romer (2001): *Advanced Macroeconomics*, Second Edition, McGraw-Hill, New York.
- Solow (1956): *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, The Quarterly Journal of Economics, **70**, 1, S. 65-94.
- Pichler (2009): *Wirtschaftlichkeit von integralen Erneuerungsmassnahmen im Wohnungsbau*, vdf Hochschulverlag, Zürich.
- Schneider und Rubli (2009): *Ressourcenmodell der mineralischen Baustoffe auf der Ebene Stadt Zürich. Dynamische Modellierung 1995–2050*, Wertstoff-Börse GmbH, Schlieren.
- SIA (2010): *SIA 2032: Graue Energie von Gebäuden - Merkblatt für Planer*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- SIA (2004): *SIA 480: Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- UBA (2007): *Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen*, Umweltbundesamt (UBA), Dessau.