



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**  
Sektion Gebäude

INFRAS 8. Juli 2015

---

# **Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäude- programms 2010 bis 2014**

Zusatzanalyse für die Berichterstattung an das  
Parlament

---

## **Impressum**

### **Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014**

Zusatzanalyse für die Berichterstattung an das Parlament

Schlussbericht

Zürich, 8. Juli 2015

### **Auftraggeber**

Bundesamt für Energie BFE

### **Autoren**

Donald Sigrist, Stefan Kessler, Bettina Schäppi

INFRAS, Binzstrasse 23, 8045 Zürich

Tel. +41 44 205 95 95

### **Begleitgruppe**

Roger Nufer, Thomas Jud, Lukas Gutzwiller (Bundesamt für Energie)

Roger Ramer, Carla Gross (Bundesamt für Umwelt)

Sabine Perch-Nielsen (nationale Dienstleistungszentrale nDLZ des Gebäudeprogramms, Ernst Basler und Partner)

Michael Thommen (Beauftragter Koordination operative Programmleitung des Gebäudeprogramms, Nova Energie)

## Inhalt

<b>Das Wichtigste auf einen Blick</b>	<b>4</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>5</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>15</b>
1.1. Ausgangslage	15
1.2. Fragestellung	16
1.3. Vorgehen	17
<b>2. Rück- und Ausblick auf die quantitative Wirkungsschätzung sowie Gesamtbeurteilung der Autoren</b>	<b>18</b>
<b>3. Beurteilung der bestehenden Wirkungsschätzung</b>	<b>23</b>
3.1. Grundsätzliches zum Wirkungsbegriff	23
3.2. Einschätzungen zur bestehenden Schätzung gemäss heutigem Kenntnisstand	24
3.3. Wärmedämmung (Teil A)	25
3.4. Neubauten (Teil B)	30
3.5. Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen (Teil B)	32
3.6. Einzelanlagen Haustechnik (Teil B)	35
3.7. Generelle Aspekte (Teil A und Teil B)	38
<b>4. Alternative Wirkungsschätzung</b>	<b>42</b>
4.1. Annahmen	42
4.2. Ergebnis und Analyse der Differenz zur bestehenden Wirkungsschätzung	44
4.3. Quantifizierung der Schätzunsicherheiten (Monte-Carlo-Simulation)	47
<b>5. CO<sub>2</sub>-Wirkungen des Gebäudeprogramms im Gesamtkontext</b>	<b>50</b>
<b>Literatur</b>	<b>53</b>

## Das Wichtigste auf einen Blick

Zum Jahrtausendwechsel wurden erstmals Modelle entwickelt, um die Wirkungen von Investitionsbeiträgen kantonaler Energieförderprogramme quantitativ abzuschätzen. Auf dieser Basis konnte der Bund die Globalbeiträge zur Mitfinanzierung der Programme fortan nach dem Kriterium der Wirksamkeit an die Kantone verteilen (Vorgabe gemäss nationaler Gesetzgebung). Ausserdem bestand damit eine einheitliche Grundlage für die jährliche Berichterstattung zu den kantonalen Förderprogrammen, so dass Energiewirkungen verschiedener Fördermassnahmen resp. unterschiedlicher Betrachtungsjahre miteinander verglichen werden konnten.

Der aktuellen Berichterstattung zum Gebäudeprogramm (vgl. z.B. nDLZ 2013) liegen die Wirkungsmodelle gemäss Harmonisiertem Fördermodell der Kantone HFM 2009 zugrunde. Die vorliegende Analyse stellt die publizierten Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen einer alternativen Wirkungsschätzung gegenüber, welche die Ergebnisse einer Evaluation der Eidgenössischen Finanzkontrolle (EFK 2014) berücksichtigt und dem aktuellen Wissensstand angepasst ist. Die Arbeiten betten sich in die zurzeit laufende Gesamtüberarbeitung des HFM ein (HFM 2015), in deren Rahmen u.a. auch die standardisierten Wirkungsmodelle neu konzipiert werden. So sind die hier präsentierten Ergebnisse konsistent mit dem HFM 2015, auf dessen Basis die Wirkungen der finanziellen Förderung im Gebäudebereich ab 2017 bestimmt werden.

### **Bei den meisten geförderten Massnahmen bisher keine Mitnahmeeffekte berücksichtigt**

Für die Wirkungsschätzung müssen technische und sozioökonomische Annahmen gemacht werden. Letztere betreffen das Verhalten der Fördergeldempfänger in der Gegenwart sowie zukünftig bis zum Ende der Lebensdauer der geförderten Massnahmen (15 bis 40 Jahre, je nach Massnahme). Z.B. sind Annahmen zu treffen, ob, wie und wann Bauherrschaften ihre Gebäude ohne die finanzielle Förderung saniert hätten. Zu diesen Aspekten lagen zum Zeitpunkt der Entwicklung der Modelle keine empirischen Grundlagen vor, so dass man sich bei den meisten geförderten Massnahmen auf eine Schätzung der „technischen“ Einsparwirkungen gegenüber dem Zustand vor deren Umsetzung beschränkte. Dass Mitnahmeeffekte und andere sozioökonomische Aspekte nicht konsequent berücksichtigt wurden, ist in der entsprechenden Modelldokumentation transparent aufgeführt. Das Vorgehen rechtfertigte sich auch deshalb, weil die wichtigsten Ausgestaltungsregeln einer wirksamen Förderung mit möglichst geringen Mitnahmeeffekten seit jeher im Harmonisierten Fördermodell der Kantone (HFM) festgelegt und umgesetzt wurden: 1. Gefördert werden ausschliesslich Massnahmen mit relevanten Umsetzungshemmnissen, insbesondere mit hohen Mehrinvestitionen sowie nicht amortisierbaren Kosten. 2. Für den Erhalt von Fördergeldern müssen hohe Qualitätsanforderungen erfüllt werden. 3. Es ist mit Minimalförderbeiträgen zu fördern, mit denen ein relevantes Signal an den Träger der Investitionsentscheidung gesendet wird. 4. Förderprogramme müssen über längere Zeit angesetzt, breit beworben und mit indirekten Massnahmen intensiv flankiert werden.

### **Konsequenter Einbezug sozioökonomischer Aspekte führt zu „geringeren“ Wirkungen**

Die Informationslage zu sozioökonomischen Aspekten der Förderwirkung ist auch heute immer noch unbefriedigend, obwohl dank Kundenumfragen zum Gebäudeprogramm Teil A zusätzliche

Informationen erhoben wurden (gfs 2014, nDLZ 2014b). Unter heutigen und zukünftig absehbaren Rahmenbedingungen – viel höherer Mitteleinsatz, Gleichbehandlung mit anderen Instrumenten des CO<sub>2</sub>-Gesetzes, gestiegene Relevanz des Klimaschutzes – ist trotzdem nachvollziehbar, dass gefordert wird, die Quantifizierung dahingehend zu verbessern, dass nur die direkt und unmittelbar durch die Förderung bewirkten Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen abgebildet werden. Dies, auch wenn aufgrund fehlender empirischer Grundlagen grobe Annahmen (mit sehr hohen Unsicherheiten) zu den sozioökonomischen Aspekten der Förderwirkung definiert werden müssen.

Die vorliegende Analyse macht diesen Schritt. Sie bestätigt einerseits, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen, die mit den geförderten Massnahmen gegenüber dem Zustand vor deren Umsetzung erzielt werden, mit den Wirkungsmodellen gemäss HFM 2009 relativ gut geschätzt werden. Andererseits zeigt sich aber auch: Werden sozioökonomische Aspekte konsequent berücksichtigt, liegt die CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 um schätzungsweise 40% tiefer als jene, die in der publizierten Berichterstattung auf Basis der bestehenden Wirkungsmodelle gemäss HFM 2009 ausgewiesen ist.

### **Wirkungsschätzungen klammern indirekte, langfristige Effekte der finanziellen Förderung aus**

Diese Analyseergebnisse sollten nicht überwertet werden. Die finanzielle Förderung im Gebäudebereich hat im energie- und klimapolitischen Instrumentenmix eine hohe strategische Bedeutung. Bei den bestehenden Bauten ist sie heute sogar Schlüsselinstrument, weil andere, theoretisch wirksamere Instrumente wie eine effektive Energiepreislenkung oder weitergehende Sanierungspflichten politisch bisher nicht umsetzbar sind. Fakt ist: Die Förderung wirkt, wenn die wichtigsten vier Kriterien bei deren Ausgestaltung berücksichtigt werden (vgl. oben). Wichtig ist ausserdem zu beachten, dass die zugrunde gelegten Schätzmodelle aus methodischen Gründen ausschliesslich den direkten und unmittelbaren Einfluss der finanziellen Förderung abbilden. Bei Gebäudesanierungen beispielsweise liegt mit dem Modellergebnis eine Schätzung der Energieeinsparung vor, die dadurch erzielt wird, dass ein Fördergeldempfänger sein Gebäude aufgrund des finanziellen Anreizes früher, umfangreicher respektive qualitativ besser saniert hat. Die so quantifizierten Wirkungen blenden die indirekten, langfristigen Einflüsse der Förderung vollständig aus: Dieses mittlerweile rund 15 Jahre erfolgreich angewandte Politikinstrument hat das heutige Umfeld, in dem energetische Massnahmen im Gebäudebereich in bedeutendem Ausmass auch ohne finanzielle Förderung umgesetzt werden, zusammen mit anderen Treibern entscheidend mitgeprägt (Energievorschriften, Normen, Minergie, flankierende Massnahmen der öffentlichen Hand sowie Partnerorganisationen, Marktangebot und Knowhow im energieeffizienten Bauen, Umweltsensibilisierung von Gebäudeeigentümern, Vorbildfunktion der Öffentlichen Hand, Qualitätssicherungsmassnahmen etc.). Gerade die Vielfalt und die starke Verflechtung der unterschiedlichen Treiber sind heute der Schlüssel für weitere Fortschritte bei der energetischen Aufwertung des schweizerischen Gebäudeparks. Nur weil es methodisch nicht möglich ist, den langfristigen, „isolierten“ Einfluss eines einzelnen Treibers – in diesem Fall der finanziellen Förderung – zu quantifizieren, sollte die Bedeutung der Förderung nicht unterschätzt werden.

## Kurzfassung

Das Gebäudeprogramm zahlte 2010 bis 2014 rund 1 Mia. Fr. Investitionsbeiträge für bauliche Massnahmen im Gebäudebereich aus. Finanziert wurden diese v.a. über die CO<sub>2</sub>-Abgabe, rund ein Fünftel steuerten die Kantone bei. Rund 60% der Beiträge gingen dabei im Rahmen eines national einheitlichen und vollständig über die CO<sub>2</sub>-Abgabe finanzierten Förderprogramms (Gebäudeprogramm Teil A) an Massnahmen zur Senkung des Wärmebedarfs bestehender Bauten (Wärmedämmung, Fensterersatz). Die übrigen rund 40% wurden im Rahmen kantonaler Förderprogramme ausbezahlt (Gebäudeprogramm Teil B), finanziert über Globalbeiträge (hauptsächlich aus der CO<sub>2</sub>-Abgabe<sup>1</sup>) sowie kantonale Mittel. Knapp die Hälfte wurde dabei an haustechnische Installationen in Form von kleinen Holzfeuerungen, Wärmepumpen sowie Solarkollektoranlagen ausgerichtet. Der Rest der Mittel wurde für Holzfeuerungszentralen, Wärmenetzprojekte, effiziente Neubauten und umfassende Gesamtsanierungen ausbezahlt.

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen der Investitionsbeiträge werden durch die nationale Dienstleistungszentrale des Gebäudeprogramms jährlich publiziert (z.B. nDLZ 2013). Die zugrundeliegenden Wirkungsmodelle hat die Eidgenössische Finanzkontrolle 2014 evaluiert (EFK 2014). Diesbezüglich behandelt die vorliegende Analyse folgende Fragen:

- Gemäss EFK überschätzt das aktuelle Wirkungsmodell die Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms. Lässt sich diese Aussage bestätigen? Wie gross sind die Abweichungen in Bezug auf die ersten fünf Jahre des Gebäudeprogramms (2010 bis 2014)?
- In welchem Verhältnis stehen die Wirkungen des Gebäudeprogramms zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus Gebäuden?

## Vorgehen

Diese Zusatzanalyse basiert auf vorliegender Literatur und umfasste folgende Schritte:

1. Beurteilung der quantitativen Annahmen der bestehenden Wirkungsschätzung
2. Alternative Schätzung mit veränderten technischen und sozioökonomischen Annahmen
3. Vergleich der Schätzungen und Analyse der Differenz
4. Quantifizierung der Unsicherheiten in der alternativen Wirkungsschätzung
5. Vergleich der Wirkungen mit dem Einfluss anderer Bestimmungsfaktoren der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden

Damit die auf der Detailebene angesiedelten Analyseergebnisse sinnvoll interpretiert werden können, werden diese vorgängig in einem breiteren Kontext gesamtbeurteilt.

---

<sup>1</sup> Ein Teil der 2010 bis 2014 ausbezahlten Globalbeiträge wurden mit Mitteln aus dem ordentlichen Staatshaushalt des Bundes (u.a. Stabilisierungsprogramm 2009) finanziert, weil zwischen Förderzusage und Beitragsauszahlung z.T. mehrere Jahre vergehen können.

### **Analyseergebnisse im energie- und klimapolitischen Gesamtkontext**

Mit der Einführung der Globalbeiträge zur Unterstützung kantonaler Energieförderprogramme wurden nach der Jahrtausendwende standardisierte Modelle zur quantitativen Abschätzung der direkten, unmittelbaren Energiewirkung von Investitionsbeiträgen entwickelt. Fortan konnten die Globalbeiträge nach dem Kriterium der Wirksamkeit an die Kantone verteilt werden – so, wie es die nationale Gesetzgebung schon damals forderte. Ausserdem wurde damit eine einheitliche Grundlage für die Berichterstattung zu den Förderprogrammen geschaffen, so dass die Wirkungen verschiedener Fördermassnahmen resp. unterschiedlicher Berichtsjahre miteinander verglichen werden konnten.

Die Wirkungen der finanziellen Förderung messen sich gegenüber einem hypothetischen Referenzfall, in dem ein entsprechender Förderbeitrag nicht ausbezahlt worden wäre. Entscheidend ist also, ob und in welchem Ausmass Bauherrschaften ihre Gebäude aufgrund des finanziellen Anreizes früher, umfangreicher respektive qualitativ besser sanieren. Zur quantitativen Abschätzung müssen neben technischen daher auch sozioökonomische Annahmen gemacht werden. Letztere betreffen das Verhalten der Fördergeldempfänger in der Gegenwart sowie zukünftig bis zum Ende der Lebensdauer der geförderten Massnahmen (15 bis 40 Jahre, je nach Massnahme) – z.B. Annahmen dazu, ob, wie und wann Bauherrschaften ihre Gebäude ohne die finanzielle Förderung saniert hätten. Zu diesen Aspekten lagen zum Zeitpunkt der Entwicklung der Modelle keine empirischen Grundlagen vor, so dass man sich bei den meisten geförderten Massnahmen auf eine Schätzung der Einsparwirkungen gegenüber dem Zustand vor deren Umsetzung beschränkte. Dass Mitnahmeeffekte und andere sozioökonomische Aspekte nicht konsequent berücksichtigt wurden, ist in der entsprechenden Modelldokumentation transparent aufgeführt. Das Vorgehen rechtfertigte sich ausserdem auch deshalb, weil die wichtigsten Ausgestaltungsregeln einer wirksamen Förderung mit möglichst geringen Mitnahmeeffekten seit jeher im Harmonisierten Fördermodell der Kantone (HFM) festgelegt und umgesetzt wurden: 1. Gefördert werden ausschliesslich Massnahmen mit relevanten Umsetzungshemmnissen, insbesondere mit hohen Mehrinvestitionen sowie nicht amortisierbaren Kosten. 2. Für den Erhalt von Fördergeldern müssen hohe Qualitätsanforderungen erfüllt werden. 3. Es ist mit Minimalförderbeiträgen zu fördern, mit denen ein relevantes Signal an den Investitionsentscheidungsträger gesendet wird. 4. Förderprogramme müssen über längere Zeit angesetzt, breit beworben und mit indirekten Massnahmen intensiv flankiert werden.

Das wirtschaftliche und politische Umfeld im Gebäudebereich hat sich in der Zwischenzeit stark verändert. Treiber, die Energieeffizienzsteigerungen sowie die Substitution von fossilen Energien begünstigen, sind zahlreicher, vielfältiger und bedeutender geworden. Einerseits wurde der energie- und klimapolitische Instrumentenmix stark ausgebaut und die finanzielle Förderung – als ein zentrales Instrument neben den Energievorschriften – v.a. mit dem Gebäu-

deprogramm ab 2010 stark ausgeweitet (Auszahlungen 2010 bis 2014: über eine Mia. Fr.). Andererseits ist auch der Einfluss von Partnerorganisationen wie Minergie, Umweltverbänden u.a. gestiegen und das Marktumfeld bietet heute günstigere Bedingungen für das energieeffiziente Bauen. Unter diesen veränderten Rahmenbedingungen ist die Forderung nachvollziehbar, dass zumindest versucht werden sollte, die Lücken aufgrund der fehlenden empirischen Grundlagen zu den sozioökonomischen Aspekten der Förderwirkung (v.a. Mitnahmeeffekte) über Grobschätzungen zu schliessen und die effektiv zusätzlich durch die Förderung erzielten Wirkungen quantitativ abzuschätzen.

In der vorliegenden Analyse wird dieser Forderung nachgekommen, auch wenn dafür empirisch kaum abgestützte sozioökonomische Annahmen mit hohen Unsicherheiten gemacht werden mussten. Das Ergebnis überrascht nicht: Die in den Berichterstattungen ausgewiesenen Wirkungen des Gebäudeprogramms sind „überschätzt“ (die effektiven CO<sub>2</sub>-Wirkungen beispielsweise um rund 40%). Der Hauptgrund dafür – die bisher nicht konsequent einbezogenen sozioökonomischen Aspekte der Förderwirkung – ist in der zugrunde gelegten Modelldokumentation aufgeführt und wurde 14 Jahre lang nicht angepasst.

Die finanzielle Förderung im Gebäudebereich hat im energie- und klimapolitischen Instrumentenmix eine hohe strategische Bedeutung. Bei den bestehenden Bauten ist sie heute sogar Schlüsselinstrument, weil andere, theoretisch wirksamere Instrumente wie eine effektive Energiepreislenkung oder weitergehende Sanierungspflichten politisch bisher nicht umsetzbar sind. Fakt ist: Die Förderung wirkt, wenn die wichtigsten vier Kriterien bei deren Ausgestaltung berücksichtigt werden (vgl. oben). Wichtig ist ausserdem zu beachten, dass die zugrunde gelegten Schätzmodelle aus methodischen Gründen ausschliesslich den direkten und unmittelbaren Einfluss der finanziellen Förderung abbilden. Bei Gebäudesanierungen beispielsweise liegt mit dem Modellergebnis eine Schätzung der Energieeinsparung vor, die dadurch erzielt wird, dass ein Fördergeldempfänger sein Gebäude aufgrund des finanziellen Anreizes früher, umfangreicher respektive qualitativ besser saniert hat. Die so quantifizierten Wirkungen würdigen dabei in keiner Weise die indirekten, langfristigen Einflüsse der Förderung: Dieses mittlerweile rund 15 Jahre erfolgreich angewandte Politikinstrument hat das heutige Umfeld, in dem energetische Massnahmen im Gebäudebereich in gewissem Ausmass auch ohne finanzielle Förderung umgesetzt werden, zusammen mit anderen Treibern entscheidend mitgeprägt (Energievorschriften, Normen, Minergie, flankierende Massnahmen der öffentlichen Hand sowie Partnerorganisationen, Marktangebot und Knowhow im energieeffizienten Bauen, Umweltsensibilisierung von Gebäudeeigentümern etc.). Gerade die Vielfalt und die starke Verflechtung der unterschiedlichen Treiber sind heute der Schlüssel für weitere Fortschritte bei der energetischen Aufwertung des schweizerischen Gebäudeparks. Nur weil es methodisch nicht möglich ist, den

langfristigen, „isolierten“ Einfluss eines einzelnen Treibers – in diesem Fall der finanziellen Förderung – zu quantifizieren, sollte die Bedeutung der Förderung nicht unterschätzt werden.

Mit der im Jahr 2014 gestarteten Revision des Harmonisierten Fördermodells (HFM 2015) fliessen die Erkenntnisse der vorliegenden Analyse zukünftig (ab 2017) in die Wirkungsquantifizierung ein (die standardisierten Wirkungsmodelle werden gegenüber dem HFM 2009 neu konzipiert und die Annahmen dem aktuellen Kenntnisstand angepasst). Bund und Kantone werden die Rolle der finanziellen Förderung weiter schärfen und diese vermehrt auf Massnahmen fokussieren, bei denen die Entwicklung noch harzt. So sollen die verfügbaren Fördermittel ab 2017 vor allem auf die Wärmedämmung von Fassaden, Dächern, Wänden und Böden gegen Erdreich sowie den Ersatz von Öl-, Gas- und Elektroheizungen konzentriert werden. Das Hauptziel liegt dabei – wie in der heutigen Förderung – auf möglichst ganzheitlichen Gebäudesanierungen. Damit wird sichergestellt, dass die Förderung wirksam bleibt und sich weiterhin effizient in den energie- und klimapolitischen Instrumentenmix einbettet. Bis der gemäss Energiestrategie geplante Übergang vom Förder- in ein Lenkungssystem geschafft ist, ist dies der bestmögliche Weg, um auch in der Zwischenzeit einen relevanten Beitrag an den Klimaschutz im Gebäudebereich zu leisten.

#### **Beurteilung der sozioökonomischen Annahmen des Schätzmodells gemäss HFM 2009**

Die publizierten Wirkungen des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 entsprechen etwas mehr als 85% der über Modellschätzungen ermittelten („physikalischen“) Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung, die mit den geförderten Massnahmen gegenüber dem Zustand vor deren Umsetzung erzielt wird. Der Rest der Einsparungen – knapp 15% – wird als „Mitnahmeeffekt“ nicht dem Gebäudeprogramm angerechnet. Dieser tiefe Wert erklärt sich folgendermassen:

- Rund 40% der Auszahlungen des Gebäudeprogramms gingen 2010 bis 2014 an Massnahmen im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme, für die keine Mitnahmeeffekte definiert wurden. Die im Jahr 2001 entwickelten und seither konzeptionell nicht mehr gesamtüberarbeiteten Wirkungsmodelle berücksichtigen für diese Massnahmen grundsätzlich keine Annahmen zum Verhalten der Fördergeldempfänger in der hypothetischen Situation ohne die finanzielle Förderung. Es gab damals keine empirischen Grundlagen, um quantitative, sozioökonomische Annahmen festzulegen. In den entsprechenden, ebenfalls publizierten Unterlagen zum Modell ist dieses Vorgehen transparent dokumentiert und wurde 14 Jahre lang nicht grundlegend angepasst.
- Eine Ausnahme bildet das Teilmodell zur Abschätzung der Förderwirkung bei Massnahmen an der Gebäudehülle, für die 2010 bis 2014 rund 60% der Gesamtbeiträge ausbezahlt wurden: Im Rahmen einer konzeptionellen Anpassung wurde 2006 auf Basis von Experteneinschätzungen definiert, dass ein gewisser Anteil der Fördergeldempfänger die Gebäudehülle

auch ohne die finanzielle Förderung gemäss damals geltenden gesetzlichen Anforderungen energetisch saniert hätte (BFE 2006a, BFE 2006b). Die dadurch bedingte Reduktion der resultierenden Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen von Gebäudehüllenmassnahmen beträgt durchschnittlich rund einen Viertel im Vergleich zu den geschätzten Einsparungen gegenüber dem Zustand vor der Sanierung. Gemäss Experteneinschätzungen im Rahmen von EFK 2014 sind diese Mitnahmeeffekte (viel) zu tief. Die Ergebnisse der Umfragen zum Gebäudeprogramm (gfs 2014, nDLZ 2014b) deuten dies ebenfalls an.

### **Beurteilung der technischen Annahmen des Schätzmodelles gemäss HFM 2009**

Einzelne technische Annahmen des bestehenden Modells tragen zusätzlich zur vermuteten Überschätzung bei. Gemäss Ergebnissen der vorliegenden Zusatzanalyse haben dabei folgende Annahmen den grössten Einfluss auf die resultierende Wirkung (vgl. Tabelle 1):

- Die Ergebnisse der Studien TEP 2010 sowie econcept/A+W 2011 deuten an, dass der angenommene Dach-U-Wert vor der Sanierung markant zu hoch angesetzt ist. Der in das Wirkungsmodell einflussende, durchschnittliche U-Wert müsste demnach noch stärker berücksichtigen, dass bestehende Verschalungen, allfällige zusätzliche Luftschichten sowie der wärmedämmende Effekt eines allfälligen Estrichbodens einen hohen Einfluss auf die Wärmeverluste haben können. Interessant ist, dass der in den ursprünglichen Wirkungsmodellen (HFM 2003, BFE 2003) angenommene Dach-U-Wert vor der Sanierung sehr viel tiefer angesetzt war als nach der konzeptionellen Überarbeitung im Jahr 2006 (vgl. BFE 2006a, BFE 2006b, HFM 2007). In deren Rahmen wurden also zwar erstmals Mitnahmeeffekte in das Modell einbezogen (vgl. oben). Aufgrund der gleichzeitigen, starken Erhöhung der angenommenen U-Werte vor der Sanierung resultierten mit dem überarbeiteten Modell, das auch für die Wirkungsschätzung zum Gebäudeprogramm der Stiftung Klimarappen eingesetzt wurde, netto vermutlich sogar höhere Wirkungen als mit dem ursprünglichen Wirkungsmodell. Die entsprechenden Anpassungen wurden 2006 auf Basis von Experteneinschätzungen vorgenommen, schriftliche Erläuterungen konnten im Rahmen dieser Analyse aber nicht gefunden werden (dokumentiert sind nur die definitiven Wirkungsmodelle gemäss Verhandlungsergebnis BFE/Stiftung Klimarappen, BFE 2006a/BFE 2006b).
- Die Anzahl Heizgradtage zur Bestimmung der Wirkung von Wärmedämmmassnahmen sowie des Fensterersatzes ist im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt zu hoch angesetzt. Dass bei der Betrachtungsdauer über die Lebensdauer (40 Jahre ab Umsetzung) zusätzlich noch die Klimaerwärmung einen Einfluss haben dürfte, akzentuiert den Beitrag zur möglichen Überschätzung.
- Ebenfalls einen hohen Einfluss – allerdings nur bezüglich der geschätzten Energie- und nicht der CO<sub>2</sub>-Wirkung – haben in der Einschätzung der Autoren zwei technische Annahmen bei

den geförderten Haustechnikmassnahmen: Erstens unterstellt das Energiewirkungsmodell keine erneuerbaren Anteile in Bezug auf die Wärmeversorgung bestehender Gebäude vor einer Haustechnikmassnahme. Zweitens vernachlässigt das Energiewirkungsmodell, dass ein Teil der geförderten Holzheizungen sowie Solarkollektoranlagen in Neubauten installiert wurde (Anteil unbekannt; Daten wurden nicht erhoben). In Neubauten erzielt die Förderung von Wärmeerzeugungsanlagen eine viel geringere Wirkung, weil diese sowieso nur noch selten fossil beheizt sind (W&P 2014). Diese beiden Aspekte wurden in den 2009 neu erarbeiteten CO<sub>2</sub>-Wirkungsmodellen berücksichtigt (HFM 2009, BFE 2010b). Das Energiewirkungsmodell gemäss HFM 2007/BFE 2008b wurde dabei aus Aufwandgründen resp. mangels drängendem Bedarf konzeptionell aber nicht gesamtüberarbeitet (für die Bemessung der Globalbeiträge ist seit 2010 nur die CO<sub>2</sub>-Wirkung und nicht die Energiewirkung relevant).

Anders als bei den sozioökonomischen Aspekten umfasst das bestehende Wirkungsmodell aber auch technische Annahmen, die eher eine Unterschätzung der resultierenden Wirkungen vermuten lassen (vgl. Tabelle 1). Dass konsistent für alle Massnahmen keine Nutzungsgrade der Wärmeerzeugung angenommen werden, hat dabei aus Sicht der Autoren den stärksten Einfluss.

<b>Tabelle 1: Beurteilung der technischen Annahmen der bestehenden Schätzung</b>		
	<b>Beitrag zu möglicher Überschätzung</b> (E: Betrifft Energiewirkung; CO <sub>2</sub> : Betrifft CO <sub>2</sub> -Wirkung; E+CO <sub>2</sub> : Betrifft Energie- und CO <sub>2</sub> -Wirkung)	<b>Beitrag zu möglicher Unterschätzung</b> (E: Betrifft Energiewirkung; CO <sub>2</sub> : Betrifft CO <sub>2</sub> -Wirkung; E+CO <sub>2</sub> : Betrifft Energie- und CO <sub>2</sub> -Wirkung)
<b>Starker</b> Einfluss auf die resultierende Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ U-Wert Dach vor Sanierung zu hoch (E+CO<sub>2</sub>)</li> <li>▪ Anzahl Heizgradtage zu hoch (E+CO<sub>2</sub>)</li> <li>▪ Anteil Erneuerbare vor einem Heizungsersatz nicht berücksichtigt (E)</li> <li>▪ Anteil in Neubauten installierter Heizungsanlagen nicht berücksichtigt (E)</li> </ul>	Keine Nutzungsgrade der Wärmeerzeugung angenommen (E+CO <sub>2</sub> )
<b>Mittlerer</b> Einfluss auf die resultierende Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ U-Wert Fenster vor Sanierung zu hoch (E+CO<sub>2</sub>)</li> <li>▪ Endenergiesicht bei Gesamtsanierungen und Neubauten nicht konsistent mit Nutzenergiesicht bei Einzelmassnahmen (E)</li> </ul>	U-Wert Bauteil gegen unbeheizte Räume vor Sanierung (E+CO <sub>2</sub> )
<b>Geringer</b> Einfluss auf die resultierende Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Technische Lebensdauer bei Gesamtsanierungsboni zu hoch (E+CO<sub>2</sub>)</li> <li>▪ Anteil Öl-beheizte Gebäude an allen gesamtsanierten, fossil beheizten Gebäuden zu hoch (CO<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kein Emissionsfaktor Strom einbezogen (CO<sub>2</sub>)</li> <li>▪ Anteil fossil beheizter Gebäude an allen gesamtsanierten Gebäuden zu hoch (E+CO<sub>2</sub>)</li> </ul>

Basis: EFK 2014 (durch INFRAS auf Basis von econcept/A+W 2011, TEP 2010, gfs 2014, nDLZ 2014b punktuell ergänzt). Qualitative Bewertung des Einflusses auf die resultierende Wirkung: Einschätzung INFRAS.

### **Anpassung der sozioökonomischen und technischen Annahmen für die alternative Schätzung**

Ohne auf eine gut abgestützte empirische Basis zurückgreifen zu können, wurden für die alternative Schätzung neue sozioökonomische Annahmen gemacht – insbesondere:

- Bei Massnahmen an der Gebäudehülle beträgt der Anteil der Nutzwärmeeinsparung (über die Lebensdauer der Massnahme), der auch ohne finanzielle Förderung erzielt worden wäre, rund 50% (in Anlehnung an Befragungsergebnisse zum Gebäudeprogramm gemäss gfs 2014/nDLZ 2014b). Heute fossil beheizte Bauten, bei denen eine Gebäudehüllenmassnahme gefördert wurde, sind bis zum Ende der Lebensdauer der Massnahme nur noch zu 75% fossil beheizt (in Anlehnung an W&P 2014). Dieser autonome Rückgang fossiler Heizungen erfolgt dabei zum grösseren Teil bei den Ölheizungen.
- Bei Massnahmen an der Wärmeerzeugung beträgt der Anteil des Substitutionseffekts über die Lebensdauer der Massnahme, der auch ohne finanzielle Förderung erzielt worden wäre, generell rund 35% (in Anlehnung an BFE/BAFU 2015b). Eine Ausnahme bilden geförderte Holzfeuerungen, mit denen eine bestehende Holzfeuerung ersetzt wurde (erhobene Information): Für diese Fälle wird von einem Risiko der Rückverlagerung auf ein fossiles Heizsystem von 5% ausgegangen (Expertenschätzung, nicht empirisch abgestützt).
- Der Wärmebedarf der geförderten Neubauten läge ohne finanzielle Förderung um rund 5% tiefer als gesetzlich gefordert (in Anlehnung an Haldi-Spieker 2014). Der Anteil fossil beheizter Neubauten an allen geförderten Neubauten hätte ohne Förderung 15% bei Wohnneubauten resp. 20% bei Nicht-Wohnbauten betragen (in Anlehnung an W&P 2014). Ölheizungen haben dabei eine geringe Bedeutung.

Die wichtigsten, veränderten technischen Annahmen der alternativen Schätzung sind die folgenden:

- Neu angesetzt wird ein effektiver Dach-U-Wert vor der Sanierung von  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  (in Anlehnung an econcept/A+W 2011 und TEP 2010; bestehende Annahme:  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Die Anzahl Heizgradtage wird mit 3250 angesetzt (bestehende Annahme: 3700). Dieser Wert orientiert sich an den langjährigen Mittelwerten gemäss BFE 2014b sowie der Grundannahme, dass die Klimaerwärmung bis in ca. 40 Jahren nur einen geringen Einfluss auf den Wärmebedarf von Gebäuden hat (Einschätzung in Anlehnung an Prognos 2012).
- Installation von Holzfeuerungen, Wärmenetzanschlüssen sowie Solarkollektoren: Es wird im Energiewirkungsmodell konsistent zum  $\text{CO}_2$ -Wirkungsmodell gemäss HFM 2009 angenommen, dass 20% der geförderten Anlagen in Neubauten installiert wurden (Expertenschätzung). Bei Bestandsgebäuden wird konsistent unterstellt, dass der Anteil vor der Umsetzung erneuerbar beheizter Bauten rund 10% beträgt (in Anlehnung an BFE 2014a).

- Für alle Massnahmen werden neu für diejenigen Heizsysteme Nutzungsgrade unterstellt, die nicht erneuerbare Energie nutzen (Öl/Gas/Elektro/WP: 0,8/0,85/0,95/3,0; in Anlehnung an Prognos 2012).

#### **Energiewirkung = Eingesparte Nutzenergie plus zusätzlich substituierte Nutzenergie aus nicht erneuerbaren Energien**

EFK 2014 weist darauf hin, dass bei der ausgewiesenen Energiewirkung nicht konsistent dokumentiert ist, ob es sich dabei um Nutzenergie- oder Endenergiewirkung handelt. Die Analyse bestätigt diese Einschätzung: So sind die Wirkungen bei Haustechnik-Einzelmassnahmen auf Stufe Nutzenergie berücksichtigt, während die Wirkungen bei Gesamtsanierungen und Neubauten auf Stufe Endenergie einfließen. Bei den Gebäudehüllenmassnahmen ist die Dokumentation nicht mehr im Detail nachvollziehbar. Für die alternative Schätzung wird die Energiewirkung für alle Massnahmen konsistent auf Stufe Nutzenergie berücksichtigt (vgl. Definition im Titel des Textkastens). Mit diesem Vorgehen können die Energiewirkungen von Einspar- und Substitutionsmassnahmen methodisch korrekt aufsummiert werden. In der Konsequenz führt dies dazu, dass die Energiewirkung ggü. der bestehenden Schätzung noch etwas tiefer liegt. Diese Reduktion ist auf die bereinigte Bewertungsmethodik zurückzuführen und hat nichts mit der eigentlichen Wirkung des Gebäudeprogramms zu tun.

#### **Ergebnisse der alternativen Schätzung und Quantifizierung der Unsicherheiten**

Mit den veränderten sozioökonomischen und technischen Annahmen ergibt sich über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen eine um rund 55% (Energie) resp. 40% (CO<sub>2</sub>) geringere Wirkung des Gebäudeprogramms (vgl. Tabelle 2).

Die Differenz zur bestehenden Schätzung der CO<sub>2</sub>-Wirkung erklärt sich dabei alleine über die veränderten sozioökonomischen Annahmen. Am stärksten ins Gewicht fallen dabei die erhöhten Mitnahmeeffekte zum Sanierungszeitpunkt bei Gebäudeprogramm Teil A sowie deren erstmalige Berücksichtigung bei Massnahmen des Teils B. Vergrössert wird die Differenz zusätzlich durch die sozioökonomischen Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der heute installierten fossilen Heizungen beim Teil A, jenen zu den Anteilen fossiler Heizungen beim angenommenen Referenzneubau sowie jenen zum Rückverlagerungsrisiko beim Ersatz von Holz- durch Holzheizungen. Die veränderten technischen Annahmen tragen netto nicht zur Differenz bei den CO<sub>2</sub>-Wirkungen bei, weil sich die Effekte gegenseitig aufheben. Die geringere Anzahl Heizgradtage sowie der reduzierte Dach-U-Wert vor Sanierung im Teil A des Gebäudeprogramms sind dabei Haupttreiber der vermuteten Überschätzung im Wirkungsmodell gemäss HFM 2009, die v.a. durch den konsequenten Einbezug von Nutzungsgraden annähernd wieder kompensiert werden.

Bei der Energiewirkung über die Lebensdauer der geförderten Massnahmen fällt die Differenz zur bestehenden Schätzung höher aus, u.a. auch, weil der kompensierende Effekt der Nutzungsgrade aufgrund der Definitionsbereinigung (vgl. Textkasten oben) wegfällt. Zusätzlich tragen die technischen Annahmen zum Anteil erneuerbar beheizter Gebäude vor einer geförderten Heizungsinstallation in Bestandsbauten sowie zum Anteil in Neubauten installierter Haustechnikanlagen zur Differenz bei. Der Unterschied in der vermuteten Überschätzung der

Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkung ist damit hauptsächlich dadurch bedingt, dass die Energiewirkungsmodelle im Jahr 2009 bei der Erarbeitung der CO<sub>2</sub>-Wirkungsmodelle nicht gesamtüberarbeitet wurden.

<b>Tabelle 2: Gebäudeprogramm 2010 bis 2014 – bestehende und alternative Wirkungsschätzung im Vergleich</b>				
	<b>Energiewirkung</b>		<b>CO<sub>2</sub>-Wirkung</b>	
	<b>TWh/Jahr<sup>1)</sup></b> anhaltend per Ende 2014 aufgrund der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen	<b>TWh</b> über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen	<b>Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr<sup>1)</sup></b> anhaltend per Ende 2014 aufgrund der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen	<b>Mio. t CO<sub>2</sub></b> über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen
Bestehende Wirkungsschätzung	2,9 (100% <sub>Ea</sub> )	77 (100% <sub>E</sub> )	0,58 (100% <sub>CO2a</sub> )	15 (100% <sub>CO2</sub> )
Einfluss veränderter technischer Annahmen im Schätzmodell	k. A. <sup>1)</sup>	-23 (-30% <sub>E</sub> )	k. A. <sup>1)</sup>	+0,36 (+2,3% <sub>CO2</sub> )
Einfluss veränderter sozioökonomischer Annahmen im Schätzmodell	k. A. <sup>1)</sup>	-19 (-25% <sub>E</sub> )	k. A. <sup>1)</sup>	-6,7 (-44% <sub>CO2</sub> )
Alternative Wirkungsschätzung:				
▪ Bestmögliche Schätzung	1,3 (45% <sub>Ea</sub> ) <sup>1)</sup>	35 (45% <sub>E</sub> )	0,34 (59% <sub>CO2a</sub> ) <sup>1)</sup>	9,1 (59% <sub>CO2</sub> )
▪ 2,5%-Quantil	0,95 (33% <sub>Ea</sub> ) <sup>1)</sup>	26 (33% <sub>E</sub> )	0,25 (43% <sub>CO2a</sub> ) <sup>1)</sup>	6,7 (43% <sub>CO2</sub> )
▪ 97,5%-Quantil	1,7 (59% <sub>Ea</sub> ) <sup>1)</sup>	46 (59% <sub>E</sub> )	0,44 (76% <sub>CO2a</sub> ) <sup>1)</sup>	12 (76% <sub>CO2</sub> )

Ergebnisse Modellrechnungen INFRAS (gerundet auf zwei signifikante Stellen). Eingesetzt wurde das bestehende Schätzmodell, wobei technische und sozioökonomische Annahmen ergänzt resp. angepasst wurden. Die Unsicherheiten in der alternativen Schätzung wurden im Rahmen einer Monte-Carlo-Simulation quantifiziert (Details vgl. Kap. 1.3 und 4.3).

1) Anhaltende Wirkung: Das bestehende Wirkungsmodell nimmt keine Stellung dazu, wie die resultierenden Wirkungen über die Lebensdauer der geförderten Massnahmen im Zeitverlauf anfallen (Grundannahme: konstante Wirkung pro Jahr). Entsprechend wurden die Ergebnisse zu den Wirkungen über die Lebensdauer unter der gleichen Grundannahme 1:1 auf die anhaltenden Wirkungen übertragen (keine Neumodellierung). Vgl. dazu die Erläuterungen im folgenden Textkasten.

#### Anhaltende Wirkungen des Gebäudeprogramms per Ende 2014

Die Frage nach dem genauen zeitlichen Verlauf der Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen über die Lebensdauer der geförderten Massnahmen wurde im Rahmen dieser Zusatzanalyse nicht untersucht. Die alternative Schätzung der anhaltenden Wirkung per Ende 2014 (Tabelle 2) basiert daher auf der Grundannahme einer konstanten jährlichen Wirkung. Aus qualitativer Sicht gibt es hingegen durchaus Hinweise, dass die Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen der Förderung nicht konstant anfallen, sondern zum Umsetzungszeitpunkt höher liegen als gemäss alternativer Schätzung in Tabelle 2 angegeben und dann im Zeitverlauf abnehmen:

- Die Befragungen zum Gebäudeprogramm Teil A (gfs 2014, nDLZ 2014b) zeigen, dass ein relevanter Anteil (rund 20% bis 30%, je nach Befragungsjahr) der befragten Fördergeldempfänger angibt, die energetische Sanierung aufgrund der Förderung zeitlich vorgezogen zu haben. Dieser Aspekt dürfte auch die Förderung im Bereich der Wärmeerzeugung betreffen, allerdings gibt es dazu keine empirischen Grundlagen.
- Bei der sehr langen Betrachtungsdauer im Fall von Wärmedämmmassnahmen (40 Jahre, d.h. bis nach 2050) ist es durchaus denkbar, dass bei einem relevanten Anteil der Gebäude heute ohne die finanzielle Förderung zwar nur eine Pinselsanierung durchgeführt, dann aber vor Ablauf der 40 Jahre eine energetische Sanierung des entsprechenden Bauteils vorgenommen worden wäre.
- Bei heute fossil beheizten Gebäuden wirkt die finanzielle Förderung von Wärmedämmmassnahmen in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu Beginn stark (eingespart wird Nutzwärme aus fossilen Energien). Aufgrund des bereits heute beobachteten autonomen Rückgangs fossiler Heizungen in Bestandsbauten nimmt die CO<sub>2</sub>-Wirkung der Förderung bei solchen Projekten im Zeitverlauf ab.

### Wirkungen im Vergleich mit anderen Bestimmungsfaktoren der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden

Das Gebäudeprogramm 2010 bis 2014 erzielte per Ende 2014 eine anhaltende CO<sub>2</sub>-Wirkung von schätzungsweise 0,34 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr (alternative Schätzung, vgl. oben). Tabelle 3 zeigt zum Vergleich die Grössenordnung des Einflusses anderer Bestimmungsfaktoren der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden auf, um die geschätzten Wirkungen des Gebäudeprogramms besser einordnen zu können. Der Vergleich bestätigt den Eindruck, dass in der Betrachtungsperiode 2010 bis 2014 neben dem Gebäudeprogramm diverse andere Einflussfaktoren im Gebäudebereich Effizienzsteigerungen sowie die Substitution von fossilen Energien ebenfalls begünstigt haben. So wären der Wärmebedarf des schweizerischen Gebäudeparks sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionen pro m<sup>2</sup> Gebäudefläche auch ohne das Gebäudeprogramm gesunken, z.B. aufgrund folgender Einflussfaktoren:

- Aktivitäten anderer Akteure resp. anderer Instrumente der Energie- und Klimapolitik (z.B. CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe, Energievorschriften, Informationsarbeit, Beratung, Weiterbildung) sowie Aktivitäten von Partnerakteuren (z.B. Umweltverbände, SIA, Minergie, EnAW).
- Drängende bauphysikalische Probleme bei bestehenden Bauten (Alterung und Defekt der Witterungsschicht, Bauschäden wie Schimmelbildung oder Komfortprobleme wegen ungenügender Dämmung oder energetisch schlechten Fenstern).
- Wirtschaftliche Faktoren, insbesondere die Entwicklung der Energiepreise.
- Entwicklung des Umweltbewusstseins von Bauherrschaften (höhere Sensibilisierung).
- Breiteres, günstigeres und zuverlässigeres Marktangebot sowie verbreitetes Know-how und mehr Fachleute im Bereich des energieeffizienten Bauens.

Tabelle 3: Quantifizierte Einflüsse auf die CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Gebäuden (Grössenordnungen)		
<u>Ohne</u> gezielten Eingriff der Energie- und Klimapolitik	Witterung („Zufällig“, je nach Vergleichsjahr) Mengeneffekte <sup>1)</sup> (über 5 Jahre betrachtet) (Durchschnitt resultierend aus ex-post-Analyse der Periode 2000-2013)	±0 bis ca. ±3,5 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr ca. +1,0 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren
	Substitution von Heizöl durch Erdgas (Durchschnitt resultierend aus Analyse der Periode 2000-2013)	ca. -0,1 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren
<u>Mit</u> gezieltem Eingriff der Energie- und Klimapolitik <sup>2)</sup>	Effizienzsteigerung (über 5 Jahre betrachtet) (Durchschnitt resultierend aus Analyse der Periode 2000-2013)	ca. -1,1 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren
	Substitution von fossilen Energien (Durchschnitt resultierend aus Analyse der Periode 2000-2013)	ca. -0,9 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren

Basis: ex-post-Analyse BFE 2014a. Auswertung: INFRAS. Weitergehende Erläuterungen vgl. Kap. 5.

1) Mengeneffekte: v.a. steigende beheizte Gebäudeflächen (absolut sowie pro Einwohner aufgrund Bevölkerungs-, Wirtschaftswachstum sowie gestiegenen Komfortbedürfnissen), steigender Warmwasserbedarf.

2) Die ex-post-Analysen des BFE nehmen keine Stellung dazu, welcher Anteil der Effizienzsteigerungen sowie der Substitution von fossilen Energien auf die Energie- und Klimapolitik resp. andere Einflussfaktoren (z.B. Energiepreise, Marktumfeld etc.) zurückzuführen ist. Bezogen auf eine Fünfjahresperiode (durchschnittlich, „top-down“ aus ex-post-Analyse zur Periode 2000-2013) führten Effizienzsteigerungen und die Substitution von fossilen Energien im Gebäudebereich zu einer Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von total rund 2 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr. Im Vergleich dazu macht die „bottom-up“ geschätzte, anhaltende Wirkung aus fünf Jahren Gebäudeprogramm mit 0,34 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr einen Anteil von unter einem Fünftel aus. Dies bestätigt den qualitativen Eindruck, dass die Entwicklung im Gebäudebereich neben dem Gebäudeprogramm durch viele andere Einflüsse mitbestimmt wurde.

## 1. Einleitung

### 1.1. Ausgangslage

Das Gebäudeprogramm wurde 2010 eingeführt und ist nun seit beinahe fünfzehn Jahren in Betrieb. Die rechtliche Grundlage ist das CO<sub>2</sub>-Gesetz. Die Finanzierung erfolgt über die Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Abgabe. Ein Drittel des Ertrags aus der CO<sub>2</sub>-Abgabe bzw. maximal 300 Mio. Fr. fliessen in das Gebäudeprogramm (Art. 34 CO<sub>2</sub>-Gesetz).

Mindestens zwei Drittel dieses Betrags werden zur Förderung von Massnahmen zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle verwendet. Dieser „Teil A“ des Gebäudeprogramms ist als national einheitliches Programm umgesetzt. Verantwortlich ist die Konferenz Kantonalen Energiedirektoren (EnDK).

Der Restbetrag wird in Form von Globalbeiträgen an unterschiedlich ausgestaltete kantonale Programme zur Förderung der Nutzung von erneuerbaren Energien und Abwärme ausbezahlt („Teil B“ des Gebäudeprogramms). Die Ausschüttung der Globalbeiträge an die Kantone (Art. 15 EnG) ist an die Bedingung geknüpft, dass die Kantone jeweils mindestens gleich viele eigene Mittel beisteuern.

<b>Tabelle 4: Bilanz Gebäudeprogramm, 2010 bis 2014</b>		
	<b>Fördergegenstände</b>	<b>Auszahlungen</b>
<b>Teil A</b>	17 Mio. m <sup>2</sup> Gebäudehüllenbauteile (davon knapp 2 Mio. m <sup>2</sup> Fenster)	616 Mio. Fr.
<b>Teil B<sup>1)</sup></b>	3200 Neubauten mit 2,3 Mio. m <sup>2</sup> Energiebezugsfläche	74 Mio. Fr.
	1400 energetische Gesamtsanierungen mit knapp 1 Mio. m <sup>2</sup> Energiebezugsfläche	44 Mio. Fr.
	4200 kleine Holzfeuerungen mit total über 100 MW thermischer Nennleistung	21 Mio. Fr.
	720 grosse Holzfeuerungen mit total über 320 MW thermischer Nennleistung	41 Mio. Fr.
	Rund 30'000 Solarkollektoranlagen mit total rund 320'000 m <sup>2</sup> Kollektorfläche	97 Mio. Fr.
	Rund 8500 Wärmepumpen mit total über 115 MW thermischer Nennleistung	51 Mio. Fr.
	Wärmenetze zur Nutzung von Holzenergie und Abwärme mit total knapp 4600 angeschlossenen Gebäuden	54 Mio. Fr.
	Kontrollierte Wohnungslüftungen mit Wärmerückgewinnung für knapp 1200 Wohneinheiten	2,5 Mio. Fr.
	Spezialmassnahmen, u.a. diverse Projekte zur Abwärmenutzung, haustechnische Massnahmen sowie spezielle Gesamtsanierungsprojekte	5,1 Mio. Fr.
	Total Teil B	389 Mio. Fr.
<b>Total Teil A/B 2010 bis 2014</b>		<b>1005 Mio. Fr.</b>

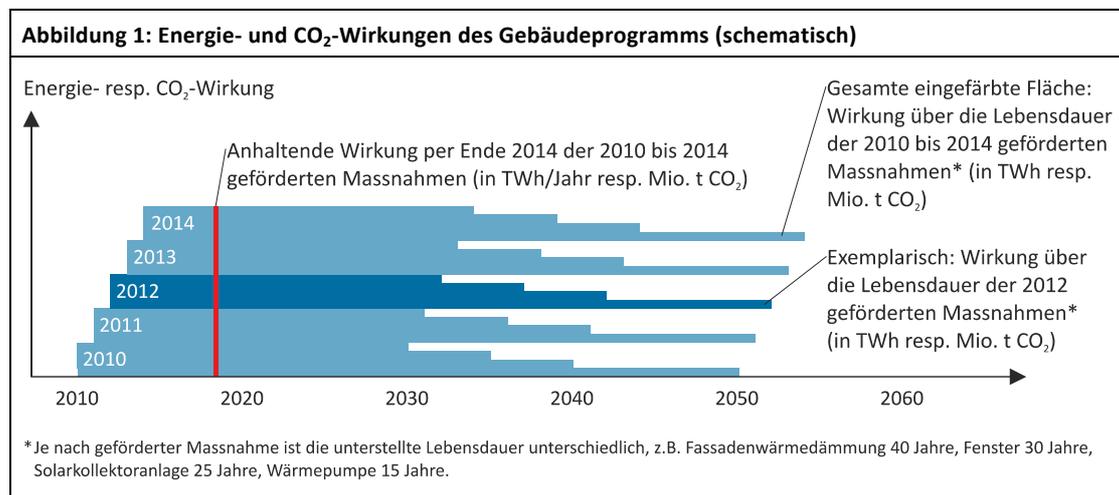
Datenquelle: nDLZ 2014a sowie Daten Gebäudeprogramm Teil B (Auswertung INFRAS).

1) Ein Teil der 2010 bis 2014 ausbezahlten Globalbeiträge wurde nicht über die CO<sub>2</sub>-Abgabe, sondern mit Mitteln aus dem ordentlichen Staatshaushalt des Bundes (u.a. Stabilisierungsprogramm 2009) finanziert, weil zwischen Förderzusage und Beitragsauszahlung z.T. mehrere Jahre vergehen können.

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 wurden mit standardisierten Wirkungsmodellen geschätzt, die in EFK 2014 im Detail analysiert und beschrieben sind.

Die Ergebnisse wurden in den Jahresberichten der nationalen Dienstleistungszentrale des Gebäudeprogramms publiziert (vgl. bspw. nDLZ 2013). Insgesamt sind für 2010 bis 2014 folgende Wirkungen dokumentiert:

- Anhaltende Energiewirkung per Ende 2014 der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen: 2,9 TWh pro Jahr
- Energiewirkung über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen: 77 TWh
- Anhaltende CO<sub>2</sub>-Wirkung per Ende 2014 der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen: 0,58 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr
- CO<sub>2</sub>-Wirkung über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen: 15 Mio. t CO<sub>2</sub>



Originalgrafik: nDLZ 2013.

## 1.2. Fragestellung

Art. 34 Abs. 4 des CO<sub>2</sub>-Gesetzes sieht vor, dass der Bundesrat 2015 der Bundesversammlung einen Bericht zur Wirkung des Gebäudeprogramms vorlegt. Aufgrund der in der CO<sub>2</sub>-Verordnung (Art. 110ff) und der Programmvereinbarung (Ziff. 8) vorgeschriebenen Berichterstattung der EnDK an den Bund sowie einer in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführten umfangreichen Evaluation der Eidgenössischen Finanzkontrolle (EFK 2014) liegen die wichtigsten Grundlagen für den Bericht des Bundesrates an das Parlament bereits vor. Im Rahmen der vorliegenden Zusatzanalyse werden folgende beiden Fragen vertieft:

- Gemäss Evaluation der EFK überschätzt das aktuelle Wirkungsmodell die Wirkung des Gebäudeprogramms auf Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Lässt sich diese Aussage bestätigen? Wie gross sind die Abweichungen in Bezug auf die ersten fünf Jahre des Gebäudeprogramms (2010 bis 2014)?

- In welchem Verhältnis stehen die Wirkungen des Gebäudeprogramms zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus Gebäuden?

### 1.3. Vorgehen

Diese Zusatzanalyse wird, wie gemäss Pflichtenheft vorgegeben (BFE 2015), auf Basis bestehender Studien durchgeführt (Basis: EFK 2014; durch INFRAS auf Basis von econcept/A+W 2011, TEP 2010, gfs 2014, nDLZ 2014b, BFE 2008a, BFE 2013 punktuell ergänzt). Das Vorgehen umfasst fünf Schritte:

1. Beurteilung der bestehenden Wirkungsschätzung hinsichtlich einer möglichen Über- oder Unterschätzung.
2. Alternative Schätzung, im Wesentlichen auf Basis des bestehenden Wirkungsmodells, allerdings mit veränderten technischen und sozioökonomischen Annahmen.
3. Vergleich der alternativen zur bestehenden Schätzung und Analyse der Differenz in Bezug auf die veränderten technischen und sozioökonomischen Annahmen.
4. Quantifizierung der Unsicherheiten in der alternativen Wirkungsschätzung im Rahmen einer Monte-Carlo-Simulation<sup>2</sup>.
5. Quantitativer Vergleich der alternativen Wirkungsschätzung mit anderen Bestimmungsfaktoren der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden.

Weil es aus Sicht der Autoren wichtig ist, dass die auf der technischen Detailebene angesiedelten Analyseergebnisse sinnvoll interpretiert werden können, werden diese im vorangestellten Kapitel 2 im grösseren Kontext gesamtbeurteilt.

---

<sup>2</sup> Mit einer Monte-Carlo-Simulation können die Unsicherheiten in einem berechneten Zielschätzwert (in diesem Fall die Wirkung des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014) numerisch quantifiziert werden (anstelle der meistens kaum möglichen resp. zu aufwändigen Quantifizierung über analytische Verfahren unter Berücksichtigung der Fehlerfortpflanzungsregeln). Als Ausgangslage dafür werden für jeden einzelnen Parameter des Schätzmodells (z.B. angenommene U-Werte) Unsicherheiten definiert (in Form von Erwartungswerten und Wahrscheinlichkeitsverteilungen für abweichende Werte). Für die Simulation wird auf dieser Basis jeder Parameterschätzwert zufällig festgelegt und der Zielschätzwert mit der Modellformel berechnet. Dieses Vorgehen so häufig wiederholt (z.B. 100'000-mal), bis die Unsicherheit in der Zielschätzgrösse genügend genau abgeschätzt werden kann (als Ergebnis der Monte-Carlo-Simulation erhält man die Wahrscheinlichkeitsverteilung zum Erwartungswert der Zielschätzgrösse).

## **2. Rück- und Ausblick auf die quantitative Wirkungsschätzung sowie Gesamtbeurteilung der Autoren**

Nach der Jahrtausendwende wurden die bereits ab 2001 angewandten Eckpfeiler einer wirksamen finanziellen Förderung im Harmonisierten Fördermodell der Kantone HFM verankert, das seit mehr als zehn Jahren zentrales Instrument der Förderung von Bund und Kantonen im Energiebereich ist (HFM 2003): Erstens wurde der Fördermassnahmenkatalog auf Massnahmen mit nachweislich relevanten Umsetzungshemmnissen fokussiert (v.a. müssen die geförderten Massnahmen mit Mehrinvestitionen sowie nicht amortisierbaren Kosten verbunden sein). Zweitens wurden die Förderbeitragsbedingungen so hoch angesetzt, dass die Massnahmen weit über die damals gängigen Marktstandards und erst recht weit über die gesetzlichen Anforderungen hinausgingen. Drittens wurden Minimalfördersätze definiert, so dass symbolische Förderbeiträge an sowieso umgesetzte Projekte vermieden werden konnten. Und viertens sollten Förderprogramme über längere Zeit angesetzt, breit beworben und mit Massnahmen in den Bereichen Aus- und Weiterbildung, Informationsarbeit und Beratung umfangreich flankiert werden. In dieser Ausgestaltung war und ist sichergestellt, dass die finanzielle Förderung wirksam ist und Mitnahmeeffekte möglichst gering gehalten werden können.

### **Entwicklung des ersten Wirkungsmodells**

Vor diesem Hintergrund wurden, als schweizweit mit total nur rund 30 Mio. Fr. pro Jahr gefördert wurde (2001), ein erstes Modell zur Schätzung der Energiewirkung der finanziellen Förderung entwickelt (erstmalig dokumentiert in BFE 2003/HFM 2003). Mangels empirischer Grundlagen und mit Ziel eines einfachen, transparenten und pragmatisch angelegten Wirkungsmodells wurde dabei auf den Einbezug sozioökonomischer Annahmen verzichtet. Die Energiewirkung entsprach der mit der geförderten Massnahme eingesparten Energie gegenüber dem Zustand vor der Umsetzung. Dieses Wirkungsmodell wurde – in Bezug auf die quantitativen Annahmen unverändert – für die Wirkungsanalysen kantonaler Förderprogramme 2004 bis 2007 (vgl. z.B. BFE 2008a) eingesetzt, welche die Basis für die Auszahlung von Globalbeiträgen an die Kantone bildeten.

### **Konzeptionelle Überarbeitung im Rahmen des Gebäudeprogramms der Stiftung Klimarappen (betrifft ausschliesslich Einzelbauteilmassnahmen an der Gebäudehülle)**

Mit der Konzipierung des Wirkungsmodells für das Gebäudeprogramm der Stiftung Klimarappen (dokumentiert in BFE 2006a und BFE 2006b) sowie im Zusammenhang mit der Erarbeitung des HFM 2007 wurden im Bereich der Einzelbauteilmassnahmen an der Gebäudehülle erstmalig konzeptionelle Modellanpassungen vorgenommen. In diesem Modell wurden auf Basis von

Expertenschätzungen sogenannte Mitnahmeeffekte definiert. So geht das Modell davon aus, dass bei geförderten Einzelbauteilmassnahmen an der Gebäudehülle ein Teil der Fördergeldempfänger auch ohne die finanzielle Förderung eine energetische Sanierung nach damals geltenden gesetzlichen Anforderungen durchgeführt hätte (BFE 2006a, BFE 2006b). Weil gleichzeitig allerdings die angenommenen U-Werte der Bauteile vor der Sanierung v.a. bei den Bauteilen Dach sowie jenen gegen unbeheizte Räume stark erhöht wurden, dürften die Modellanpassungen im Vergleich zu den Modellen gemäss HFM 2003/BFE 2003 insgesamt sogar eher zu einem geringen Anstieg der geschätzten Energiewirkungen von Einzelbauteilmassnahmen geführt haben (Einschätzung INFRAS, wurde nicht im Detail geprüft).

Die konzeptionelle Anpassung bei den Einzelbauteilmassnahmen der Gebäudehülle wurde beim Übergang vom HFM 2003 auf das HFM 2007 ebenfalls vorgenommen, das als Grundlage für die Wirkungsanalysen kantonaler Förderprogramme 2008 bis 2009 (vgl. z.B. BFE 2010a) eingesetzt wurde. In Bezug auf andere geförderte Massnahmen (Neubauten, Gesamtanierungen, Haustechnikmassnahmen) gab es mit wenigen Ausnahmen lediglich kleinere Nachführungen im bestehenden Wirkungsmodell mit eher geringer Auswirkung auf die resultierende Höhe der Energiewirkungen (dokumentiert sind die entsprechenden Wirkungsmodelle in BFE 2008b). Auf eine umfassende Überarbeitung des Modells wurde damals verzichtet. Insbesondere wurden sozioökonomische Aspekte bei allen anderen Massnahmen ausser den Einzelbauteilmassnahmen (erstmaliger Einbezug von Mitnahmeeffekten, vgl. oben) nach wie vor nicht einbezogen – u.a., weil keine empirischen Grundlagen zur Verfügung standen und die finanzielle Förderung nach wie vor konsequent gemäss den Kriterien der Wirksamkeit ausgestaltet war (festgelegt im HFM, vgl. oben).

### **Übergang im Rahmen der Gesamtrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes (Periode ab 2010)**

Mit der Gesamtrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes (in Kraft ab 2010) mussten sowohl das HFM wie auch das zugrundeliegende Wirkungsmodell zur Bemessung der Globalbeiträge an die Kantone überarbeitet werden. Dabei wurde das Modell um die CO<sub>2</sub>-Wirkungen ergänzt (standardisierte Berechnung in Übereinstimmung mit der CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung), die ab 2010 für die Ausrichtung von Globalbeiträgen an die Kantone massgeblich waren. Auf eine umfassende, konzeptionelle Überarbeitung des Modells wurde auch bei dieser Revision verzichtet. In den wesentlichen konzeptionellen Punkten wurde das Modell gemäss HFM 2007/BFE 2008b unverändert übernommen. Insbesondere wurde das bestehende Teilmodell zur Schätzung der Energiewirkungen nicht angepasst, so dass dieses im Vergleich zum neu erarbeiteten Teilmodell für die CO<sub>2</sub>-Wirkungsschätzung nicht in allen Punkten vollständig konsistent war (Modell wurde in HFM 2009 resp. BFE 2010b im Detail dokumentiert). 2012 wurde das HFM 2009 zwar ergänzt (revi-

dierte Fassung vom August 2012), Änderungen am Wirkungsmodellkonzept sowie den quantitativen Annahmen wurden dabei aber nicht vorgenommen.

#### **Lagebeurteilung im Jahr 2014**

Die Mittel, die der Bund für die finanzielle Förderung im Gebäudebereich zur Verfügung stellte, sind seit der Einführung der Globalbeiträge im Jahr 2000 (ca. 3 Mio. Fr.) bis 2008 (ca. 14 Mio. Fr.) stetig gestiegen. Finanziert wurden diese über das ordentliche Budget des Bundes. Nach einem sprunghaften Anstieg im Jahr 2009 – bedingt durch zusätzliche Mittel aus dem damals lancierten Stabilisierungsprogramm – wurden die durch den Bund zur Verfügung gestellten Fördermittel weiter gesteigert. Seit diese ab 2010 über die Teilzweckbindung der CO<sub>2</sub>-Abgabe finanziert werden konnten, erreichten die Fördermittel eine neue Grössenordnung: 2010 bis 2014 wurden im Rahmen des Gebäudeprogramms Teil A sowie über die Globalbeiträge an die Kantone schätzungsweise weit über 800 Mio. Fr. Mittel aus der CO<sub>2</sub>-Abgabe ausbezahlt – und sollen gemäss Energiestrategie bis 2020 sogar noch ausgebaut werden (BR 2013). Gemäss CO<sub>2</sub>-Gesetz ist der Bund dabei verpflichtet, die entsprechenden Mittel nach dem Kriterium der Wirksamkeit in Bezug auf die nationalen CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele einzusetzen. Diese Anforderung sowie das sprunghafte Wachstum der Fördermittel dürfte mit ein Grund gewesen sein, dass die Eidgenössische Finanzkontrolle die zugrunde gelegten Wirkungsmodelle gemäss HFM 2009 in einer aussergewöhnlich detaillierten Evaluation analysierte (EFK 2014). Neben einzelnen bedeutenden Kritikpunkten zu technischen Annahmen des Wirkungsmodells wirft EFK 2014 vor allem die Frage auf, ob unter heutigen und zukünftig absehbaren Rahmenbedingungen (hoher Mitteleinsatz, Gleichbehandlung mit anderen Instrumenten des CO<sub>2</sub>-Gesetzes, gestiegene Relevanz des Klimaschutzes) nicht zumindest versucht werden sollte, die Lücken aufgrund der fehlenden empirischen Grundlagen zu den sozioökonomischen Aspekten der Förderwirkung (v.a. Mitnahmeeffekte) über Grobschätzungen zu schliessen.

#### **Grobschätzungen zu sozioökonomischen Aspekten sind möglich, können aber empirisch kaum abgestützt werden**

Die Informationslage zu sozioökonomischen Aspekten der Förderwirkung ist tatsächlich immer noch unbefriedigend, obwohl dank Kundenumfragen zum Gebäudeprogramm Teil A zusätzliche Informationen erhoben wurden (gfs 2014). Diese Umfragen decken nämlich weder alle Massnahmen des Gebäudeprogramms ab, noch sind sie als alleinige empirische Grundlage ausreichend für eine umfassende Beurteilung von Förderwirkungen (nDLZ 2014b).

Grundsätzlich kann vermutet werden, dass sich Effizienzsteigerungen sowie die Substitution von fossilen Energien im Gebäudebereich seit 2010 auch ohne finanzielle Förderung beschleunigt hätten. Die Entwicklung der kantonalen Energievorschriften im Gebäudebereich

(schweizweite Umsetzung MuKE 2008) sowie die Verdichtung des Instrumentenmix der nationalen Energie- und Klimapolitik haben sich seither nämlich stark beschleunigt. Auch im Bauproduktmarkt und insbesondere im Neubauproduktmarkt ist mehr Bewegung entstanden. Diese Entwicklung erklärt eine heute vermehrt geäußerte Expertenmeinung: Viele energie- und klimapolitisch gewollte Massnahmen werden – aufgrund immer mehr darauf hinwirkenden, anderen Einflussfaktoren – auch ohne finanzielle Förderung umgesetzt.

**Fazit: Analyseergebnisse sollten nicht überbewertet werden. Die Förderung ist wirksam, weil sie gut ausgestaltet ist.**

Vor oben beschriebenem Hintergrund und unter Berücksichtigung der hohen Fördermittel ist die Forderung nach einer alternativen Wirkungsschätzung nachvollziehbar, mit der zumindest versucht wird, die effektiv zusätzlich bewirkten Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen der finanziellen Förderung zu quantifizieren – auch wenn dafür sozioökonomische Annahmen mit sehr hohen Unsicherheiten gemacht werden müssen. Die vorliegende Zusatzanalyse definiert solche Annahmen und zeigt zudem auf, dass auch einzelne technische Annahmen des Schätzmodells mit sehr hohen Unsicherheiten verbunden sind (insbesondere die U-Werte von Bauteilen vor der Sanierung), die ebenfalls einen starken Einfluss auf die resultierende Wirkungsschätzung haben.

Das Ergebnis überrascht nicht: Die in den Berichterstattungen ausgewiesenen Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen des Gebäudeprogramms sind „überschätzt“. Der Hauptgrund dafür – die nicht einbezogenen sozioökonomischen Aspekte der Förderwirkung – ist in der zugrunde gelegten Modelldokumentation im HFM aufgeführt und wurde 14 Jahre lang aus nachvollziehbaren Gründen nicht hinterfragt. Insgesamt sollten die quantitativen Ergebnisse dieser Zusatzanalyse daher nicht überbewertet werden, auch wenn sie die in EFK 2014 geäußerte Einschätzung der Wirkungsüberschätzung bestätigen. Die finanzielle Förderung im Gebäudebereich hat im energie- und klimapolitischen Instrumentenmix eine hohe strategische Bedeutung. Bei den bestehenden Bauten ist sie heute sogar Schlüsselinstrument, weil andere, theoretisch wirksamere Instrumente wie eine effektive Energiepreisenkung oder weitergehende Sanierungspflichten politisch bisher nicht umsetzbar sind. Fakt ist: Die Förderung wirkt, wenn die eingangs beschriebenen Eckpunkte bei ihrer Konzipierung berücksichtigt werden. Wichtig ist ausserdem zu beachten, dass die zugrunde gelegten Schätzmodelle aus methodischen Gründen ausschliesslich den direkten und unmittelbaren Einfluss der finanziellen Förderung abbilden. Bei Gebäudesanierungen beispielsweise liegt mit dem Modellergebnis eine Schätzung der Energieeinsparung vor, die dadurch erzielt wird, dass ein Fördergeldempfänger sein Gebäude aufgrund des finanziellen Anreizes früher, umfangreicher respektive qualitativ besser saniert hat. Die so quantifizierten Wirkungen blenden dabei die indirekten, langfristigen Einflüsse der Förderung

vollständig aus: Dieses mittlerweile rund 15 Jahre erfolgreich angewandte Politikinstrument hat das heutige Umfeld, in dem energetische Massnahmen im Gebäudebereich in gewissem Ausmass auch ohne finanzielle Förderung umgesetzt werden, zusammen mit anderen Treibern entscheidend mitgeprägt (Energievorschriften, Normen, Minergie, flankierende Massnahmen der öffentlichen Hand sowie Partnerorganisationen, Marktangebot und Knowhow im energieeffizienten Bauen, Umweltsensibilisierung von Gebäudeeigentümern etc.). Gerade die Vielfalt und die starke Verflechtung der unterschiedlichen Treiber sind heute der Schlüssel für weitere Fortschritte bei der energetischen Aufwertung des schweizerischen Gebäudeparks. Nur weil es methodisch nicht möglich ist, den langfristigen, „isolierten“ Einfluss eines einzelnen Treibers – in diesem Fall der finanziellen Förderung – zu quantifizieren, sollte die Bedeutung der Förderung nicht unterschätzt werden.

Mit der im Jahr 2014 gestarteten Revision des Harmonisierten Fördermodells der Kantone (HFM 2015) werden Bund und Kantone die Rolle der finanziellen Förderung weiter schärfen und diese vermehrt auf Massnahmen fokussieren, bei denen die Entwicklung noch harzt. So sollen die verfügbaren Fördermittel ab 2017 vor allem auf die Wärmedämmung von Fassaden, Dächern, Wänden und Böden gegen Erdreich sowie den Ersatz von Öl-, Gas- und Elektroheizungen konzentriert werden. Das Hauptziel liegt dabei – wie in der heutigen Förderung – auf möglichst ganzheitlichen Gebäudesanierungen. Damit wird sichergestellt, dass die Förderung wirksam bleibt und sich weiterhin effizient in den energie- und klimapolitischen Instrumentenmix einbettet. Bis der gemäss Energiestrategie geplante Übergang vom Förder- in ein Lenkungssystem geschafft ist, ist dies der bestmögliche Weg, um auch in der Zwischenzeit einen relevanten Beitrag an den Klimaschutz im Gebäudebereich zu leisten.

### 3. Beurteilung der bestehenden Wirkungsschätzung

#### 3.1. Grundsätzliches zum Wirkungsbegriff

Das Gebäudeprogramm wirkt direkt und indirekt:

- Als finanzieller Anreiz beeinflussen die Förderbeiträge die Investitionsentscheide von Bauherrschaften direkt und unmittelbar.
- Indirekt wirkt das Gebäudeprogramm, weil es das wirtschaftliche und gesellschaftliche Umfeld mitprägt, in dem die Bauherrschaften die Investitionsentscheide treffen (Beitrag an die Informationsverbreitung, Bewusstseinsbildung, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Marktangebots etc.).

Quantifiziert wird ausschliesslich die direkte Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms. Diese misst sich im Vergleich zu einer hypothetischen Situation, in der keine finanziellen Förderbeiträge ausbezahlt worden wären. Entscheidend ist also, ob und in welchem Ausmass Bauherrschaften ihre Gebäude aufgrund des finanziellen Anreizes früher, umfangreicher respektive qualitativ besser sanieren. Für die Quantifizierung stellen sich dabei zwei Fragen, eine technische und eine sozioökonomische:

- Welche Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung erzielen Massnahmen an Gebäudehülle und Haustechnik gegenüber dem Zustand vor der Umsetzung? Gefragt ist ein physikalisches Modell, um Energie- und CO<sub>2</sub>-Einspareffekte von Gebäudesanierungsmassnahmen zu quantifizieren.
- Welche Massnahmen an Gebäudehülle und Haustechnik hätten die Bauherrschaften im heutigen sowie zukünftig absehbaren wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Umfeld ohne die finanziellen Beiträge des Gebäudeprogramms umgesetzt? (Der Energie- und CO<sub>2</sub>-Einspareffekt dieser Massnahmen lässt sich dann wiederum mit dem oben erwähnten physikalischen Modell bestimmen.)

#### **Die Wirkung des Gebäudeprogramms ist nicht direkt messbar**

Für eine quantitative Schätzung der Programmwirkung müssen jeweils beide Fragen gleichwertig vertieft werden. So bräuchte eine aufwändige, statistisch verwertbare Messkampagne zum physikalischen Einspareffekt von Sanierungsmassnahmen keinen Zusatznutzen, solange nicht gleichzeitig die Unsicherheiten in der Einschätzung zum Investitionsverhalten ohne die finanzielle Förderung ebenso stark reduziert werden (z.B. durch spezifisch darauf ausgerichtete, umfangreiche Befragungen, Kontrollgruppenvergleiche, verhaltensökonomische Experimente etc.).

### 3.2. Einschätzungen zur bestehenden Schätzung gemäss heutigem Kenntnisstand

Ausgangslage für die Beurteilung der Wirkungsschätzung bilden die Erkenntnisse bestehender Studien (Tabelle 5), die in den folgenden Abschnitten 3.3 bis 3.7 erläutert werden.

Tabelle 5: Einschätzungen zur bestehenden quantitativen Wirkungsschätzung		
	Technische Aspekte	Sozioökonomische Aspekte
<b>Wärmedämmung (Teil A)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hohe Modellunsicherheiten, v.a. nicht einbezogener Nutzereinfluss (+/-)</li> <li>■ U-Werte vor der Sanierung: Generell sehr hohe Unsicherheiten (+/-)</li> <li>■ U Fenster, Dach vor Sanierung zu hoch (+)</li> <li>■ U Kellerdecke vor Sanierung zu tief (-)</li> <li>■ Anzahl Heizgradtage zu hoch (+)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mitnahmeeffekte zu gering (+)</li> <li>■ Zukünftige Entwicklung des Heizsystemmix nicht einbezogen (+)</li> </ul>
<b>Neubauten (Teil B)</b>	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Auch ohne Förderung würde besser wärmegeklämt als gesetzlich gefordert (+)</li> <li>■ Anteil fossile Heizsysteme bei Neubauten in Situation ohne Förderung zu hoch (+)</li> <li>■ Anteil Öl bei fossil beheizten Neubauten in Situation ohne Förderung zu hoch (+)</li> </ul>
<b>Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen (Teil B)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hohe Unsicherheiten bei der Abgrenzung von Gebäudehülle und Haustechnik (+/-)</li> <li>■ Technische Lebensdauer zu hoch, weil Beiträge v.a. haustechnikseitig wirken (+)</li> <li>■ Anteil fossil beheizter Gebäude an allen gesamtsanierten Gebäuden zu hoch (-)</li> <li>■ Anteil Öl-beheizte Gebäude an allen gesamtsanierten, fossil beheizten Gebäuden zu hoch (+)</li> </ul>	Keine Mitnahmeeffekte einbezogen (+)
<b>Einzelanlagen Haustechnik (Teil B)</b>	Betrifft nur Energie-, nicht CO <sub>2</sub> -Effekt: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bestandsgebäude: Anteil Erneuerbare vor der Massnahme nicht berücksichtigt (+)</li> <li>■ Anteil in Neubauten installierter Anlagen nicht berücksichtigt (+)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ersatz Holz- durch Holzheizung: Rückverlagerungsrisiko zu hoch (+)</li> <li>■ Keine Mitnahmeeffekte einbezogen (+)</li> <li>■ Anteil fossile Heizsysteme bei Neubauten in der hypothetischen Situation ohne Förderung zu hoch (+)</li> <li>■ Anteil Öl bei fossil beheizten Neubauten in Situation ohne Förderung zu hoch (+)</li> </ul>
<b>Generelle Aspekte (Teil A, Teil B)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Endenergiesicht bei Gesamtsanierungen und Neubauten nicht konsistent mit Nutzenergiesicht bei Einzelmassnahmen (+)</li> <li>■ Keine Nutzungsgrade angenommen (-)</li> <li>■ Kein Emissionsfaktor Strom einbezogen (-)</li> <li>■ Unterschiedliche Schätzansätze Teil A/B führen zu nicht gezähltem CO<sub>2</sub>-Effekt (-)</li> </ul>	–

Basis: EFK 2014 (durch INFRAS auf Basis von econcept/A+W 2011, TEP 2010, gfs 2014, nDLZ 2014b punktuell ergänzt)

(+) rot: Bestehende Wirkungsschätzung überschätzt die Wirkung des Gebäudeprogramms

(-) grün: Bestehende Wirkungsschätzung unterschätzt die Wirkung des Gebäudeprogramms

(+/-) grau: Sehr hohe Unsicherheit in der bestehenden Wirkungsschätzung ohne vermutete Über-/Unterschätzung

### 3.3. Wärmedämmung (Teil A)

#### Hohe Modellunsicherheiten, v.a. nicht einbezogener Nutzereinfluss (+/-)

Gebäudeprogramm Teil A, Wärmedämmung, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

##### Erläuterung

- Das Schätzmodell zum Gebäudeprogramm Teil A berücksichtigt ausschliesslich die Transmissionswärmeverluste, die mit der Wärmedämmung verringert werden (Ausnahme: Beim Fenster wird zusätzlich eine Reduktion des Lüftungswärmeverlusts angenommen).
- Damit vernachlässigt es diverse Einflussfaktoren, darunter auch die Gebäudenutzer, die einen starken Einfluss auf den Wärmeverbrauch eines Gebäudes haben.

##### Kurzbeurteilung

- Modell ist so stark vereinfacht, damit die Schätzung auf Basis von nur einer Angabe erfolgen kann ( $m^2$  wärmegeprägtes Bauteil).
- Unsicherheiten auf Stufe Einzelobjekt sind beträchtlich, v.a. für kleinere Gebäude. Mit dem vereinfachten SIA 380/1-Modell lässt sich der durchschnittliche Wärmeverbrauch für mehrere Gebäude aber relativ gut schätzen, wobei bei den U-Werten vor der Sanierung die grössten Parameterunsicherheiten zu verorten sind (econcept/A+W 2011).
- Zu beachten ist, dass bei der Einsparwirkungsschätzung nicht der absolute Verbrauch der Gebäude im Vordergrund steht, sondern die Differenz zwischen dem Gebäudezustand vor und nach der Sanierung. Der Einfluss der Nutzereffekte dürfte dadurch etwas weniger stark sein.

##### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation (allgemeine Erläuterung vgl. 1.3; Durchführung und Ergebnisse vgl. 4.3) werden bereits genügend hohe Parameterunsicherheiten berücksichtigt. Ein zusätzlicher möglicher Schätzfehler, begründet durch die beschriebene Modellunsicherheit, wird nicht berücksichtigt.

## U-Werte vor der Sanierung: Generell hohe Unsicherheiten (+/-), U-Wert Fenster zu hoch (+), U-Wert Dach zu hoch (+), U-Wert Kellerdecke zu tief (-)

Gebäudeprogramm Teil A, Wärmedämmung, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

### Erläuterung

- Als zentraler Parameter fliesst der U-Wert des Bauteils vor der Sanierung in das Modell ein.
- Gemäss Experteneinschätzungen in EFK 2014 sind die Unsicherheiten sehr hoch und die Werte für den Glas-U-Wert bei Fenstern überschätzt.
- econcept/A+W 2011 stellt insbesondere beim Dach fest, dass ein tieferer U-Wert vor der Sanierung allenfalls näher am effektiven Durchschnitt liegt.
- Der im Modell angenommene U-Wert für Bauteile gegen unbeheizte Räume liegt tiefer als in TEP 2010 für eine Stichprobe ausgewiesen (v.a. in Bezug auf Kellerdecken).

### Kurzbeurteilung

- Die Streuung auf Stufe Einzelobjekt ist tatsächlich sehr hoch (TEP 2010).
- Glas-U-Wert: TEP 2010 gibt für Glas-U-Wert alter Fenster 2,5 bis 3,0 W/m<sup>2</sup>K an, econcept/A+W 2011 verwendet für den Vergleich zwischen Gebäudemessungen und Berechnungen SIA 380/1 2,5 W/m<sup>2</sup>K und findet eine gute Übereinstimmung.
- Dach: TEP 2010 weist für Stichprobe einen Mittelwert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K und einen Medianwert von 0,6 W/m<sup>2</sup>K aus. econcept/A+W 2011 schätzt den Median als besser geeignet ein und findet eine gute Übereinstimmung zwischen Gebäudemessungen und Berechnungen SIA 380/1. Interessant ist, dass das ursprüngliche Wirkungsmodell gemäss HFM 2003/BFE 2003 ebenfalls einen Dach-U-Wert von 0,6 W/m<sup>2</sup>K vorsah, als die entsprechenden Grundlagen noch gar nicht verfügbar waren. Erst mit der Überarbeitung für das HFM 2007 (BFE 2008b) resp. für das Gebäudeprogramm der Stiftung Klimarappen wurde der Dach-U-Wert auf 1,0 W/m<sup>2</sup>K erhöht (BFE 2006a, BFE 2006b).
- Bauteile gegen unbeheizt: TEP 2010 weist für Stichprobe Mittelwerte/Mediane von 1,4/1,0 W/m<sup>2</sup>K für Estrichböden und 1,8/1,6 für Kellerdecken aus. econcept/A+W 2011 schätzt die Mediane als besser geeignet ein und findet eine gute Übereinstimmung zwischen Gebäudemessungen und Berechnungen SIA 380/1 (ursprüngliches Wirkungsmodell gemäss HFM 2003/BFE 2003 nahm 0,5 W/m<sup>2</sup>K an).

### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für die alternative Schätzung werden folgende neuen Schätzwerte definiert (Mediane gemäss TEP 2010):

- U-Glas: 2,5 W/m<sup>2</sup>K (anstatt 3,0 W/m<sup>2</sup>K)
- U-Dach: 0,6 W/m<sup>2</sup>K (anstatt 1,0 W/m<sup>2</sup>K)
- U-Wert Bauteile gegen unbeheizte Räume: 1,3 W/m<sup>2</sup>K (anstatt 1,0 W/m<sup>2</sup>K).

Zur Berücksichtigung der hohen Unsicherheiten werden in der Monte-Carlo-Simulation hohe Parameterunsicherheiten angesetzt.

## Anzahl Heizgradtage zu hoch (+)

Gebäudeprogramm Teil A, Wärmedämmung, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

### Erläuterung

- Das Schätzmodell zum Gebäudeprogramm Teil A berücksichtigt als zentralen Parameter 3700 Heizgradtage.
- Dieser Wert liegt gemäss EFK 2014 zu hoch.

### Kurzbeurteilung

- Heizgradtag-Zeitreihe Gesamtenergiestatistik BFE 2014b: Mittelwert Heizgradtage 1970-2013: 3455, 1990-2013: 3326, 2000-2013: 3274 (Standortgewichtung über Wohnbevölkerung)
- Der Wert von 3700 ist im Vergleich dazu zu hoch angesetzt. Dazu kommt, dass die Lebensdauer der sanierten Bauteile zur Bestimmung der Wirkung bis nach 2050 reicht – die Heizgradtage werden in dieser Periode aufgrund der Klimaerwärmung tiefer liegen als heute.

### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für die alternative Schätzung werden 3250 Heizgradtage angesetzt (anstatt 3700), unter Berücksichtigung der möglichen zukünftigen Abnahme aufgrund der Klimaerwärmung.

## Wärmedämmung: Mitnahmeeffekte zu gering (+)

Gebäudeprogramm Teil A, Wärmedämmung, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

### Erläuterung

- Mit dem „Mitnahmeeffekt“ in Bezug auf den Energie- und CO<sub>2</sub>-Einspareffekt ggü. dem Zustand vor der Sanierung ist gemeint, welcher Anteil dieses Einspareffekts in der Situation ohne finanzielle Förderung über die Lebensdauer der geförderten Massnahme erzielt worden wäre. Ein Teil der Bauherrschaften hätten Wärmedämmmassnahmen nämlich auch ohne Förderung entweder sofort oder im Zeitverlauf bis zum Ende der Lebensdauer der geförderten Massnahme umgesetzt.
- Die an EFK 2014 beteiligten Experten schätzen den für Gebäudeprogramm Teil A angenommenen Mitnahmeeffekt als zu gering bis viel zu gering ein.
- Einige Experten schlagen sogar vor, den Auslöseeffekt der finanziellen Förderung ganz zu vernachlässigen: Förderung bewirke lediglich eine höhere energetische Qualität bei sowieso durchgeführten Sanierungen.

### Kurzbeurteilung

- Bei der Wirkungsschätzung Gebäudeprogramm Teil A sind Mitnahmeeffekte von insgesamt rund 25% berücksichtigt (d.h.: bezogen auf 100% physikalische Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung ggü. dem Zustand vor der Sanierung sind gemäss Schätzung 75% alleine auf die Förderung zurückzuführen).
- Die Umfragen zum Gebäudeprogramm (gfs 2014, nDLZ 2014b) deuten an, dass der Mitnahmeeffekt höher liegt. Je nach Umfragejahr sagten 21% (2010), 30% (2012), 37% (2014) der Fördergeldempfänger aus, dass die Förderung weder Einfluss auf Umfang noch Qualität der Sanierung hatte. 30% (2010), 11% (2012) resp. 29% (2014) sagten aus, dass sie aufgrund der Förderung lediglich qualitativ besser saniert haben.
- Weil der Qualitätseffekt der Förderung aufgrund der hohen gesetzlichen Anforderungen 2010 bis 2014 nur noch geringe Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen mit sich brachte, lägen die Mitnahmeeffekte basierend auf diesen Umfrageergebnissen tatsächlich markant höher als 25%.
- Die Umfragen zeigen allerdings nicht, dass die Förderung keinen Auslöseeffekt hat (in diesem Fall würde der Mitnahmeeffekt bei über 90% liegen).

### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

- Für die alternative Schätzung werden mangels anderer empirischer Grundlagen zu Mitnahmeeffekten die Umfrageergebnisse gemäss gfs 2014 zugrunde gelegt.
- Angesetzt wird der Mittelwert aus den drei Umfragen 2010, 2012 und 2013. Es ergibt sich ein Mitnahmeeffekt von rund 50% (Mittelwert aus 21%+0,9\*30%, 30%+0,9\*11%, 37%+0,9\*29%; Hinweis: Der Faktor 0,9 wird angewandt, weil der Mitnahmeeffekt bei jenen Projekten, bei denen die Förderung lediglich einen Qualitätseffekt hatte, rund 90% beträgt, da die gesetzlichen Anforderungen sehr nahe an der Förder-Anforderung liegen.<sup>3</sup>)
- Es liegen keine Grundlagen vor, um die Mitnahmeeffekte nach Bauteilen zu differenzieren, der Mitnahmeeffekt von 50% wird pauschal für Gebäudeprogramm Teil A angesetzt.

<sup>3</sup> Beispiel zur Erläuterung: Bei einer energetischen Fassadensanierung ist gesetzlich ein U-Wert von höchstens 0,25 W/m<sup>2</sup>K gefordert. In Fällen, in denen das Gebäudeprogramm ausschliesslich zu einer qualitativen Verbesserung der energetischen Sanierung geführt hat und keinen Einfluss auf deren Umfang hatte, bewirkt das Programm höchstens eine Verbesserung des U-Werts von 0,25 W/m<sup>2</sup>K auf den durch das Gebäudeprogramm geforderten U-Wert von 0,20 W/m<sup>2</sup>K. Dies entspricht einer bewirkten Verbesserung von 0,05 W/m<sup>2</sup>K, während sich der Zustand der Fassade von 1,0 W/m<sup>2</sup>K (Annahme vor der Sanierung) um 0,80 W/m<sup>2</sup>K auf 0,20 W/m<sup>2</sup>K verbessert. Der Anteil dieses energetischen Effekts, der auch ohne Förderung realisiert worden wäre, beträgt in diesem Fall 94% [= 100% - (0,05 / 0,80 \* 100)%]. Aufgrund dieser Überlegungen wurde der oben angewandte Pauschalfaktor von 0,9 (rund 90%) angesetzt.

## Wärmedämmung: Zukünftige Entwicklung des Heizsystemmix nicht einbezogen (+)

Gebäudeprogramm Teil A, Wärmedämmung, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

### Erläuterung

- Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkung, die der Förderung zum Sanierungszeitpunkt unterstellt wird, wird über die Annahme einer technischen Lebensdauer der durchgeführten Sanierungsmaßnahme bestimmt.
- So wird bei Wärmedämmmaßnahmen die jährliche Wirkung der Förderung im ersten Jahr mit 40 Jahren, bei Fenstern mit 30 Jahren multipliziert.
- Zur Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Wirkung der Förderung wird ausserdem das heute installierte Heizsystem herangezogen, bei Gebäudeprogramm Teil A zu rund 80% ein fossiles Heizsystem.
- EFK 2014 hält es nicht für realistisch, dass in 30 bis 40 Jahren (um das Jahr 2050) alle diese heute fossil beheizten Gebäude noch fossil beheizt sind. In der Konsequenz werde die CO<sub>2</sub>-Wirkung der Wärmedämmmaßnahmen dadurch überschätzt.

### Kurzbeurteilung

- Die bestehenden Wirkungsmodelle ziehen solche „dynamischen“ Effekte möglicher zukünftiger Entwicklungen nicht mit ein. Dies trägt zur Überschätzung der CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms Teil A bei.
- Zugute gehalten werden muss den bestehenden Modellen, dass die bisherige Entwicklung weg von den fossilen Heizsystemen trotz intensiver Energie- und Klimapolitik sehr langsam verläuft. Auf Basis der aktuellen Studie von W&P 2014 lässt sich grob abschätzen, dass in bestehenden Bauten pro Jahr lediglich ca. 0,7% der fossilen Heizungen durch nicht-fossile Systeme ersetzt werden (der Markt wird dominiert von Heizungserneuerungen ohne Systemwechsel). Diese Substitution dürfte v.a. durch die Entwicklung bei den Ölheizungen getrieben sein.

### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

- Für die alternative Schätzung wird von der Grobschätzung der Rate von 0,7% p.a. ausgegangen, mit der fossile Heizsysteme durch nicht fossile ersetzt werden
- Aus heutiger Sicht ist kaum abschätzbar, ob sich diese Rate beschleunigt; sie wird daher im Zeitverlauf konstant angenommen, womit von heute bis in 40 Jahren rund 25% der heute bestehenden fossilen Heizungen ersetzt sind (im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation werden entsprechend hohe Parameterunsicherheiten berücksichtigt, vgl. 1.3 sowie 4.3).
- Für die alternative Schätzung wird davon ausgegangen, dass dieser Rückgang v.a. bei den Ölheizungen (-15%-Punkte der insgesamt -25%-Punkte) stattfindet (Gasheizungen: -10%-Punkte der insgesamt -25%-Punkte).

### 3.4. Neubauten (Teil B)

#### Ohne Förderung würde besser wärmedämmt als gesetzlich gefordert (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Neubauten, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

##### Erläuterung

- Für die hypothetische Situation ohne Förderung wird angenommen, dass der Wärmebedarf Raumwärme und Warmwasser des entsprechenden Neubaus genau den Anforderungen gemäss MuKE 2008 resp. SIA 380/1:2009 entspricht.
- Hierbei wird hinterfragt (EFK 2014), ob dies der richtige Referenzfall ist: Wären z.B. wirklich alle geförderten Minergie-P-Neubauten genau nach Gesetz gebaut worden, wenn nicht gefördert worden wäre?

##### Kurzbeurteilung

- Für Gebäudeprogramm Teil B wurden aus methodischen Gründen keine „Mitnahmeeffekte“ bei Neubauten angenommen, Referenz ist ein Neubau nach Gesetz.
- Es gibt Hinweise darauf, dass diese Annahmen zu einer Überschätzung der Wirkung führen: Erstens wurde 2010 bis 2014 der grösste Teil der effizienten Neubauten in der Schweiz ohne Fördergelder gebaut (Vergleich Minergie-Datenbank-Auszug, Minergie 2015, mit Auswertung Förderprojekte). Zweitens zeigt sich selbst bei „herkömmlichen“ Neubauten, dass deren Gebäudehülle im Durchschnitt besser wärmedämmt wird als gesetzlich gefordert (Haldi-Spieker 2014).

##### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für die alternative Schätzung wird im Modell davon ausgegangen, dass die Gebäudehülle der geförderten Neubauten in der hypothetischen Situation ohne Förderung um rund 5% besser wärmedämmt ist als gesetzlich gefordert (grob abgestützt auf Haldi-Spieker 2014): Wärmebedarf Raumwärme und Warmwasser Referenzneubau in hypothetischer Situation ohne Förderung:  $95\% \cdot 60 \text{ kWh/m}^2$  EBF für Wohnbauten,  $95\% \cdot 53 \text{ kWh/m}^2$  EBF für Nicht-Wohnbauten.

### Anteil fossile Heizsysteme bei Neubauten in der Situation ohne Förderung zu hoch (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Neubauten, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

Erläuterung	Kurzbeurteilung	Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ In der bestehenden Wirkungsschätzung wird von einem Anteil fossiler Heizsysteme bei Neubauten in der Situation ohne Förderung (Referenzneubau) von 57% bei Wohnbauten resp. 82% bei Nicht-Wohnbauten ausgegangen.</li> <li>▪ Gemäss EFK 2014 sind diese Anteile zu hoch angesetzt, die CO<sub>2</sub>-Wirkung der Förderung von Neubauten wird dadurch überschätzt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die hohen Anteile fossiler Heizsysteme bei herkömmlichen Neubauten stammen noch aus den alten Energieperspektiven.</li> <li>▪ Eine aktuelle Studie (W&amp;P 2014) zeigt, dass die Anteile bei Neubauten wesentlich tiefer liegen (2010-2013: EFH unter 10%, MFH ca. 15%, Nicht-Wohnen unter 20%)</li> </ul>	<p>Für die alternative Schätzung werden folgende Werte angesetzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 15% fossiler Anteil bei Wohnbauten</li> <li>▪ 20% fossiler Anteil bei Nicht-Wohnbauten</li> </ul>

### Anteil Öl bei fossil beheizten Neubauten in Situation ohne Förderung zu hoch (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Neubauten, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

Erläuterung	Kurzbeurteilung	Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ In der bestehenden Wirkungsschätzung wird für fossil beheizte Neubauten von einem Anteil Öl von 33% (Wohnbauten) resp. 55% (Nicht-Wohnbauten) ausgegangen.</li> <li>▪ Diese Anteile sind in Bezug auf die Periode 2010 bis 2014 zu hoch angesetzt und tragen zur Überschätzung der CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms bei.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die hohen Anteile von Ölheizungen bei fossil beheizten Neubauten stammen noch aus den alten Energieperspektiven.</li> <li>▪ Aktuellere Marktdaten von Wüest&amp;Partner (die bei der Entwicklung des HFM 2009 noch nicht vorlagen) zeigen hingegen, dass inzwischen Ölheizungen im Neubaumarkt stark an Marktanteilen verloren haben (vgl. bspw. Haustech 2009)</li> </ul>	<p>Für die alternative Schätzung wird der Anteil Öl bei herkömmlichen, fossil beheizten Neubauten auf 10% reduziert (Grobschätzung auf Basis Haustech 2009).</p>

### 3.5. Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen (Teil B)

#### Hohe Unsicherheiten bei der Abgrenzung von Gebäudehülle und Haustechnik (+/-)

Gebäudeprogramm Teil B, Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

##### Erläuterung

Weil im Gebäudeprogramm Teil B bei Förderbeiträgen an Gesamtsanierungen nur noch Wirkung für die Sanierung der Haustechnik angerechnet werden kann (Hülle ist über Teil A abgedeckt), muss eine Wirkungsabgrenzung vorgenommen werden, die mit sehr hohen Unsicherheiten verbunden ist (EFK 2014).

##### Kurzbeurteilung

- Die Abgrenzung bringt zusätzliche Unsicherheiten in das Schätzmodell, weil eine Gebäudehüllenqualität angenommen werden muss, um die Wirkung der Heizsystemseitigen Massnahmen abzuschätzen.
- Angesetzt wird pauschal der Wärmebedarf eines MuKEN-2008-Neubaus. Diese Annahme führt gemäss Kurzbeurteilung nicht zu einer systematischen Über- oder Unterschätzung der Wirkung – die Unsicherheiten sind aber vergleichsweise hoch.

##### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Die mit der Annahme verbundenen Unsicherheiten werden im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation berücksichtigt.

#### Technische Lebensdauer zu hoch, weil Beiträge v.a. haustechnikseitig wirken (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

##### Erläuterung

- Der im Modell abgebildete Substitutionseffekt macht den grössten Teil der durch diese Fördermassnahmen erzielten Wirkung aus (der Einspareffekt der zusätzlichen, Gebäudehüllenseitigen Verbesserungen im Vergleich zu einem mit Gebäudeprogramm Teil A sanierten Gebäude ist im Vergleich zum Substitutionseffekt gering).
- Die Wirkung entsteht also v.a. über die Sanierung der Haustechnik. Deshalb ist die angenommene technische Lebensdauer für die Hochrechnung der Wirkung über die Lebensdauer zu hoch angesetzt.

##### Kurzbeurteilung

- Für die Hochrechnung der Jahreswirkung auf die Wirkung über Lebensdauer werden für Wohnbauten 40 und für Nicht-Wohnbauten 30 Jahre angesetzt. Diese Annahmen führen vermutlich tatsächlich zu einer Wirkungsüberschätzung, was die Haustechnik-Boni des Gebäudeprogramms Teil B angeht.
- Die mit den Förderbeiträgen Teil B unterstützten Haustechnikmassnahmen (Heizungersatz) haben gemäss Annahmen zu anderen Haustechnikmassnahmen Teil B eine kürzere Lebensdauer (15 bis 25 Jahre).

##### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für die alternative Schätzung wird die technische Lebensdauer der betroffenen Massnahmen pauschal auf 20 Jahre angepasst.

## Anteil fossil beheizter Gebäude an allen gesanisierten Gebäuden zu hoch (-)

Gebäudeprogramm Teil B, Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

### Erläuterung

- Im bestehenden Schätzmodell wird davon ausgegangen, dass der Anteil fossil beheizter, gemäss Förderbeitragsanforderungen gesanzierter Gebäude 40% (Minergie, Wohnen), 45% (Minergie, Nicht-Wohnen), 9% (Minergie-P, Wohnen) resp. 18% (Minergie-P, Nicht-Wohnen) beträgt.
- Diese Anteile sind für die Periode 2010 bis 2014 vermutlich zu hoch angesetzt, wodurch die Substitutionswirkung des Gebäudeprogramms mit dem bestehenden Schätzmodell tendenziell unterschätzt wird.

### Kurzbeurteilung

- Die Anteile wurden auf Basis einer Auswertung der Minergie-Datenbank festgelegt. Allerdings standen zum Zeitpunkt der Überarbeitung nur wenige Minergie-Sanierungsprojekte zur Verfügung (Minergie-Anforderungen haben per 1.1.2009 geändert, die Auswertung wurde im August 2009 durchgeführt).
- W&P 2014 lässt vermuten, dass die Anteile für 2010 bis 2014 zu hoch angesetzt sind. Der Grossteil der Gesamtsanierungen dürfte mit der Erhebungsmethode von Wüest & Partner (Auswertung Baubewilligungen) nämlich erfasst sein. In diesem Marktsegment (umfassender Umbau) liegen die fossilen Anteile tiefer (2013 bspw. EFH: 18%, MFH: 36%, Nicht-Wohnen: 22%).
- Diese Anteile gemäss W&P 2014 beziehen sich auf alle bewilligungspflichtigen Umbauten – gefördert wurden im Gebäudeprogramm aber ausschliesslich energetisch vorbildliche Gesamtsanierungen (mindestens Minergie). Die Anteile bei den geförderten Gesamtsanierungen dürften daher noch tiefer liegen.

### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für die alternative Schätzung werden die fossilen Anteile nach erfolgter Gesamtsanierung pauschal auf 25% (Minergie Wohnen, Minergie Nicht-Wohnen), 5% (Minergie-P Wohnen) und 10% (Minergie-P Nicht-Wohnen) reduziert (Grob-schätzung INFRAS auf Basis vorliegender Informationen).

### Anteil Öl-beheizte Gebäude an allen gesamtsanierten, fossil beheizten Gebäuden zu hoch (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

#### Erläuterung

- In der bestehenden Wirkungsschätzung wird für fossil beheizte, gemäss Förderbeitragsanforderungen gesamtsanierte Gebäude von einem Öl-Anteil von rund 75% (Wohnbauten) resp. 53% (Nicht-Wohnbauten) ausgegangen.
- Diese Anteile sind in Bezug auf die Periode 2010 bis 2014 vermutlich zu hoch angesetzt und tragen potenziell zur Überschätzung der CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms bei.

#### Kurzbeurteilung

- Die hohen Anteile von Ölheizungen bei fossil beheizten, gesamtsanierten Gebäude stammen noch aus den alten Energieperspektiven.
- Marktdaten von Wüest&Partner zeigen hingegen, dass Ölheizungen im Marktsegment bewilligungspflichtiger Sanierungen wie bei den Neubauten stark an Marktanteilen verloren haben (vgl. bspw. Haustech 2009). Wird eine bewilligungspflichtige Sanierung mit Installation einer fossilen Heizung vorgenommen (und die geförderten Sanierungen sind in der Regel bewilligungspflichtig), ist die häufigste Variante die Gasheizung.

#### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für die alternative Schätzung werden die Öl-Anteile nach erfolgter Gesamtsanierung mit Installation einer fossilen Heizung pauschal auf 30% reduziert (Grobschätzung INFRAS auf Basis vorliegender Informationen).

### Keine Mitnahmeeffekte einbezogen (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

#### Erläuterung

In den Wirkungsmodellen zum Gebäudeprogramm Teil B werden aus methodischen Gründen keine Mitnahmeeffekte einbezogen (nicht genügend belastbare Grundlagen). Die Wirkung der Förderung wird dadurch überschätzt.

#### Kurzbeurteilung

- Die Wirkung wird aufgrund der Vernachlässigung überschätzt.
- Allerdings gibt es keine empirischen Grundlagen zur Festlegung einer konkreten Höhe der Mitnahmeeffekte, auch die Grössenordnung ist schwierig einzuordnen (dies war bei der Entwicklung der Modelle der Grund, wieso auf die Berücksichtigung von Mitnahmeeffekten verzichtet wurde).
- BFE/BAFU 2015b empfiehlt für Kompensationsprojekte bei einem Heizungersatz Mitnahmeeffekte von 30% (MFH) bis 40% (EFH), allerdings ebenfalls ohne sich auf empirische Grundlagen abstützen zu können.

#### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Mitnahmeeffekte von 0% sind sehr unwahrscheinlich. Mangels empirischer Grundlagen wird für die alternative Schätzung auf BFE/BAFU 2015b abgestützt und pauschal 35% Mitnahmeeffekt angesetzt. D.h.: 35% des energetischen Substitutionseffekts der Massnahme über deren Lebensdauer ggü. dem Zustand vor der Sanierung wäre auch ohne Förderung realisiert worden.

### 3.6. Einzelanlagen Haustechnik (Teil B)

**Betrifft nur den Energie-, nicht den CO<sub>2</sub>-Effekt:**

**- Bestandsgebäude: Anteil Erneuerbare vor der Massnahme nicht berücksichtigt (+)**

**- Anteil in Neubauten installierter Anlagen nicht berücksichtigt (+)**

Gebäudeprogramm Teil B, Einzelanlagen Haustechnik, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

#### Erläuterung

- Bei der Installation von Wärmeerzeugungsanlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie bei den Wärmenetzen wird jeweils die volle Wärmeproduktion als nutzenergie-seitige Energiewirkung gerechnet (Bsp.: Holzheizung erzeugt 100 MWh/a Wärme → Energiewirkung beträgt 100 MWh/a). Mit dieser Energiewirkungsannahme wird implizit davon ausgegangen, dass mit der installierten Anlage immer 100% Nutzenergie aus nicht erneuerbarer Energie substituiert wird. Weil es keine Förderbedingung gibt, die sicherstellt, dass in jedem Fall eine Öl-, Gas- oder Elektroheizung ersetzt wird, ist diese Annahme bei der Installation von Anlagen in bestehenden Gebäuden nicht realistisch (Bestandsgebäude sind je nach Quelle zu 5% bis 15% mit erneuerbaren Energien beheizt; beim Ersatz von Holz durch Holzheizungen 100%).
- Akzentuiert wird die Problematik zusätzlich dadurch, dass bei der Energiewirkungsannahme (vgl. oben) nicht berücksichtigt wird, dass ein Teil der geförderten Anlagen in Neubauten installiert wurde (Anteil unbekannt).

#### Kurzbeurteilung

- Das HFM 2009 definierte bei den Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien die Wärmeproduktion als Energiewirkung. Diesbezüglich besteht eine gewisse Inkonsistenz zur Definition der Energiewirkung.
- Weil gemäss Kurzbeurteilung ein gewisser (eher geringer) Anteil der geförderten Anlagen in Gebäuden installiert wurden, in denen vor der Sanierung kein fossiles oder direkt-elektrisches System installiert war, dürfte die Energiewirkung mit dem bestehenden Modell eher überschätzt werden.
- Dass ein Teil der geförderten Wärmeerzeugungsanlagen resp. Wärmenetzanschlüsse in Neubauten installiert wurde, ist ebenfalls anzunehmen. Dadurch verstärkt sich die Überschätzung.

Hinweis: Als 2010 das HFM um die CO<sub>2</sub>-Wirkungen ergänzt wurde, wurden diese Erkenntnisse berücksichtigt. Für die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Wirkung wurden entsprechende Annahmen dazu gemacht, wie hoch der Anteil nicht fossil beheizter Bestandsbauten liegt (rund 80%) und welcher Anteil der Anlagen in Neubauten installiert wurden (rund 20%). Die Energiewirkungen wurden damals aber nicht angepasst.

#### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

- Im Rahmen der alternativen Schätzung werden die Annahmen gemäss HFM 2009 zur CO<sub>2</sub>-Wirkung auch für die Bestimmung der Energiewirkung übernommen.
- Ausserdem werden die Unsicherheiten bei der Schätzung des Anteils in Neubauten installierter Anlagen in der Monte-Carlo-Simulation relativ hoch angesetzt.

### Ersatz Holz- durch Holzheizung: Rückverlagerungsrisiko zu hoch (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Einzelanlagen Haustechnik, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

#### Erläuterung

Beim Ersatz von Holz- durch Holzfeuerungen wird in den bestehenden Schätzmodellen davon ausgegangen, dass ohne die finanzielle Förderung in rund 75% aller Fälle ein fossiles Heizsystem installiert worden wäre. Dieses Rückverlagerungsrisiko liegt gemäss EFK 2014 viel zu hoch.

#### Kurzbeurteilung

- Das Rückverlagerungsrisiko wurde bei der Entwicklung der Wirkungsmodelle grob eingeschätzt (auf Basis einer Experteneinschätzung).
- In einer Kurzbeurteilung unter heutigen Marktverhältnissen wird das Risiko hingegen als gering, aber nicht als Null betrachtet. Empirische Grundlagen zu dieser Fragestellung gibt es keine.

#### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Ohne auf empirische Grundlagen abstützen zu können, wird in der alternativen Schätzung von einem Rückverlagerungsrisiko von 5% ausgegangen.

### Keine Mitnahmeeffekte einbezogen (+)

Gebäudeprogramm Teil B, Einzelanlagen Haustechnik, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

#### Erläuterung

In den Wirkungsmodellen zum Gebäudeprogramm Teil B werden aus methodischen Gründen keine Mitnahmeeffekte einbezogen (nicht genügend belastbare Grundlagen). Die Wirkung der Förderung wird dadurch überschätzt.

#### Kurzbeurteilung

- Die Wirkung wird aufgrund der Vernachlässigung überschätzt. Allerdings gibt es keine empirischen Grundlagen zur Festlegung einer konkreten Höhe der Mitnahmeeffekte, auch die Grössenordnung ist schwierig einzuordnen.
- BFE/BAFU 2015b empfiehlt für Kompensationsprojekte bei einem Heizungsersatz Mitnahmeeffekte von 30% (MFH) bis 40% (EFH), allerdings ebenfalls ohne sich auf empirische Grundlagen abstützen zu können.

#### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Konsistent zum Haustechnik-Bonus für Gesamtsanierungen (vgl. oben) wird für die alternative Schätzung auf BFE/BAFU 2015b abgestützt und pauschal 35% Mitnahmeeffekt angesetzt. D.h.: 35% des energetischen Substitutionseffekts der Massnahme über deren Lebensdauer ggü. dem Zustand vor der Sanierung wäre auch ohne Förderung realisiert worden.

**- Anteil fossile Heizsysteme bei Neubauten in der hypothetischen Situation ohne Förderung zu hoch (+)**

**- Anteil Öl bei fossil beheizten Neubauten in Situation ohne Förderung zu hoch (+)**

Gebäudeprogramm Teil B, Einzelanlagen Haustechnik, sozioökonomischer Aspekt der Wirkungsschätzung

**Erläuterung**

- Analog zur Einschätzung bei Neubauten: Das bestehende Wirkungsmodell berücksichtigt bezüglich CO<sub>2</sub>-Effekt bei den Heizungsersatzmassnahmen, dass ein Teil der Anlagen in Neubauten installiert wurde (rund 20%). Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Wirkung wird dabei von einem Anteil fossiler Heizsysteme bei Neubauten in der Situation ohne Förderung (Referenzneubau) von 57% bei Wohnbauten resp. 82% bei Nicht-Wohnbauten ausgegangen. Ergänzend wird für fossil beheizte Neubauten von einem Anteil Öl von rund 33% ausgegangen.
- Diese Anteile sind in Bezug auf die Periode 2010 bis 2014 zu hoch angesetzt und tragen zur Überschätzung der CO<sub>2</sub>-Wirkung des Gebäudeprogramms bei.

**Kurzbeurteilung**

- Die hohen Anteile fossiler Heizsysteme resp. Ölheizungen bei herkömmlichen Neubauten stammen noch aus den alten Energieperspektiven, als die Wirkungsmodelle entwickelt wurden.
- Eine aktuelle Studie (W&P 2014) zeigt, dass die Anteile bei Neubauten wesentlich tiefer liegen (2010-2013: EFH unter 10%, MFH ca. 15%, Nicht-Wohnen unter 20%). Insbesondere Ölheizungen haben im Neubaumarkt stark an Marktanteilen verloren (vgl. bspw. Haustech 2009).

**Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3**

Für die alternative Schätzung werden folgende Werte angesetzt:

- 15% fossiler Anteil bei Wohnneubauten
- 20% fossiler Anteil bei Nicht-Wohnbauten
- 10% Anteil Öl bei herkömmlichen, fossil beheizten Neubauten

### 3.7. Generelle Aspekte (Teil A und Teil B)

#### Endenergiesicht bei Gesamtanierungen und Neubauten nicht konsistent mit Nutzenergiesicht bei Einzelmassnahmen (+)

Gebäudeprogramm Teil A und Teil B, generell, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

##### Erläuterung

- Die Aufsummierung der Wirkungen bei Gesamtanierungen resp. Neubauten sowie jenen bei Einzelbauteilen resp. Einzelanlagen ist nicht konsistent dokumentiert.
- Bei den Heizungsersatzmassnahmen und bei den Wärmedämmmassnahmen wird die Wirkung auf Stufe Nutzenergie ausgewiesen, während bei Neubauten die Energiewirkung auf Endenergieniveau in die Schätzung einfliesst.

##### Kurzbeurteilung

- Die Nutzenergiesicht eignet sich gemäss Kurzbeurteilung besser, weil sich die Wirkungen von Energiespar- und Substitutionsmassnahmen ohne Berücksichtigung von Fragen zum Heizsystem aufsummieren lassen.
- Die konsequente Bewertung aus Nutzenergiesicht führt bei Neubauten und Gesamtanierungen zu einer geringeren Energiewirkung als gemäss bestehender Berichterstattung ausgewiesen. Diese Reduktion ist aber auf die Bewertungsmethodik zurückzuführen und hat nichts mit der eigentlichen Wirkung des Gebäudeprogramms zu tun.

##### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für die alternative Schätzung wird im Modell die aus methodischer Sicht am besten geeignete Definition der Energiewirkung konsequent angewandt (Energiewirkung = Summe aus eingesparter Nutzenergie und zusätzlich substituierter Nutzenergie aus nicht erneuerbaren Energiequellen).

### Keine Nutzungsgrade angenommen (-)

Gebäudeprogramm Teil A und Teil B, generell, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

Erläuterung	Kurzbeurteilung	Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3
<p>Das Schätzmodell zum Gebäudeprogramm Teil A berücksichtigt bei der Umrechnung der Nutzenergieeinsparung in die CO<sub>2</sub>-Einsparung keine Nutzungsgrade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei der Umrechnung werden gemäss HFM 2009 keine Nutzungsgrade verwendet. Begründet wird dieses Vorgehen mit der durch die Wärmedämmung verringerten Ausnutzung der sog. freien Wärme.</li> <li>▪ Diese Begründung kann im Detail nicht mehr nachvollzogen werden (analog zur Beurteilung gemäss EFK 2014)<sup>4</sup>. Insgesamt dürfte der Nicht-Einbezug von Nutzungsgraden zu einer Unterschätzung der ausgewiesenen Wirkung führen.</li> </ul>	<p>Für die alternative Schätzung werden Nutzungsgrade der Raumwärmeerzeugung berücksichtigt (Öl: 0,8; Gas: 0,85; WP: 3,0).</p>

<sup>4</sup> Es ist zu erwähnen, dass aus Kostengründen sowie mangels dringendem Bedarf für eine genauere Schätzung am Wirkungsmodell seit 2001 zwar mehrfach kleinere Nachführungen erfolgt sind, aber nie eine umfassende Überarbeitung vorgenommen wurde. Das hat u.a. auch dazu geführt, dass einige bereits vor mehr als 10 Jahren erfolgte Annahmen heute nicht mehr vollständig nachvollzogen werden können, da im Auftragsrahmen jeweils bewusst auf eine aufwändige, sehr detaillierte Dokumentation verzichtet wurde und nur die grundlegenden Informationen dokumentiert wurden. Alle Annahmen wurden jeweils von der AG Erfolgskontrolle der EnFK gesichtet und genehmigt.

## Unterschiedliche Schätzansätze in Teil A/B führen zu nicht gezähltem CO<sub>2</sub>-Effekt (-)

Gebäudeprogramm Teil A und Teil B, generell, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

### Erläuterung

Gemäss EFK 2014 wird potenziell zu wenig CO<sub>2</sub>-Wirkung gezählt, wenn aufgrund der formalen Aufteilung des Gebäudeprogramm in Teil A und B Bauherrschaften zeitlich gestaffelt Beiträge beantragen (zuerst für die Gebäudehülle von Teil A, dann für den Ersatz der Heizung von Teil B – oder umgekehrt).

### Kurzbeurteilung

- Die Einschätzungen gemäss EFK 2014 (Abschnitt 3.6.3) sind grundsätzlich richtig.
- Es gibt keine Grundlagen zur Beurteilung, wie viele Bauherrschaften in der Zeitperiode 2010 bis 2014 sowohl Fördergelder von Teil A wie auch Teil B beantragt haben.
- Insgesamt dürfte die dadurch begründete Unterschätzung der CO<sub>2</sub>-Wirkung aber eher moderat ausfallen (Einschätzung INFRAS, Gründe: Die Problematik ist vermutlich nur bei einem eher geringen Anteil der Projekte relevant; die Unsicherheiten bei der Abschätzung der Wärmeproduktion von Einzelanlagen sind im Vergleich dazu vermutlich höher).

### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Für eine Korrektur im Rahmen der alternativen Wirkungsschätzung fehlen die Grundlagen. Aus Sicht von INFRAS wird diese Problematik über angemessene Parameterunsicherheiten in der Monte-Carlo-Simulation genügend berücksichtigt.

## Kein Emissionsfaktor für Strom einbezogen (-)

Gebäudeprogramm Teil A und Teil B, generell, technischer Aspekt der Wirkungsschätzung

### Erläuterung

Die bestehenden Wirkungsmodelle berücksichtigen in Bezug auf Stromeinsparungen keinen Emissionsfaktor. Dies führt potenziell zu einer Unterschätzung der Wirkungen.

### Kurzbeurteilung

- Grund für die Nicht-Berücksichtigung sind die Vorgaben gemäss CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung, die wiederum mit europäischen resp. internationalen Regelungen konsistent sind.
- Mit der revidierten CO<sub>2</sub>-Verordnung resp. den Regelungen für Kompensationsprojekte wurde ein Emissionsfaktor eingeführt, der die Emissionen der Stromproduktion in der Schweiz abbildet (0,024 kg CO<sub>2</sub>/kWh)
- Dieser Emissionsfaktor bildet aus technischer Sicht nur einen geringen Teil der Emissionsreduktion ab, die mit einer eingesparten kWh Strom einhergehen (ESU 2012).
- Weil das Gebäudeprogramm nicht vorwiegend auf Stromeinsparungen fokussiert und mit der Förderung von Wärmepumpen und Wohnungslüftungen ein (eher geringer) „Gegeneffekt“ erzeugt wird, dürfte die Unterschätzung der effektiven Wirkung des Gebäudeprogramms eher moderat ausfallen.

### Umgang im Rahmen der alternativen Schätzung in Kap. 3

Aus einer technischen Sicht müssen durch das Gebäudeprogramm effektiv bewirkte CO<sub>2</sub>-Reduktionen dank Stromeinsparungen auch einbezogen werden. Für die alternative Schätzung wird der Emissionsfaktor des Lieferantenstrommix der Schweiz angesetzt (rund 0,12 kg CO<sub>2</sub>/kWh in Anlehnung an ESU 2012).

## 4. Alternative Wirkungsschätzung

### 4.1. Annahmen

Um die bestehende Wirkungsschätzung aus quantitativer Sicht beurteilen zu können, werden die Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen des Gebäudeprogramms 2010 bis 2014 über die Lebensdauer der geförderten Massnahmen neu geschätzt. Verwendet wird im Wesentlichen das gleiche Wirkungsmodell, wobei dessen Annahmen auf Basis der Ausführungen im Kap. 3 verändert resp. ergänzt werden (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Annahmen für die alternative Schätzung der Wirkung über die Lebensdauer		
	Technische Aspekte	Sozioökonomische Aspekte
<b>Wärmedämmung (Teil A)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ U-Glas vor Sanierung: 2,5 W/m<sup>2</sup>K (anstatt 3,0 W/m<sup>2</sup>K)</li> <li>▪ U-Dach vor Sanierung: 0,6 W/m<sup>2</sup>K (anstatt 1,0 W/m<sup>2</sup>K)</li> <li>▪ U-Bauteil gegen unbeheizte Räume vor Sanierung 1,3 W/m<sup>2</sup>K (anstatt 1,0 W/m<sup>2</sup>K).</li> <li>▪ 3250 Heizgradtage (anstatt 3700)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anteil des Einspareffekts über die Lebensdauer, der auch ohne finanzielle Förderung erzielt worden wäre: 50% (anstatt 25%)</li> <li>▪ Anteil heute installierter fossiler Heizungen, die bis in 40 Jahren durch nicht-fossile Systeme ersetzt sind: 25% (anstatt 0%). Dabei: -15%-Punkte bei Öl-, -10%-Punkte bei Gasheizungen.</li> </ul>
<b>Neubauten (Teil B)</b>	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wärmebedarf Raumwärme und Warmwasser Referenzneubau in Situation ohne Förderung: 95%*60 kWh/m<sup>2</sup> EBF für Wohnbauten (anstatt 60 kWh/m<sup>2</sup> EBF), 95%*53 kWh/m<sup>2</sup> EBF für Nicht-Wohnbauten (anstatt 53 kWh/m<sup>2</sup> EBF)</li> <li>▪ 15% fossiler Anteil bei Wohnneubauten (anstatt 57%), 20% fossiler Anteil bei Nicht-Wohnbauten (anstatt 82%)</li> <li>▪ 10% Anteil Öl bei fossil beheizten Neubauten (anstatt 33% für Wohnbauten resp. 55% für Nicht-Wohnbauten)</li> </ul>
<b>Haustechnik-Boni Gesamt-sanierungen (Teil B)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Technische Lebensdauer: Durchschnittlich 20 Jahre (anstatt 40/30 Jahre für Wohn-/Nicht-Wohnbauten).</li> <li>▪ Fossile Anteile nach Sanierung 25% bei Minergie-Bauten (anstatt 40%), 5% bei Minergie-P-Wohnbauten (anstatt 9%) und 10% bei Minergie-P Nicht-Wohnbauten (anstatt 18%)</li> <li>▪ Öl-Anteile bei fossil beheizten Gebäuden nach Sanierung 30% (anstatt 75%/53% bei Wohn-/Nicht-Wohnbauten)</li> </ul>	Anteil des Substitutionseffekts über die Lebensdauer, der auch ohne finanzielle Förderung erzielt worden wäre: 35% (anstatt 0%).
<b>Einzelanlagen Haustechnik (Teil B)</b>	<p>Für die Bestimmung des Energieeffekts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anteil erneuerbar beheizte Bestandsgebäude vor der Massnahme 10% (anstatt 0%).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rückverlagerungsrisiko bei Ersatz Holz-Holz: 5% (anstatt 75%).</li> <li>▪ Anteil des Substitutionseffekts über die Lebensdauer, der auch ohne Förderung</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anteil in Neubauten installierter Anlagen 20% (anstatt 0%).</li> </ul>	<p>erzielt worden wäre: 35% (anstatt 0%).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 15% fossiler Anteil bei Wohnneubauten (anstatt 57%), 20% fossiler Anteil bei Nicht-Wohnbauten (anstatt 82%)</li> <li>▪ 10% Anteil Öl bei fossil beheizten Neubauten (anstatt 33% für Wohnbauten resp. 55% für Nicht-Wohnbauten)</li> </ul>
<b>Generelle Aspekte für Teil A/B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Korrektur Energiewirkung Neubauten und Gesamtsanierungen, so dass konsistent mit Definition „Energiewirkung = Summe aus eingesparter Nutzenergie und zusätzlich substituierter Nutzenergie aus nicht erneuerbaren Energiequellen“.</li> <li>▪ Einbezug Nutzungsgrade: Öl/Gas/Elektro 0,8/0,85/0,95 (anstatt 1); WP 3,0 (in bestehendem Modell nicht relevant, da kein Emissionsfaktor Strom)</li> <li>▪ Emissionsfaktor Strom 0,12 kg CO<sub>2</sub>/kWh (anstatt 0 kg CO<sub>2</sub>/kWh)</li> </ul>	–

#### **Anhaltende Wirkungen des Gebäudeprogramms per Ende 2014: Keine vertiefte, alternative Schätzung möglich**

Ob und wie stark die per Ende 2014 anhaltenden Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen des Gebäudeprogramms (in MWh/Jahr resp. t CO<sub>2</sub>/Jahr) mit den bestehenden Schätzmodellen überschätzt werden, wird in dieser Zusatzanalyse nicht vertieft untersucht. Dafür wären weitergehende konzeptionelle Modellarbeiten nötig, um die Wirkungen über die Lebensdauer der geförderten Massnahmen im Zeitverlauf für jedes Jahr zu quantifizieren. Die bestehenden, „statischen“ Modelle gemäss HFM 2009 weisen – methodisch bedingt – eine im Zeitverlauf konstante anhaltende Wirkung aus. Begründet ist dieses Vorgehen damit, dass Fördergelder immer dann in Anspruch genommen werden, wenn sowieso eine Massnahme umgesetzt wird (im Fall einer Fassadenwärmedämmung eine Pinselsanierung resp. eine energetische Sanierung nach Gesetz, im Fall eines Heizungersatzes z.B. die Erneuerung der bestehenden Heizung). Das heisst: Auch im angenommenen Referenzfall ohne Förderung wird zum Zeitpunkt „Null“ zumindest eine Instandhaltungs- oder Erneuerungsmassnahme umgesetzt und danach über die relevante Lebensdauer keine weitergehende Massnahme mehr ergriffen.

Aus qualitativer Sicht gibt es hingegen durchaus Hinweise, dass die Energie- und CO<sub>2</sub>-Wirkungen der Förderung nicht konstant anfallen, sondern zum Umsetzungszeitpunkt höher liegen als im Jahresdurchschnitt über die Lebensdauer der geförderten Massnahmen und dann im Zeitverlauf abnehmen:

- Die Befragungen zum Gebäudeprogramm Teil A (gfs 2014, nDLZ 2014b) zeigen, dass ein relevanter Anteil (rund 20% bis 30%, je nach Befragungsjahr) der befragten Fördergeldempfänger angibt, die energetische Sanierung aufgrund der Förderung zeitlich vorgezogen zu ha-

ben. Bei den entsprechenden Projekten erzielt die Förderung also vorwiegend in den ersten Jahren ab Sanierungszeitpunkt Wirkung und sinkt danach ab (wie stark, hängt davon ab, ob die entsprechenden Fördergeldempfänger dank der Förderung zusätzlich qualitativ besser saniert haben). Dieser Aspekt dürfte auch die Förderung im Bereich der Wärmeerzeugung betreffen, allerdings gibt es dazu keine empirischen Grundlagen.

- Bei der sehr langen Betrachtungsdauer im Fall von Wärmedämmmassnahmen (40 Jahre, d.h. bis nach 2050) ist es durchaus denkbar, dass bei einem relevanten Anteil der Gebäude heute ohne die finanzielle Förderung zwar nur eine Pinselsanierung durchgeführt, dann aber vor Ablauf der 40 Jahre eine energetische Sanierung des entsprechenden Bauteils vorgenommen worden wäre (z.B. nach 30 Jahren resp. z.B. etwa 2040). Auch bei solchen Projekten erzielt die Förderung im zukünftigen Zeitverlauf keine konstante, sondern eine abnehmende, anhaltende Wirkung.
- Bei heute fossil beheizten Gebäuden wirkt die finanzielle Förderung von Wärmedämmmassnahmen in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu Beginn stark (eingespart wird Nutzwärme aus fossilen Energien). Weil angenommen werden kann, dass in einem relevanten Anteil der entsprechenden Gebäude innerhalb der folgenden 40 Jahre das Heizsystem durch ein nicht fossiles System ausgetauscht wird, nimmt die CO<sub>2</sub>-Wirkung bei solchen Projekten im Zeitverlauf ab.

Weil nicht auf vorliegende konzeptionelle Grundlagenarbeiten zurückgegriffen werden kann, wird für die alternative analog zur bestehenden Schätzung pauschal angenommen, dass die anhaltenden Energie- resp. CO<sub>2</sub>-Wirkungen des Gebäudeprogramms im Zeitverlauf konstant anfallen.

## 4.2. Ergebnis und Analyse der Differenz zur bestehenden Wirkungsschätzung

Mit den gemäss Abschnitt 4.1 veränderten technischen und sozioökonomischen Annahmen ergibt sich gegenüber der bestehenden Schätzung eine um rund 40% (CO<sub>2</sub>) resp. 55% (Nutzenergie) geringere Wirkung über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen.

<b>Tabelle 7: Alternative Schätzung der Wirkungen über die Lebensdauer der geförderten Massnahmen</b>				
Bestehende und alternative Wirkungsschätzung im Vergleich				
	TWh		Mio. t CO <sub>2</sub>	
Bestehende Schätzung der Wirkung über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen	77 (100% <sub>NE</sub> )		15 (100% <sub>CO2</sub> )	
Differenz aufgrund veränderter technischer Annahmen im Schätzmodell (vgl. Tabelle 6)	-23 (-30% <sub>NE</sub> )		+0,36 (+2,3% <sub>CO2</sub> )	
Differenz aufgrund veränderter sozioökonomischer Annahmen im Schätzmodell (vgl. Tabelle 6)	-19 (-25% <sub>NE</sub> )		-6,7 (-44% <sub>CO2</sub> )	
Alternative Schätzung der Wirkung über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen	35 (45% <sub>NE</sub> )		9,1 (59% <sub>CO2</sub> )	
Detailanalyse der Differenz zwischen bestehender und alternativer Schätzung				
	Technische Aspekte		Sozioökonomische Aspekte	
	TWh	Mio. t CO <sub>2</sub>	TWh	Mio. t CO <sub>2</sub>
Total	-23 (-30% <sub>NE</sub> )	+0,36 (+2,3% <sub>CO2</sub> )	-19 (-25% <sub>NE</sub> )	-6,7 (-44% <sub>CO2</sub> )
Wärmedämmung (Teil A)	-12 (-16% <sub>NE</sub> )	-3,6 (-24% <sub>CO2</sub> )	-7,9 (-10% <sub>NE</sub> )	-2,9 (-19% <sub>CO2</sub> )
Neubauten (Teil B)	–	–	-2,2 (-2,9% <sub>NE</sub> )	-0,68 (-4,4% <sub>CO2</sub> )
Haustechnik-Boni Gesamtsanierungen (Teil B)	-0,30 (-0,39% <sub>NE</sub> )	-0,12 (-0,79% <sub>CO2</sub> )	-0,24 (-0,31% <sub>NE</sub> )	-0,061 (-0,39% <sub>CO2</sub> )
Einzelanlagen Haustechnik (Teil B)	-7,7 (-10% <sub>NE</sub> )	–	-8,6 (-11% <sub>NE</sub> )	-3,1 (-20% <sub>CO2</sub> )
Generelle Aspekte für Teil A/B	-3,3 (-4,2% <sub>NE</sub> )	+4,1 (+27% <sub>CO2</sub> )	–	–

Alternative Schätzung Wirkungen über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen inkl. Analyse der Differenz zur bestehenden Schätzung. Ergebnisse Modellrechnungen INFRAS (gerundet auf zwei signifikante Stellen).

### **CO<sub>2</sub>-Wirkung über die Lebensdauer: Differenz zur alternativen Schätzung erklärt sich ausschliesslich über die veränderten sozioökonomischen Annahmen**

Die Differenz zwischen bestehender und alternativer Schätzung der CO<sub>2</sub>-Wirkung erklärt sich alleine über die veränderten sozioökonomischen Annahmen. Am stärksten ins Gewicht fallen dabei die erhöhten Mitnahmeeffekte zum Sanierungszeitpunkt bei Gebäudeprogramm Teil A sowie deren erstmalige Berücksichtigung bei Massnahmen des Teils B. Vergrössert wird die Differenz zusätzlich durch die sozioökonomischen Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der heute installierten fossilen Heizungen beim Teil A, jenen zu den Anteilen fossiler Heizungen beim Referenzneubau sowie jenen zum Rückverlagerungsrisiko beim Ersatz von Holz- durch Holzheizungen.

Nicht zur Differenz tragen die veränderten technischen Annahmen bei, weil sich deren Effekte gegenseitig aufheben. Die geringere Anzahl Heizgradtage sowie der reduzierte Dach-U-Wert vor Sanierung im Teil A des Gebäudeprogramms sind dabei Haupttreiber der vermuteten Überschätzung, die v.a. durch den konsequenten Einbezug von Nutzungsgraden annähernd wieder kompensiert werden.

### **Energiewirkung über die Lebensdauer: bestehende und alternative Schätzung aufgrund einer Definitionsbereinigung nur bedingt vergleichbar**

Wie in EFK 2014 festgehalten, wird aus den Dokumenten zu den bestehenden Wirkungsmodellen nicht eindeutig klar, ob die Energiewirkung auf Stufe Nutz- oder Endenergie ausgewiesen wird:

- Bei den Wärmedämmmassnahmen des Teils A werden im bestehenden Modell keine Nutzungsgrade einbezogen. Ohne weitere Vorkenntnisse müsste daraus abgeleitet werden, dass die Wirkung auf Stufe Nutzenergie ausgewiesen wird. Die Informationen im HFM 2009 deuten hingegen an, dass trotzdem die Endenergiewirkung gemeint ist und der Effekt des Nutzungsgrads durch andere Effekte kompensiert wird (u.a. durch die verringerte Ausnutzung der sog. „freien Wärme“). Diese Begründung kann – wie auch in EFK 2014 vermerkt – nicht mehr im Detail nachvollzogen werden (vgl. dazu die Erläuterung unter Fussnote 4, S. 28).
- Bei der Installation von Wärmeerzeugungsanlagen des Teils B werden im Modell ebenfalls keine Nutzungsgrade einbezogen. Bei diesen Massnahmen ist die Energiewirkung auf Stufe Nutzenergie ausgewiesen (Wärme am Ausgang des Erzeugers). Diese Betrachtung ist aus methodischer Sicht am besten geeignet, weil auf Stufe Nutzenergie Einspar- und Substitutionseffekte sinnvoll aufsummiert werden können, ohne das Heizsystem einbeziehen zu müssen.
- Bei den Gesamtanierungen (Haustechnik-Boni) sowie bei den Neubauten ist die Energiewirkung im bestehenden Modell auf Stufe Endenergie ausgewiesen.

Für die alternative Schätzung wird die Energiewirkung für alle Massnahmen auf Stufe Nutzenergie ausgewiesen. V.a. bedingt durch die geringere Anzahl Heizgradtage sowie der reduzierte Dach-U-Wert vor Sanierung im Teil A des Gebäudeprogramms hat dies zur Folge, dass die Differenz zur bestehenden Schätzung bei der Energiewirkung höher ausfällt als bei der CO<sub>2</sub>-Wirkung (kompensierender Effekt der Nutzungsgrade fällt weg).

Zwei weitere technische Annahmen tragen in starkem Ausmass zur Differenz zwischen bestehender und alternativer Schätzung bei. Erstens wird bei den Haustechnik-Einzelanlagen (Teil B) berücksichtigt, dass ein Teil dieser Anlagen in Neubauten installiert wurde, in denen die Energiewirkung viel geringer ist, weil diese auch ohne Förderung zu einem relevanten Anteil mit erneuerbaren Energien versorgt werden. Zweitens wird bei den in bestehenden Bauten installierten Anlagen berücksichtigt, dass in einem geringen Anteil dieser Bauten bereits vor der Installation erneuerbare Energien zur Wärmeerzeugung genutzt wurden. Einzige Ausnahme bilden dabei die Wärmepumpen, die gemäss Vorgaben des HFM 2009 nur Fördergelder erhalten haben sollten, wenn effektiv eine fossile oder direkt-elektrische Heizung ersetzt worden ist.

Die veränderten sozioökonomischen Annahmen tragen zusätzlich stark zur Differenz bei. Die erhöhten Mitnahmeeffekte zum Sanierungszeitpunkt bei Gebäudeprogramm Teil A sowie deren erstmalige Berücksichtigung bei Massnahmen des Teils B sind auch bei der Energiewirkung der Hauptgrund dafür. Der Unterschied zur CO<sub>2</sub>-Wirkung besteht v.a. darin, dass die sozioökonomischen Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der heute installierten fossilen Heizungen beim Teil A sowie jenen zu den Anteilen von Ölheizungen beim Referenzneubau keinen Einfluss auf die Energiewirkung haben.

#### Anhaltende Wirkungen per Ende 2014

Weil für die alternative Schätzung mangels konzeptioneller Grundlagen angenommen wird, dass die Wirkungen des Gebäudeprogramms bis zum Ende der Lebensdauer der geförderten Massnahmen im Zeitverlauf konstant anfallen, gelten die Ergebnisse gemäss Tabelle 7 grundsätzlich auch für die anhaltenden Wirkungen (unter Vorbehalt der qualitativen Hinweise darauf, dass die anhaltenden Wirkungen heute vermutlich eher höher liegen und im Zeitverlauf abnehmen, vgl. Kap. 4.1).

<b>Tabelle 8: Anhaltende Wirkungen per Ende 2014 der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen</b>		
	Bestehende Schätzung	Alternative Schätzung
Anhaltende Energiewirkungen	2,9 TWh/Jahr (100% <sub>NEa</sub> )	1,3 TWh/Jahr (45% <sub>NEa</sub> )
Anhaltende CO <sub>2</sub> -Wirkungen	0,58 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr (100% <sub>CO2a</sub> )	0,34 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr (59% <sub>CO2a</sub> )

Alternative Schätzung anhaltende Wirkungen (gerundet auf zwei signifikante Stellen). Keine Neumodellierung durch INFRAS (Grundannahme gemäss bestehendem Wirkungsmodell: konstante Wirkungen im Zeitverlauf).

### 4.3. Quantifizierung der Schätzunsicherheiten (Monte-Carlo-Simulation)

Die Unsicherheiten der alternativen Schätzung betragen gemäss einer Grobschätzung mit einer Monte-Carlo-Simulation bis zu  $\pm 30\%$  (Tabelle 9).

<b>Tabelle 9: Unsicherheiten der alternativen Wirkungsschätzung</b>				
	<b>Bestehende Schätzung</b>	<b>Alternative Schätzung</b>		
		Wahrscheinlichster Wert	2,5%-Quantil	97,5% Quantil
Anhaltende Energiewirkung per Ende 2014 der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen (TWh/Jahr)	2,9	1,3	0,95	1,7
Energiewirkung über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen (TWh)	77	35	26	46
Anhaltende CO <sub>2</sub> -Wirkung per Ende 2014 der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen (Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr)	0,58	0,34	0,25	0,44
CO <sub>2</sub> -Wirkung über die Lebensdauer der 2010 bis 2014 geförderten Massnahmen (Mio. t CO <sub>2</sub> )	15	9,1	6,7	12

Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulation (gerundet auf zwei signifikante Stellen). Allgemeine Erläuterung zur Monte-Carlo-Simulation vgl. 1.3. Erläuterung zum Begriff „Quantil“: Die effektive Wirkung des Gebäudeprogramms liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% innerhalb des Intervalls, das durch das 2,5%-Quantil und das 97,5%-Quantil begrenzt ist.

### Hintergrundinformationen zum Vorgehen

Als Grundlage für die Abschätzung wurden im Rahmen einer eigenen Kurzeinschätzung für alle Parameter des Schätzmodells entsprechende Parameterunsicherheiten definiert (das Schätzmodell umfasst total über 150 Parameter, wovon 65 auf erhobenen Daten basieren). Dabei wurde pauschal auf Dreiecksverteilungen<sup>5</sup> abgestützt, so dass vermutete, asymmetrische Unsicherheiten ebenfalls einfach abgebildet werden konnten. Eine anschliessende Sensitivitätsanalyse zeigte, dass die Unsicherheit in der Wirkungsschätzung zum grössten Teil durch vier Parameter bestimmt wird (Tabelle 10).

<sup>5</sup> Eine Dreiecksverteilung ist definiert durch einen wahrscheinlichsten Wert ( $c$ ; entspricht dem Parameterschätzwert), einen minimalen Wert ( $a \leq c$ ) und einen maximalen Wert ( $b \geq c$ ). Die Wahrscheinlichkeit, dass der geschätzte Modellparameter effektiv tiefer liegt als ( $c$ ), nimmt von ( $c$ ) nach ( $a$ ) linear ab. Die Wahrscheinlichkeit, dass der geschätzte Modellparameter effektiv tiefer liegt als ( $a$ ), beträgt Null. Das gleiche gilt – umgekehrt – für eine mögliche Parameterunterschätzung. Die Summe der Wahrscheinlichkeiten aller möglichen Parameterwerte beträgt dabei 100%.

<b>Tabelle 10: Parameter mit dominantem Einfluss auf die Unsicherheit in der Wirkungsschätzung</b>			
<b>Parameter des Schätzmodells</b>	<b>Schätz- wert</b>	<b>Minimal- wert</b>	<b>Maxi- malwert</b>
Anteil des Nutzwärme-Einspareffekts von Wärmedämmmassnahmen über die Lebensdauer, der auch ohne finanzielle Förderung erzielt worden wäre	50%	30%	80%
Anteil heute installierter Ölheizungen in Gebäuden mit geförderter Wärmedämmmassnahme, die bis zum Ende derer Lebensdauer (40 Jahre) durch nicht-fossile Systeme ersetzt sind	15%	5%	60%
Anteil des Substitutionseffekts über die Lebensdauer eines Heizungsersatzes von fossil oder direkt-elektrisch auf ein alternatives System, der auch ohne finanzielle Förderung erzielt worden wäre	35%	20%	60%
U-Wert Dach vor Sanierung im Durchschnitt über alle geförderten Projekte	0,60 W/m <sup>2</sup> K	0,55 W/m <sup>2</sup> K	1,3 W/m <sup>2</sup> K

Parameter und die entsprechenden angenommenen Unsicherheiten (Dreiecksverteilungen) mit dem höchsten Einfluss auf die Unsicherheit in der Wirkungsschätzung.

Für folgende Parameter wurden ebenfalls eher hohe Unsicherheiten angesetzt (im Bereich von  $\pm 25\%$  des geschätzten wahrscheinlichsten Werts), wobei deren Einfluss auf die Unsicherheit in der Wirkungsschätzung allerdings eher moderat ausfiel:

- Technische Lebensdauer von Neubauten sowie Sanierungsmassnahmen
- Anteile mit Öl resp. Gas beheizte Gebäude vor der Sanierung bei Haustechnikmassnahmen und Gesamtsanierungen in Kombination mit den Nutzungsgraden bestehender Öl-resp. Gasheizungen
- U-Werte vor Sanierung der übrigen Bauteile (v.a. Fassade)
- Vollbetriebsstunden neu installierter Holzheizungen und Wärmepumpen
- Anteil geförderter Wärmeerzeugungsanlagen, die in Neubauten installiert wurden

Alle übrigen Parameter des Schätzmodells hatten gemäss Sensitivitätsanalyse eher geringen Einfluss auf Unsicherheit in der Wirkungsschätzung. Den geringsten Einfluss hatten die Parameter, die auf erhobenen Daten basieren (m<sup>2</sup> wärmegeämmte Bauteile, m<sup>2</sup> EBF Minergie-Neubauten etc.) resp. physikalische Kenngrössen (z.B. Emissionsfaktoren Heizöl, Erdgas etc.), für die geringe Parameterunsicherheiten angesetzt wurden (zwischen  $\pm 2\%$  bis  $\pm 10\%$ , je nach Parameter).

## 5. CO<sub>2</sub>-Wirkungen des Gebäudeprogramms im Gesamtkontext

In Kap. 4 wird geschätzt, dass mit dem Gebäudeprogramm 2010 bis 2014 in fünf Jahren eine anhaltende CO<sub>2</sub>-Wirkung von 0,34 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr (alternative Schätzung) erzielt werden konnten. Kap. 5 macht einen quantitativen Vergleich dieser Wirkung mit dem Einfluss anderer Bestimmungsfaktoren der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden.

### Bestimmungsfaktoren der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden

Gemäss Treibhausgasinventar (BAFU 2015) lagen die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden 2013 um rund 1,8 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr tiefer als noch 1990<sup>6</sup>. Diese langfristige Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden wurde durch verschiedene Faktoren bestimmt:

- „Zufälliger“ Effekt der Witterung: Das Jahr 2013 war im Durchschnitt etwas kälter als das Jahr 1990 – der Witterungseffekt wirkte im Vergleich der Jahre 1990 und 2013 daher emissionssteigernd. Generell gilt: Je nach Aussentemperaturen in der Heizsaison sowie je nach Beitrag der Globalstrahlung an die Gebäudebeheizung (solare Warmegewinne) liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden in einem Jahr höher oder tiefer. Dieser Effekt ist im Vergleich zweier nicht zu weit auseinanderliegender Betrachtungsjahre zufällig, weil der Einfluss der Klimaerwärmung erst bei sehr langen Vergleichsperioden relevant wird.
- Emissionssteigernde Effekte ohne gezielten Eingriff der Energie- und Klimapolitik: Die beheizten Flächen des schweizerischen Gebäudeparks wachsen stetig, bedingt durch das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum sowie den steigenden Flächenbedarf pro Einwohner. Gleichzeitig steigt auch der Warmwasserbedarf mit der Bevölkerung an, akzentuiert durch höhere Komfortbedürfnisse in Haushalten wie auch im Bereich der Gastronomie.
- Emissionsmindernder Effekt ohne gezielten Eingriff der Energie- und Klimapolitik: Alte Ölheizungen werden häufig durch Gasheizungen ersetzt, wenn Gebäude in einem mit Gas versorgten Gebiet liegen.
- Emissionsmindernde Effekte mit gezieltem Eingriff der Energie- und Klimapolitik: Pro m<sup>2</sup> Gebäudefläche werden immer weniger Emissionen verursacht, weil Gebäudehüllen im schweizerischen Durchschnitt stetig besser wärmegeklämt und Raumwärme sowie Warmwasser mit effizienteren und CO<sub>2</sub>-ärmeren Heizsystemen erzeugt werden. Die Gründe dafür sind vielfältig: Treiber, die zum Teil oder ganz auf die Einflussnahme der Energie- und Klimapolitik sowie Partnerakteuren zurückzuführen sind (z.B. CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe,

<sup>6</sup> Das Treibhausgasinventar führt keine eigene Kategorie „Gebäude“. Der angegebene Wert bezieht sich auf die Kategorie „1A4“ gemäss Treibhausgasinventar („Andere Sektoren“, umfasst Unterkategorien „Dienstleistungen/Gewerbe“, „Privathaushalte“ und „Andere (Land-/Forstwirtschaft)“). Die entsprechenden Emissionen stammen zum grössten Teil aus Gebäuden, so dass sich die Entwicklung in diesem Bereich relativ gut an dieser Kategorie messen lässt.

Energievorschriften, Förderprogramme, Programm EnergieSchweiz, Aktivitäten von Umweltverbänden etc.) spielen dabei ebenso eine Rolle wie andere Einflüsse (z.B. drängende bauphysikalische Probleme<sup>7</sup> bei bestehenden Bauten, Energiepreise, Vermietbarkeit, Hypothekenzinsen, Bedeutung von Immobilien als Kapitalanlage, Umweltbewusstsein von Bauherren, breiteres Marktangebot im Bereich des energieeffizienten Bauens etc.).

### Quantifizierung des Einflusses verschiedener Bestimmungsfaktoren und Vergleich mit den Gebäudeprogrammwirkungen

Auf Basis der ex-post-Analysen des BFE zum schweizerischen Energieverbrauch nach Bestimmungsfaktoren (BFE 2014a und Vorjahre) kann deren Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden grob quantifiziert werden (Tabelle 11):

<b>Tabelle 11: Quantifizierte Einflüsse auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gebäuden (Grössenordnungen)</b>		
Effekte <u>ohne</u> gezielten Eingriff der Energie- und Klimapolitik	<b>Witterung</b> „Zufällig“, je nach Vergleichsjahren; Bsp.: Zum Rückgang der CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Gebäuden 2010/2011 trug alleine die Witterung -3,3 t CO <sub>2</sub> /Jahr bei.	±0 bis ca. ±3,5 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr
	<b>Mengeneffekte (über 5 Jahre betrachtet)</b> 5 Jahre Wachstum: mehr beheizte Flächen und mehr Bewohner (Haupteffekt), höhere Komfortansprüche (Warmwasserbedarf, Raumtemperaturen)	ca. +1,0 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren (Durchschnitt resultierend aus der Periode 2000-2013)
	<b>Substitution von Heizöl durch Erdgas</b> über eine Betrachtungsdauer von 5 Jahren	ca. -0,1 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren (Durchschnitt resultierend aus der Periode 2000-2013)
Effekte <u>mit</u> gezieltem Eingriff der Energie- und Klimapolitik	<b>Effizienzsteigerung</b> Im Durchschnitt bessere Gebäudehüllen sowie höhere Nutzungsgrade von Heizsystemen dank energetischen Sanierungen und effizienten Neubauten über eine Betrachtungsdauer von 5 Jahren	ca. -1,1 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren (Durchschnitt resultierend aus der Periode 2000-2013)
	<b>Substitution von fossilen Energien</b> Im Durchschnitt höherer Anteil nicht fossiler Heizsysteme bei der Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser über eine Betrachtungsdauer von 5 Jahren	ca. -0,9 Mio. t CO <sub>2</sub> /Jahr innerhalb von 5 Jahren (Durchschnitt resultierend aus der Periode 2000-2013)

Basis: BFE 2014a, Auswertung INFRAS. Die Quantifizierung für die Vergleichsperiode 2010-2014 war nicht möglich, weil die ex-post-Analyse des BFE zum schweizerischen Energieverbrauch nach Bestimmungsfaktoren 2014 erst im September 2015 publiziert wird. Als Basis wurde daher ex-post-Analyse nach Bestimmungsfaktoren 2000-2013 (BFE 2014a, S. 78 und S. 80, Tab 7-15 und Tab 7-17) verwendet und die resultierenden durchschnittlichen Veränderungen in einer Fünfjahresperiode bestimmt.  
Grundannahme: Heizöl-, Erdgas- und Fernwärmeverbrauch des Haushalts- und Dienstleistungssektors decken die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudebereichs relativ gut ab. Angesetzte Emissionsfaktoren: Heizöl 74 t CO<sub>2</sub>/TJ (BAFU), Erdgas 56 t CO<sub>2</sub>/TJ (BAFU), Fernwärme 47 t CO<sub>2</sub>/TJ (Definition BFE für Gebäudeprogramm Teil A). Restliche Energieträger vernachlässigt.

<sup>7</sup> Gemeint sind z.B. Alterung und Defekt der Witterungsschicht, Bauschäden wie Schimmelbildung oder Komfortprobleme wegen ungenügender Dämmung.

Die Auswertungen in Tabelle 11 zeigen, dass Effizienzsteigerungen sowie die Substitution von fossilen Energien im Gebäudebereich innerhalb von 5 Jahren zu einer anhaltenden Reduktion der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von rund 2,0 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr geführt haben (Durchschnittswert, bezogen auf die Periode 2000 bis 2013, zu der entsprechende Grundlagen publiziert sind). Welche Reduktion in der Fünfjahresperiode 2010 bis 2014 auf diese Einflüsse zurückgeführt werden kann, ist zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieser Zusatzanalyse nicht direkt quantifizierbar (ex-post-Analyse zum Jahr 2014 erscheint erst im September 2015). Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass sich die Effizienzsteigerung sowie die Substitution im Gebäudebereich ggü. der Periode 2000 bis 2013 eher beschleunigt hat. Grund dafür ist die fortschreitende Marktentwicklung, die Entwicklung bei den Energievorschriften sowie anderen begünstigenden Faktoren – eine Entwicklung, die sich mit der Umsetzung der Energiestrategie 2050 weiter beschleunigen dürfte.

Im Vergleich zu der Reduktion von 2,0 Mio. t CO<sub>2</sub>/Jahr innerhalb von fünf Jahren machen die geschätzten anhaltenden CO<sub>2</sub>-Wirkungen per Ende 2014 nach fünf Jahren Gebäudeprogramm (2010 bis 2014) mit 0,34 t CO<sub>2</sub>/Jahr (alternative Schätzung) weniger als einen Fünftel aus. Die Größenordnung dieses Anteils bestätigt den Eindruck, dass in der Betrachtungsperiode 2010 bis 2014 neben dem Gebäudeprogramm diverse andere Einflussfaktoren im Gebäudebereich Effizienzsteigerungen sowie die Substitution von fossilen Energien ebenfalls begünstigt haben (vgl. oben).

## Literatur

- BAFU 2015:** Treibhausgasemissionen der Schweiz 1990-2013, Treibhausgasinventar der Schweiz, 15. April 2015.
- BFE 2003:** Programm Energie Schweiz – Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG, Prozessbeschreibung, Anhang 2: Massnahmenliste Direkte Massnahmen, Mai 2003.
- BFE 2006a:** Definition Referenzwerte für Gebäudesanierungen, Bundesamt für Energie BFE, 16. Mai 2006.
- BFE 2006b:** Definition Wirkungsberechnung, Förderprogramm Stiftung Klimarappen resp. Doppelförderung Kantone – Stiftung Klimarappen, Bundesamt für Energie BFE, 18. Oktober 2006.
- BFE 2008a:** Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG, Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme, Ergebnisse der Erhebung 2007, INFRAS im Auftrag des Bundesamts für Energie, Juli 2008.
- BFE 2008b:** Globalbeiträge an die Kantone nach Abs. 1 bis 5 von Art. 15 EnG, Prozessbeschreibung, Anhang 2: Massnahmenliste Direkte Massnahmen, 4. September 2008.
- BFE 2010a:** Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG, Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme, Ergebnisse der Erhebung 2009, INFRAS im Auftrag des Bundesamts für Energie, Juli 2010.
- BFE 2010b:** Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG, Prozessbeschreibung, Anhang 2: Massnahmenliste Direkte Massnahmen, 12. April 2010.
- BFE 2014a:** Ex-Post-Analyse des Energieverbrauchs des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 bis 2013 nach Bestimmungsfaktoren, Prognos/TEP Energy/INFRAS im Auftrag des Bundesamts für Energie, September 2014.
- BFE 2014b:** Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2013, Bundesamt für Energie, Juli 2014.
- BFE 2015:** Pflichtenheft: Zusatzanalyse Bericht an Parlament Gebäudeprogramm – INFRAS, Bundesamt für Energie, 20. Januar 2015.
- BFE/BAFU 2015:** Empfehlungen für Projekte und Programme in den Bereichen Komfort- und Prozesswärme, Anhang C zur Mitteilung Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland, Geschäftsstelle Kompensation, Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Energie, 2015.
- BR 2013:** Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 (Revision des Energierichts) und zur Volksinitiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)», Bundesrat z.H. Parlament, 4. September 2013.
- econcept/A+W 2011:** CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei der Erneuerung von Wohnbauten, econcept/Amstein+Walthert im Auftrag des BFE, Juni 2011.

- EFK 2014:** Gebäudeprogramm von Bund und Kantonen, Evaluation des Schätzmodells zur Berechnung der CO<sub>2</sub>- und Energiewirkungen der Fördermassnahmen, Eidgenössische Finanzkontrolle, Februar 2014.
- Egon 2011:** „Energy online“ – Messkampagne für die Stiftung Klimarappen, Egon im Auftrag der Stiftung Klimarappen, September 2011.
- ESU 2012:** Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe, ESU-Services im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU, Juni 2012.
- gfs 2014:** Hauseigentümergebefragung zum Gebäudeprogramm, Schlussbericht zur Befragung 2014, gfs im Auftrag der nationalen Dienstleistungszentrale des Gebäudeprogramms, April 2014.
- Haldi-Spieker 2014:** Neues Modell im Vollzug der Energievorschriften: Werden die Planungswerte im Bereich Energie eingehalten? Master thesis MAS Umwelttechnik und Umweltmanagement, FHNW, Institut Energie am Bau IEBau, Muttenz, Matthias Haldi-Spieker im Auftrag der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern (AUE), 2014.
- Haustech 2009:** Wohnungsbau setzt auf erneuerbare Energien, Fachartikel in der Zeitschrift Haustech (basierend auf Angaben aus dem Baublatt Infodienst von Wüest & Partner), Haustech-Ausgabe Nr. 3, März 2009.
- HFM 2003:** Harmonisiertes Fördermodell der Kantone HFM 2003, Schlussbericht, Bundesamt für Energie und Konferenz kantonaler Energiedirektoren, August 2003.
- HFM 2007:** Harmonisiertes Fördermodell der Kantone HFM 2007, Schlussbericht, Bundesamt für Energie und Konferenz kantonaler Energiedirektoren, August 2007.
- HFM 2009:** Harmonisiertes Fördermodell der Kantone HFM 2009, Schlussbericht, Revidierte Fassung vom August 2012, Bundesamt für Energie und Konferenz kantonaler Energiedirektoren, August 2012.
- Minergie 2015:** Datenbankauszug Minergie-Datenbank, nicht veröffentlicht, Januar 2015.
- nDLZ 2013:** Das Gebäudeprogramm – Jahresbericht 2013, nationale Dienstleistungszentrale Gebäudeprogramm Teil A, Juli 2014.
- nDLZ 2014a:** Datensatz zum Gebäudeprogramm 2010 bis 2014 (Anzahl Projekte, Auszahlungen nach Bauteilkategorie), nationale Dienstleistungszentrale Gebäudeprogramm Teil A, April 2014.
- nDLZ 2014b:** 3. Befragung zum Gebäudeprogramm, zentrale Befunde und Interpretationen der nationalen Dienstleistungszentrale auf Basis der gfs-Umfrage 2014, April 2014.
- Prognos 2012:** Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050, Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000 – 2050, Ergebnisse der Modellrechnungen für das Energiesystem, Prognos im Auftrag des Bundesamts für Energie, September 2012.

**TEP 2010:** Energetische Gebäudeerneuerungen – Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten, eine Auswertung des Gebäudeprogramms der Stiftung Klimarappen, Schlussbericht, TEP Energy im Auftrag der Stiftung Klimarappen, Juni 2010.

**W&P 2014:** Heizsysteme: Entwicklung der Marktanteile 2000-2013, Schlussbericht, Wüest & Partner im Auftrag des Bundesamts für Energie, April 2014.