

**Masterarbeit**

eingereicht an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel

# Wirkungsanalyse von politischen Massnahmen zur Förderung thermischer Solaranlagen

---

Eine ökonometrische Untersuchung kantonaler Fördersysteme in der Schweiz

von

**Claudio Menn**

Matrikel Nummer: 07-529-175

Betreuer:

**Prof. Dr. Frank C. Krysiak**

Universität Basel

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

Abteilung Umweltökonomie

Peter Merian-Weg 6

4002 Basel

Eingereicht am 19.07.2013

## Abstract

Mit dem Ziel, eine nachhaltige Entwicklung zu fördern, sind in den letzten Jahrzehnten verschiedene politische Massnahmen für einen veränderten Energieverbrauch eingeleitet worden. Ein zentrales Anliegen stellt in diesem Zusammenhang die Reduktion des Konsums von fossiler Energie dar. Die endlichen Vorkommnisse dieser Rohstoffe und die Emissionen von klimarelevanten Gasen aus der Nutzung der Energieträger gefährden das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung.

Der Gebäudebereich birgt das grösste Einsparpotential von fossiler Energie, wobei die Solarthermie eine Schlüsseltechnologie zur Erschliessung darstellt. Die Nutzung der Sonnenenergie für die Bereitstellung von Warmwasser oder Raumwärme führt zu einem reduzierten Verbrauch von fossiler Energie. Mit der Absicht den Anteil erneuerbarer Energien im Gebäudebereich zu erhöhen, wurden in der Schweiz seit dem Jahre 2000 zahlreiche kantonale Massnahmen eingeleitet. Eine umfassende Analyse der Wirkung von den Instrumenten auf die Ausbreitung der solarthermischen Anlagen blieb bis zum heutigen Zeitpunkt aus.

Die vorliegende Arbeit zeigt eine erste ökonometrische Wirkungsanalyse von Förderinstrumenten zur Ausbreitung thermischer Solaranlagen anhand des Fallbeispiels Schweiz. Basierend auf Paneldaten wurde die Wirkung kantonaler Förderprogramme auf den jährlichen Flächenzuwachs von Flachkollektoren zum Zeitraum 2000-2012 untersucht. Aus dem Resultat einer FE-Modellschätzung<sup>1</sup> geht hervor, dass die Ausbreitung von solarthermischen Anlagen durch finanzielle Anreize und regulative Massnahmen vorangetrieben wurde. Die Ergebnisse zeigen einen positiven Effekt ausgehend von Steuervergünstigungen und Förderbeiträgen für Investitionen in solarthermische Anlagen. Zudem werden aus der Gesetzeseinführung von einem Mindestanteil an erneuerbaren Energien bei Neubauten Investitionen in solarthermische Anlagen beobachtet, die über den Standards hinaus ausgelöst wurden. Demgegenüber zeigen kantonale Bemühungen in Form von Informations- oder Beratungsdienstleistung und die Einführung vereinfachter Baubewilligungsverfahren für Solaranlagen sowie deren Abschaffung keinen Einfluss auf den jährlichen Zuwachs an Flachkollektoren.

Das Resultat der Wirkungsanalyse zu den kantonalen Förderinstrumenten kann als Hilfestellung für zukünftige politische Massnahmen dienen. In Hinblick auf die Reduktionsziele von Treibhausgasemissionen bis 2020 und das ungenutzte Potential an thermischen Solaranlagen in der Schweiz, stellen somit finanzielle Anreize sowie regulative Massnahmen ein wirkungsvolles Mittel dar.

---

<sup>1</sup> FE steht für engl. 'fixed effects'

# Inhaltsverzeichnis

Abstract .....	I
Inhaltsverzeichnis .....	II
Tabellenverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis .....	IV
Abkürzungsverzeichnis .....	V
Vorwort .....	VII
1 Einleitung .....	1
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Forschungsfrage .....	3
1.3 Methodik und Arbeitsaufbau .....	3
2 Grundlagen .....	4
2.1 Solarthermische Anlagen im Gebäudebereich .....	4
2.2 Theoretische und empirische Aspekte zur Förderung .....	6
2.2.1 Barrieren und Marktversagen bei energieeffizienten Investitionen .....	6
2.2.2 Wirkung politischer Massnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien .....	13
2.3 Förderung thermischer Solaranlagen in der Schweiz .....	19
2.4 Theoriesynthese und Forschungsdefizite .....	26
3 Untersuchungsdesign .....	28
3.1 Einflussfaktoren .....	28
3.2 Erwartete Zusammenhänge .....	33
3.3 Paneldatenanalyse .....	34
3.3.1 Modelle für feste und zufällige Effekte .....	34
3.3.2 Dynamische Modelle .....	36
3.3.3 Zeitspezifische Effekte .....	37
3.3.4 Heteroskedastie und Autokorrelation .....	38
3.3.5 Testverfahren .....	38
3.3.6 Umsetzung in R .....	40

3.4	Datengrundlage und deskriptive Statistik.....	41
3.4.1	Jährlicher Zuwachs thermischer Solaranlagen .....	42
3.4.2	Politische Massnahmen .....	43
3.4.3	Weitere Einflussfaktoren.....	45
4	Empirische Analyse.....	47
4.1	Ergebnisse linearer Panelregressionen .....	48
4.2	Wirkung politischer Instrumente.....	50
4.3	Wirkung weiterer Einflussfaktoren .....	53
4.4	Testverfahren und Modell-Erweiterungen .....	55
4.5	Diskussion der Ergebnisse .....	56
5	Konklusion .....	62
	Literaturverzeichnis.....	65
	Plagiats-Erklärung.....	74
	Anhang .....	75
	Anhang 1: Daten .....	75
	Anhang 1.1: Kantonale Förderbeiträge EFH.....	76
	Anhang 1.2: Kantonale Förderbeiträge MFH.....	77
	Anhang 1.3: Kantonale Gesetzgebung: Steuervergünstigung, MuKE, Baubewilligung..	78
	Anhang 1.4: Anteil linker Parteien im Kantonsparlament.....	79
	Anhang 1.5: Kantonale Wohneigentumsquote .....	80
	Anhang 2: Statistik.....	80
	Anhang 2.1: Nicht verwendete Regressionen.....	81
	Anhang 2.2: Test-Statistik .....	81
	Anhang 2.3: Korrelationsmatrix verwendeter Variablen.....	82
	Anhang 2.4: Korrelationsmatrix P-Werte.....	83

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Umsetzung in R: Modellschätzungen und Testverfahren .....	40
Tabelle 2 Umsetzung in R: Robuste Kovarianzmatrizen Schätzer in linearen Paneldatenmodellen .....	41
Tabelle 3 Übersicht Datengrundlage und deskriptive Kennzahlen .....	41
Tabelle 4 Ergebnisse: POLS-Modellschätzungen .....	48
Tabelle 5 Ergebnisse: RE- und FE-Modellschätzungen.....	49
Tabelle 6 Ergebnisse: Modellerweiterungen.....	50
Tabelle 7 Kantonale Förderbeiträge für EFH-typische Solaranlagen 2000-2012 .....	76
Tabelle 8 Kantonale Förderbeiträge für MFH-typische Solaranlagen 2000-2012 .....	77
Tabelle 9 Kantonale Gesetzgebung: Steuervergünstigung, MuKEn, Baubewilligung .....	78
Tabelle 10 Anteil linker Parteien im Kantonsparlament 2000-2012.....	79
Tabelle 11 Kantonale Wohneigentumsquote 1990,2000,2010.....	80
Tabelle 12 Nicht verwendete Regressionen .....	81
Tabelle 13 Statistische Testverfahren: Test-Statistik .....	81
Tabelle 14 Korrelationsmatrix verwendeter Variablen nach Pearson .....	82
Tabelle 15 P-Werte der Korrelationsmatrix .....	83

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Anteile installierter Flach- und Röhrenkollektoren in der Schweiz 1990-2011 .....	5
Abbildung 2 Schweizer Solarenergie-Potential Periode 2004-2009 in KWh/m <sup>2</sup> .....	5
Abbildung 3 Finanzierung und Vergabe von Globalbeiträgen.....	21
Abbildung 4 Kantonale Auszahlungen zur Förderung der Solarthermie 2001-2011 in CHF .....	22
Abbildung 5 Programmverflechtung auf kantonaler und kommunaler Ebene.....	26
Abbildung 6 Anteil deklarerter Flachkollektoren am geschätzten jährlichen Zuwachs in der Schweiz 2001-2011 .....	29
Abbildung 7 Einflussfaktoren auf den jährlichen Zuwachs solarthermischer Anlagen .....	29
Abbildung 8 Erwartete Zusammenhänge Übersicht .....	33
Abbildung 9 Aggregierte kantonale geförderte Fläche Flachkollektoren in m <sup>2</sup> .....	43
Abbildung 10 Gesamthafte kantonale geförderte Fläche in m <sup>2</sup> 2001-2011 .....	43
Abbildung 11 Durchschnittlicher Förderanteil in Kantonen von Investitionskosten einer EFH/MFH Modellanlage 2000-2012 in % .....	44

## Abkürzungsverzeichnis

AfE	-	Amt für Energie
Art.	-	Artikel
BFE	-	Bundesamt für Energie
BFS	-	Bundesamt für Statistik
c.p.	-	ceteris paribus
ca.	-	circa
CHF	-	Schweizer Franken
CO <sub>2</sub>	-	Kohlenstoffdioxid
d.h.	-	das heisst
EFH	-	Einfamilienhaus
EICom	-	Eidgenössische Elektrizitätskommission
ENCO	-	Energie-Consulting AG
EnDK	-	Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
engl.	-	englisch
Exkl.	-	exklusiv
FD	-	first difference
FE	-	fixed effect
FGLS	-	feasible general least squares
GLS	-	general least squares
GMM	-	general method of moments
IPCC	-	Intergovernmental Panel on Climate Change
KWh	-	Kilowatt Energie pro Stunde
LM	-	Lagrange Multiplier
M	-	Mittelwert
m <sup>2</sup>	-	Quadratmeter
Max	-	Maximum
MFH	-	Mehrfamilienhaus
Min	-	Minimum
mind.	-	mindest
MuKE	-	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
MWST	-	Mehrwertsteuer
NA	-	Fehlende Informationen
Obs	-	Beobachtungen engl.: Observation
OLS	-	ordinary least squares
POLS	-	pooled ordinary least squares
PV	-	Photovoltaik Anlage
RE	-	random effect
resp.	-	respektive
Rp.	-	Rappen

SD	-	Standardabweichung
TH	-	Thermische Solaranlage
TWh	-	Terawattstunde (Energie)
UNO	-	United Nations Organisation
USA	-	United States of America
USD	-	United States Dollar
vgl.	-	vergleiche
WCED	-	World Commission on Environment and Development
z.B.	-	zum Beispiel

## Vorwort

Diese Masterarbeit wurde während des Frühlingssemesters 2013 im Rahmen des Master Studiengangs ‘Sustainable Development‘ an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel verfasst.

Gerne möchte ich mich bei Herr Prof. Dr. Frank C. Krysiak für die Betreuung meiner Arbeit bedanken. Er stand mir stets hilfsbereit zur Seite und unterstützte mich sowohl inhaltlich als auch in methodischen Belangen.

Ich danke Herrn Kessler von der INFRAS AG und Frau Huber von der ENCO Energie-Consulting AG für die zur Verfügung gestellten Daten. Zudem möchte ich mich beim Verband SWISSOLAR für die hilfreichen Informationen zu den kantonalen Fördersystemen bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie und Freunden, die mit ihrer Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Claudio Menn

Basel, im Juli 2013



# 1 Einleitung

In diesem Kapitel wird zu Beginn die Problematik des Klimawandels diskutiert und der damit zusammenhängende Energieverbrauch im Gebäudebereich einführend thematisiert. Bezugnehmend auf das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung wird darauf folgend die Forschungsfrage formuliert. Abschliessend wird das gewählte Vorgehen zur Behandlung der Fragestellung vorgestellt.

## 1.1 Problemstellung

Der weltweite Ausstoss von CO<sub>2</sub> Emissionen hat im Jahre 2010 die 30 Milliarden Tonnen Marke überschritten und zeigt somit ein um 44.4% höheres Niveau als im Jahre 1990 (IEA 2012, S. 125). Anthropogen verursachte Treibhausgase gelten als treibende Kraft der Klimaerwärmung (Bernstein et al. 2008, S. 5). Aus einem veränderten Klima werden Folgen wie z. B. extreme Wetterereignisse, der Anstieg des Meeresspiegel oder eine Reduktion in der Biodiversität abgeleitet (Bernstein et al. 2008, S. 5). Die Institution ‘Intergovernmental Panel on Climate Change‘ (IPPC) schätzt in diesem Zusammenhang die sozialen Kosten des Klimawandels auf durchschnittliche 12.- USD pro Tonne CO<sub>2</sub> Emissionen (Bernstein et al. 2008, S. 22)<sup>2</sup>.

In Anbetracht dieser Entwicklung wurden zahlreiche Länder politisch aktiv. Ausschlaggebend für eine internationale Klimapolitik kann der im Jahre 1987 publizierte Brundtland-Bericht bezeichnet werden. In diesem wird ein Konzept der nachhaltigen Entwicklung beschrieben, das auch im Zusammenhang einer Problemlösung des Klimawandels von Relevanz ist. Die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED) definiert den Begriff einer nachhaltigen Entwicklung wie folgt:

[...]sustainable development is a process of change in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development; and institutional change are all in harmony and enhance both current and future potential to meet human needs and aspirations.(WCED 1987)

Aus dieser Definition wird die zentrale Rolle des Ressourcenverbrauchs im Prozess einer nachhaltigen Entwicklung ersichtlich. In der Konzeptualisierung weist die WCED darauf hin, dass aus Rücksicht zukünftiger Generationen eine Minimierung des Abbaus von nicht erneuerbaren Ressourcen angestrebt werden sollte (WCED 1987). Zum Konsum fossiler Energien und den daraus entstehenden Emissionen bezeichnet die WCED insbesondere den Klimawandel als reale Gefahr einer nachhaltigen Entwicklung (WCED 1987).

Mit dem Ziel, eine nachhaltige Entwicklung zu fördern, verpflichtete sich eine Staatengemeinschaft im Rahmen des sogenannten Kyoto-Protokolls zur verbindlichen Reduktion der Gesam-

---

<sup>2</sup> Die Schätzung wurde für das Jahr 2005 durchgeführt.

temissionen klimarelevanter Gase während des Zeitraums 2008-2012 um mind. 5% im Vergleich zum Niveau von 1990 (UNFCCC 1998, S. 4). An der 18. Klimakonferenz der ‘United Nations Organisation‘ (UNO) in Doha beschlossen einige Staaten weitergehende, verbindliche Reduktionsziele bis 2020.

Der Gebäudebereich birgt nach Beurteilung der IPCC das grösste Potential zur Reduktion von Treibhausgasemissionen, das mit kosteneffektiven<sup>3</sup> Vorhaben erreicht werden kann. Basierend auf einer Auswertung von 80 Studien wird eine Reduktion von ca. 29% der erwarteten Emissionen bis 2020 als realistisch eingeschätzt (Metz et al. 2007, S. 389). Für die Erschliessung dieses Potentials stellt eine Umrüstung der Gebäudetechnik für die Warmwasser- oder Heizwärmeproduktion mit thermischen Solaranlagen ein möglicher Lösungsansatz dar. Solaranlagen reduzieren den Verbrauch fossiler Energien und die damit verbundenen Emissionen. In diesem Zusammenhang wurden bisher verschiedene Massnahmen eingeleitet. Bis Mitte August 2011 unterhielten nahezu alle Europäischen Länder ein politisches Programm zur Reduktion von Emissionen im Gebäudebereich (vgl. Kitzing et al. 2012).

Gleichermassen hat sich die Schweiz an den Bemühungen einer internationalen Klimapolitik beteiligt. Mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls wurde das verbindliche Ziel einer durchschnittlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen um 8% während der Jahre 2008-2012 gegenüber dem Referenzjahr 1990 verabschiedet. Im Rahmen der Klimakonferenz in Doha legte der Bundesrat ein weiterführendes Reduktionsziel von 20% fest, das im Vergleich zum Niveau von 1990 bis 2020 erreicht werden soll (UVEK 2008, S. 15).

Für eine nachhaltige Entwicklung ist aus der aktuellen Situation in der Schweiz ein Handlungsbedarf zu erkennen, wobei insbesondere der Gebäudebereich ein Potential zur Intervention darstellt. Mit ca. 38 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> Emissionen im Jahre 2011, trägt die Schweiz einen relevanten Anteil zur globalen Problematik des Klimawandels bei (BFE 2013a). Im Endenergieverbrauch dominieren mit rund 67% fossile Energieträger<sup>4</sup> (Kemmler et al. 2012, S. 3). Etwas weniger als die Hälfte der gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen entstehen im Gebäudebereich. Die Warmwasser- und Raumwärmeproduktion in privaten Haushalten ist indes für ca. 23% des Gesamtverbrauchs fossiler Energieträger verantwortlich (Kemmler et al. 2012, S. 24ff.).

Im Schweizer Gebäudepark ist eine deutliche Differenz zwischen dem technisch nutzbaren Potential und dem effektiv erschlossenen Anteil thermischer Solaranlagen auszumachen. Eine Studie schätzt den Deckungsgrad thermischer Solaranlagen am gesamten Energiebedarf aller Gebäude in der Schweiz auf mindestens 30% (Gutschner und Nowak 2012). Im Jahre 2011 betrug

---

<sup>3</sup> Als kosteneffektive Vorhaben werden Massnahmen bezeichnet, bei denen aus gesellschaftlicher Sicht die positiven Auswirkungen den negativen überwiegen (Metz et al. 2007, S. 813).

<sup>4</sup> Für die Berechnung wurden Erdölbrennstoffe, Erdgas, Treibstoffe, Kohle und Koks als fossile Energieträger identifiziert.

der Anteil Gebäude, die Sonnenkollektoren als Energieträger für eine Warmwasserproduktion nutzen, etwas mehr als 1% der gesamten Gebäude in der Schweiz (BFS 2013c).

In Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung und der Erreichung verbindlicher Reduktionsziele beim Emissionsausstoss klimarelevanter Gase, ist es für Entscheidungsträger von Bedeutung die Wirkung politischer Massnahmen zur Förderung thermischer Solaranlagen zu verstehen. Für die Förderung von erneuerbaren Energien im Gebäudebereich wurden bisher in der Schweiz vielfältige Massnahmen eingeführt. Mit dem Ziel, die installierte Fläche von thermischen Solaranlagen zu erhöhen, kamen z. B. finanzielle, regulative und persuasive Instrumente zum Einsatz. Eine umfassende Evaluation dieser Massnahmen blieb bis zu diesem Zeitpunkt aus.

## 1.2 Forschungsfrage

Mit der vorliegenden Arbeit soll ein Beitrag zur Frage geleistet werden, welche politischen Massnahmen für eine Förderung von thermischen Solaranlagen geeignet sind. Basierend auf einer empirischen Untersuchung des Schweizer Fördersystems soll insbesondere die Wirkung der eingesetzten Instrumente auf die Ausbreitung der solarthermischen Anlagen analysiert werden. Die Forschungsfrage wird somit wie folgt formuliert:

*Welche Wirkung zeigen politische Massnahmen auf den jährlichen Zuwachs thermischer Solaranlagen?*

## 1.3 Methodik und Arbeitsaufbau

Das Vorgehen für die Beantwortung der Forschungsfrage wird in drei Schritte unterteilt. Zu Beginn werden in Kapitel 2 einige Grundlagen zur Leistung und Verwendung thermischer Solaranlagen vermittelt. Darauf folgt ein theoretischer Abschnitt, indem mögliche Gründe einer schleppenden Ausbreitung von thermischen Solaranlagen und Kriterien für ein ökonomisch legitimes Eingreifen des Staates aufgezeigt werden. Der folgende Abschnitt umfasst eine Literaturrecherche zur Wirkung politischer Massnahmen auf die Ausbreitung von erneuerbaren Energien. Anschliessend wird das Schweizer Fördersystem im Bereich thermischer Solaranlagen beschrieben.

In Kapitel 3 wird das Untersuchungsdesign zur Wirkungsanalyse des Schweizer Fördersystems von thermischen Solaranlagen vorgestellt. Zu Beginn werden die untersuchten Einflussfaktoren auf den kantonalen Zuwachs von Flachkollektoren vermittelt. Darauf folgend werden die erwarteten Zusammenhänge dargelegt. Die angewandte Methodik und die Datengrundlage werden in Abschnitten 3.3-3.4 beschrieben. Für die Wirkungsanalyse wurden zum Zeitraum 2000-2012 basierend auf Paneldaten verschiedene Schätzverfahren durchgeführt.

Kapitel 4 zeigt zu Beginn die Ergebnisse der statistischen Analyse und Testverfahren zur Beurteilung der geschätzten Modelle. Infolge werden die Resultate zusammengefasst und in Bezug zur aktuellen Forschung gesetzt.

Ein Fazit zur Untersuchung und eine kritische Beurteilung der Ergebnisse werden abschliessend in Kapitel 5 dargelegt.

## 2 Grundlagen

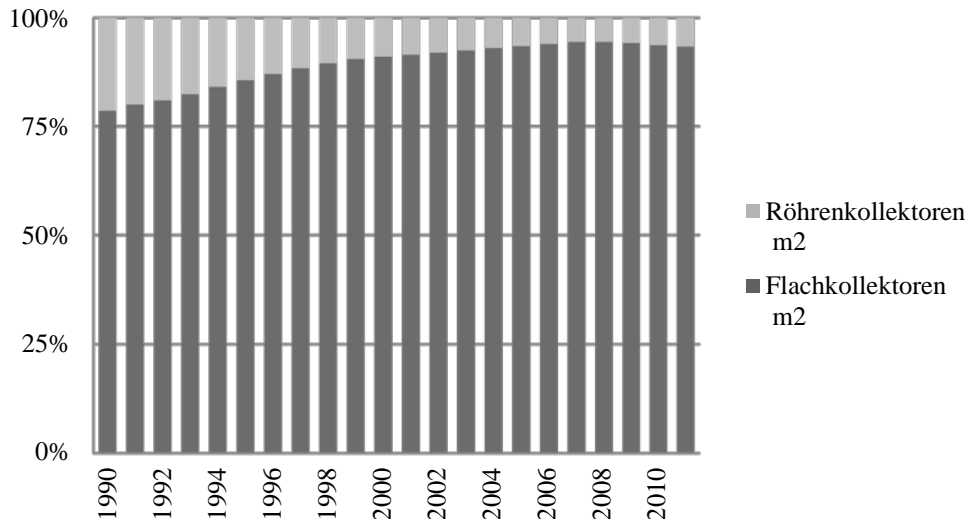
In diesem Kapitel werden zu Beginn die Anwendung der Solarthermie im Gebäudebereich und die Kriterien zur Leistungsfähigkeit beschrieben. Anschliessend werden Barrieren zur Ausbreitung von energieeffizienten Investitionen und die Bedingung für ein ökonomisch legitimes Eingreifen der Politik dargelegt. Darauf folgen Resultate aus der empirischen Forschung zur Wirkung politischer Instrumente bei der Förderung von erneuerbaren Energien. Abschliessend wird das Fördersystem in der Schweiz zur thermischen Solaranlagen vorgestellt.

### 2.1 Solarthermische Anlagen im Gebäudebereich

Unter der thermischen Solarenergie kann die nutzbare Wärme verstanden werden, die mit technologischer Hilfe aus Solarstrahlen gewonnen wird (Philibert 2006, S. 7). Die nutzbare Energie kann entweder direkt zum Heizen genutzt werden oder in Strom und Kraftstoffe umgewandelt werden. Im Gebäudebereich kommen solarthermische Anlagen vor allem zur Warmwasserproduktion und zur Unterstützung von Heizsystemen zum Einsatz. Insbesondere im vergangenen Jahrzehnt ist eine steigende Verwendung thermischer Energie für die Kühlung von Gebäuden festzustellen (Mugnier und Jakob 2012).

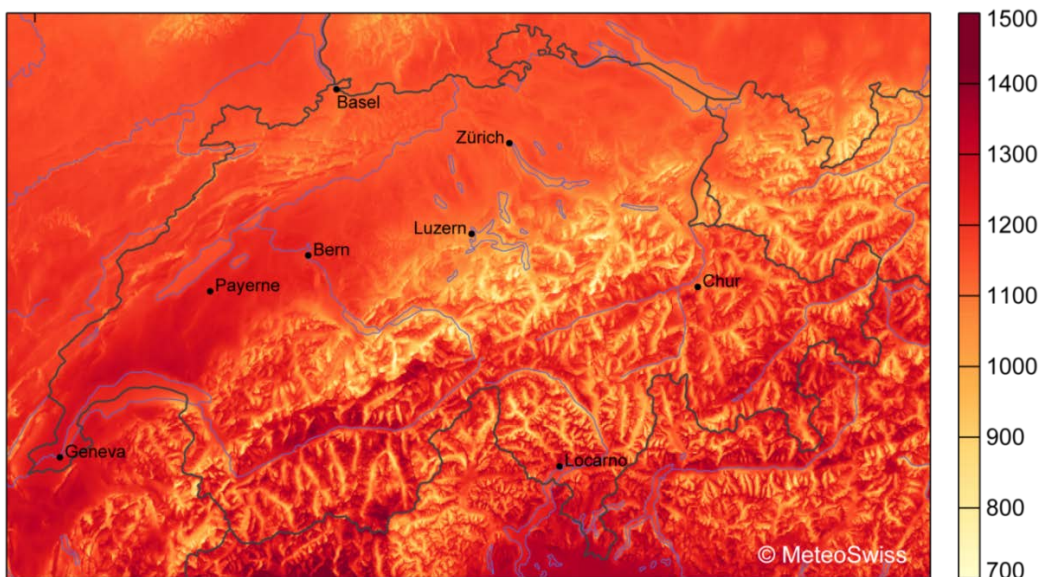
Thermische Solaranlagen sind in einer unterschiedlichen technischen Ausführung erhältlich, wobei der Deckungsgrad zwischen den Modellen variiert. Es kommen z. B. unverglaste-, Flach- und Vakuumröhrenkollektoren zum Einsatz. Der Wirkungsgrad dieser Technologien ist von der Differenz zwischen der Kollektoren- und Umgebungstemperatur abhängig (Energieschweiz 2007). Vakuumkollektoren erreichen bei grossen Temperaturgefälle den höchsten Wirkungsgrad auf (Energieschweiz 2007). Darauf folgen Flachkollektoren, wobei in der Regel der Marktpreis tendenziell mit der Leistungsfähigkeit einer Anlage ansteigt (Energieschweiz 2007).

Auf dem Schweizer Markt haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten die Flach- gegenüber den Röhrenkollektoren durchgesetzt. Diese erreichten im Jahre 2011 einen Anteil von über 93 % der gesamten installierten Fläche von Sonnenkollektoren (Hostettler 2012) (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1** Anteile installierter Flach- und Röhrenkollektoren in der Schweiz 1990-2011 Quelle: (Hostettler 2012) (eigene Darstellung)

Neben der Technologie hängt die Energieleistung einer Solaranlage von der energetischen Strahlungsbilanz am Standort, vom Neigungsgrad der Anlage und von der zugebauten Fläche an Kollektoren ab (Abrecht et al. 2008). Das Solarenergie-Potential unterscheidet sich in den verschiedenen Regionen der Schweiz (siehe Abbildung 2). Mit Berücksichtigung von topographischen Kriterien und Strahlungseigenschaften schneebedeckter Gebiete zeigt das Mittelland ein hohes Potential an Solarenergie auf (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2** Schweizer Solarenergie-Potential Periode 2004-2009 in  $\text{KWh/m}^2$  Quelle: (MeteoSchweiz 2013)

Im Gebäudebereich spielen ferner bereichsspezifische Gegebenheiten für die Berechnung des Potentials eine Rolle. Bei der Betrachtung des Gebäudeparks sind zudem limitierende Faktoren aufgrund der Form, Ausrichtung und Fläche eines Gebäudedachs zu berücksichtigen (Gutschner

und Nowak 2012). Grundsätzlich erlauben Flachdächer grössere Freiheiten beim Ausrichten der Anlage und sind somit besser für die Nutzung von Solarenergie geeignet als Schrägdächer (Gutschner und Nowak 2012, S. 10). Die Nutzung kann jedoch des Weiteren durch Verschattung oder aufgrund von Richtlinien aus dem Denkmalschutz beeinträchtigt werden (Gutschner und Nowak 2012, S. 10). Eine optimale Nutzung der Gebäudefläche ist bei einem Neigungswinkel von 30 Grad und eine Südorientierung des Dachs gegeben (Gutschner und Nowak 2012, S. 9). Generell stellt eine grössere Dachfläche auch ein grösseres Potential an Solarerträgen dar. In diesem Zusammenhang scheint es sinnvoll, Aspekte zur Speicherung von Solarenergie auszuführen. Aufgrund der saisonalen Schwankungen der Einstrahlungsintensität können während der Sommermonate Energieüberschüsse entstehen. Diese überschüssige Wärme kann Energiespeichern zugeführt werden und zu einem späteren Zeitpunkte wieder verfügbar gemacht werden. Mithilfe eines saisonalen Wärmespeichers wurde in Pilotprojekten ein solarer Deckungsgrad am Gesamtenergieverbrauch von ca. 49% beobachtet (Müller-Steinhagen und Schmidt 2004).

## **2.2 Theoretische und empirische Aspekte zur Förderung**

Wie aus der Einleitung ersichtlich wird, ist die Ausbreitung der solarthermischen Anlagen in der Schweiz entsprechend des nutzbaren Potentials relativ gering. In diesem Abschnitt werden nun mögliche Ursachen näher betrachtet und die Situation auf die Legitimität eines politischen Eingreifens hin untersucht. Anschliessend werden politische Instrumente vorgestellt, die zur Förderung von erneuerbaren Energien eingesetzt werden.

### **2.2.1 Barrieren und Marktversagen bei energieeffizienten Investitionen**

Für eine tiefe Adoption von thermischen Solaranlagen können Marktbarrieren, Marktversagen oder systematisches Fehlverhalten von Akteuren verantwortlich sein. Unter Marktbarrieren können Hindernisse für den Gebrauch oder zur Ausbreitung von Gütern verstanden werden (Jaffe et al. 2004, S. 79). Im Bereich von energieeffizienten Investitionen werden in diesem Zusammenhang oft zu hohe Kosten der Technologie oder tiefe Energiepreise genannt (Gillingham et al. 2009, S. 8)<sup>5</sup>. In der Wohlfahrtsökonomie können Marktbarrieren aufgrund von Marktversagen entstehen, dies ist aber nicht zwingend der Fall (Jaffe et al. 2004, S. 79). Bei Marktversagen sind eine oder mehrere Annahmen verletzt, die in der Wohlfahrtsökonomie für eine effiziente<sup>6</sup> Allokation von Ressourcen in kompetitiven Märkten benötigt werden (vgl. Varian 2006,

---

<sup>5</sup> In dieser Arbeit werden auch thermische Solaranlagen zu energieeffizienten Technologien im Gebäudebereich gezählt. Dies aufgrund einer Lücke in der verfügbaren Literatur, die spezifisch auf thermische Solaranlagen eingeht. Der Effizienzbegriff folgt insofern der Logik, dass der Einsatz von thermischen Solaranlagen pro Output (z. B. erhitztes Wasser) den benötigten Input an fossilen Energien reduziert.

<sup>6</sup> Der Effizienzbegriff wird oft im Zusammenhang mit der Pareto-Effizienz verwendet. Eine Pareto-Effizienz beschreibt einen Zustand, indem keine Möglichkeiten bestehen, einen Menschen besser zu stellen, ohne damit einen anderen schlechter zu stellen (vgl. Varian 2006, S. 15).

S. 579). Eine dieser Annahmen besagt, dass keine Externalitäten existieren dürfen. Unter Externalitäten werden allgemein Aktivitäten von Marktteilnehmern verstanden, die das Nutzenkalkül anderer Marktteilnehmer beeinflussen, wobei diese nicht direkt an der Aktivität beteiligt sind und die Effekte nicht im Marktmechanismus berücksichtigt werden (vgl. Tresch 2002, S. 145–146). Weiter impliziert die Annahme über vollständig Konkurrenz eine grosse Anzahl an Käufer und Verkäufer, vollständige informierte Marktteilnehmer, homogene Güter innerhalb eines Marktes und keine Barrieren beim Markteintritt oder Austritt (vgl. Tresch 2002, S. 14). Als Fehlverhalten von Akteuren wird in der Umweltökonomie oft ein Verhalten verstanden, das im Gegensatz zu den Annahmen eines Homo öconomicus<sup>7</sup> steht (Gsottbauer und Bergh 2011, S. 263). Bei energieeffizienten Investitionen kann z. B. ein solches Fehlverhalten durch Entscheidungen ersichtlich werden, die nicht der Logik einer Kostenminimierung folgen (Gillingham et al. 2009, S. 8).

Für ein ökonomisch legitimes Eingreifen des Staates in das Marktgeschehen müssen entweder Marktversagen oder verhaltensspezifische Versagen vorherrschen (Shogren und Taylor 2008, S. 26ff.). Jaffe und Stavins (1994, S. 810) präzisieren, dass die politische Massnahme das Marktversagen korrigieren und somit einen Nutzen aufweisen muss, der die Kosten zur Implementation übersteigt.

### **Kosten als Marktbarriere**

Die Kosteneffizienz einer thermischen Solaranlage ist zu einem relevanten Anteil leistungsabhängig. Wie im vorangehenden Abschnitt erwähnt wurde, unterscheidet sich die Leistungsfähigkeit einer Anlage aufgrund von situationsspezifischen Gegebenheiten (siehe Abschnitt 2.1). Die Berechnung der durchschnittlichen Kosten pro erzeugte Leistung in KWh ermöglicht eine Einschätzung zur Wirtschaftlichkeit der Technologie auf Länderniveau. Ein Vergleich der Durchschnittskosten thermischer Solarenergie mit dem Strompreis in Europa zeigt, dass diese Technologie in mehreren Ländern eine kosteneffiziente Investition darstellt (Philibert 2006, S. 16–17).

In der Schweiz wurde die Wirtschaftlichkeit von thermischen Solaranlagen von Kessler (2005) sowie von Ott und Klinger et al. (2007) untersucht. Kessler (2005, S. 61) zeigt, dass die Energiegestehungskosten<sup>8</sup> von bivalenten Systemen, d. h. eine Kombination von fossiler Energieträger mit Solarthermie, bei allen untersuchten Gebäudetypen höher sind als das Referenzsystem mit monovalenter Ausführung. Die Kostendifferenz zum Referenzsystem ist vor allem bei den bivalenten Systemen von MFH gering (Kessler 2005, S. 61ff.). Weiter kann festgehalten wer-

---

<sup>7</sup> Einem Homo öconomicus wird ein rationales Handeln zugeschrieben, das nur dem Eigeninteresse des Individuum entspricht (Gsottbauer und Bergh 2011, S. 263).

<sup>8</sup> Energiegestehungskosten pro KWh Nutzenergie zur Deckung des Wärmebedarfs verschiedener Modellgebäude. Die Berechnung basiert auf Preisen aus dem Jahre 2004.

den, dass die Kostendifferenz bei Solarsystemen, die alleine für die Warmwasseraufbereitung eingesetzt werden, geringer sind als bei Systemen zur zusätzlichen Heizungsunterstützung (Kessler 2005, S. 61). Kessler (2005, S. 64) kommt zum Schluss, dass besonders bei MFH die jährlichen Mehrkosten durch den Einsatz von Solaranlagen kein Hindernis zur Investitionsentscheidung darstellen sollten. Dies sei insbesondere der Fall, wenn aus der Investition ein Zusatznutzen für die Vermietung entsteht. Die Berechnungen der oben genannten Ergebnisse beziehen sich auf das Kostenniveau 2004 (Kessler 2005, S. 64). In Ott und Klinger et al. (2007, S. 36ff.) werden im Raum Zürich Investitionen in thermische Solaranlagen untersucht. Das Ergebnis zeigt in gleicher Weise eine relativ kleine Kostendifferenz zwischen dem bivalenten und monovalenten System auf (Ott et al. 2007, S. 41). Für die Berechnung der Energiegestehungskosten wurden konstante Energiepreise (Ott et al. 2007, S. 38) und ein branchenüblicher<sup>9</sup> Zinssatz von 3.5% verwendet (Kessler 2005, S. 58).

### **Wirtschaftlichkeit und Diskontierungsraten**

Die Handhabung von zukünftigen Erträgen einer solarthermischen Anlage, ist ein wichtiger Bestandteil für die Entscheidung der Wirtschaftlichkeit dieser Investition. In der Barwertmethode werden zukünftige Erträge abgezinst (Heesen 2012, S. 25). Dies passiert in der Regel aufgrund eines Diskontierungssatzes, der die Opportunitätskosten<sup>10</sup> der Investition berücksichtigt (Heesen 2012, S. 119). Morrissey et al. (2013) zeigen, dass die Höhe der Diskontierungsrate ein Schlüsselfaktor für die Wirtschaftlichkeit von Investitionsentscheidungen zur Energieeffizienz im Wohnungsbereich darstellt. In der Analyse wurden verschiedene von staatlichen Institutionen empfohlene Diskontierungsraten berücksichtigt, die zwischen 2 und 10 % liegen (Morrissey et al. 2013, S. 150). Folglich lohnt es sich einige Besonderheiten dieser Zinssätze zu klären.

Goett und McFadden (1982) beobachten, dass Konsumenten für Investitionen in energieeffiziente Technologien zur Bereitstellung von Warmwasser durchschnittlich eine implizite Diskontierungsrate von 67% verwenden. Der relativ hohe Zinssatz kann als Erklärungshilfe für eine langsame Ausbreitung von solarthermischen Anlagen gelten. Zumal die Investition zu branchenüblichen Zinssätzen als nahezu kosteneffizient gilt aber vom durchschnittlichen Konsumenten nicht getätigt wird. Die grosse Differenz zwischen der impliziten und branchenüblichen Diskontierungsrate ist alleine nicht ausreichend für ein ökonomisch legitimes politisches Eingreifen. Es ist z. B. denkbar, dass zumindest ein Anteil der hohen Abzinsung auf die unsichere Ertragslage der Investition zurückzuführen ist. Falls jedoch Marktversagen oder verhal-

---

<sup>9</sup> In beiden Arbeiten richtet sich der Zinssatz nach der Empfehlung für Wirtschaftlichkeitsrechnungen im Hochbau (SIA-Norm 480) des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA).

<sup>10</sup> Nach Schmelz (2002, S. 6) entstehen Opportunitätskosten aufgrund eines Nutzenentgangs, *'der durch den Verzicht auf eine Alternativenanlage entsteht.'*



tensspezifisches Versagen für diese Differenz verantwortlich sind, ist ein Eingreifen aus ökonomischer Sicht legitim. Folgend werden nun solche Ursachen näher erläutert.

### **Externalitäten und Energiepreise**

Die Energiepreisentwicklung spielt bei einer Kosten-Nutzen Abwägung für Investitionen in Solaranlagen eine wichtige Rolle. Dies aufgrund von Erträgen, die während der Lebensdauer der Anlage durch den Ersatz von Energieträgern, wie z. B. Öl, Strom oder Gas mit kostenloser Sonnenenergie entstehen. Die Preisentwicklung der Energieträger ist daher mitentscheidend für einen positiven Nettokapitalwert der Investition. Fossile Energieträger können aufgrund der langen Regeneration<sup>11</sup> als erschöpfliche Ressourcen bezeichnet werden. Die begrenzte Verfügbarkeit impliziert eine Knappheit, die zu einem Preisanstieg über Zeit führen kann (siehe z. B. Hotelling 1931). Politische Massnahmen können als weitere Einflussfaktoren auf den Energiepreis identifiziert werden. Eine Intervention kann aufgrund von negativen Externalitäten begründet werden, die bei der Produktion von nutzbarer Energie entstehen. Die Externalitäten sind in diesem Fall dafür verantwortlich, dass der Energiepreis fossiler Energieträger vom gesellschaftlich optimalen Preis abweicht. Der gesellschaftlich optimale Preis umfasst zuzüglich der Produktionskosten auch Kosten, die durch klimarelevante oder gesundheitsschädigende Emissionen entstehen. Das Marktversagen zeigt sich durch die fehlende Berücksichtigung dieser Kosten von den Verursachern. In der Praxis herrscht allgemeine Einigkeit über die Existenz von solchen Externalitäten (Gillingham et al. 2009, S. 10). Die Debatte dreht sich um das genaue Ausmass des Schadens und den Internalisierungsgrad in das Kostenkalkül der Verursacher (Gillingham et al. 2009, S. 10). Verantwortlich dafür ist z. B. die schwierige Messbarkeit dieser Grössen. Es lässt sich festhalten, dass eine Unterinternalisierung der Externalität in aus gesellschaftlicher Sicht zu tiefen Energiepreisen resultiert und somit ein zukünftiges Eingreifen des Staates legitimiert. Diese Entwicklung könnte sich indirekt positiv auf die Erträge einer Investition in thermische Solarenergie auswirken, die aus der eingesparten fossilen Energie resultieren.

### **Prinzipal-Agenten Beziehung im Gebäudebereich**

Prinzipal-Agenten Beziehungen können eine weitere Ursache für Marktversagen im Bereich von energieeffizienten Investitionen darstellen. In der Prinzipal-Agenten-Theorie wird das Agentenproblem beschrieben, das bei Arbeitsteilung zwischen der delegierenden (Prinzipal) und der ausführenden Partei (Agenten) entstehen kann (Eisenhardt 1989, S. 58). Die Problematik der Beziehung besteht zum einen aus Zielkonflikten und zum anderen aus einer mangelhaften Kontrollmöglichkeit seitens des Prinzipals (Eisenhardt 1989, S. 58). Vermieter und Mieterbeziehungen zeichnen sich oft dadurch aus, dass der Vermieter ein Gebäude oder eine Wohnung inklusi-

---

<sup>11</sup> Entstehungszeit von Erdöl und Erdgas beträgt ca. 250-300 Millionen Jahre (Dziendziol 2007, S. 3).

ver Gebäudetechnik bereitstellt. In dieser Situation delegiert der Mieter als Prinzipal und der Vermieter verkörpert den Agenten. Die Problematik zeigt sich bei der Betrachtung der unterschiedlichen Nutzenkalküle. Der Vermieter (Agent) minimiert die Investitionskosten ohne Berücksichtigung der Energieeffizienz. Dies steht im Gegensatz zum Interesse des Mieters (Prinzipal), der aus Energieeinsparungen profitieren kann. Die beschriebene Problematik wird in der Literatur häufig unter dem Begriff ‘split-incentive‘ zusammengefasst (Bird und Hernández 2012, S. 507). Das Beispiel zeigt auch eine Teilung der Investition und Rendite auf zwei verschiedene Parteien. In diesem Kontext können Investitionen in energieeffiziente Technologien durch weitere Marktversagen gehindert werden.

Dem Vermieter können beim Ausgleich asymmetrischer Informationen Transaktionskosten anfallen. Für eine Rendite aus der getätigten Investition in die Gebäudetechnik kann der Vermieter den fixen Mietzins erhöhen (Kägi 2004, S. 107). Ausgehend von einem kosteneffizienten Vorhaben muss der Vermieter Informationen über die Vorteile der Energieeffizienz an den Mieter weitergeben. Informationen zum Nutzen lassen sich bei energieeffizienten Produkten generell nicht ganzheitlich vom Verkäufer zum Käufer übertragen, zumal die in der Zukunft anfallenden Erträge nicht direkt sichtbar sind (Howarth und Sanstad 1995). In einer Situation mit asymmetrisch verteilten Informationen kann es zu einer adversen Selektion kommen (Akerlof 1970, S. 490ff.). Dies kann dazu führen, dass die Zahlungsbereitschaft der Mieter aufgrund der unsicheren Informationslage unterhalb des Preises einer energieeffizienten Gebäudetechnik zu stehen kommt. Bei der Informationsübertragung können unter diesen Gegebenheiten Transaktionskosten anfallen (Howarth und Andersson 1993), die durch ein Marktversagen entstanden sind.

Die unterschiedliche Risikoverteilung zwischen dem Prinzipal und Agenten kann eine weitere Ursache von Marktversagen darstellen (Shavell 1979). Bezugnehmend auf Investitionen in die Solarthermie, wird im Falle einer Überwälzung der Mehrkosten auf den Mietpreis auch das Risiko der unsicheren Erträge aus der Sonnenenergie auf den Mieter übertragen. Insbesondere für kurzzeitige Mietverhältnisse kann sich eine Investition angesichts der relativ langen Amortisationszeit als nicht lohnenswert darstellen (Kägi 2004, S. 72). Bei den Mietern ist daher mit Widerstand gegen eine Mietzinserhöhung zu rechnen (Kägi 2004, S. 107). Dies führt zu einem höheren Investitionsrisiko der Vermieter bei Bauvorhaben in energieeffiziente Technologien.

Gerheuser und Meier et al. (2002, S. 58 #37) erkennen auch in der Schweiz eine Problematik von fehlenden Anreizen bei Hauseigentümern für Investitionen in energiesparende Technologien. Die Begründung der Autoren liegt bei den rechtlichen Gegebenheiten, die eine Kostenüberwälzung auf den Mieter erschweren (Gerheuser et al. 2002, S. 58).

Die im vorherigen Abschnitt genannten Beispiele lassen sich in einigen Fällen auch auf eine Beziehung zwischen Bauherren und Käufer einer Liegenschaft übertragen.

## **Beschränkter Zugang zu Kapital**

In einem effizienten Markt können Investitionen zu einem risikoadjustierten Preis am Kapitalmarkt finanziert werden (Golove und Eto 1996, S. 10). Ein fehlender Zugang zu Kapital kann ein Grund für die zuvor beschriebene implizite Diskontierungsrate sein, die über den Branchendurchschnitt liegt (Gillingham et al. 2009, S. 13). Die Barriere wird ersichtlich, wenn das Risiko für eine energieeffiziente Investition vom Kreditgeber zu hoch eingeschätzt wird und der Kreditsteller einem Aufschlag gegenübersteht, der die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens gefährdet. Es kann davon ausgegangen werden, dass von diesem Problem vor allem Personen mit einem tiefen Vermögensstand oder Einkommen betroffen sind.

Insbesondere Investitionen in die Energieeffizienz sollten aufgrund der erwarteten Erträge die Kreditwürdigkeit des Kreditstellers verbessern und den Risikoaufschlag für den Kredit verringern (Golove und Eto 1996, S. 10). Golove und Eto (1996, S. 10) vermuten, dass es dem Kreditsteller infolge von asymmetrischen Informationen nicht möglich ist, den Anspruch auf einen tieferen Zinssatz beim Kreditnehmer geltend zu machen. Wie aus Abschnitt 2.1 ersichtlich wurde, ist die Leistung von Solaranlagen sehr situationsabhängig. Angenommen Kreditgeber berechnen den Risikoaufschlag aus einem Durchschnitt. In diesem Fall wäre zu erwarten, dass besonders leistungsstarke Projekte von übersteuerten Konditionen betroffen sind.

## **Informationsdefizite**

Wie bereits erwähnt, ist die Annahme über vollständig informierte Marktteilnehmer notwendig für eine effiziente Allokation von Ressourcen. Informationen weisen Attribute eines öffentlichen Gutes auf und werden daher generell in der Marktwirtschaft in zu tiefen Mengen angeboten. Diese Eigenschaften zeigen sich z. B. anhand einer schweren Ausschliessbarkeit und einer tiefen Rivalität beim Gebrauch von Informationen. Bei energieeffizienten Technologien können diese Gegebenheiten speziell in der Grundlagenforschung zu Unterinvestitionen führen (Howarth und Andersson 1993).

Auch in der Schweiz sind Anzeichen für ein Unterangebot von Informationen zu erkennen. Nach Einschätzungen von Kägi (2004, S. 102) kann der Schweizer Markt für thermische Solaranlagen nur als mässig transparent eingestuft werden. Als Gründe dafür werden eine tiefe Bereitstellung von Information seitens der Hersteller genannt (Kägi 2004, S. 101).

Für eine wirtschaftlich rationale Investitionsentscheidung in energieeffiziente Technologien sind eine Vielzahl von Informationen notwendig. Auch bei thermischen Solaranlagen ist der Wissensstand über die Technologie ein relevanter Faktor für die Adoption (Woersdorfer und Kaus 2011, S. 2288). Das Fehlen dieser Informationen führt dazu, dass der Investor die energieineffiziente Technologie wählt, obwohl diese aus privater Sicht nicht die optimale Entscheidung darstellt

(1995). In gleicher Weise ist eine Situation denkbar, in der ausreichend Informationen für eine optimale Entscheidung zur Verfügung stehen aber gleichwohl die ineffiziente Wahl getroffen wird. Diese Gegebenheiten werden in folgendem Abschnitt mit Bezug zu einem verhaltensspezifischen Versagen näher erläutert.

In der Schweiz ist für die Entscheidung einer Installation von thermischen Solaranlagen ein relativ hoher Wissensanspruch zu erkennen. Der Fachverband für Sonnenenergie SWISSOLAR zeigt z. B. in einer landesweiten Erhebung ein grosses Spektrum verschiedener Modelltypen von Flachkollektoren in einer Preiskategorie (Kägi 2004, S. 100). Gerheuser (2002) schliesst aus einer Befragung von 1'906 Schweizer Haushalten auf einen generellen Informationsmangel zu Solarsystemen.

In einer Situation mit vorherrschenden Informationsdefiziten kann eine Übernahme der neuen Technologie auch als Quelle von positiven Externalitäten identifiziert werden (vgl. Jaffe et al. 2004, S. 83). Die Einführung der Technologie gibt ein Signal zur Machbarkeit an andere potentielle Benutzer, ohne den Verursacher für die Bereitstellung von Informationen zu entschädigen. Im Gebäudebereich ist dies eine denkbare Situation. Die Installation einer thermischen Solaranlage kann durchaus als Informationsquelle zur Machbarkeit ähnlicher Projekte in der Nachbarschaft gelten.

### **Verhaltensspezifisches Versagen**

Nach Gillingham und Newell et al. (2009, S. 16) können Fehlverhalten bei Investitionen in die Energieeffizienz mit der neuen Erwartungstheorie, oder aufgrund von Entscheidungen unter begrenzter Rationalität sowie durch heuristische Entscheidungen beschrieben werden.

Kahneman und Tversky (1979, S. 263) identifizieren in der neuen Erwartungstheorie (engl.: 'Prospect Theory') Effekte bei Entscheidungen unter Risiko, die im Gegensatz zur Theorie der rationalen Entscheidung (engl.: 'Rational Choice') stehen. Demnach werden Zustände, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreffen, im Vergleich zu sicheren Gegebenheiten systematisch unterschätzt (Kahneman und Tversky 1979, S. 263). Dies führt zu einem risikoaversen Verhalten bei Entscheidungen mit sicheren Gewinnen und zu einem risikofreudigen Handeln bei Entscheidungen mit sicheren Verlusten (Kahneman und Tversky 1979, S. 263). Hartman und Doane et al. (1991, S. 141) zeigen in einer empirischen Untersuchung, dass Konsumenten in der Entscheidung über die Versorgungssicherheit von Elektrizität den Status quo präferieren, dies auch, wenn dadurch Versorgungsausfälle in Kauf genommen werden müssen.

Unter begrenzter Rationalität (engl.: 'Bounded Rationality') unterscheidet sich der Entscheidungsprozess zwischen Individuen in der kognitiven Aktivität und weicht somit von einem einheitlichen, rationalen Verhalten ab (Simon 1986, S. 223). Die Ergebnisse aus diesem Entschei-

dungsprozess, entsprechen nur in seltenen Situationen einer Nutzenmaximierung (Simon 1986, S. 223). Friedman und Hausker (1988) sowie Friedman (2002) untersuchen Entscheidungen von Haushalten zum Energiekonsum unter begrenzter Rationalität. Bei Entscheidungen von Haushalten zum Erdgaskonsum zeigt das Modell mit begrenzter Rationalität einen höheren Erklärungsgehalt im Vergleich zur Nutzenmaximierung (Friedman 2002, S. 166ff.).

Der Prozess von heuristischen Entscheidungen (engl.: ‘Heuristic Decision Making’) ist dem der begrenzten Rationalität ähnlich. Der Begriff Heuristik kann als Strategie für schnelle und einfache Entscheidungen verstanden werden, wobei ein Anteil von Informationen ignoriert wird (Gigerenzer und Gaissmaier 2011, S. 454). Die Uninformiertheit kann bewusst oder unbewusst als z. B. eingesparter Aufwand zur Informationsbeschaffung in Kauf genommen werden (Gigerenzer und Gaissmaier 2011, S. 451). Rationale Entscheidungen stellen im Vergleich eine komplexere Methode dar, die keine Fehler der Heuristik zulassen (Gigerenzer und Gaissmaier 2011, S. 451). Gillingham und Newell et al. (2009, S. 16ff.) stellen in einer Literaturrecherche den Bezug zu energieeffizienten Produkten her. Die Ergebnisse zeigen, dass die Heuristik ein relevantes Hindernis für die Ausbreitung von energieeffizienten Technologien ist. In mehreren Untersuchungen wurde z. B. beobachtet, dass Haushalte die Amortisation von energieeffizienten Produkten ignorieren oder systematisch falsch berechnen (vgl. Gillingham et al. 2009, S. 17).

### **2.2.2 Wirkung politischer Massnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien**

Im vorangehenden Abschnitt wurden Barrieren für Investitionen in die Energieeffizienz aufgezeigt. Die beschriebene Situation kann ein staatliches Eingreifen notwendig erscheinen lassen. In diesem Zusammenhang wird im folgenden Abschnitt die Wirkung von politischen Massnahmen aus einem theoretischen Kontext und basierend auf empirische Ergebnisse erläutert. Bei den Resultaten aus der Empirie liegt der Fokus primär auf Wirkungsaussagen zur Ausbreitung der Technologien. Mit der Untersuchung von Fördermassnahmen im Bereich der Solarthermie wurde die Recherche möglichst auf dieses Politikfeld eingeschränkt. Somit wurde das Themenfeld Energieeffizienz im Gebäudebereich und die Förderung von erneuerbaren Energien berücksichtigt.

Für die Wirkungsuntersuchung von politischen Massnahmen ist eine konzeptuelle Einordnung sinnvoll. Die Typologie von Lowi (1972) ist zwar eine der bekanntesten in diesem Bereich, lässt sich jedoch nur schwer operationalisieren (Mayntz 1983, S. 37). Aufgrund einer verbesserten Anwendbarkeit wurde in der vorliegenden Arbeit auf den Ansatz von Windhoff-Héritier (1987) zurückgegriffen. Basierend auf dieser Typologie werden Instrumente in fünf verschiedene Steuerungsprinzipien unterteilt (Windhoff-Héritier 1987, S. 27ff.): Gebote oder Verbote stellen in diesem Ansatz Instrumente dar, die auf eine direkte Verhaltensänderung abzielen. Demgegenüber sollen Handlungsanreize indirekt beeinflussen. Die Fördervoraussetzungen geben hierbei

das Zielverhalten vor. Das Instrument der staatlichen Bereitstellung eines Angebots setzt keine Handlungsvoraussetzungen und bietet daher lediglich eine Dienstleistung an. Politische Massnahmen im Bereich der Überzeugung oder Aufklärung sollen mit Informationen Verhaltensänderungen herbeiführen. In diesem Zusammenhang kann auch die Begrifflichkeit von persuasiven Instrumenten verwendet werden. Zudem werden Instrumente unterschieden, die mit einer Vorbildfunktion Nachahmungen erzielen sollen.

### **Finanzielle Anreize**

Nach Windhoff-Héritier (1987, S. 30) ist die Wirkung von Anreizen zum einen aus der Lerntheorie und zum anderen mit der Kosten-Nutzen-Theorie (vgl. Brown und Stover 1977, S. 465–480) begründbar. In einem Lernprozess (vgl. Skinner 2005, S. 59) wählt das Individuum die Verhaltensalternative, die den grössten Nutzen verspricht. Die Wirkung von Anreizen sei daher mit der Kosten-Nutzen Rechnung des Individuum verbunden (Windhoff-Héritier 1987, S. 102). Mit dem Ziel, nur für eine bestimmte Handlung einen Anreiz zu setzen, bestehen in der Praxis Auflagen oder Bedingungen, die für eine Förderung erfüllt sein müssen (Mayntz 1980, S. 75–89). Diese ‘Regelungskomponente’ (Windhoff-Héritier 1987, S. 29) schränkt den Handlungsspielraum ein und ist gleichzeitig Gegenstand der Kosten-Nutzen Abwägung.

Im Bereich erneuerbarer Energien sind üblicherweise Steuern, Subventionen und handelbare Zertifikate finanzielle Anreize (Rieder und Walker 2009). Für die Förderung von Solarthermie werden Subventionen und Steuern weltweit eingesetzt (Roulleau und Lloyd 2008; Timilsina et al. 2012). Subventionen können in Form von finanziellen Zuschüssen, Prämien oder Steuererleichterungen geltend gemacht werden (Espey 2001). In Europa sind finanzielle Zuschüsse das am häufigsten eingesetzte Instrument zur Energieeffizienz im Gebäudebereich (Kitzing et al. 2012, S. 193).

In einem Literaturreview zum Themenbereich der Wirksamkeit von Subventionen zur Steigerung von Energieeffizienz oder zur Förderung von erneuerbaren Energien wurden Ergebnisse aus 18 Studien zusammengetragen. Die Autoren kommen zum Schluss, dass Subventionen generell zu Verhaltensänderungen führen und somit zur Zielerreichung beitragen können (Rieder und Walker 2009, S. 50ff.).

Im Bereich erneuerbaren Energien wurden in den letzten Jahren zahlreiche empirische Studien zu den Effekten von finanziellen Instrumenten publiziert. Besonders häufig untersuchte Technologien sind hierbei die Photovoltaik (PV) und die Windkraft.

Sarzynski (2012) untersucht die Wirkung politischer Massnahmen auf die PV-Kapazitäten von amerikanischen Staaten zum Zeitraum 1997 bis 2009. Eine auf Paneldaten basierende Modell-schätzung gibt keine Anzeichen dafür, dass die Einführung steuerlicher Vergünstigungen für

Investitionen in PV-Anlagen den jährlichen Zubau an PV-Kapazitäten vorangetrieben haben (Sarzynski et al. 2012). Demgegenüber ist ein positiver Einfluss von finanziellen Anreizen, wie Rabatte oder Förderbeiträge, auf den jährlichen Ausbau der PV zu erkennen (Sarzynski et al. 2012, S. 12).

Marques (2012) analysiert die Entwicklung erneuerbarer Energien in 23 europäischen Ländern zwischen 1990-2007. Basierend auf einem Modell für Paneldaten wird der Einfluss politischer Massnahmen auf den jährlichen Anteil von erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch der Länder (Marques und Fuinhas 2012, S. 109). Marques (2012, S. 116) beobachtet in diesem Zusammenhang ein signifikant positiver Effekt ausgehend von finanziellen Anreizen. Für die Messung werden verschiedene finanzielle Anreize in einer Variablen zusammengefasst und verunmöglichen somit eine Wirkungsunterscheidung zwischen z. B. Steuervergünstigungen oder Förderbeiträgen.

Jenner et al. (2013, S. 398) analysieren Paneldaten zum Zeitraum 1992-2008 und erkennen einen unterschiedlichen Effekt finanzieller Anreize bei der Kapazitätssteigerung von PV-Anlagen und Windturbinen in Europa. Die Ergebnisse zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen der installierten Kapazität von PV-Anlagen und der Anlagerendite in der Zeit, in der für die Stromproduktion eine Einspeisevergütung veräussert wurde (Jenner et al. 2013, S. 398). Kein signifikanter Einfluss von diesem Instrument ist dagegen auf den jährlichen Zuwachs der Windkraftkapazitäten zu beobachten (Jenner et al. 2013, S. 398). In der Analyse kann zudem kein Zusammenhang zwischen dem jährlichen Zubau der Kapazitäten beider Technologien und einer Einführung von Steuererleichterungen oder vergünstigten Darlehen identifiziert werden (Jenner et al. 2013, S. 396).

Carley (2009) untersucht den Einfluss politischer Massnahmen auf den Anteil erneuerbarer Energien in der Stromproduktion. Die Arbeit basiert auf Paneldaten zu 48 Staaten der USA für den Zeitraum 1998-2006. Das Resultat zeigt einen signifikant positiven Effekt ausgehend der Einführung von staatlichen Darlehen, Rabatten oder Zuschüssen (Carley 2009, S. 3077). Demgegenüber ist ein negativer Einfluss aus der Einführung von steuerlichen Vergünstigungen für Investitionen in erneuerbare Energien zu erkennen (Carley 2009, S. 3077).

Shrimali (2011) erweitert die Anzahl der untersuchten Staaten auf 50 und den Untersuchungszeitraum auf 1991-2007. Zudem ermöglicht die Analyse eine Unterscheidung verschiedener Technologien in der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien. Im Bereich finanzieller Anreize wird der Einfluss von einem politischen Programm untersucht, dessen Mittel unter anderem zur Förderung von erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Die Ergebnisse zeigen einen positiven Effekt aus der Einführung des sogenannten 'clean energy fond' auf die jährlichen Kapazitäten der Windkraft, Biomasse und Geothermie (Shrimali und Kniefel 2011, S.

4735). Kein signifikanter Zusammenhang kann dagegen zu den PV-Kapazitäten festgestellt werden (Shrimali und Kniefel 2011, S. 4735).

Im Gebäudebereich zeigt eine Untersuchung aus Kanada einen signifikant positiven Effekt von finanziellen Anreizen auf die Realisierungswahrscheinlichkeit und Intensität von energieeffizienten Massnahmen (Gamtessa 2013, S. 156). Die Analyse wurde mithilfe einer logistischen Regression durchgeführt, wobei Daten für den Zeitraum 1998-2005 zur Verfügung standen (Gamtessa 2013, S. 155).

Hassett et al. (1995) kommen zum Schluss, dass Steuereinsparungen von 10% die Investitionswahrscheinlichkeit in energiesparende Massnahmen um 24% erhöhen. Es sei jedoch bemerkt, dass in dieser Analyse Investitionen in die Solarthermie nicht als Energiesparmassnahme berücksichtigt wurden (Hassett und Metcalf 1995, S. 204). Die Untersuchung beruht auf Paneldaten zu einer Stichprobe von Haushalten, die über den Zeitraum 1979-1981 in den USA beobachtet wurden (1995).

Durham (Durham et al. 1988) untersucht mithilfe einer logistischen Regression den Einfluss von Steuervergünstigungen auf die Wahrscheinlichkeit einer Installation von solarthermischen Anlagen zur Warmwasserproduktion. Die Analyse beruht auf Daten zu 2'751 amerikanischen Haushalten aus dem Jahre 1983. Das Resultat zeigt infolge einer Erhöhung der Steuererleichterung um 1% eine 76% höhere Wahrscheinlichkeit einer Installation (Durham et al. 1988, S. 353)

Zhao (2012, S. 291) untersucht mithilfe von Querschnittsdaten aus Florida die Partizipationswahrscheinlichkeit von Haushalten an einem Förderprogramm zur Energieeffizienz im Gebäudebereich. Die Ergebnisse weisen auf ein relativ tiefes Interesse an vergünstigten Krediten im Vergleich zu Steuervergünstigungen hin (Zhao et al. 2012, S. 291). Zudem zeigt Zhao (2012, S. 295) mithilfe einer ordinalen Regression, dass bei Steuervergünstigungen von 50% der Kosten für Solaranlagen 41% der Probanden für einen Kauf bereit waren.

### **Regulative Instrumente**

Gebote oder Verbote dienen dazu ein bestimmtes Verhalten vorzuschreiben, wobei Widerhandlungen oft eine Sanktionierung zur Folge haben. Das Instrument kann entweder vor oder während einer Handlung eingesetzt werden (Windhoff-Héritier 1987, S. 28). Bevor eine Handlung ausgeführt wird kann diese entweder gänzlich untersagt werden oder nur unter bestimmten Bedingungen rechtens sein (Windhoff-Héritier 1987, S. 28). Während der Handlungsausführung dienen regulative Instrumente häufig zur Festlegung eines bestimmten Standards (Mayntz 1983, S. 59). Nach Windhoff-Héritier (1987, S. 100) kann die Wirkung von Geboten und Verboten durch zwei Faktoren beeinflusst werden: Die Akzeptanz in der Bevölkerung als normative Komponente und das Mass an Abschreckung bei Gesetzesverstösse. Als abschreckend kann z.



B. das Kontrollvermögen und die Stärke der Bestrafung in Betracht gezogen werden (Windhoff-Héritier 1987, S. 100–101).

Von allen europäischen Ländern werden regulativ getriebene Strategien zur Förderung von erneuerbaren Energien im Gebäudebereich am dritthäufigsten umgesetzt (Kitzing et al. 2012, S. 193). Übliche Massnahmen sind z. B. Verbote zu bestimmten haustechnischen Geräten oder Gebote zu einem gewissen Energiestandard bei Neubauten. Die Förderung von erneuerbaren Energien wird auch durch verbindliche Zielsetzungen zum Ausbau initiiert. Im Bereich von Solaranlagen spielen zudem bedingte Verbote zum Bau eine Rolle. Die Ausgestaltung von regulativen Massnahmen unterscheidet sich generell stark zwischen und innerhalb von Ländern.

Die Installation von thermischen Solaranlagen in der Schweiz ist häufig baubewilligungspflichtig. Kägi (2004, S. 107), Ott und Klinger et al. (2007, S. 45) sowie Kessler et al. (2008, S. 12) erachten diese gesetzliche Gegebenheit als relevanter Faktor bei der Kaufentscheidung. Die gesetzlichen Hürden sind jedoch je nach Kanton unterschiedlich hoch (Kessler et al. 2008, S. 12).

In Holland wurde 1995 ein verbindlicher Energiestandard für Neubauten eingeführt. Die eigentliche Innovation bei diesem Instrument war der 'Energy Performance Coefficient' (EPC), der basierend auf dem Verbrauch und Bereitstellung von Energie eines Gebäudes Auskunft über die Energieeffizienz gibt. Es wurde in Folge den Bauherren überlassen, mit welchen Mitteln der Standard erreicht werden sollte. Beerepoot (2007, S. 1894) zeigt in einer empirischen Analyse zum Zeitraum 1996-2003, dass aufgrund der Einführung des Energiestandards vermehrt energiesparende Boiler installiert wurden. Aus der Untersuchung geht jedoch kein signifikanter Effekt auf den Einsatz von thermischen Solaranlagen hervor (Beerepoot 2007, S. 1894). Beerepoot (2007, S. 1896) kommt zum Schluss, dass ein zu tiefer EPC Grund für die ausbleibende Wirkung war. Für einen Einfluss auf die Ausbreitung thermischer Solaranlagen empfiehlt Beerepoot (2007, S. 1896) ein Verbot von bestimmten Technologien.

### **Persuasive Instrumente**

Das Ziel von persuasiven Instrumenten ist, wie bereits erwähnt, durch Informationen, Beratung oder Appelle eine freiwillige Verhaltensänderung herbeizuführen. In diesem Zusammenhang können z. B. Ämter Beratungsdienstleistungen zur Energieeffizienz anbieten oder Informationsveranstaltungen initiieren. Die Wirkung von Informationen auf das Verhalten eines Individuums kann in Abhängigkeit der Klarheit der Botschaft und der Stärke des Informationsmangels gebracht werden (Balch 1980; Windhoff-Héritier 1987, S. 103).

Eine Untersuchung analysiert die Wirkung von Energieberatungen in Deutschland. Für das Vorhaben wurden im Jahre 2005 350 Teilnehmer befragt. Der Einfluss von den Beratungsdienstleistungen auf das Verhalten wird anhand der umgesetzten Massnahmen gemessen. Mit

dem Ziel, Mitnahmeeffekte<sup>12</sup> zu kontrollieren, werden ausschliesslich Projekte berücksichtigt, die aufgrund der Beratung oder Information zustande kamen. Die deskriptive Auswertung eines Fragebogens zeigt, dass ca.20% der empfohlenen Installation von thermischen Solaranlagen durch die Einwirkung der Beratung verwirklicht wurden (Duscha et al. 2005, S. 5).

Nationale oder regionale Programme, die mithilfe einer individuellen und umfassenden Analyse Beratungsdienstleistungen ausüben, können auch als Energie-Audits bezeichnet werden (Rieder und Walker 2009, S. 72). Mit diesem Instrument wird ein energieeffizienteres Verhalten von verschiedenen Akteuren aus unterschiedlichen Sektoren angestrebt.

Anderson (2004) untersucht das Verhalten von Unternehmen bei Energie-Audits in den USA. Eine deskriptive Auswertung der Projekte ergeben, dass ca. jeder zweite Vorschlag des Energie-Audits zur Energieeffizienzsteigerung umgesetzt wurde (Anderson und Newell 2004, S. 33). Eine Evaluation des Energie-Audit Programms in Deutschland zeigt im Bereich Heizung und Warmwasser, dass ca. 21% der vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt wurden (Fleiter et al. 2012, S. 868). Für die Untersuchung wurde im Jahre 2010 ein online Fragebogen an die Teilnehmer des Audits versandt, wobei 542 Personen an der Umfrage teilnahmen (Fleiter et al. 2012, S. 868). Die Auswertungen eines bei Haushalten in Kanada durchgeführten Energie-Audits zeigen, dass ca. 19% der Teilnehmer die vorgeschlagenen Massnahmen zur Energieeffizienz umsetzten (Gamtessa 2013, S. 156). Für die Untersuchung wurden aus dem Jahre 2005 Daten von 188'000 Projekten ausgewertet (Gamtessa 2013, S. 156). Die hier vorgestellten Resultate kontrollieren nicht den Mitnahmeeffekt und sind daher nur bedingt als Wirkungsmessung von Energie-Audits geeignet. Rieder und Walker (2009, S. 64) schätzen den Mitnahmeeffekt bei Energie-Audits auf 10-25%. Unter dieser Berücksichtigung ist der Anteil von verwirklichten Projekten, die aufgrund der Empfehlung vom Energie-Audit zustande kamen ca. zwischen 14,25% und 37,5%.

Informationskampagnen stellen eine weitere politische Massnahme im Bereich der persuasiven Instrumente dar. Die Aktionen werden entweder auf die breite Öffentlichkeit oder spezifisch auf eine Zielgruppe, wie z. B. Hausbesitzer ausgerichtet. Mit Informationen, Beratung oder Appelle sollen die Akteure zu einem energieeffizienteren Verhalten geführt werden.

Rieder und Walker (2009, S. 66ff.) untersuchen jeweils 3 Evaluationsberichte zur Förderung von erneuerbaren Energien und im Bereich Energieeffizienz. Die Schlussfolgerungen weisen auf eine geringe Wirkung von Kampagnen hin (Rieder und Walker 2009, S. 67). Das Instrument verstärkte zwar die Intention von energieeffizienten Vorhaben, löse aber nur selten eine direkte Handlung aus (Rieder und Walker 2009, S. 67). Für die Wirkung von Kampagnen und Energie-

---

<sup>12</sup> Ein Mitnahmeeffekt tritt auf, wenn das Steuerungsobjekt auch ohne der politischen Massnahme das gewünschte Verhalten zeigen würde (Scharpf et al. 1976, S. 102).

beratungen sei die Qualität der treibende Faktor (Rieder und Walker 2009, S. 63). Somit seien z. B. eine klare Zielformulierung, die Identifikation der Zielgruppe und die gezielte Bearbeitung dieser wichtige Kriterien für einen höheren Wirkungsgrad (Rieder und Walker 2009, S. 63).

### **Instrumenten mix**

Nach einer isolierten Betrachtung von Instrumenten und deren Wirkung erscheint es wichtig einige Punkte zu Effekten festzuhalten, die bei einer Kombination von politischen Massnahmen entstehen können.

In der Literatur werden Interdependenzen bei politischen Massnahmen oft unter dem Begriff 'Programmverflechtung' zusammengefasst (Windhoff-Héritier 1987, S. 103ff.). Instrumente können sich je nach Deckungsgrad in der Zielsetzung inhaltlich ergänzen oder gegenseitig behindern. In diesem Zusammenhang wird von einer positiven oder negativen Verflechtung der Instrumente gesprochen (Windhoff-Héritier 1987, S. 104). Die Abhängigkeit kann entweder zeitgleich oder zeitversetzt stattfinden. Bei einer sogenannten 'Pool-Interdependenz' findet eine Addition der Massnahmen statt (Windhoff-Héritier 1987, S. 103).

Bezugnehmend auf die zuvor behandelten Steuerungsprinzipien sind grundsätzlich vorteilhafte und unvorteilhafte Kombinationen identifizierbar. Kombinieren lassen sich z. B. persuasive Instrumente mit Verboten oder Geboten. Die Kombination folgt der Logik, dass für eine Gebots- oder Verbots-Durchsetzung eine gewisse Akzeptanz seitens der Adressaten bestehen muss (vgl. Windhoff-Héritier 1987, S. 100 / noper). Diese kann durch Überzeugungsarbeit der persuasiven Instrumente hergestellt werden. Nach Rieder und Walker (2009, S. 93) ist für eine Wirkung von finanziellen Anreizen zwingend eine Kombination mit Informations- oder Beratungsleistungen notwendig, zumal die Reichweite erhöht und der Mitnahmeeffekt reduziert würde. Eine unvorteilhafte Kombination stellen Anreize mit Geboten oder Verboten dar (vgl. Windhoff-Héritier 1987, S. 105 / noper). Ein Anreiz würde in diesem Fall alleine durch die Existenz des Verbots in Frage gestellt werden (Windhoff-Héritier 1987, S. 105).

## **2.3 Förderung thermischer Solaranlagen in der Schweiz**

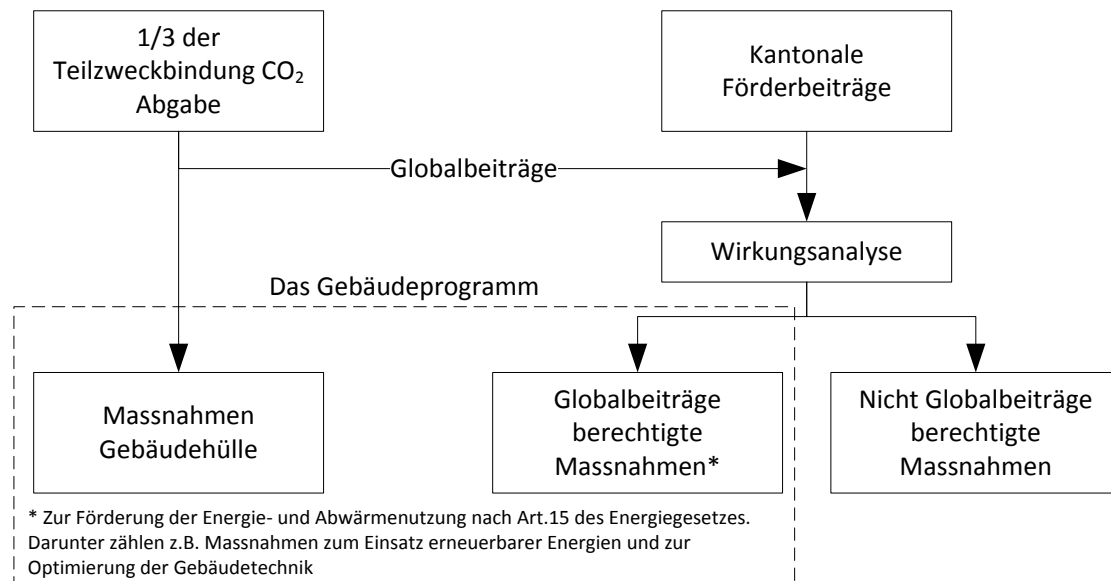
In diesem Abschnitt wird das Fördersystem der Schweiz zu thermischen Solaranlagen beschrieben. Insbesondere werden politische Instrumente erläutert, die Investitionen begünstigen und somit einen positiven Einfluss auf die Ausbreitung dieser Technologie ausüben können.

Die Änderung der Bundesverfassung im Jahre 1990 mit der Formulierung des Artikels zur Energiepolitik, hatte eine Reihe von energiepolitischen Massnahmen zur Folge. Im Jahre 1991 wurde das Aktionsprogramm 'Energie 2000' initiiert. Anfangs 2000 wurde das Nachfolgeprogramm 'EnergieSchweiz' eingeleitet.

Das Aktionsprogramm ‘Energie 2000’ zielte auf eine Stabilisierung des Gesamtverbrauchs fossiler Energien bis im Jahre 2000, relativ zum Basisjahr 1990 (UVEK 2000, S. 3). Im Bereich Wärmeproduktion sollte der Anteil an erneuerbaren Energieträgern bis im Jahre 2000 um 3% zunehmen (UVEK 2000, S. 3). Zu diesem Zweck wurde nach dem Auslaufen des ‘Startprogramms für Solaranlagen’ während des Zeitraums 1997-1999 ein weiteres Subventionsprogramm unterhalten. Während der Projektlaufzeit konnten ca. 15‘000 Projekte unterstützt werden, 49,6% davon im Bereich Sonnenenergie (UVEK 2000, S. 19). Neben dem Subventionsprogramm vom Bundesamt für Energie (BFE) entwickelten die Kantone im Rahmen von ‘Energie 2000’ einen Minergie-Standard, der für einen tiefen Energieverbrauch von Gebäuden steht. Zusätzlich wurden Bemühungen zur Ausbildung der Mitarbeiter von Energieämtern und in die Forschung von erneuerbarer Energien vorangetrieben. Am Programmende konnte in der Wärmeproduktion ein Zuwachs von 2,1 TWh Energie aus erneuerbaren Energieträgern ausgewiesen werden (UVEK 2000, S. 50). Dies entspricht einem Zielerreichungsgrad von 70%.

Das Programm ‘EnergieSchweiz’ verfolgte für die Periode 2000-2010 die Zielsetzung des im Jahre 2000 in Kraft getretenen CO<sub>2</sub> – Gesetzes. In diesem wurde ein Reduktionsziel von 10% der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2010 formuliert, wobei das Jahr 1990 als Referenzjahr galt (Bundesgesetz, Art. 2 Abs. 1). Zur Zielerreichung sollten im Bereich der Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern bis 2010 zusätzliche 3 TWh entstehen (BFE 2001, 7). Unter dieser Zielsetzung unterstützt der Bund seit dem Jahre 2000 kantonale Vorhaben zur sparsamen und rationalen Energienutzung sowie die Förderung von erneuerbaren Energien mit sogenannten Globalbeiträgen<sup>13</sup>. Die Globalbeiträge wurden anfangs aus dem ordentlichen Budget des Bundes finanziert. Seit der Änderung des CO<sub>2</sub>-Gesetzes im Jahre 2009 werden die finanziellen Mittel aus dem Ertrag der CO<sub>2</sub>-Abgabe entnommen (siehe Abbildung 3). Beitragsberechtigt sind im Grunde alle Kantone, die ein eigenes Förderprogramm unterhalten. Die Höhe der Unterstützung durch den Bund ist vom kantonalen Förderbeitrag sowie von der Wirkung der Massnahmen abhängig und darf maximal 50% der kantonalen Investitionen betragen. Zudem werden nur direkte Investitionsmassnahmen gefördert, d. h. indirekte Massnahmen wie z. B. Informations- und Beratungsleistungen sind nicht berechtigt für Globalbeiträge. Das Investitionsprogramm im Bereich Gebäudesanierung und zur Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern wird seit 2010 unter dem Namen ‘Gebäudeprogramm’ geführt (siehe Abbildung 3). Im Gegensatz zu den über die ganze Schweiz einheitlichen Fördergeldern im Bereich der Gebäudesanierung, sind die Förderbedingungen von erneuerbaren Energien im Bereich Wärmeproduktion kantonal verschieden. Mit dieser kantonalen Regelung der Investitionsprogramme unterscheidet sich ‘EnergieSchweiz’ auch vom Vorgängerprogramm ‘Energie 2000’, bei diesem die Vergabe von Förderbeiträgen zentral durch den Verband ‘SWISSOLAR’ stattfand.

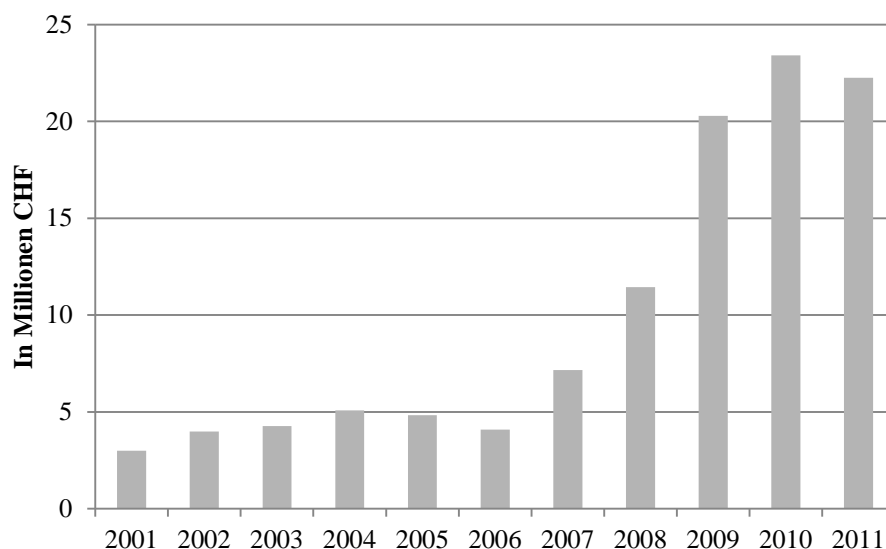
<sup>13</sup> Vorgabe für Globalbeiträge aus dem Energiegesetz Bundesgesetz 30.11.2004, Art. 13.



**Abbildung 3** Finanzierung und Vergabe von Globalbeiträgen Quelle: eigene Darstellung nach (Kessler und Sigrist 2012, S. 8)

Eine Auswertung von ‘EnergieSchweiz’ für den Zeitraum 2001-2010 schliesst im Bereich der Wärmeproduktion auf einen Zielerreichungsgrad von 95% (Vatter et al. 2011, S. 78). Die dritte Etappe von ‘EnergieSchweiz’ begann im Jahre 2011 und wird bis voraussichtlich 2020 laufen.

Im Rahmen des Aktionsprogramms zahlten Kantone während 2001-2011 gesamthaft ca. 110 Millionen Franken für die Förderung von Solaranlagen aus (siehe Abbildung 4). Auffallend ist die annähernde Verdoppelung der Förderung ab dem Jahre 2008 (siehe Abbildung 4). Dies kann teilweise auf ein Konjunkturprogramm zurückgeführt werden, das vom Bund angesichts des weltweiten Konjunkturreinbruchs lanciert wurde (Kessler und Kasser 2010, S. 5). Das Programm umfasste zusätzlich 80 Millionen Franken, die als Globalbeiträge an die Kantone befristet auf das Jahr 2009 in Aussicht gestellt wurden. Daraufhin korrigierten mehrere Kantone ihr Förderprogramm von Solaranlagen.



**Abbildung 4** Kantonale Auszahlungen zur Förderung der Solarthermie 2001-2011 in CHF Quelle:(Kessler und Sigrist 2012) (eigene Darstellung)

Die Förderintensität hat sich in den Kantonen seit der Einführung von ‘EnergieSchweiz’ im Jahre 2000 stark gewandelt. Waren es zu Beginn ca. 10 Kantone mit eigenen Förderprogrammen, beteiligten sich im Jahre 2012 alle 26 Kantone. Zur Reduktion von Barrieren in der Ausbreitung von thermischen Solaranlagen, kommen Instrumente mit unterschiedlichen Steuerungsprinzipien zum Einsatz.

Finanzielle Anreize für die Installation von thermischen Solaranlagen werden in Kantonen primär durch Förderbeiträge und durch Steuererleichterungen gewährt. Der Umfang der finanziellen Zuschüsse und die damit verknüpften Bedingungen unterscheiden sich zwischen den Kantonen. Im Jahre 2008 wurde z. B. in St. Gallen ein Pauschalbeitrag von 1‘200 CHF für die Installation einer Anlage in der Grössenordnung von  $4\text{m}^2 - 10\text{m}^2$  in Aussicht gestellt (Kessler et al. 2008, S. 31). Grössere Anlagen erhielten zusätzlich einen Flächenbeitrag von 100 CHF (Kessler et al. 2008, S. 31). Zur gleichen Zeit konnten Bauherren im Kanton Thurgau oder Schaffhausen mit einem Grundbeitrag von 2‘000 CHF und einem Zuschuss von 200 CHF pro installierte  $\text{m}^2$  Fläche rechnen (Kessler et al. 2008, S. 31). Der Kanton Baselstadt zahlte im Jahre 2008 neben einem Grund- und Flächenbeitrag von 500 resp. 90 CHF pro  $\text{m}^2$ , 40% der Nettoinvestitionskosten der Solaranlage zurück (Kessler et al. 2008, S. 31). Ausgehend von einer Modellanlage von  $7\text{m}^2$  Grösse und 12‘000 CHF Investitionskosten unterschieden sich die finanziellen Anreize in diesem Jahr deutlich zwischen den Kantonen. In St. Gallen konnte mit einem Betrag von 1‘200 CHF gerechnet werden. Thurgau und Schaffhausen steuerten 3‘400 CHF zu den Investitionskosten bei. Vorhaben in Kanton Baselstadt wurden mit 5‘478 CHF finanziell unterstützt (vgl. Kessler et al. 2008, S. 31).

Im Zusammenhang mit den besprochenen Barrieren in Abschnitt 2.2.1, reduzieren Förderbeiträge Investitionskosten und verbessern somit die Wirtschaftlichkeit thermischer Solaranlagen. Die Attraktivität von bivalenten Systemen steigt relativ zu monovalenten Lösungen in der Gebäudetechnik. Eine staatliche Förderung von bestimmten solarthermischen Anlagen kann zudem einen symbolischen Effekt ausüben, der Barrieren reduziert, die aufgrund von technologischen Unsicherheiten entstehen (Rieder und Walker 2009, S. 60; Kessler et al. 2008, S. 10). Im Zusammenhang mit der zuvor beschriebenen Problematik von Fehlverhalten, senkt dies möglicherweise die implizite Diskontierungsrate von Investitionen in thermische Solaranlagen (siehe Abschnitt 2.2.1). Aus einem gestärkten Vertrauen in die Technologie kann ferner der Zugang zu Kapital verbessert werden (siehe Abschnitt 2.2.1). Es ist denkbar, dass z. B. Kreditgeber den Risikoaufschlag für Investitionen in Solaranlagen anpassen und somit die Barriere reduzieren. Ausgehend von den Ergebnissen der empirischen Untersuchungen zur Förderung erneuerbarer Energien ist ein positiver Effekt aufgrund kantonaler Förderbeiträge zu erwarten. Das Instrument zeigt insbesondere bei PV-Anlagen, einer der Solarthermie ähnlichen Technologie, eine positive Wirkung auf den jährlichen Zuwachs an Kapazitäten in der Stromproduktion.

Zahlreiche Kreditinstitute auf kantonaler und nationaler Ebene stellen bei besonders energiesparenden Neubauten vergünstigte Hypotheken zur Verfügung. Die Förderberechtigung steht in den meisten Fällen im Zusammenhang mit einem 'MINERGIE'-Zertifikat, das den Energieverbrauch des Gebäudes quantifiziert (Kessler et al. 2008, S. 20). Für die Berechnung ist die zugefügte Endenergie massgebend. Thermische Solaranlagen reduzieren z. B. den Heizöl Verbrauch. Die Vorzugshypotheken können daher indirekt Investitionen in thermische Solaranlagen erleichtern.

Seit im Jahre 1990 das Bundesgesetz zur Harmonisierung der direkten Steuern der Kantone und Gemeinden in Kraft getreten ist, werden Grundsätze zur Ausgestaltung der kantonalen Gesetzgebung durch den Bund beeinflusst (vgl. Bundesgesetz 01.01.2013, Art.1 Abs.1). Die Möglichkeit Investitionen zur Energieeffizienz von der Bundessteuer abzuziehen, wurde seit 1990 bis 2010 durch die sogenannte 'Dumont-Praxis' geregelt. Diese erlaubte grundsätzlich nach Erwerb einer Liegenschaft, getätigte Investitionen in die Energieeffizienz während der ersten 5 Jahren zu 50% und darauffolgend gänzlich von den Steuern abzuziehen. Die Dumont-Praxis wurde anfangs 2010 aufgehoben. Seither ist ein unmittelbarer Steuerabzug solcher Investitionen möglich (EFD 2009). In vielen Kantonen wurde die kantonale Gesetzgebung im Verlaufe der Zeit an die des Bundes angepasst. Vereinzelnde Kantone erlauben bis zum heutigen Zeitpunkt keinen Steuerabzug von Investitionen in Solaranlagen und andere haben diese Regelung mit Abweichungen übernommen. Es sei zudem anzumerken, dass der Steuerabzug nicht für wertvermehrende Investitionen gilt. D. h. bei Neubauten können auf Bundes- und auf kantonaler Ebene keine Steuererleichterungen geltend gemacht werden (Kessler et al. 2008, S. 18).

Bezugnehmend auf die in Abschnitt 2.2.1 dargelegten Barrieren reduzieren Steuererleichterungen die Investitionskosten und verbessern somit die Wirtschaftlichkeit von solarthermischen Anlagen. Die Argumentation zur Wirkung gestaltet sich analog zu den Förderbeiträgen. Basierend auf den empirischen Resultaten aus dem Gebäudebereich ist ferner mit einem positiven Einfluss von diesem Instrument zu rechnen (siehe Abschnitt 2.2.2).

Mit dem Ziel, den Energieverbrauch des Gebäudeparks in der Schweiz zu reduzieren, wurden an der Konferenz für kantonale Energiedirektoren (EnDK) im Jahre 2000 und 2008 Mustervorschriften entwickelt. Diese ‘Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich’ (MuKE) stellen Empfehlungen für die Übernahme in die kantonale Gesetzgebung dar. Mit den MuKE verfolgt die EnDK auch das Ziel einer Harmonisierung der kantonalen Gesetzgebungen im Energie-Bereich. Im Modul 2 wird für Neubauten ein Mindestanteil von erneuerbaren Energien am zulässigen Wärmebedarf des Gebäudes definiert<sup>14</sup>. Für die Erfüllung dieser Anforderung müssen mindestens 20% des zulässigen Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden, wobei 11<sup>15</sup> verschiedene Standardlösungen unterschieden werden (ENDK 2000, S. 91–92). Eine der Standardlösungen sieht die Installation von thermischen Solaranlagen zur Produktion von Warmwasser vor. Die MuKE wurden seit 2000 schrittweise in die kantonale Gesetzgebung übernommen, wobei einige Kantone den Text geringfügig änderten.

In Abschnitt 2.2.1 wird mit der ‘split incentive’ Problematik eine Situation im Gebäudebereich beschrieben, in der unterschiedliche Anreize zu energieineffizienten Investitionen führen können. Mit einem Mindestanteil an erneuerbaren Energien bei Neubauten wird den Bauherren eine Berücksichtigung energieeffizienter Investitionen vorgeschrieben. Die auferlegte Auseinandersetzung mit erneuerbaren Energien kann zudem Barrieren reduzieren, die aus Entscheidungen mit begrenzter Rationalität entstehen (siehe Abschnitt 2.2.1). Möglicherweise führt der gesetzliche Standard zur Berücksichtigung von Informationen, die andernfalls bei Entscheidungen zur Gebäudetechnik systematisch ausgeschlossen werden. Wie zuvor erwähnt, ist durch das staatliche Eingreifen auch ein symbolischer Einfluss mit reduzierender Wirkung auf Unsicherheiten oder Informationsdefizite denkbar. Ausgehend von der Standardlösung, die Installationen von solarthermischen Anlagen zur Erfüllung des Mindestanteils vorsieht, kann ferner ein positiver Einfluss auf die kantonale Ausbreitung der Solarthermie erwartet werden (Kessler et al. 2008, S. 14).

Eine weitere Massnahme der kantonalen Förderung von Solarenergie konzentriert sich auf die Reduktion von Hürden beim Bauvorhaben einer Anlage. Baubewilligungen können die geplante

---

<sup>14</sup> In der Ausgabe 2000 wird der Höchstanteil von nicht erneuerbaren Energien bei Neubauten im Modul 2 dargelegt (ENDK 2000, S. 42). Die Ausgabe 2008 regelt diesen Bereich unter den Basismodul Teil D (ENDK 2000, S. 87).

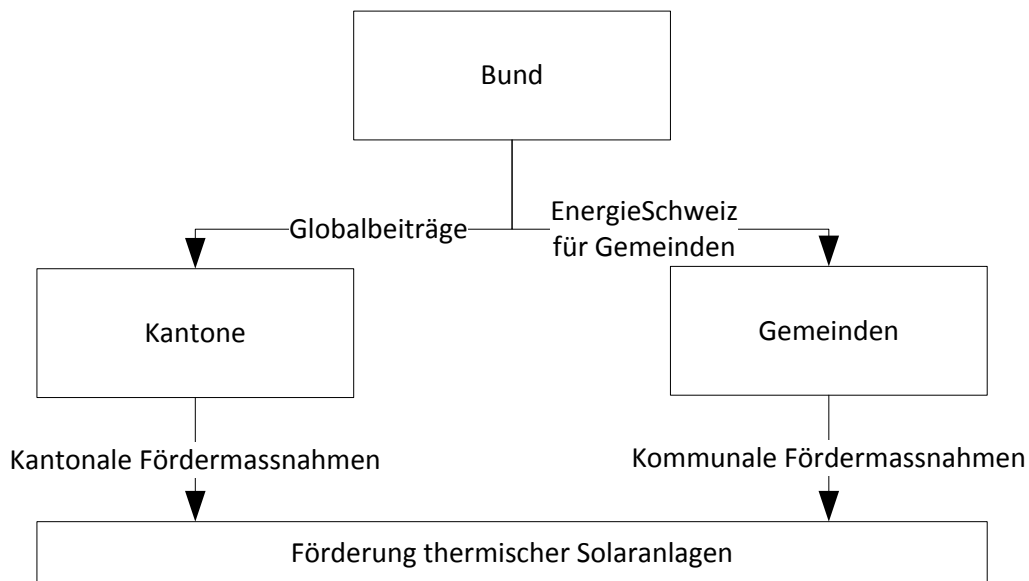
<sup>15</sup> In der Ausgabe 2000 stehen 8 Standardlösungen zur Auswahl (ENDK 2000, S. 45).



Installation verzögern, bergen eine Ungewissheit zum Bescheid und bedeuten ferner einen administrativen Aufwand. Diese Faktoren können das Risiko einer Investition in thermische Solaranlagen erhöhen. Die Verfahren unterscheiden sich stark auf der Kantons- und Gemeindeebene. Neben einer generellen Bewilligungspflicht in z. B. Denkmalschutz-Zonen sind Installationen in einigen Kantonen bewilligungsfrei oder es gelten für Solaranlagen vereinfachte Verfahren. Die vereinfachten Verfahren sehen in vielen Fällen bei vorliegender Zustimmung der Nachbarn in schriftlicher Form eine Umgehung der öffentlichen Auflagen zum Bau vor. In mehreren Kantonen werden die Kompetenzen zur Erteilung von Baubewilligungen an die Gemeinden weitergeben und nicht auf der Kantonsebene geregelt.

Im Bereich persuasiver Instrumente kommen in der Schweiz kantonale Beratungsstellen, Informationskampagnen, Weiterbildungskurse und ein Energie-Audit zum Einsatz. Sämtliche Kantone unterhalten eine Energieberatungsstelle für ein energieeffizientes Bauen (BFE 2013b). Der Umfang und die Qualität der zur Verfügung gestellten Dienstleistungen variieren jedoch zwischen den Kantonen (Kessler et al. 2008, S. 16). Einige Kantone bieten z. B. regelmässig Informationsveranstaltungen oder Kurse zum Thema Energieeffizienz beim Bau von Gebäuden an. Die Energieberatung wird in mehreren Kantonen durch externe Instanzen durchgeführt. Damit soll eine Neutralität der Informationen garantiert werden.

Ein weiteres persuasives Instrument im Bereich der Förderung von thermischen Solaranlagen ist das unter dem Begriff 'Energistädte' bekannte Energie-Audit. Dieses Teilprogramm von 'EnergieSchweiz' wurde durch den Bund mit dem Namen 'EnergieSchweiz in Gemeinden' initiiert (siehe Abbildung 5). Im Rahmen dieser Initiative wurde der Trägerverein Energiestadt gegründet, der als Energie-Audit Gemeinden zum vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien und für Fördermassnahmen im Bereich Energieeffizienz motivieren soll. Die Gemeinden können im Prozess zum Erwerb eines sogenannten 'Energiestadt'-Labels verschiedene Dienstleistungen des Trägervereins kostenlos in Anspruch nehmen. Die Zertifizierung basiert auf einem Massnahmenkatalog, wobei nach Potential der Gemeinde und Umsetzungsgrad des Vorhabens Punkte vergeben werden. Als bald eine Gemeinde 50% der ihr möglichen Massnahmen beschlossen oder umgesetzt hat, wird das Label 'Energiestadt' verliehen. Die Analyse wird alle 4 Jahre und eine Erfolgskontrolle jedes Jahr durchgeführt. Nicht zuletzt aufgrund dieser Initiative entrichten zahlreiche Gemeinden Förderbeiträge zur Installation von thermischen Solaranlagen oder beraten Interessenten zu energiesparende Massnahmen im Gebäudebereich.



**Abbildung 5** Programmverflechtung auf kantonaler und kommunaler Ebene Quelle: (eigene Darstellung)

Wie aus Abschnitt 2.2.1 hervorgeht, können Investitionen in solarthermische Anlagen durch Informationsdefizite gehindert werden. Für eine rationale Investitionsentscheidung sind z. B. Informationen zur ortsabhängigen Leistungsfähigkeit der Anlage notwendig (siehe Abschnitt 2.2.1). Ein heterogenes und eher intransparentes Angebot von verschiedenen Anlagentypen erhöht zudem den Informationsbedarf (siehe Abschnitt 2.2.1). Basierend auf den theoretischen Überlegungen in Abschnitt 2.2.1 kann damit gerechnet werden, dass insbesondere Barrieren bestehend aus einem Informationsdefizit, durch kantonale sowie kommunale Informations- und Beratungsdienstleistungen reduziert werden.

## 2.4 Theoriesynthese und Forschungsdefizite

In diesem Grundlagenkapitel werden zu Beginn spezifische Gegebenheiten zur Solarthermie beschrieben. Es wird gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit einer thermischen Solaranlage von verschiedenen situationsabhängigen Faktoren abhängt. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird ein relativ grosser Wissensanspruch für solche Investitionen ersichtlich. Mit der Bezugnahme auf die installierten Modelltypen in der Schweiz kann ferner eine Dominanz von verglasten Flachkollektoren festgestellt werden.

Der darauf folgende Abschnitt 2.2 erläutert in einem ersten Schritt mögliche Barrieren, die eine Ausbreitung von energieeffizienten Technologien hindern können. Es wird gezeigt, wie Marktversagen auf dem Energiemarkt mit der Ausbreitung von thermischen Solaranlagen zusammenhängen können. Als weitere Barrieren werden die Prinzipal-Agenten-Beziehung, Informationsdefizite oder der fehlende Zugang zu Kapital identifiziert. Zudem wird ersichtlich, wie ein verhaltensspezifisches Versagen energieeffiziente Investitionen hindern kann.

Die beschriebene Situation in Abschnitt 2.2.1 schafft eine Grundlage für ein ökonomisch motiviertes Eingreifen der Politik. In diesem Zusammenhang werden im folgenden Abschnitt 2.2.2 Erkenntnisse über die Wirkung politischer Massnahmen auf die Ausbreitung von erneuerbaren Energien vermittelt. Für den Zuwachs an Kapazitäten aus erneuerbaren Energien stellen sich im Bereich der Elektrizitätserzeugung besonders finanzielle Beiträge als wirkungsvolle Instrumente dar. Demgegenüber kann hinsichtlich Steuererleichterungen kein Einfluss beobachtet werden. In gleicher Weise ist spezifisch zur PV-Technologie eine grössere Wirkung von direkten Förderbeiträgen als von Steuererleichterungen erkennbar. Die Ausbreitung von Windkraftanlagen kann jedoch weder aufgrund von direkten Förderbeiträgen noch aufgrund von Steuererleichterungen erklärt werden.

Im Gebäudebereich zeigen Untersuchungen einen Wirkungszusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit von Investitionen in die Energieeffizienz und der Höhe von finanziellen Anreizen. Spezifisch bei Investitionen in solarthermische Anlagen liegen Ergebnisse vor, die auf einen positiven Effekt von Steuererleichterungen schliessen lassen. In Bezug auf regulative Instrumente deutet eine empirische Untersuchung darauf hin, dass ein moderater Energiestandard bei Gebäuden lediglich zu Investitionen mit leichten Verbesserungen in der Energieeffizienz führen kann. Der Abschnitt über persuasive Instrumente zeigt, dass der Wirkungsgrad von Energieberatungen und Informationskampagnen stark von Qualitätskriterien abhängig gemacht werden kann. Eine Zusammenfassung verschiedener Evaluationen von Informationskampagnen lässt eine tiefe Wirkung zu erkennen. Aus Ergebnissen zu Energie-Audits kann ein relativ starker Einfluss auf Investitionen in die Energieeffizienz beobachtet werden.

Im vorangehenden Abschnitt 2.3 wird die Schweizer Situation zur Förderung von thermischen Solaranlagen erläutert. Die Ausführungen geben insbesondere einen Einblick in die seit dem Jahre 2000 eingesetzten Förderinstrumenten.

Die Ergebnisse aus der empirischen Forschung zeigen, dass nur wenige Daten zur Wirkung von Fördermassnahmen im Bereich thermischer Solaranlagen vorliegen. In bestehenden empirischen Untersuchungen beschränkt sich die Analyse meist auf einzelne Instrumente. Eine ganzheitliche Evaluierung von einem politischen Programm blieb bis zum heutigen Zeitpunkt aus. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass politische Massnahmen zu unterschiedlichen Effekten zwischen erneuerbaren Energietechnologien führen. Eine Übertragung der Wirkungsaussagen von z. B. der Windkraft oder PV auf die Solarthermie ist somit nicht zulässig. Aus diesen Überlegungen wird eine Notwendigkeit für eine ganzheitliche Wirkungsanalyse politischer Massnahmen im Bereich solarthermischer Anlagen ersichtlich. Mit der vorliegenden Arbeit soll nun ein Beitrag zur Schliessung dieser Forschungslücke geleistet werden. In der Untersuchung wird anhand des

Schweizer Beispiels die Wirkung kantonaler Massnahmen auf die Ausbreitung thermischer Solaranlagen empirisch analysiert.

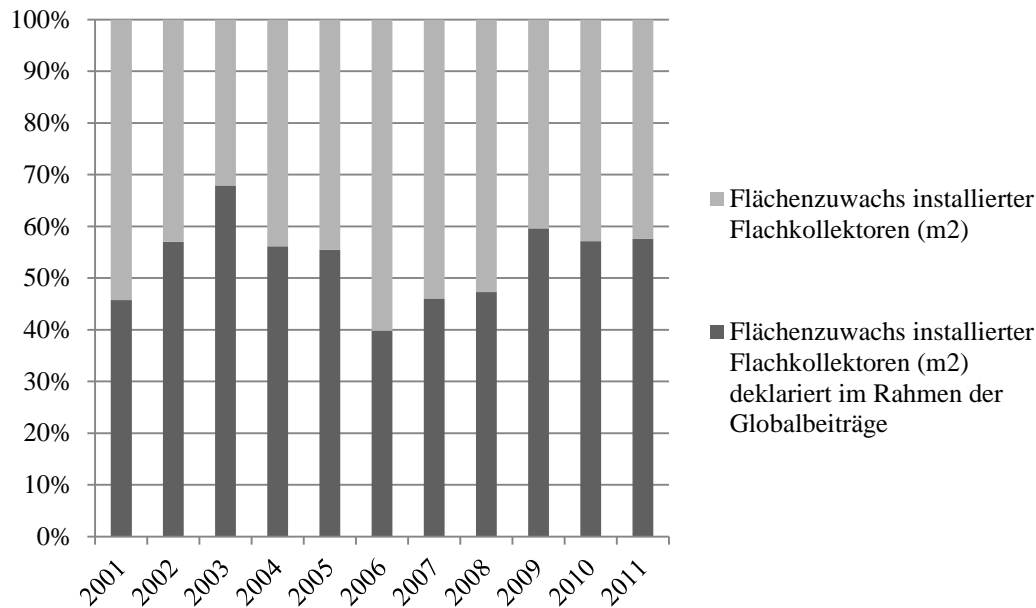
## 3 Untersuchungsdesign

In diesem Kapitel wird das Vorgehen für die Wirkungsanalyse dargelegt. Zu Beginn werden die in der Untersuchung berücksichtigten Einflussfaktoren beschrieben und die Aufnahme in die Analyse begründet. Darauf folgend werden mithilfe des Grundlagenkapitels die erwarteten Zusammenhänge zusammengefasst. In den Abschnitten 3.3, 3.4 werden die Methodik und Datengrundlage der Untersuchung demonstriert.

### 3.1 Einflussfaktoren

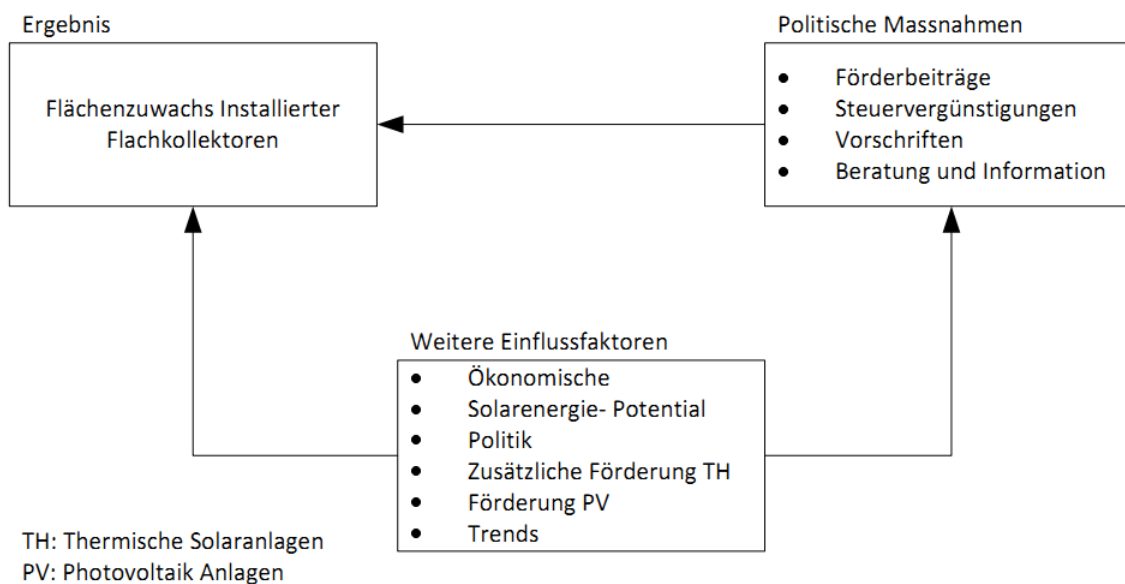
Für die Untersuchung der kantonalen Fördermassnahmen ist die Grundgesamtheit durch die Kantone gegeben, die ein Förderprogramm unterhalten. Wie aus dem Grundlagenkapitel hervorgeht, wurden die Kompetenzen zur Förderung von thermischen Solaranlagen seit dem Jahre 2000 gänzlich an die Kantone übertragen. Die Untersuchung der Förderprogramme beschränkt sich daher auf die Periode 2000-2012.

In der Analyse wurde die Wirkung kantonaler Massnahmen auf den jährlichen Flächenzuwachs von Flachkollektoren untersucht, die im Rahmen von kantonalen Förderprogrammen entstanden sind. Die Beschränkung auf Flachkollektoren wird damit begründet, dass in der Schweiz diese Technologie im Vergleich zu alternativen Modellen am meisten vorkommt (siehe Abschnitt 2.1). Abbildung 6 kann bei einer Einordnung der zu erklärenden Grösse behilflich sein. Die Grafik zeigt den aufaddierten kantonalen Anteil Flachkollektoren, die im Rahmen der Globalbeiträge beim Bund deklariert wurden, im Verhältnis zum geschätzten Zuwachs der jährlich installierten Fläche in der Schweiz. Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, dass der beim Bund deklarierte Flächenzuwachs aus kantonalen Förderprogrammen im Durchschnitt ca. die Hälfte der geschätzten Gesamtfläche von Flachkollektoren abdeckt.



**Abbildung 6** Anteil deklarerter Flachkollektoren am geschätzten jährlichen Zuwachs in der Schweiz 2001-2011  
Quelle: (Kessler und Sigrist 2012), (Hostettler 2012)(eigene Darstellung)

In Abschnitt 2.3 wurden politische Massnahmen beschrieben, von denen eine Wirkung auf die Ausbreitung thermischer Solaranlagen erwartet wird. Folgend werden die in der Untersuchung berücksichtigten Instrumente dargelegt. Zudem werden weitere Einflussfaktoren vorgestellt und die Aufnahme begründet (siehe Abbildung 7).



**Abbildung 7** Einflussfaktoren auf den jährlichen Zuwachs solarthermischer Anlagen Quelle: (eigene Darstellung)

In der Analyse wurden finanzielle Anreize für Investitionen in Solaranlagen berücksichtigt. Hierzu zählen kantonale Förderbeiträge oder Steuererleichterungen. Basierend auf der Logik, dass Förderbeiträge die Wirtschaftlichkeit von Investitionen in solarthermische Anlagen erhö-

hen und möglicherweise technologische Unsicherheiten reduzieren, wird ein positiver Effekt auf den kantonalen Zuwachs von Flachkollektoren erwartet.

Im Bereich von Geboten/Verboten wurden Effekte aus der Einführung des Standards bei Neubauten zu Mindestanteilen von erneuerbaren Energien und aus der Reduktion von Barrieren bei einer Installation von thermischen Anlagen untersucht. Für die installierte Fläche von Sonnenkollektoren zur Deckung des Mindestanteils an erneuerbaren Energien kann generell kein Anspruch auf Fördergelder geltend gemacht werden. Demnach wird diese Fläche bei der Deklaration der Kantone nicht berücksichtigt. Der erwartete Effekt auf den jährlich gemessenen Zuwachs ist daher nicht direkt absehbar. Es ist z. B. möglich, dass über den Standard hinaus keine Nachfrage mehr nach Solaranlagen besteht. Basierend auf dieser Überlegung wäre ein negativer Effekt auf den jährlichen Flächenzuwachs von Flachkollektoren zu erwarten. Demgegenüber reduziert der Standard möglicherweise Investitionsbarrieren und führt zu zusätzlichen Installationen. Eine Abschaffung von Baubewilligungen für Solaranlagen reduziert Aufwendungen im Prozess von Installationen thermischer Solaranlagen. Aus dem Abbau von Barrieren, bestehend aus der Baubewilligung, wird daher mit einem positiven Einfluss auf den jährlichen Zuwachs an thermischen Solaranlagen gerechnet.

In der Untersuchung wurden Einflüsse kantonaler Massnahmen zur Energieberatung und Information analysiert. Beratungen und Informationskampagnen reduzieren möglicherweise Barrieren, die aus einem Informationsdefizit entstehen. Basierend auf dieser Logik wird ein positiver Einfluss auf den Flächenzuwachs von installierten Flachkollektoren erwartet.

Aufgrund einer unzureichenden Datenverfügbarkeit konnten Massnahmen von kantonalen Kreditinstituten nicht berücksichtigt werden. Der Zugang zu Vorzugshypotheken wird jedoch ebenso durch nationale Kreditinstitute ermöglicht. Es ist denkbar, dass zeitliche Veränderungen dieser Konditionen einen Einfluss auf die Ausbreitung von thermischen Solaranlagen sowie auf deren Förderung ausüben. Wie im folgenden methodischen Abschnitt 3.3.3 ersichtlich wird, kann in der Analyse für zeitliche Trends dieser Art kontrolliert werden.

Das kantonale Prokopfeinkommen kann die Nachfrage für kantonale Förderprogramme sowie die politischen Massnahmen der Kantone beeinflussen. Es ist denkbar, dass Kantone mit einem höheren Prokopfeinkommen über mehr Ressourcen für Fördermassnahmen verfügen. In gleicher Weise ist es möglich, dass eine wohlhabendere Bevölkerung grössere Investitionen in die Solarthermie tätigen. Diese Überlegungen sind konsistent mit ähnlichen empirischen Arbeiten von politischen Massnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien (vgl. Carley 2009, S. 3076, Jenner et al. 2013, S. 395).

Wie aus Abschnitt 2.1 hervorgeht, wird das Solarenergiepotential massgeblich durch Gegebenheiten der Umwelt und des Gebäudeparks beeinflusst. Topographische Eigenschaften bestimmen zum einen die Strahlungsintensität pro Quadratmeter. Zum anderen wird die Sonneneinstrahlung durch klimatische Bedingungen wie z. B. Bewölkung oder Schneebedeckung beeinflusst (siehe Abschnitt 2.1). Es ist daher denkbar, dass Kantone mit einer hohen Strahlungsintensität pro Quadratmeter günstige Investitionsbedingungen für Solaranlagen aufzeigen. Topographische und klimatische Eigenschaften von Kantonen können über Zeit als relativ konstant betrachtet werden. Das Solarenergie-Potential aufgrund von umweltspezifischen Gegebenheiten unterscheidet sich folglich primär zwischen den Kantonen. Eine starke Bauaktivität kann zu einem positiven Effekt auf Investitionen in thermische Solaranlagen führen. Die zusätzlich entstandene Dachfläche eines Neubaus erhöht unter Voraussetzung einer sonnigen Lage das kantonale Potential für thermische Solaranlagen. Es ist zudem möglich, dass beim Neubau Investitionsbarrieren für neue Technologien tiefer liegen als bei Gebäuderenovationen. Im Verlauf eines Bauvorhabens muss die Frage der Gebäudetechnik zwingend geklärt werden. Diese Notwendigkeit kann die Status quo Problematik entschärfen (siehe Abschnitt 2.2.1). Ferner fallen bei einem Neubau Kosten weg, die andernfalls bei einer Systemintegration oder Anpassung berücksichtigt werden müssen (Philibert 2006, S. 17).

Die kantonale Politik gilt als weiterer Faktor, der den jährlichen Zuwachs an Solaranlagen und die Fördermassnahmen beeinflussen kann. In einer repräsentativen Demokratie richtet sich die Politik nach den Bürgerpräferenzen (vgl. Besley und Coate 1997, S. 85). Die Bürger übertragen in dieser idealtypischen Situation ihre Präferenzen auf Politiker (Mueller 2003, S. 230). Aufgrund einer Beschränkung der Repräsentanten werden in einem Wahlverfahren die oftmals fixe Anzahl an Sitzen vergeben (vgl. Mueller 2003, S. 265). Die Kantonsparlamente werden in den meisten Kantonen nach einem Proporzverfahren gewählt, beidem die Anzahl Sitze annähernd im Verhältnis der Parteistimmen auf die Parteien verteilt werden. Innerhalb der Parteien werden die zur Verfügung stehenden Mandate an die Repräsentanten mit den meisten Kandidatenstimmen vergeben. Das Kantonsparlament verkörpert die Legislative und kann mit kantonalen Gesetzgebungen die Förderung von thermischen Solaranlagen beeinflussen. In diesem Zusammenhang beschliesst möglicherweise ein Kantonsparlament eher umfangreiche Förderprogramme, indem Parteien mit positiver Haltung zu erneuerbaren Energien relativ stark vertreten sind. Eine relative Parteistärke kann zudem ein Anzeichen für Bürgerpräferenzen geben. Eine starke Präferenz für den Ausbau von erneuerbaren Energien spiegelt sich somit möglicherweise in den Parteienanteile des Kantonsparlaments wider. Die Präferenzen für thermische Solaranlagen können wiederum die Zahlungsbereitschaft erhöhen und Investitionen in die Technologie positiv beeinflussen (vgl. Ott et al. 2007, S. 49). Ergebnisse aus der Literatur zeigen einen Einfluss von einer Parteiendominanz auf die nationale Ausbreitung von politischen Massnahmen im Energiebe-

reich (vgl. Chandler 2009, Huang et al. 2007). Die Politik kann zudem direkt in die Förderung eingreifen. Bei einem Subventionsstopp infolge von erschöpften finanziellen Mitteln werden z. B. Förderanfragen abgewiesen oder auf Wartelisten umgeleitet. In seltenen Fällen werden ferner Anfragen abgewiesen, die den Förderkriterien nicht entsprechen.

Neben den Kantonen unterhalten zahlreiche Gemeinden ein umfangreiches Förderprogramm im Bereich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz (siehe Abschnitt 2.3). Förderbemühungen auf dieser Ebene beeinflussen möglicherweise die Nachfrage des kantonalen Förderprogramms. Es ist zudem denkbar, dass eine kommunale Förderung zu veränderten Massnahmen auf kantonaler Ebene führen. Eine verstärkte finanzielle Förderung thermischer Anlagen in Gemeinden kann z. B. für eine Anpassung der kantonalen Förderbeiträge verantwortlich sein. Auf gleicher Weise kann eine kommunale Energieberatung die Nachfrage der kantonalen Beratung schmälern.

Eine Förderung von PV-Anlagen beeinflusst möglicherweise die kantonale Nachfrage nach thermischen Solaranlagen. Als Grund dafür kann die begrenzte Dachfläche gelten, um diese die Technologien rivalisieren. Eine finanzielle Unterstützung von PV-Anlagen kann ferner die Förderbeiträge für thermische Solaranlagen reduzieren. Diesbezüglich können knappe finanzielle Ressourcen für die gesamthafte Förderung der erneuerbaren Energien ausschlaggebend sein. Es ist anzumerken, dass neben der PV weitere Substitute für thermische Solarenergie bestehen. Für die Produktion von Warmwasser werden im Gebäudebereich z. B. auch Wärmepumpen oder Holzfeuerungen auf kantonaler Ebene gefördert.

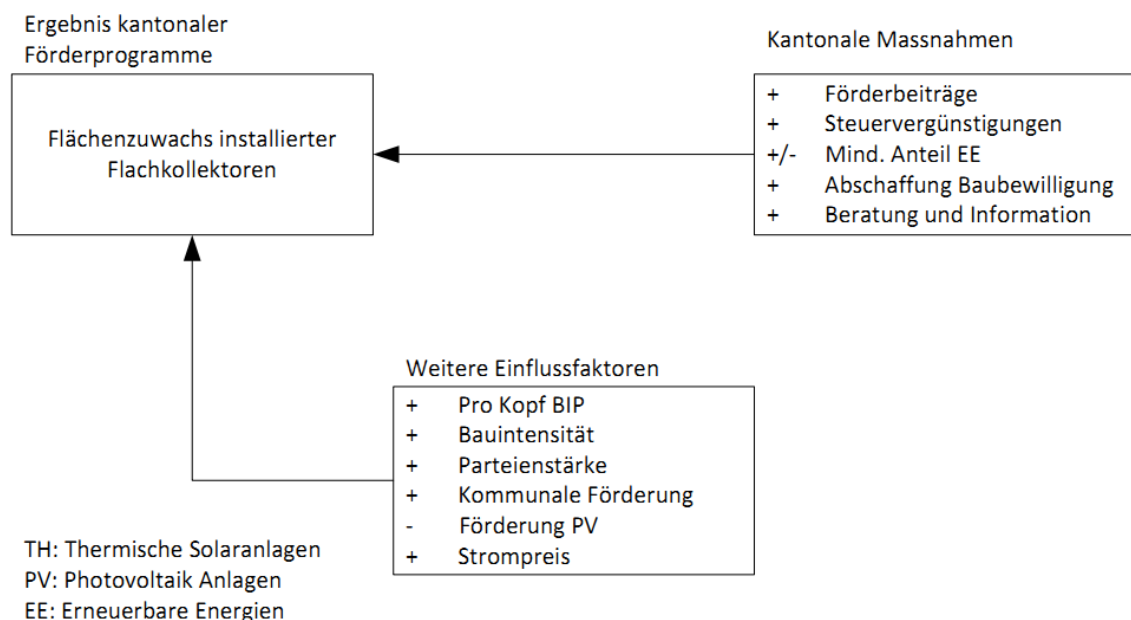
Verschiedene Trends können die Nachfrage für das kantonale Förderprogramm beeinflussen und zugleich einen Effekt auf politische Massnahmen ausüben. Die Entwicklung von Energiepreisen wirkt sich z. B. auf die Kosten-Nutzen Rechnung einer thermischen Solaranlage aus (siehe Abschnitt 2.2.1). Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Kantone nahezu in gleicher Weise von Veränderungen in Heizöl und Erdgaspreisen betroffen sind. Demgegenüber variieren die Strompreise bereits auf Gemeindeebene und unterscheidet sich somit zwischen Kantonen. Ein weiterer Trend ist in der Entwicklung der Technologie auszumachen. Solaranlagen können über Zeit leistungsfähiger und aufgrund von z. B. Skaleneffekten in der Produktion günstiger werden. Es ist anzunehmen, dass alle Kantone den gleichen Preisen für Solaranlagen ausgesetzt sind. Eine steigende Bekanntheit der Technologie kann sich zudem positiv auf die Nachfrage des kantonalen Förderprogramms auswirken. Auch bei diesem Trend kann von einem nationalen Effekt ausgegangen werden. Es ist denkbar, dass die beschriebenen Entwicklungen Kantone zur Anpassung ihres Förderprogramms bewegen.



Für die Vermeidung einer Verzerrung sollten in der Untersuchung für die zuvor beschriebenen Einflussfaktoren kontrolliert werden. In der Analyse wurden daher für das Prokopfeinkommen, die Bauintensität, die relative Parteienstärke, die kommunalen Förderaktivitäten, die Anzahl geförderte PV-Anlagen und für die Strompreisentwicklung auf kantonaler Ebene kontrolliert. Zudem wurden Förderjahre mit Subventionsstopps von der Untersuchung ausgeschlossen. Mehrere Einflussfaktoren sind entweder über Zeit oder zwischen den Kantonen konstant. Im Abschnitt 3.3 werden Möglichkeiten zur Kontrolle solcher Effekte aufgezeigt.

### 3.2 Erwartete Zusammenhänge

In Abbildung 8 werden die erwarteten Zusammenhänge aus der Untersuchung zusammengefasst. Neben dem Mindeststandard und der Förderung von PV-Anlagen wird von allen genannten Faktoren ein positiver Einfluss auf den Zuwachs von Flachkollektoren erwartet.



**Abbildung 8** Erwartete Zusammenhänge Übersicht Quelle: (eigene Darstellung)

Basierend auf der im Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Problematik zwischen Mietern und Vermietern, kann ein negativer Einfluss auf die Wirkung politischer Massnahmen abgeleitet werden. Eine Beziehung zwischen Parteien, die Parallelen zur Prinzipal-Agenten Problematik aufzeigt, weist auf höhere Investitionsbarrieren für thermische Solaranlagen hin (siehe Abschnitt 2.2.1). Begründet wird dieses Hindernis aus einer Kosten-Nutzen Aufteilung der Investition und den daraus folgenden Problem einer asymmetrischen Informations- oder Risikoverteilung. Beruhend auf dieser Logik wird davon ausgegangen, dass Effekte von Fördermassnahmen durch eine starke Präsenz der Prinzipal-Agenten Beziehung reduziert werden.

### 3.3 Paneldatenanalyse

Die Wirkungsanalyse zu den kantonalen Förderinstrumenten wurde mithilfe von Modellen für Paneldaten durchgeführt. Paneldaten umfassen Beobachtungen zu bestimmten Einheiten, die über zwei oder mehreren Zeitpunkten vorliegen (Stock und Watson 2007, S. 349). Ein grosser Vorteil von Paneldaten ist durch die Möglichkeit gegeben, für individuenspezifische und zeit-spezifische Einflüsse zu kontrollieren, die andernfalls die geschätzten Parameter einer Regression verzerren würden (vgl. Hsiao 2003; Klevmarken 1989). Zudem können mithilfe von Paneldaten Dynamiken untersucht werden, die alleine durch Querschnittsdaten nicht möglich wären (Baltagi 2005, S. 6). Folgend werden die für diese Untersuchung relevante Modelle erläutert und deren Spezifikationen demonstriert. Anschliessend werden Testverfahren vorgestellt, die in der Analyse angewendet wurden. Abschliessend wird die Umsetzbarkeit in der verwendeten Software R aufgezeigt.

#### 3.3.1 Modelle für feste und zufällige Effekte

Ein lineares Regressionsmodell in Form von Paneldaten kann wie in Formel (1) dargestellt werden. Auf der rechten Seite der Formel ist der Störterm ( $c_i$ ) zu erkennen. Der Term beinhaltet unbeobachtete Effekte auf die abhängige Variable, die zwischen den Einheiten aber nicht über Zeit variieren. Ein solches Modell wird in der Literatur oft als ‘one-way’-Modell bezeichnet (vgl. z. B. Greene 2003, S. 291 oder Baltagi 2005, S. 108).

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_K x_{itK} + c_i + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Bei den meisten linearen Regressionsmodellen mit Paneldaten muss die strikte Exogenitätsannahme für eine effiziente und unverzerrte Parameter-Schätzung eingehalten werden (Wooldridge 2002, S. 252) (siehe Formel 2)<sup>16</sup>. Diese besagt, dass der Fehlerterm ( $u_{it}$ ) eines Individuums zu keinem Zeitpunkt mit den Regressoren korrelieren darf. Wie aus Formel (2) ersichtlich wird, untersagt die Annahme auch eine Korrelation zwischen den Fehlertermen ( $u_{it}$ ) und ( $c_i$ ).

$$E(u_{it} | x_{it} + \dots + x_{iT}, c_i) = 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (2)$$

Eine systematische Abhängigkeit von individuenspezifischen Effekten im Fehlerterm ( $c_i$ ) mit einem oder mehreren Regressoren führt zu einer verzerrten Schätzung der Koeffizienten (Wooldridge 2002, S. 248–249). Wie zuvor angedeutet, besteht bei Paneldaten die Möglichkeit

<sup>16</sup>. Diese Bedingungen basieren auf dem von Gauss-Markov hergeleiteten Theorem. In dem Theorem wurde gezeigt, dass unter 3 Annahmen und homoskedastischer Varianzen die ‘ordinary least square’ (OLS) Schätzer die ‘best linear unbiased estimator’ (BLUE) sind (Stock und Watson 2007, S. 167ff.). Im Kontext einer linearen Regression gelten der Effizienzbegriff und die Erwartungstreue als Voraussetzung für einen BLUE. Unverzerrte Schätzer zeigen in ihrem Erwartungswert, gegeben der Regressoren aus der Stichprobe, den wahren Wert des zu schätzenden Parameters (Stock und Watson 2007, S. 167). Bei ineffizienten Schätzern existiert ein alternativer Schätzer mit einer kleineren Varianz zum ‘wahren’ Wert (Kennedy 2003, S. 17–18).

mithilfe verschiedener Methoden für die sogenannte latente Variable ( $c_i$ ) zu kontrollieren (Wooldridge 2002, S. 251 ff.). Die Wahl des Schätzverfahrens kann am zugrundeliegenden Modell festgemacht werden.

Ein ‘Random-Effects-Modell’ (RE-Modell) liegt vor, wenn die latente Variable eine Zufallsvariable ist und nicht mit den Regressoren korreliert (Wooldridge 2002, S. 251–252). Das Modell kann wie in Formel (3) dargestellt werden. Der sogenannte ‘composite’ Fehlerterm aus der Formel (4) ist in einen individuenspezifischen und idiosynkratischen Fehler unterteilt. Die Autokorrelation<sup>17</sup> des ‘composite’ Fehlerterms wird auch als Equi-Korrelationsstruktur bezeichnet (siehe Formel 5) (Spieß 2005, S. 83).

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + v_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$v_{it} = c_i + u_{it} \quad (4)$$

$$\text{Corr}(v_{it}, v_{is}) = \sigma_c^2 / (\sigma_c^2 + \sigma_u^2) \geq 0 \quad t \neq s \quad (5)$$

Eine Koeffizienten-Schätzung eines RE-Modells mit der ‘pooled ordinary least squares’<sup>18</sup> (POLS) Methode führt zu verzerrenden Ergebnissen (Baltagi 2005, S. 35ff.). Ausgehend von der Fehlerstruktur im ‘composite’ Term, kann mithilfe der ‘General-Least-Squares’-Methode (GLS) ein unverzerrter und konsistenter Schätzer ermittelt werden (Wooldridge 2002, S. 257). Der Transformationsprozess der Daten nach Amemiya (1971) ähnelt dem Vorgehen beim ‘fixed effects’ (FE) -Modell (siehe nächster Abschnitt). Zuerst wird zu Gleichung (1) ein Durchschnitt über Zeit berechnet. In einem zweiten Schritt werden diese Mittelwerte mit der Variable Theta ( $\vartheta$ ) gewichtet und von den Parametern aus der Formel (1) subtrahiert (siehe Formel 6). Es ist anzumerken, dass die Variable Theta ( $\vartheta$ ) nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann. Nach dieser Transformation kann mithilfe der POLS-Methode aus Gleichung (6) der sogenannte RE-Schätzer berechnet werden.

$$y_{it} - \vartheta \bar{y}_i = \beta_0(1 - \vartheta) + \beta_1(x_{it1} - \vartheta \bar{x}_{i1}) + \dots + \beta_k(x_{itk} - \vartheta \bar{x}_{ik}) + v_{it} - \vartheta \bar{v}_i \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad \vartheta = 1 - \sqrt{\sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + T \sigma_c^2)}$$

In der Praxis ist die Variable Theta oftmals nicht bekannt (Spieß 2005, S. 86). In diesem Fall kann Theta mit einer Schätzung der Varianzen des individuenspezifischen und idiosynkratischen Fehlers ermittelt werden. Dafür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung (siehe

<sup>17</sup> Eine Autokorrelation liegt vor, wenn eine Variable über Zeit mit sich selber korreliert ist (Auer und Rottmann 2012, S. 536).

<sup>18</sup> Bei dieser Methode wird eine Heterogenität über Zeit und Querschnitt der Beobachtungen nicht berücksichtigt. Das Modell wird aufgrund einer Kleinstquadrat Methode geschätzt (Wooldridge 2002, S. 150).

z. B. Wooldridge 2002, S. 259ff. oder Baltagi 2005, S. 36ff.). Nach Swamy und Arora (1972) werden die Residuen einer ‘within’ und ‘between’ Regression verwendet. In der ‘within’-Schätzung wird die zeitkonstante und individuenspezifische Heterogenität eliminiert (siehe für die ‘within’-Schätzung auch folgenden Abschnitt). Es werden somit ausschliesslich die Variationen der Individuen über Zeit berücksichtigt. Aus diesem Grund dienen die Residuen als konsistenter Schätzer für die Varianz von  $(u_{it})$ . Bei der ‘between’ Methode werden abhängige Variable und Regressoren über alle Zeitperioden gemittelt. Anders als bei der ‘within’-Schätzung wird auf diese Weise die Variation zwischen Gruppen berücksichtigt. Die Veränderungen der Individuen über Zeit werden vernachlässigt. Aus der Querschnittstruktur wird anschliessend mit der OLS-Methode der sogenannte ‘between-group’-Schätzer berechnet. Die daraus resultierenden Residuen können für die Varianzschätzung von  $(c_i)$  verwendet werden. Mit den geschätzten Varianzen kann in Folge der ‘feasible’-GLS (FGLS) Schätzer hergeleitet werden (siehe Formel 7). Der Term  $(\widehat{\Omega})$  in Formel (7) zeigt eine geschätzte Kovarianzmatrix mit der Struktur des ‘composite’ Fehlers.

$$\hat{\beta}_{\text{FGLS}} = (X' \widehat{\Omega}_v^{-1} X)^{-1} X' \widehat{\Omega}_v^{-1} y \quad (7)$$

Für den Fall einer Korrelation des individuenspezifischen Fehlerterms  $(c_i)$  mit einem oder mehreren Regressoren der Formel (1), stellt die sogenannte FE-Methode eine Alternative zum RE-Schätzer dar (Baltagi 2005, S. 19). In dieser Situation können zeitkonstante beobachtbare Effekte nicht von den unbeobachtbaren individuenspezifischen Einflüssen unterschieden werden (Wooldridge 2002, S. 266). Der Lösungsansatz ist durch das sogenannte ‘within’-Schätzverfahren gegeben. Bei diesem Verfahren wird die Gleichung aus Formel (1) transformiert und die Effekte von der latenten Variable  $(c_i)$  eliminiert (Wooldridge 2002, S. 267). Der Prozess kann in zwei Stufen unterteilt werden. In einer ersten Stufe wird zu jedem Parameter aus der Formel (1) das arithmetische Mittel berechnet. In der zweiten Stufe werden die Parameter aus der ersten Stufe von der Formel (1) über alle Zeitpunkte subtrahiert. Die resultierenden Parameter werden in der Notation mit Akzenten versehen (z. B.  $\ddot{x}$ ). Der FE-Schätzer folgt darauf aus einer POLS Schätzung (siehe Formel 8).

$$\hat{\beta}_{\text{FE}} = (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \ddot{x}'_{it} \ddot{x}_{it})^{-1} (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \ddot{x}'_{it} \ddot{y}_{it}) \quad (8)$$

### 3.3.2 Dynamische Modelle

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, können mit Paneldaten Dynamiken untersucht werden. Ein dynamisches Modell kann z. B. eine zeitverzögerte, endogene abhängige Variable beinhalten (siehe Formel 9). In diesem Fall korreliert die zeitverzögerte abhängige Variable zwingend mit dem individuenspezifischen Fehlerterm. Somit ist die Exogenitätsannahme verletzt und die

Koeffizienten Schätzung mit der OLS-Methode ungültig. Dieses Problem kann nicht wie zuvor mit einer ‘within’-Transformation gelöst werden (Baltagi 2005, S. 135).

$$y_{it} = \beta_0 + \delta_1 y_{it-1} + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_K x_{itK} + c_i + u_{it} \quad (9)$$

$$i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T$$

Für die Problematik zeigen Arellano und Bond (1991) mit dem gleichnamigen Schätzer eine Alternative auf. In diesem Verfahren wird mit der Berechnung der ‘first difference’ (FD) individualspezifische Effekte eliminiert. Mit fortschreitender Zeitperiode kann für die endogene Variable eine steigende Anzahl von validen Instrumenten<sup>19</sup> identifiziert werden, insofern keine Autokorrelation des idiosynkratischen Fehlers präsent ist (Baltagi 2005, S. 135). Für die Kontrolle des vorerst endogenen Fehlerterms wird die Momenten-Bedingungen aus Formel (10) benötigt, wobei ( $W$ ) eine Matrix mit validen Instrumenten darstellt. Die Multiplikation der Instrumenten-Matrix auf die FD-Gleichung resultiert in Formel (11). Aus Gleichung (11) kann folgend mit der GLS Methode der sogenannte ‘one-step’-Schätzer nach Arellano und Bond (1991) berechnet werden.

$$E(W_i' \Delta u_i) = 0 \quad (10)$$

$$W' \Delta y = W' (\Delta y_{-1}) \delta + W' \Delta u \quad (11)$$

Der sogenannte ‘two-step’ Arellano und Bond Schätzer kann durch die sogenannte Momentenmethode<sup>20</sup> ermittelt werden, wobei der Fehlerterm durch die differenzierten Residuen des ‘one-step’-Schätzers ersetzt werden (Baltagi 2005, S. 138).

### 3.3.3 Zeitspezifische Effekte

Bei den vorab vorgestellten Modellen wurde die Problematik von nicht beobachtbaren individualspezifischen Effekten behandelt. Zeitspezifische Einflüsse können eine weitere Ursache für die Verletzung der Exogenitätsannahme sein. Ein solches Modell wird in der Literatur oft ‘two-way’ Modell genannt und beinhaltet zu dem individualspezifischen Fehler ( $c_i$ ) den Term ( $\lambda_t$ ) (vgl. z. B. Greene 2003, S. 291 oder Baltagi 2005, S. 108) (siehe Formel 12). Das Delta umfasst Zeit fixe Effekte d. h. Einflüsse die über den Querschnitt konstant sind aber über den Längsschnitt variieren.

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_K x_{itK} + \lambda_t + c_i + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \quad (12)$$

<sup>19</sup> Ein gültiges Instrument weist eine starke Korrelation mit der endogenen Variable auf und hält die die Exogenitätsannahme ein (vgl. Stock und Watson 2007, S. 423).

<sup>20</sup> Bei der Momentenmethode (engl.: ‘general method of moments’ (GMM)) werden für die Modellparameter Momenten-Bedingungen definiert. Für die Herleitung des sogenannten Momenten-Schätzers werden diese Momente durch empirischen Momenten ersetzt (vgl. Auer und Rottmann 2012, S. 335).

Für die Kontrolle dieser Einflüsse können z. B. in einer OLS Schätzung zusätzlich binäre Variablen für die T-1 Zeitperioden berücksichtigt werden (Stock und Watson 2007, S. 363). Es sei an dieser Stelle anzumerken, dass auch RE-, FE-oder dynamische Modelle als two-way-Modelle geschätzt werden können (vgl. Baltagi 2005, S. 33ff.).

### 3.3.4 Heteroskedastie und Autokorrelation

Im Standard RE-Modell wird für den idiosynkratischen Störterm ( $u_{it}$ ) keine Autokorrelation zugelassen (siehe Formel 13). Zudem gilt für ( $u_{it}$ ) und dem individuenspezifischen Fehler ( $c_i$ ) homoskedastische Varianzen (siehe Formel 14 und 15). Dies bedeutet, dass die Varianzen über Zeit und zu allen Beobachtungen konstant sind (Baltagi 2005, S. 79).

$$\text{Corr}(u_{it}, u_{is} | x_{i11} \dots x_{iTK}, c_i) = 0 \quad t \neq s \quad (13)$$

$$V(u_{it} | x_{i11} \dots x_{iTK}, c_i) = \sigma_u^2 \quad (14)$$

$$V(c_i | x_{i11} \dots x_{iTK}) = \sigma_c^2 \quad (15)$$

Bei einer Verletzung der Annahmen sind die geschätzten Koeffizienten zwar konsistent aber die quadrierten Residuen ungültig (Wooldridge 2002, S. 263). Dies führt zu fehlerhaften Standardfehler und Teststatistiken in der Modellschätzung. Die Problematik kann umgangen werden, indem über Zeit beobachtete Einheiten in Gruppen zusammengefügt werden und auf dieser Basis eine robuste Varianz-Kovarianzmatrix nach White (1984) geschätzt wird. Eine robuste Teststatistik kann nach dem Ansatz von Wald berechnet werden (Wooldridge 2002, S. 262). Die FE-Modelle sind der gleichen Problematik ausgesetzt, zumal die Standard-Annahmen keine Autokorrelation oder Heteroskedastie zulassen. Für robuste Standardfehler bietet das Verfahren nach Arellano (1987) einen Lösungsansatz an.

### 3.3.5 Testverfahren

Aus dem vorangehenden Abschnitt wird deutlich, dass eine korrekte Modell-Identifikation entscheidend für Herleitung von unverzerrten und effizienten Schätzer ist. In diesem Abschnitt werden nun gängige Testverfahren im Bereich von linearen Panelmodellen vorgestellt, die für die Modellwahl hilfreich sind.

In einem ersten Schritt scheint es sinnvoll zu klären, ob der individuenspezifische Fehlerterm über den Querschnitt konstant ist und daher die POLS – Schätzung eine Möglichkeit für die Berechnung darstellt. Hierzu kann der F-Test ein geeignetes Instrument darstellen (Greene 2003, S. 289) (siehe Formel 16). Bei dem Test wird das korrigierte Bestimmtheitsmass<sup>21</sup> des FE-

<sup>21</sup> Das Bestimmtheitsmass zeigt den Anteil der durch ein Regressionsmodell erklärten Variation an der abhängigen Variable (Krämer et al. 2008, S. 175)

Modells mit dem POLS-Verfahren verglichen<sup>22</sup>. Unter der Null Hypothese sind die Achsenabschnitte der Einheiten nicht signifikant von dem gesamthaften Achsenabschnitt des POLS-Modells zu unterscheiden. In diesem Fall stellt das POLS-Verfahren ein legitimes Verfahren dar (Greene 2003, S. 289).

$$F(n-1, nT-n-K) = \frac{(R_{LSDV}^2 - R_{Pooled}^2)/(n-1)}{(1-R_{LSDV}^2)/(nT-n-K)} \quad (16)$$

Die Entscheidung zwischen einem RE – oder FE-Modell kann mit einem Testverfahren nach Hausman (1978) getroffen werden (Wooldridge 2002, S. 288ff.). Der Test untersucht die Modelle auf eine Korrelation zwischen den nicht beobachtbaren, individualspezifischen Effekten und den Regressoren. Die Idee folgt der Logik, dass bei einer Unkorreliertheit zwar beide Modelle konsistent aber nur die FGLS-Schätzer effizient sind (Greene 2003, S. 301). Die Kovarianz zwischen dem effizienten Schätzer ( $\hat{\beta}_{RE}$ ) und dem ineffizienten Schätzer ( $\hat{\beta}_{FE}$ ) ist in diesem Fall gleich der Varianz des ineffizienten Schätzers ( $Var(\hat{\beta}_{FE})$ ).

$$W = \chi^2 K = \frac{[\hat{\beta}_{RE} - \hat{\beta}_{FE}]' [\hat{\beta}_{RE} - \hat{\beta}_{FE}]}{Var(\hat{\beta}_{RE}) - Var(\hat{\beta}_{FE})} \quad (17)$$

Unter der Null Hypothese ist RE das bevorzugte Modell, ansonsten sollte das FE-Modell gewählt werden (Greene 2003, S. 301ff.). Der Test basiert auf dem Wald Kriterium und folgt einer  $\chi^2$  Verteilung mit K Freiheitsgraden (siehe Formel 17).

Der Hausmantest unterliegt der Annahme strikter Exogenität des idiosynkratischen Fehlerterms (siehe Formel 2). Eine Abhängigkeit der Regressoren mit dem Fehlerterm zu einem beliebigen Zeitpunkt beeinträchtigt die Gültigkeit des Tests (Wooldridge 2002, S. 289). Zudem wird unter der Null Hypothese von homoskedastischen Varianzen ausgegangen und keine Autokorrelation zugelassen. Wooldridge (2002, S. 289ff.) warnt vor einer Interpretation der Teststatistik wenn diese Annahme verletzt ist und empfiehlt in diesem Fall die Verwendung einer Robusten Wald Statistik.

Für den Test auf zeitspezifische Effekte kann nach Moulton (1989) der F-Test ein geeignetes Verfahren darstellen. Bei diesem wird z. B. eine FE-Schätzung inklusiver binären Variablen pro Zeitperiode als unrestringiertes Modell definiert. Demgegenüber kann eine FE-Schätzung ohne binäre Variablen pro Zeitperiode das restringierte Modell darstellen. Die F-Statistik ergibt sich wie folgt in Formel (18). Unter der Null Hypothese ist die Schätzung ohne zeitspezifische Effekte das bevorzugte Modell.

<sup>22</sup> Das FE-Modell kann alternativ zur 'within' Schätzung mit einem 'least squares dummy variable' Ansatz berechnet werden (vgl. Greene 2003, S. 287ff.). Bei diesem wird eine OLS Schätzung durchgeführt, wobei für jedes Individuum N-1 zusätzlich eine 'dummy'-Variable (eine binäre Variable) berücksichtigt wird.

$$F(n-1, nT-n-K) = \frac{(R_{\text{nicht restringiert}}^2 - R_{\text{restringiert}}^2)/(n-1)}{(1-R_{\text{nicht restringiert}}^2)/(nT-n-K)} \quad (18)$$

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt erwähnt, kann eine Autokorrelation zu Problemen bei der Koeffizienten-Schätzung führen. Bei präsenten individuenspezifischen Effekten liegt zwingend eine Autokorrelation im ‘composite’ Fehlerterm vor (Croissant und Millo 2008, S. 28). Aus diesem Grund liegt der Fokus bei den Testverfahren zur Autokorrelation auf dem idiosynkratischen Fehler. Ein möglicher Test aus vielen Alternativen Ansätzen wurde von Wooldridge (2002, S. 282ff.) entwickelt. Bei dem Verfahren werden die Residuen aus einer FD-Schätzung<sup>23</sup> genutzt und für die Regression in Formel (19) verwendet. Unter der Null Hypothese, bei dieser keine Autokorrelation präsent ist, darf der geschätzte Parameter ( $\hat{\delta}$ ) nicht signifikant verschieden von -0,5 sein (Wooldridge 2002, S. 283).

$$\Delta \hat{u}_{it} = \hat{\delta} \hat{u}_{i,t-1} + error_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 3, \dots, T \quad (19)$$

### 3.3.6 Umsetzung in R

Für die Datenanalyse wurde die Software ‘R’ verwendet. Die meisten benötigten Funktionen lassen sich in den Software-Paketen ‘plm’ und ‘lmtest’ finden. Tabelle 1 zeigt die Umsetzung der im vorangehenden Abschnitt erläuterten Modellschätzungen und Testverfahren mithilfe der Software ‘R’.

**Tabelle 1** Umsetzung in R: Modellschätzungen und Testverfahren Quelle: (eigene Darstellung)

R Befehl	Spezifikationen	Beschreibung	Anwendung
plm	model=c(‘pooling’, ‘within’, ‘random’)	Anwendung von OLS auf transformierte Daten	POLS oder RE-, FE-Modelle
pgmm	model=c(‘onestep’, ‘twosteps’)	Anwendung von GMM auf Paneldaten nach Arellano und Bond	Dynamische Modelle
phtest	-	Hausmantest	Test für FE-oder RE-Modell
pFtest	-	F-Test	Test für individuenspezifische-oder/und zeitspezifische Effekte
pwfdtest	h0=c(‘fd’, ‘fe’)	Wooldridge Test basierend auf FD	Test für Autokorrelation im idiosynkratischen Fehler und FE-oder FD-Modell

Die Befehle für die Software ‘R’ zur Schätzung von robusten Kovarianzmatrizen lassen sich aus Tabelle 2 entnehmen.

<sup>23</sup> Bei diesem Verfahren wird POLS auf eine Gleichung der ersten Differenz angewendet (vgl. Wooldridge 2002, S. 280)



**Tabelle 2** Umsetzung in R: Robuste Kovarianzmatrizen Schätzer in linearen Paneldatenmodellen Quelle: (eigene Darstellung)

R Befehl	Spezifikationen	Standardfehler	Kovarianz-Matrix	Bemerkung
Coefest	vcovHC (method='white')	Heteroskedastizität	Schätzung nach White	Geeignet für RE-Modelle
Coefest	vcovHC (method='white2')	Heteroskedastizität	Schätzung nach White, innerhalb Gruppe oder Zeitperiode konstante Varianzen	Geeignet für RE-Modelle
Coefest	vcovHC (method='arellano')	Heteroskedastizität und Autokorrelation	Schätzung nach Arellano	Geeignet für FE-Modelle
Coefest	vcovHC sfür Panel GMM Objekte	Heteroskedastizität	Schätzung nach Windmeijer	Geeignet für dynamische Modelle

### 3.4 Datengrundlage und deskriptive Statistik

Folgend wird die Beschaffenheit der Variablen und Datenherkunft in Detail beschrieben. Vorab zeigt Tabelle 3 in einer Gesamtübersicht die verwendeten Variablen und einzelne deskriptive Kennzahlen. Eine Korrelationsmatrix der verwendeten Variablen ist im Anhang 2.3 Tabelle 14 und die dazugehörigen P-Werte in Tabelle 15 ersichtlich (siehe Anhang 2.4). Wie bereits erwähnt, beschränkt sich der Untersuchungszeitraum auf die Periode 2000-2012 und es wurden alle 26 Kantone in der Analyse berücksichtigt. Die unterschiedliche Anzahl an Beobachtungen (N) ist auf fehlende Daten zurückzuführen (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3** Übersicht Datengrundlage und deskriptive Kennzahlen Quelle: (eigene Darstellung)

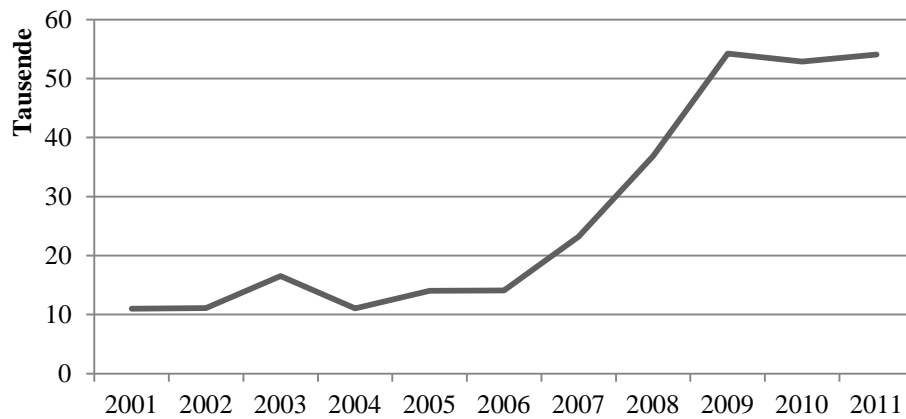
Variable	Definition	Quelle	N	M	SD	Min	Max
Abhängige Variable							
TH_gef <sub>i,t</sub>	Flächenzuwachs installierte Flachkollektoren in m <sup>2</sup>	INFRAS, AfE	247	1275	1461	4	7409
Regressoren							
<i>Finanzielle Anreize</i>							
Fin_EFH <sub>i,t</sub>	Förderbeitrag Modellanlage EFH in CHF	SWISSO-LAR, AfE	250	2218	1210	700	7850
Fin_MFH <sub>i,t</sub>	Förderbeitrag Modellanlage MFH in CHF	SWISSO-LAR, AfE	259	5434	3085	1000	17750
Steuerv_B <sub>i,t</sub>	Steuervergünstigung nach Bundesregelung (binär)	Steuer-gesetz	338	0.5	0.50	0	1
Steuerv_100 <sub>i,t</sub>	Steuerabzug generell zu 100% (binär)	Steuer-gesetz	338	0.38	0.48	0	1
<i>Vorschriften</i>							
MuKE <sub>n</sub> <sub>i,t</sub>	Mind. Anteil Erneuerbarer bei Neubauten ≥ 20% (binär)	Gesetz-gebung	338	0.39	0.48	0	1
Baub_vV <sub>i,t</sub>	Baubewilligung vereinfachtes Verfahren (binär)	Gesetz-gebung, Swissolar	338	0.33	0.47	0	1

Baub_kab7 <sub>i,t</sub>	Keine Baubewilligung bei Anlagen $\geq 7m^2$	Gesetzgebung, SWISSOLAR	338	0.28	0.44	0	1
<i>Persuasive Instrumente</i>							
Inf_cap <sub>i,t</sub>	Prokopfausgaben für Beratungen, Veranstaltungen, Aus- & Weiterbildungen, Informationsarbeit in CHF	INFRAS, AfE, BFS	256	1.53	2.07	0.01	17.60
<i>Kontrollvariablen</i>							
BIP_cap <sub>i,t</sub>	Nominales pro Kopf Bruttoinlandsprodukt in Mio. CHF	BAKBasel, BFS	338	0.06	228.56	0.04	0.17
Bauint_Geb <sub>i,t</sub>	Anzahl fertiggestellter Gebäude	BFS	338	604.66	584.47	26	2840
Index1_ber <sub>i,t</sub>	Index zur kommunalen Beratung gewichtet mit Anzahl Gemeinden	ENCO	338	3.50	6.50	0	44.21
Index1_för <sub>i,t</sub>	Index zur kommunalen Förderung gewichtet mit Anzahl Gemeinden	ENCO	338	5.60	12.32	0	120.36
Index2_ber <sub>i,t</sub>	Index zur kommunalen Beratung gewichtet mit der Bevölkerung	ENCO	338	1.45	1.32	0	6.32
Index2_för <sub>i,t</sub>	Index zur kommunalen Förderung gewichtet mit der Bevölkerung	ENCO	338	2.22	2.17	0	9.97
Links <sub>i,t</sub>	Relative linke Parteienstärke	BFS	315	0.28	10.99	0.06	0.49
AnzPV <sub>i,t</sub>	Anzahl geförderte PV-Anlagen	INFRAS, AfE	298	9.83	40.29	0	400
StromP <sub>i,t</sub>	Durchschnittliche Stromkosten in Rp. pro kWh und Jahr	BFS, EI-Com	338	16.56	2.19	10.91	22.39
WEig <sub>i</sub>	Kantonale Wohneigentumsquote über Schweizer Durchschnitt (binär)	BFS	338	0.73	0.44	0	1

Anmerkung: Index i steht für Kanton und reicht von i=1 bis 26. Der Index t zeigt die Zeitdimension von t=2000 bis 2012. M=Mittelwert, SD= Standardabweichung, N=Anzahl Beobachtungen

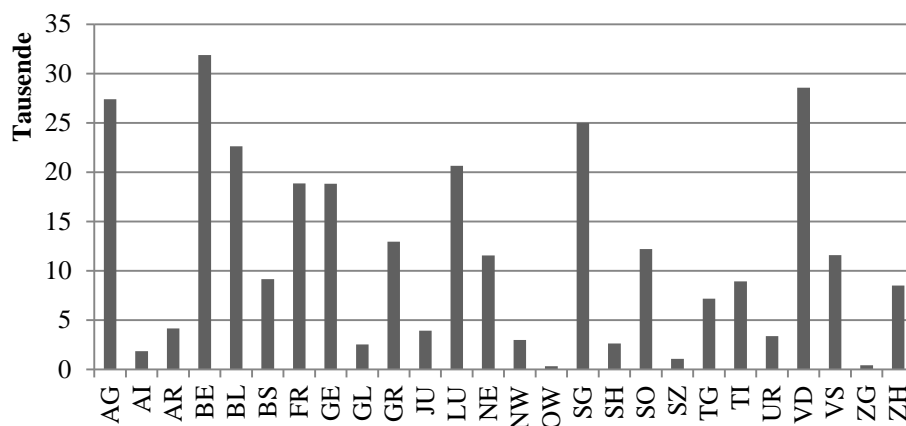
### 3.4.1 Jährlicher Zuwachs thermischer Solaranlagen

Die Daten zeigen den jährlichen Zuwachs der Fläche verglasteter Flachkollektoren in  $m^2$ , die durch Kantone im Rahmen der Globalbeiträge deklariert wurden. Seit 2008 beinhaltet dieser Datensatz neben der Warmwasserproduktion auch Kollektoren zur Heizungsunterstützung. Der Betrag nimmt Bezug auf die fertiggestellten Bauvorhaben und zeigt somit nicht die Fläche beim Zeitpunkt der Gesuch Anfrage. Ein Grossteil des Datensatzes wurde von der INFRAS AG zur Verfügung gestellt und stammt aus der jährlichen Wirkungsanalyse der kantonalen Förderprogrammen, die in Zusammenhang mit den Globalbeiträgen durchgeführt wird (Kessler und Sigrist 2012). Abbildung 9 zeigt die aggregierte installierte Fläche an Flachkollektoren, die über den Zeitraum 2001-2011 im Rahmen kantonalen Förderprogramme beim Bund deklariert wurden. Es ist eine starke Zunahme in der Periode 2006 bis 2008 zu erkennen (siehe Abbildung 9).



**Abbildung 9** Aggregierte kantonal geförderte Fläche Flachkollektoren in m<sup>2</sup> Quelle: INFRAS (eigene Darstellung)

In Abbildung 10 wird die gesamte installierte Fläche an Flachkollektoren dargestellt, die innerhalb der Kantone im Rahmen der Förderprogramme während der Periode 2001-2011 entstanden sind. Aus dieser Grafik wird ersichtlich, dass der Flächenumfang stark zwischen Kantonen variiert (siehe Abbildung 10). Aufgrund von Anfragen bei den Ämtern für Energie konnte der Datensatz zu einigen Kantonen um die Jahre 2000 und 2012 erweitert werden.



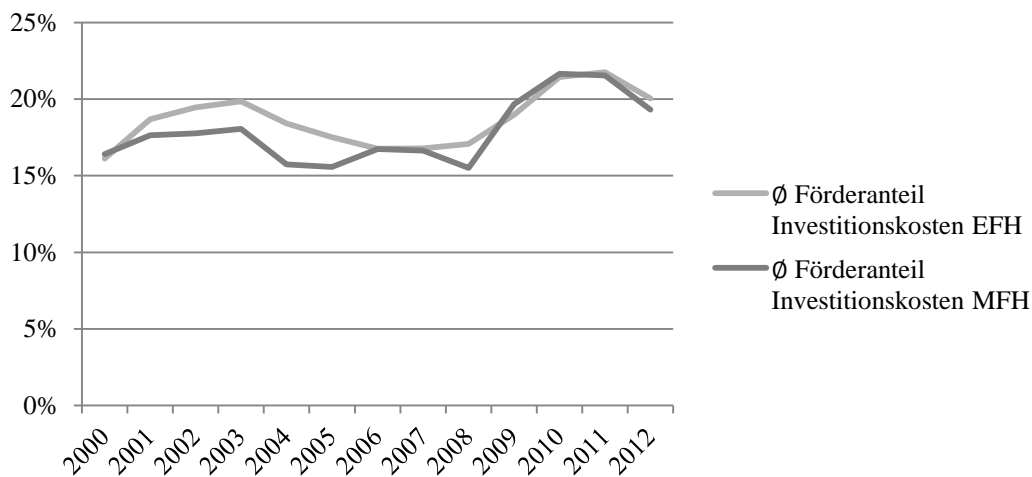
**Abbildung 10** Gesamthafte kantonal geförderte Fläche in m<sup>2</sup> 2001-2011 Quelle: INFRAS (eigene Darstellung)

### 3.4.2 Politische Massnahmen

Die Förderung durch finanzielle Beiträge wird zwischen Kantonen unterschiedlich gehandhabt. Einige Kantone entrichten einen Pauschalbetrag pro Anlage. Andere zahlen einen Grund- und Flächenbetrag, die jeweils nach Anlagengrösse variieren können. Vereinzelt werden Anteile der Nettoinvestitionskosten zurückerstattet oder Beträge pro Wohneinheit zugesprochen. Die meisten Kantone setzen zudem eine minimale und maximale Fläche für eine Förderung voraus. Aufgrund dieser Heterogenität wurden die Förderbeiträge für zwei Modellanlagen berechnet (nach Kessler et al. 2008, S. 31–32) (siehe Anhang 1.1, 1.2, Tabellen 7,8):

- EFH, eine Wohneinheit, 7m<sup>2</sup> verglaste Flachkollektoren zur Warmwasserproduktion, Investitionskosten 12'000.- CHF
- MFH, fünf Wohneinheiten, 25m<sup>2</sup> verglaste Flachkollektoren zur Warmwasserproduktion, Investitionskosten 30'000.- CHF

In Abbildung 11 wird die durchschnittliche finanzielle Beteiligung der Kantone in Prozentpunkten der Investitionskosten wiedergegeben (siehe auch Anhang 2.1, 2.2, Tabellen 7, 8). Die Kosten beziehen sich auf eine EFH-typischen, resp. MFH-typischen Installation von thermischen Solaranlagen. Aus der Grafik ist in der Periode 2008-2010 ein relativ starker Anstieg der durchschnittlichen finanziellen Beteiligung für EFH- und MFH-typische Anlagen zu erkennen. Zudem wird aus der Abbildung 11 ab dem Jahre 2006 eine Angleichung in der Förderung zu den beiden Modellanlagen ersichtlich.



**Abbildung 11** Durchschnittlicher Förderanteil in Kantonen von Investitionskosten einer EFH/MFH Modellanlage 2000-2012 in % Quelle: SWISSOLAR, AfE (eigene Darstellung)

Die jährlichen Förderbeiträge für den Zeitraum 2000-2012 konnten zu einem Grossteil durch Informationen von SWISSOLAR rekonstruiert werden (Swissolar 2013). Bei fehlenden Daten wurden die kantonalen Ämter für Energie angefragt. Veränderungen in den Förderbeiträgen, die innerhalb der zweiten Jahreshälfte stattfanden, wurden im Folgejahr berücksichtigt.

Kantonale Steuererleichterungen bei energieeffizienten Investitionen werden durch zwei binären Variablen dargestellt. Die Variable  $Steuerv\_B_{i,t}$  entspricht gleich eins, falls in der kantonalen Gesetzgebung die Bundesregelung zum Steuerabzug wörtlich oder sinngemäss übernommen wurde und in Kraft getreten ist (siehe Abschnitt 2.3). Insofern energieeffiziente Investitionen in Kantonen generell zu 100% von den Steuern abgezogen werden können, entspricht die Variable  $Steuerv\_100_{i,t}$  gleich Eins. Für den Fall keiner speziellen Regelung zur Steuererleichterung werden beide Variablen gleich Null gesetzt. Die Daten zur Steuererleichterungen wurden aus der kantonalen Gesetzgebung entnommen (LexFind 2013) (siehe Anhang 1.3, Tabelle 9).

Der Standard zum Mindestanteil an erneuerbaren Energien bei Neubauten wird mithilfe einer binären Variablen abgebildet. Bei in Kraft treten des kantonalen Gesetzes wird die Variable entsprechend gleich 1 gesetzt. Die meisten Kantone haben das Basismodul der MuKE ohne grössere Abweichungen übernommen. In fünf Kantonen wurde ein grösserer Mindestanteil als 20% an erneuerbaren Energien im Gesetz übernommen. Die Informationen für die Variable entstammt aus den kantonalen Gesetzgebungen, die im Internet unter LexFind abrufbar sind (LexFind 2013) (siehe Anhang 1.3, Tabelle 9).

Mit zwei binären Variablen werden Veränderungen im kantonalen Gesetz zur Baubewilligung von Solaranlagen gemessen. Die kantonalen Gesetzesanpassungen sind in diesem Bezug sehr heterogen und reichen z. B. von einer Bewilligungsbefreiung bei Anlagen bis  $1\text{m}^2$  im Kanton Obwalden bis zu  $35\text{m}^2$  im Kanton Zürich. Insofern wurden kantonal gültige vereinfachte Verfahren ( $\text{Baub\_vV}_{i,t}$ ) und bewilligungsfreie Installationen ab einer Fläche von  $7\text{m}^2$  ( $\text{Baub\_kab7}_{i,t}$ ) berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass eine Abschaffung der Bewilligungspflicht für Anlagen, die kleiner sind als  $7\text{m}^2$  die Barriere zu geringfügig senkt, sodass ein Effekt auf die Investitionsentscheidung zu beobachten wäre. Für den Fall einer kommunalen Regelung der Baubewilligung werden beide Variablen gleich Null gesetzt. Die Informationen zu den Variablen konnten aus der kantonalen Gesetzgebung und aus Daten von SWISSOLAR entnommen werden (LexFind 2013; Swissolar 2013) (siehe Anhang 1.3, Tabelle 9).

Die kantonalen Informations- und Beratungsbemühungen werden mithilfe einer aggregierten Variable gemessen. In dieser werden kantonale pro Kopf Ausgaben für Beratung, Veranstaltungen, Informationsarbeit, Aus- und Weiterbildung zusammengefasst, die im Rahmen der Globalbeiträge gegenüber dem Bund deklariert wurden. Die Daten zu den Ausgaben wurden von der INFRAS AG zur Verfügung gestellt (Kessler und Sigrist 2012). Informationen zum Bevölkerungsstand der Kantone stammen vom Bundesamt für Statistik (BFS) (BFS 2013a).

### 3.4.3 Weitere Einflussfaktoren

Das kantonale Prokopf-Bruttoinlandsprodukt für die Jahre 2000,2005,2008-2010 stammt aus dem Wirtschafts atlas, der durch die BAKBasel zur Verfügung gestellt wird (BAKBasel 2013). Die fehlenden Daten wurden durch eine Interpolation und Extrapolation ergänzt, wobei Informationen aus dem BFS zum Schweizer Bruttoinlandsprodukt verwendet wurden (BFS 2013b).

Für die Messung der Bauintensität werden die Anzahl neu erstellter Gebäude mit Wohnungen innerhalb der Kantone in einer Variablen berücksichtigt. Die Daten umfassen neu erstellte angebaute und freistehende EFH sowie neu erstellte MFH. Zudem beinhaltet die Variable Wohngebäude mit Nebennutzung und teilweiser Wohnnutzung. Der Datensatz wurde aus dem BFS entnommen (BFS 2013d). Die Beobachtungen für das Jahr 2012 beruhen auf einer Schätzung des BFS.

Die Förderaktivität der Gemeinden wird mithilfe zweier Variablen gemessen. Dazu werden die Beratungsdienstleistung und die finanzielle Förderung energetischer Vorhaben auf kommunaler Ebene unterschieden. Als Datengrundlage dient die Bewertung des Trägervereins Energiestadt, die im Prozess zur Zertifizierung der Gemeinden durchgeführt wird (siehe Abschnitt 2.3). Für die Berechnung der Variablen ist der Abschnitt 6.4 aus dem Massnahmenkatalog entscheidend. In diesem Abschnitt wird die Unterstützung privater Aktivitäten durch die Gemeinde bewertet (siehe Kuster et al. 2004, S. 46–47). Die Variable zu den Beratungsbemühungen einer Gemeinde verwendet die aktuellste Punktzahl unter 6.4.1, die für den Unterhalt einer Beratungsstelle im Bereich Energie, Mobilität und Ökologie vergeben wurde (siehe Kuster et al. 2004, S. 46–47). Für die Messung der finanziellen Förderung einer Gemeinde wird die erzielte Punktzahl unter 6.4.2 im Massnahmenkatalog aufgegriffen (siehe Kuster et al. 2004, S. 46–47). In dieser Kategorie wird unter anderem die Prokopfausgaben einer Gemeinde für die finanzielle Förderung von erneuerbare Energieträgern bewertet (siehe Kuster et al. 2004, S. 47). Für die Berechnung von Index 1 wird die aufsummierte Punktzahl über die Gemeinden innerhalb eines Kantons und zu einem Zeitpunkt mit dem Anteil aktiver Energiestädte<sup>24</sup> an der gesamten Anzahl Gemeinden gewichtet (siehe Formel 20 und 21).

$$Index1\_ber_{i,t} = \frac{\sum_{g=1}^G \text{Punkte Beratung}_{i,t,g} * \text{Anzahl Energiestädte}_{i,t}}{\text{Total Gemeinden}_{i,t}} \quad (20)$$

$$Index1\_fö_r_{i,t} = \frac{\sum_{g=1}^G \text{Punkte Förderung}_{i,t,g} * \text{Anzahl Energiestädte}_{i,t}}{\text{Total Gemeinden}_{i,t}} \quad (21)$$

$$i = 1, \dots, 26 \quad t = 2000, \dots, 2012$$

Im Gegensatz zum Index 1 wird in Index 2 die Bevölkerungsanzahl berücksichtigt. Wie aus Formel (22, 23) wird die erworbene Punktzahl mit der Anzahl Einwohner einer Gemeinde multipliziert und über alle aktiven Energiestädte in einem Kanton und zu einem Zeitpunkt summiert. Folgend wird diese Kennzahl durch die Gesamtbevölkerung des Kantons  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  geteilt.

$$Index2\_ber_{i,t} = \frac{\sum_{g=1}^G (\text{Punkte Beratung}_{i,t,g} * \text{Anzahl Einwohner in Energiestädten}_{i,t,g})}{\text{Total Bevölkerung}_{i,t}} \quad (22)$$

$$Index2\_fö_r_{i,t} = \frac{\sum_{g=1}^G (\text{Punkte Förderung}_{i,t,g} * \text{Anzahl Einwohner in Energiestädten}_{i,t,g})}{\text{Total Bevölkerung}_{i,t}} \quad (23)$$

$$i = 1, \dots, 26 \quad t = 2000, \dots, 2012$$

Die relative Parteienstärke im Kantonsparlament wird aufgrund der Parlamentswahlen berechnet (siehe Formel 24) (siehe Anhang 1.4, Tabelle 10).

<sup>24</sup> Die Energiestädte sind generell als Gemeinden aufgeführt.

$$\text{Parteistärke} = \frac{\text{Erhaltene Stimmen}}{\text{Total abgegebene Stimmen}} * 100 \quad (24)$$

Für die Variable ( $\text{Links}_{i,t}$ ) wurde die Parteienstärke linker Parteien aufsummiert. Die Einteilung der als links eingestuften Parteien wurde nach Strebel (2011) weitgehend analog durchgeführt (siehe Anhang 1.4, Tabelle 10). Der Datensatz wurde der Internetplattform vom BFS entnommen (BFS 2013e).

Die Variable ( $\text{AnzPV}_{i,t}$ ) zeigt die Anzahl durch Kantone geförderte PV-Anlagen. Für den Erhalt von Globalbeiträgen, wird dieser Wert jährlich durch die Kantone beim Bund deklariert. Es ist möglich, dass neben der deklarierten Anzahl weitere PV-Anlagen gefördert wurden. Der Datensatz wurde durch die INFRAS AG zur Verfügung gestellt (Kessler und Sigrist 2012). Fehlende Werte für die Jahre 2000 und 2012 konnten teilweise durch eine Anfrage bei den Ämtern für Energie in Erfahrung gebracht werden.

Der durchschnittliche Strompreis innerhalb der Kantone wird durch die Variable ( $\text{StromP}_{i,t}$ ) wiedergegeben. Die Berechnung basiert auf einer Erhebung der Preisüberwachung (EVD 2010). In dieser Analyse wurde der durchschnittliche Strompreis der Gemeinden 2004, 2008 und 2009 für verschiedene Verbrauchsprofile berechnet. Basierend auf diesen Daten wurde der kantonale Durchschnittsstrompreis für den Verbrauchertyp H3<sup>25</sup> berechnet. Die fehlende Periode 2010-2012 wurde mithilfe von Daten der Eidgenössischen Elektrizitätskommission (EiCom) ergänzt (EiCom 2013). Basierend auf der nationalen Strompreisentwicklung wurden die restlichen Beobachtungslücken berechnet, wobei die kantonalen Anteile konstant gehalten wurden. Der Datensatz für die nationalen Durchschnittspreise wurde durch das BFS zur Verfügung gestellt.

Mithilfe der Variable ( $\text{WEig}_i$ ) werden Kantone mit einer unterdurchschnittlichen Wohneigentumsquote identifiziert. Die Berechnung der Variable basiert auf Daten zur Wohneigentumsquote, die zu den Jahren 1990, 2000 und 2010 durch das BFS publiziert wurden (BFS 2013f). Aus den Daten geht hervor, dass eine Einteilung der Kantone mit einer über und unterdurchschnittliche Wohneigentumsquote über die bekannten Zeitpunkte gleich geblieben ist (siehe Anhang 1.5, Tabelle 11).

## 4 Empirische Analyse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Wirkungsanalyse dargelegt. Zu Beginn werden die Resultate der geschätzten Modelle demonstriert. Darauf folgend werden die Ergebnisse mithilfe von theoretischen Grundlagen interpretiert und hinsichtlich Erkenntnisse aus bestehenden Untersuchungen eingeordnet.

---

<sup>25</sup> Verbrauchsprofil H3: 4'500 kWh/Jahr: 4-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Elektroboiler (EiCom 2013).

## 4.1 Ergebnisse linearer Panelregressionen

Für die Untersuchung der Wirkung von politischen Massnahmen wurden 3 verschiedene methodische Panel-Ansätze verwendet. Tabelle 4 zeigt die POLS-Modelle und in Tabelle 5 sind die Resultate von RE- sowie FE-Modelle abgebildet. In Tabelle 6 sind Modellerweiterungen aufgeführt. Bei mehreren Regressionen wurden zeitspezifische Effekte berücksichtigt. Die Berechnung von Cluster robuste sowie Heteroskedastie konsistente Standardfehler erfolgte nach Arellano (1987) und White (1984). Zu mehreren Variablen wurde der natürliche Logarithmus berechnet.

**Tabelle 4** Ergebnisse: POLS-Modellschätzungen Quelle: (eigene Darstellung)

Abhängige Variable Log(TH_gef <sub>i,t</sub> )							
Modell	1 POLS	2 POLS	3 POLS	HC	CLU W2	4 POLS	HC
N	212	212	199			191	
R2 adjustiert	0.29735	0.40169	0.68768			0.6788	
Achsenabschnitt	-1.5843150	-0.9913834	-3.7898805 *	.		-2.1771928	
Log(Fin_EFH <sub>i,t</sub> )						-0.2716437	
Log(Fin_MFH <sub>i,t</sub> )	0.8832028 ***	0.8017206 ***	0.6972607 ***	***	***	0.8609777 ***	***
Steuerv_B <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	0.1299770	0.1113305	0.1999147			0.1237108	
Steuerv_100 <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	-0.0023407	-0.2595259	-0.3015619			-0.3183110	
MuKEN <sub>i,t</sub>	0.5895378 ***	0.3284740 *	0.4282404 ***	***	***	0.5290181 ***	***
Baub_vV <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup>	0.0429602	0.0553645	-0.2394334 .			-0.2501101 *	
Baub_kab7 <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup>	0.9843640 ***	0.9371199 ***	0.3800688 *	*	*	0.2861223 .	
Log(lnf_cap <sub>i,t</sub> )	-0.0773461	-0.0951773	-0.0271839			-0.0396546	
Log(BIP_cap <sub>i,t</sub> )			1.0077931 **	*	*	1.1579923 **	**
Log(Bauint_Geb <sub>i,t</sub> )			0.6192389 ***	***	***	0.5945080 ***	***
Index1_ber <sub>i,t</sub>			-0.0519185 **	*	*	-0.0582245 **	*
Index1_för <sub>i,t</sub>			0.0207431 *	*	*	0.0224647 *	*
Links <sub>i,t</sub>			-1.0564365			-1.3013485 .	
AnzPV <sub>i,t</sub>			0.0016562			0.0022497	
Log(StromP <sub>i,t</sub> )			1.2469086 *	.	.	1.1718039 *	.
Jahr 2002 <sup>[3]</sup>		-0.2971919	-0.1500995			-0.1460960	
Jahr 2003		-0.3742473	-0.1605137			-0.1798079	
Jahr 2004		-0.0708242	0.1250908			0.1353301	
Jahr 2005		-0.0303082	0.1749700			0.1380843	
Jahr 2006		-0.0054259	0.1325099			0.0233701	
Jahr 2007		0.3184134	0.3649456		.	0.2635636	
Jahr 2008		0.7740580 *	0.7159410 **	*	***	0.6068620 *	**
Jahr 2009		1.0872037 **	0.9767282 ***	***	***	0.9254505 ***	***
Jahr 2010		0.8661685 *	0.7283566 **	*	*	0.6474520 *	*
Jahr 2011		0.9766915 **	0.9768235 ***	***	***	0.9059759 **	***

Anmerkungen: Signifikanzniveau '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1

HC: Kovarianz- Matrix nach White. CLU W2: Cluster robuste Standardfehler nach White2

Referenzkategorien:[1]Keine gesetzliche Regelung [2]keine kantonale Regelung zur Baubewilligung [3] Jahr 2001



**Tabelle 5** Ergebnisse: RE- und FE-Modellschätzungen Quelle: (eigene Darstellung)

Abhängige Variable Log( $TH_{gef,t}$ )													
Modell	5 RE	CL W2	6 RE <sup>[4]</sup>	7 RE <sup>[4]</sup>	8 FE	HC	CL Ar	9 FE	HC	CL Ar	10 FE	HC	CL Ar
$C_i$	0.292												
$u_{it}$	0.708												
$\hat{\rho}$	0.5423												
N	199		199	191	199			191			199		
R2 adjustiert	0.65501				0.50166			0.50705			0.65737		
Achsenabschnitt	-2.6560893		-2.594059	-0.8153405									
Log( $Fin\_EFH_{i,t}$ )				0.5209044 **				0.73406220 ***	**	**			
Log( $Fin\_MFH_{i,t}$ )	0.6385496 ***	***	0.637715 ***		0.7146338 ***	***	***				0.6836604 ***	***	***
Steuerv_ $B_{i,t}$ <sup>[1]</sup>	0.3356020		0.087019	-0.1698505	0.8672994 .	***	***	0.50765542	*	*	0.8020093 .	***	***
Steuerv_100 <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	0.2054825		-0.172804	-0.1574039	0.6938078	*	.	0.51247181	.	.	0.5434466	.	.
MuKEN <sub>i,t</sub>	0.7081685 ***	***	0.488056 ***	0.3622871 *	0.5959711 ***	***	**	0.30108326 .	*	*	0.5567752 ***	**	**
Baub_v $V_{i,t}$ <sup>[2]</sup>	-0.1008882		0.044693	0.5045449 *	0.3516353			0.93992648 ***	***	***	0.4002610		
Baub_kab7 <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup>	0.2045629		0.275055 .	0.2282078	0.3901381			0.29209770			0.2716315		
Log( $lnf\_cap_{i,t}$ )	0.0874901		0.018208	0.0280075	0.0652517			-0.00532667			0.0089968		
Log( $BIP\_cap_{i,t}$ )	2.1786732 ***	***	0.680389 .	0.5720823	4.0642203 ***	***	***	1.29331492			2.4564680		
Log( $Bauint\_Geb_{i,t}$ )	0.6727288 ***	***	0.608314 ***	0.5624357 ***	0.2692786			0.31942075			0.3454708		
Index1_ber <sub>i,t</sub>	-0.0344445	.	-0.038295 *	-0.0287800	-0.0149776			-0.00984516			-0.0152958		
Index1_för <sub>i,t</sub>	0.0105774		0.014469 .	0.0098531	0.0075701	.	.	0.00245137			0.0088425		
Links <sub>i,t</sub>	-3.5061311 ***	***	-0.752221	-0.2278058	1.0289097			2.29557484			2.7765204		
AnzPV <sub>i,t</sub>	0.0022481		0.001357	0.0009916	0.0022262			0.00092037			0.0017135		
Log( $StromP_{i,t}$ )	2.3390974 ***	***	0.625353	0.3694354	0.9180495			-0.06999406			-0.1850862		
Jahr 2002 <sup>[3]</sup>			-0.153870	-0.1666230				-0.20757122			-0.2290668		
Jahr 2003			-0.166527	-0.1480271				-0.18540099			-0.2569011		
Jahr 2004			0.106601	0.1051476				0.02474211			-0.0666064		
Jahr 2005			0.161889	0.1611755				0.09309963			-0.0466930		
Jahr 2006			0.105339	0.1733113				0.08025153			-0.2367976		
Jahr 2007			0.346432	0.3919181				0.25172794			-0.0994378		
Jahr 2008			0.680573 *	0.7574660 .				0.57452282			0.1581112		
Jahr 2009			0.994859 **	1.2933105 **				1.14067833 *	**	**	0.5502939		
Jahr 2010			0.691389 *	0.9128844 *				0.79433504	*	.	0.2505677		
Jahr 2011			0.945951 **	1.1837628 *				1.02368297 .	*	*	0.4521873		

Anmerkungen: Signifikanzniveau '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '.' 0.1

HC: Kovarianz- Matrix nach White. CL AR: Kovarianz- Matrix nach Arellano

Referenzkategorien:[1]Keine gesetzliche Regelung [2]keine kantonale Regelung zur Baubewilligung [3] Jahr 2001

[4] Twoways RE mit unbalancierten Paneldaten in R nicht implementierbar (Croissant und Millo 2008, S. 15) alternativ wurde ein „linear mixed effects model“ geschätzt (Bates 2010, S. 77ff.)

**Tabelle 6** Ergebnisse: Modellerweiterungen Quelle: (eigene Darstellung)

Abhängige Variable Log(TH_gef <sub>i,t</sub> ) Modell 13: Abhängige Variable Log(Lag1_TH_gef <sub>i,t</sub> )										
Modell	11 FE	HC	CL Ar	12 FE	HC	CL Ar	13 FE	HC	CL Ar	14 Dynamisch
N	199			199			183			179
R2 adjustiert	0.49907			0.49939			0.45551			
Achsenabschnitt										
Log(TH_gef <sub>i,t</sub> )										0.11559
Log(Fin_MFH <sub>i,t</sub> )	0.7201848 ***	***	***	0.4952622			0.5369457 ***	***	***	0.56554 ***
Log(Fin_MFH <sub>i,t</sub> )* WEig <sub>i,t</sub>				0.2457435						
Steuerv_B <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	0.8823018 .	***	***	0.5847367			0.8611255 .	***	***	
Steuerv_100 <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	0.7008748	*	*	0.3851215			1.1239747 *	***	***	
MuKEN <sub>i,t</sub>	0.2662803			0.6201917 ***	***	**	0.5576544 **	*	*	
MuKEN <sub>i,t</sub> * Log(Bauint_Geb <sub>i,t</sub> )	0.0559170									
Baub_vV <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup>	0.3115702			0.3907680	.		0.1195393			
Baub_kab7 <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup>	0.3745328			0.3842093			0.3900927			
Log(Inf_cap <sub>i,t</sub> )	0.0623478			0.0628536			0.1100254			
Log(BIP_cap <sub>i,t</sub> )	4.0847971 ***	***	***	4.0377133 ***	***	***	2.3662327 **	**	**	
Log(Bauint_Geb <sub>i,t</sub> )	0.2456004			0.2599104			0.3060292			
Index1_ber <sub>i,t</sub>	-0.0132752			-0.0135565			0.0185140			
Index1_för <sub>i,t</sub>	0.0068317			0.0077324	*	.	0.0047566			
Links <sub>i,t</sub>	0.8413400			1.0352533			8.5703614 *			
AnzPV <sub>i,t</sub>	0.0021217			0.0021398			0.0025456 .	**	**	
Log(StromP <sub>i,t</sub> )	1.0364368			0.9006464			1.1598474			

Anmerkungen: Signifikanzniveau '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1

HC: Kovarianz- Matrix nach White. CL AR: Kovarianz- Matrix nach Arellano

Referenzkategorien:[1]Keine gesetzliche Regelung [2]keine kantonale Regelung zur Baubewilligung

Die Präsentation der Ergebnisse wird nach den Einflussfaktoren strukturiert. Zuerst werden die Resultate in Bezug auf die politischen Instrumente vorgestellt. Darauf folgend werden Aussagen zur Wirkung von weiteren Einflussfaktoren dargelegt. Abschliessend werden einige Modellerweiterungen und Testresultate aufgezeigt.

## 4.2 Wirkung politischer Instrumente

Kantonale Förderbeiträge für MFH-typische Solaranlagen zeigen einen hoch signifikant<sup>26</sup> positiven Effekt auf den jährlichen Flächenzuwachs installierter Flachkollektoren<sup>27</sup> (siehe Modell 1 in Tabelle 4). Basierend auf diesem Modell kann bei einer Erhöhung der Förderbeiträge um 1% mit einem durchschnittlichen Flächenzuwachs von 0.88% m<sup>2</sup> pro Jahr gerechnet werden. Das Modell erklärt ca. 30% der Varianz in der installierten Fläche von Flachkollektoren und basiert auf 212 Beobachtungen. Bei einer Kontrolle für zeitspezifische Einflüsse reduziert sich der Effekt der Förderbeiträge um ca. 0.08% (siehe Modell 2). Modell 3. Infolge einer Aufnahme der Kontrollvariablen in Modell 3 reduziert sich der Effekt um weitere ca. 0.1 Prozentpunkte. Das korrigierte Bestimmtheitsmass beträgt in Modell 3 ca. 69% und die Schätzung beruht auf 199 Beobachtungen. Der geschätzte Einfluss kantonalen Beiträge für MFH-typische Anlagen steigt alsbald die finanzielle Unterstützung für Modellanlagen der EFH mit in das Modell aufgenom-

<sup>26</sup> Ein hochsignifikanter Wert des Koeffizienten bedeutet sinngemäss, dass der Effekt gegeben der Modellannahmen zu einer Wahrscheinlichkeit von über 99,9% ungleich Null ist.

<sup>27</sup> Wie in Abschnitt 3.1 näher ausgeführt handelt es sich hierbei um den Flächenzuwachs installierter Flachkollektoren, die im Rahmen kantonalen Förderprogramme beim Bund deklariert wurden.

men wird (siehe Modell 4). Daraus folgt jedoch ein reduziertes Bestimmtheitsmass in Modell 4. Auf eine Berücksichtigung beider Variablen zu den Förderbeiträgen wird in weiterführenden Modellschätzungen verzichtet. Grund dafür ist eine grosse Analogie zwischen den Variablen. Die Förderung von MFH-typischen Solaranlagen entspricht in vielen Kantonen ein Vielfaches der Beiträge für EFH-typische Anlagen. Das hoch signifikante Korrelationsmass nach Pearson (1896) von 0,84 veranschaulicht diese Gefahr einer Multikollinearität (siehe Anhang 2.3, Tabelle 14).

In Tabelle 5 werden nun unbeobachtete kantonsspezifische Einflüsse berücksichtigt, die über Zeit konstant sind. Die RE-Modelle 5-7 vermögen jedoch keine Kontrolle solcher Effekte, die mit den Regressoren korrelieren (siehe Tabelle 5). Mit den FE-Modellen 8-10 werden kantonspezifische, zeitkonstante Effekte ausgeschlossen. Modelle 6,7,9 und 10 kontrollieren zusätzlich für Effekte, die über Zeit aber nicht zwischen den Kantonen variieren. Die Koeffizienten zu den finanziellen Förderbeiträgen für MFH-typische Solaranlagen zeigen in RE- und FE-Modellen tiefere Werte als in den POLS-Modellen. Eine Vernachlässigung von kantonsspezifischen fixen Charakteristika führen somit generell zu einer Überbewertung der Wirkung des Instruments. Die geschätzte Wirkung von Förderbeiträgen für EFH-typische Anlagen verändert sich stärker bei einer Kontrolle von kantonsspezifischen Effekten (siehe Modell 7 und 9). Gegeben der Spezifikationen in Modell 9, wäre infolge einer Erhöhung der Förderbeiträge für EFH-typische Anlagen um 1% mit einem durchschnittlichen Flächenzuwachs von ca. 0.73% pro Jahr zu rechnen. Dieser Effekt übertrifft leicht den Wert in Modell 8 mit Förderbeiträgen für MFH-typische Anlagen. Das adjustierte Bestimmtheitsmass in Modell 10 mit der Variablen zu den Förderbeiträgen von MFH-typischen Anlagen ist um ca. 15% grösser als bei Berücksichtigung der finanziellen Zuschüsse für EFH-typische Anlagen.

Mit der Kontrolle kantonsspezifischer fixer Effekte zeigt die Einführung des Steuerabzuges einen signifikant<sup>28</sup> positiven Effekt auf den Flächenzuwachs installierter Flachkollektoren (siehe Tabelle 5, Modell 8). Im Vergleich zur Referenzgruppe ohne Regelung, weisen Kantone bei Einführung der Bundesregelung zum Steuerabzug einen durchschnittlich grösseren Zuwachs an installierten Flachkollektoren auf (ca. 0.87%). Ein signifikantes<sup>29</sup> Ergebnis ist ferner bei einer kantonalen Gesetzesänderung zu beobachten, die einen vollständigen Steuerabzug von Investitionen in Solaranlagen erlauben, auch unmittelbar nach Erwerb einer Liegenschaft (siehe Modell 8). Die Effekte sind signifikant unterschiedlich von Null, wenn Heteroskedastie konsistente Standardfehler berechnet werden. Unter Cluster robusten Standardfehlern erhöht sich die Irrtumswahrscheinlichkeit zur Wirkung einer ganzheitlichen und sofortigen Steuerabzugsmöglichkeit auf 10%.

<sup>28</sup> Bei einem Signifikanzniveau von kleiner als 0.1%.

<sup>29</sup> Bei einem Signifikanzniveau von kleiner als 5%.

In allen geschätzten Modelltypen ist eine signifikant positive Wirkung aus der Einführung vom Mindestanteil erneuerbarer Energien bei Neubauten ersichtlich. Modell 3 zeigt in der Reihe der POLS-Schätzungen den grössten Erklärungsgehalt auf (siehe Tabelle 4). Gegeben dieser Modellspezifikationen, weisen Kantone mit Standard einen durchschnittlichen ca. 0.43% grösseren Zuwachs installierter Flachkollektoren auf, als die Referenzgruppe ohne Mindeststandard (siehe Modell 3). Der Wert ist zu einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner als 0.1% verschieden von Null.

Mit Berücksichtigung von unbeobachteten Einflussfaktoren, die zwischen Individuen aber nicht über Zeit variieren und mit den Regressoren unkorreliert sind, erhöht sich der Effekt auf 0.48% (siehe Tabelle 5, Modell 6). In Modellen 8 und 10 werden kantonsspezifische, zeitkonstante Einflüsse gänzlich ausgeschlossen. Der Effekt (ca. 0.60%) in Modell 8 ist hochsignifikant verschieden von Null. In Modell 10 werden zudem für zeitspezifische Effekte kontrolliert. Die Werte der Koeffizienten im FE-Modell 10 und in Modell 8 sind schwächer als im POLS-Modell 3 oder RE-Modell 6. Daraus kann geschlossen werden, dass bei unberücksichtigten kantonsspezifischen Charakteristika, der Effekt durch die Einführung des Standards negativ verzerrt ist (d. h. unterbewertet). Das Resultat aus Modell 10 zeigt einen durchschnittlich ca. 0.56% grösseren Zuwachs an Flachkollektoren in Jahren der Gesetzes Einführung<sup>30</sup>. Ferner ist ein signifikant<sup>31</sup> positiver Einfluss bei Modellen zu beobachten, die Förderbeiträge von EFH-typischen Anlagen berücksichtigen (siehe Tabelle 5, Modell 7, 9). Im Vergleich zu Modellen mit MFH-typischen Förderbeiträgen fällt der Effekt bei diesen Modellen geringer aus.

Die Abschaffung von Baubewilligungen auf kantonaler Ebene zeigt insbesondere in POLS-Modellen einen signifikant positiven Effekt auf den Flächenzuwachs von Flachkollektoren. Gegeben der Modellspezifikationen 3, weisen Kantone zu den Jahren einer abgeschafften Baubewilligung<sup>32</sup> im Durchschnitt einen 0.38% grösseren Zuwachs an installierten Flachkollektoren auf (siehe Tabelle 4). Der Wert ist im Vergleich zur Referenzgruppe ohne kantonal geregelten Bewilligungsverfahren zu interpretieren. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt weniger als 5%. Zur Einführung eines vereinfachten Bewilligungsverfahrens kann in POLS-Modellen mit Heteroskedastie robusten Standardfehlern kein signifikanter Effekt beobachtet werden (siehe Tabelle 4, Modell 3).

Unter der Berücksichtigung von kantonsspezifischen Einflüssen, die über Zeit konstant sind, zeigen zu diesem Instrument lediglich vereinzelt Modelle eine signifikant positive Wirkung auf. In RE-Modell 6 kann zu einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% ein Effekt zur Aufhebung der Bewilligungspflicht festgestellt werden (siehe Tabelle 5). Bei FE-Modellen ist der Ein-

<sup>30</sup> Bei einem Signifikanzniveau von kleiner als 1%

<sup>31</sup> Bei einem Signifikanzniveau von kleiner als 5%

<sup>32</sup> Die abgeschaffte Baubewilligung bezieht sich auf Anlagen grösser oder gleich 7m<sup>2</sup>

fluss einer Abschaffung zu den üblichen Signifikanzniveaus nicht mehr verschieden von Null (siehe Tabelle 5, Modelle 8-10). Der Koeffizient zur Einführung von vereinfachten Bewilligungsverfahren zeigt lediglich einen signifikanten Effekt in Modellen mit der Variablen zu Förderbeiträgen auf Niveau von EFH-typischen Installationen. In RE-Modell 7 beträgt die Wirkung der Gesetzeseinführung ca. 0.50% und ist zu einem Signifikanzniveau von kleiner als 5% signifikant. Zudem lässt sich in FE-Modell 9 ein positiver Wert zur Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner als 0.1% erkennen (siehe Tabelle 5).

Kantonale pro Kopf Ausgaben im Bereich Energie für Information, Beratung, Veranstaltungen, Aus- und Weiterbildung, zeigen zu keinem üblichen Signifikanzniveau einen Einfluss auf den jährlichen Zuwachs der Fläche installierter Flachkollektoren.

### 4.3 Wirkung weiterer Einflussfaktoren

Das kantonale pro Kopf Bruttoinlandsprodukt zeigt in den meisten POLS-, RE- und FE-Modellen einen signifikant positiven Einfluss auf den Flächenzuwachs installierter Flachkollektoren (siehe Tabelle 4, Modell 3,4 und Tabelle 5, Modelle 5-8). Der Wert des Koeffizienten in Modell 8 lässt sich wie folgt interpretieren: Bei einem 1 prozentigen Anstieg des kantonalen pro Kopf Inlandsprodukt (in Millionen CHF) ist durchschnittlich mit einem Zuwachs an installierten Flachkollektoren von ca. 4% zu rechnen. Unter Ausschluss individuenspezifischer fixer Effekte und simultaner Kontrolle für Zeiteffekte ist die Wirkung zu den üblichen Signifikanzniveaus nicht mehr verschieden von Null (siehe Tabelle 5, Modell 9,10).

Die Bauintensität zeigt in allen geschätzten POLS- und RE-Modellen einen signifikant positiven Einfluss auf den Flächenzuwachs installierter Flachkollektoren (siehe Tabelle 4, Modell 3,4). Gegeben der Modellspezifikationen 6 in Tabelle 5, wäre bei einem 1 prozentigen Anstieg an kantonal fertiggestellten Gebäuden mit einem mittleren Flächenzuwachs von 0.61% zu rechnen. In FE-Modellen ist die Wirkung von einer kantonalen Bauintensität zu den üblichen Signifikanzniveaus nicht mehr verschieden von Null (siehe Tabelle 5, Modell 8-10).

Ein signifikanter Einfluss ausgehend von kommunalen Förderaktivitäten kann insbesondere in POLS- und vereinzelt in RE- sowie FE-Modellen beobachtet werden. Eine Bereitstellung von Beratungsstellen durch die Gemeinde zeigt in POLS- und RE-Modellen einen negativen Effekt auf die installierte Fläche von Flachkollektoren. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt bei diesen Modellen zwischen 5 und 10 % (siehe Tabelle 4, Modell 3,4 und Tabelle 5, Modell 5,6). In den geschätzten FE-Modellen kann zu den üblichen Signifikanzniveaus kein signifikanter Einfluss ausgehend von dieser Grösse beobachtet werden.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> Diese Modellschätzungen beziehen sich auf den Index 1 (siehe Abschnitt 3.4.3). Modell 15 im Anhang 2.1, Tabelle 12 verwendet den Index 2.

Die finanzielle Förderung von privaten, energetischen Vorhaben durch die Gemeinden zeigt in mehreren Modellen einen positiven Einfluss auf den jährlichen Flächenzuwachs an Flachkollektoren (siehe Tabelle 4, Modell 3,4 und Tabelle 5, Modell 6,8). Die Irrtumswahrscheinlichkeit in POLS-Modellen beträgt 5% und steigt bei Berücksichtigung von kantonsspezifischen zeitkonstanten Effekten auf 10% an.<sup>34</sup>

Die relative Stärke von linken Parteien im Kantonsparlament zeigt einen negativen Einfluss auf den Zuwachs von Flachkollektoren. Im Falle einer Kontrolle für zeitspezifische Einflüsse ist der beobachtete Effekt zu allen üblichen Signifikanzniveaus nicht verschieden von Null (siehe Tabelle 4 und 5). Basierend auf den Modellspezifikationen 5 wäre aufgrund von einem 0.01 höheren Anteils linker Parteien im Kantonsparlament mit einer durchschnittlichen Reduktion der Fläche an installierten Flachkollektoren um ca. 3.5% zu rechnen (siehe Tabelle 5). Der Wert des Koeffizienten ist zu einem Signifikanzniveau von kleiner als 0.1% signifikant.

Zur Kantonalen Förderung von PV-Anlagen konnte in den meisten geschätzten Modellen kein signifikanter Einfluss auf den Zuwachs von Flachkollektoren beobachtet werden (siehe Tabellen 4, 5). Einzig die Modellerweiterung in Modell 13 zeigt ausgehend der Anzahl geförderter PV-Anlagen ein signifikant positiver Effekt auf den Flächenzuwachs von Flachkollektoren pro Jahr (siehe Tabelle 6). Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt zu diesem Wert weniger als 1%.

Der kantonale durchschnittliche Strompreis zeigt in POLS- und RE-Modellen einen positiven Einfluss auf den Flächenzuwachs von Flachkollektoren. In den POLS-Modellen ist der Effekt zur Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% signifikant verschieden von Null (siehe Tabelle 4, Modelle 3, 4). Unter Berücksichtigung von kantonsspezifischen, zeitkonstanten Einflüssen ist der Effekt nach wie vor hoch signifikant verschieden von Null (siehe Modell 5 Tabelle 5). Mit den Modellspezifikationen 5 ist bei einer 1 prozentigen Erhöhung des Strompreises mit einem mittleren Flächenanstieg von ca. 2.3% zu rechnen. Mit einer zusätzlichen Kontrolle von zeitspezifischen Effekten zeigt der Koeffizient in RE- und FE-Modellen zu den üblichen Signifikanzniveaus keine signifikante Wirkung (siehe Tabelle 5).

In sämtlichen POLS- und RE-Modellen sind signifikante zeitspezifische Effekte zu beobachten. Insbesondere die Periode 2008-2011 weist im Vergleich zum Referenzjahr 2001 einen signifikant höheren Flächenzuwachs an Flachkollektoren auf (siehe Tabelle 4, 5). Ausgenommen der Modelle mit EFH-typischen Förderbeiträgen zeigen die geschätzten FE-Modellen zu den üblichen Signifikanzniveaus keine signifikante zeitspezifische Einflüsse auf (siehe Modell 9 Tabelle 5).

---

<sup>34</sup> Diese Modellschätzungen beziehen sich auf den Index 1 (siehe Abschnitt 3.4.3). Modell 15 im Anhang 2.1, Tabelle 12 verwendet den Index 2.

## 4.4 Testverfahren und Modell-Erweiterungen

Mithilfe von statistischen Tests wurde Modell 8 in Tabelle 5 als aussagekräftigstes Modell identifiziert. Zu Beginn der Testverfahren wurden die Modellspezifikationen der POLS-Schätzungen untersucht. Es wurde insbesondere die Hypothese getestet, ob kantonsspezifische Einflussfaktoren eine Rolle spielen. Basierend auf einem F-Test wurde dazu die Schätzungsgüte von POLS- (Modell 3) mit einem FE-Modell (Modell 10) verglichen. Das Ergebnis zeigt einen grösseren Erklärungsgehalt des FE-Modells im Vergleich zum POLS-Ansatz aus Modell 3 (siehe Anhang 2.2, Tabelle 13 für Teststatistik).

Für die Wahl zwischen einem RE- oder FE-Modell wurde ein Hausmantest mit Modell 5 und 8 durchgeführt (siehe Tabelle 5). Aufgrund der Teststatistik kann das FE- dem RE-Modell vorgezogen werden (siehe Anhang 2.2, Tabelle 13).

Mit einem F-Test wurde der Erklärungsgehalt von Modell 9 und 10 verglichen (siehe Tabelle 5). Ausgehend von der Teststatistik zeigt Modell 10 mit den Förderbeiträgen für MFH-typische Anlagen einen signifikant grösseren Erklärungsgehalt als Modell 9 mit EFH-typischen Beiträgen (siehe Anhang 2.2, Tabelle 13 für Teststatistik).

Für die Notwendigkeit einer Kontrolle von Zeiteffekten in Modell 8 wurde mithilfe eines F-Tests ein Vergleich mit Modell 10 durchgeführt. Die Ergebnisse schreiben den Zeiteffekten in Modell 10 keinen signifikant zusätzlichen Erklärungsgehalt zu (siehe Anhang 2.2, Tabelle 13 für Teststatistik). Folglich wurde für weitergehende Testverfahren ausschliesslich Modell 8 verwendet.

Mit dem Verfahren von Breusch-Godfrey und Wooldridge wurde Modell 8 auf eine Autokorrelation in den Residuen getestet. Basierend auf dem Testergebnis kann die Hypothese einer Autokorrelation zu den üblichen Signifikanzniveaus verworfen werden (siehe Anhang 2.2, Tabelle 13 für Teststatistik). Aus diesem Grund werden die Heteroskedastie konsistenten Standardfehler nach White (1984) dem Verfahren von Arellano (1987) vorgezogen. Ein weiterer Grund für diese Wahl stellt die relativ kleine Anzahl von Kantonen bei einer Einteilung in Gruppen dar. Eine Schätzung der Standardfehler nach Arellano (1987) kann in diesem Fall zu falschen Ergebnissen führen (vgl. Croissant und Millo 2008, S. 39).

Mit Modell 13 wurde die Bedeutung einer Verzögerung zwischen Gutheissung eines Fördergesuchs und der Fertigstellung des Vorhabens geprüft (siehe Tabelle 6). Die abhängige Variable misst ausschliesslich die zur Förderung freigegebenen und fertiggestellten Bauvorhaben (siehe Abschnitt 3.4.1). Es ist daher möglich, dass die abhängige Variable Werte zeigt, die den Gegebenheiten aus dem vergangenen Jahr entsprechen. Modell 13 zeigt eine Regression mit einer zeitversetzten abhängigen Variablen. Die Ergebnisse aus Modell 13 sind vergleichbar mit Mo-

dell 8. Einzig die Anzahl geförderter PV-Anlagen weisen in Modell 13 einen signifikant<sup>35</sup> positiven Effekt auf. Das adjustierte Bestimmtheitsmass in Modell 13 liegt unterhalb vom Wert in Modell 8. Aus diesem Grund wird Modell 8 dem Modell 13 mit verzögerter abhängigen Variablen vorgezogen.

Im Anhang 2.1 ist zu Modell 8 ergänzend eine Schätzung mit verzögerten Variablen abgebildet (siehe Tabelle 12). Modell 16 zeigt um ein Jahr verzögerte Variablen zu den kantonalen Gesetzesintroduktionen. Das Ergebnis lässt keine nennenswerten Unterschiede zu Modell 8 erkennen. Aufgrund von einem tieferen Bestimmtheitsmass in Modell 16 wird Modell 8 bevorzugt.

In Modell 14 wurde für einen Effekt vom Zuwachs an Flachkollektoren aus der vergangenen Periode auf den zeitweiligen Flächenzuwachs getestet (siehe Tabelle 6). Wie aus Modell 14 ersichtlich wird beinhaltet die Gleichung die abhängige Variable des vergangenen Jahres als Regressor. Es wird demnach für einen Einfluss der installierten Fläche an Flachkollektoren von  $t-1$  auf die installierte Fläche zum Zeitpunkt  $t$  untersucht. Aus dem mit der Momentenmethode geschätzte, reduzierte Modell kann kein solcher Effekt zu den üblichen Signifikanzniveaus festgestellt werden (siehe Modell 14 Tabelle 6).

In Modell 11 wurde getestet, ob die kantonale Bauintensität bei Einführung des Mindestanteils an erneuerbaren Energien einen zusätzlichen Effekt auf die installierte Fläche an Flachkollektoren ausübt (siehe Tabelle 6). Der zu überprüfende Interaktionsterm ( $\text{MuKE}_{i,t} * \text{Log}(\text{Bauint}_{i,t})$ ) zeigt die Variable einer Einführung des Mindestanteils an erneuerbaren Energien und die kantonale Bauintensität in Modell 11. Zu den üblichen Signifikanzniveaus kann zu diesem Effekt kein signifikanter Wert festgestellt werden.

Mithilfe von Modell 12 wird der kantonale Einfluss einer Mieter-Vermieter-Problematik auf die Wirkung von Förderbeiträgen untersucht (siehe Tabelle 6). Gegeben der Modellspezifikationen 12 zeigt der Interaktionsterm ( $\text{Log}(\text{Fin}_{i,t}) * \text{WEig}_i$ ) den Effekt von Förderbeiträgen, der auf eine überdurchschnittliche Wohneigentumsquote zurückzuführen ist. In Bezugnahme auf die Problematik, die im Gebäudebereich zwischen Mieter und Vermieter bestehen kann, wird ein signifikant positiver Effekt erwartet. Der Wert des Interaktionsterms zeigt im Mittel ein positives Vorzeichen, ist jedoch zu den üblichen Signifikanzniveaus nicht signifikant verschieden von Null.

## 4.5 Diskussion der Ergebnisse

Modell 8 in Tabelle 5 schliesst kantonspezifische Charakteristika aus, die über Zeit konstant sind und möglicherweise die Schätzung verzerren könnten. Das Resultat zeigt signifikante Ef-

<sup>35</sup> Bei einem Signifikanzniveau von kleiner als 1%



efekte von finanziellen Anreizen und regulativen Massnahmen auf den jährlichen Zuwachs von Flachkollektoren, die im Rahmen der kantonalen Förderprogramme entstanden sind.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass finanzielle Förderbeiträge auf dem Niveau von EFH- oder MFH-typischen Anlagen die kantonale Ausbreitung von Flachkollektoren vorangetrieben haben. Ausgehend von einer Erhöhung der Förderbeiträge um 10% ist demnach mit einem durchschnittlichen Zuwachs an Flachkollektoren von ca. 7.1% bzw. 7.3% pro Jahr zu rechnen. Zudem zeigt die finanzielle Förderung auf kommunaler Ebene einen positiven Einfluss auf den jährlichen Zuwachs von Flachkollektoren. Dieses Resultat ist in Zusammenhang mit einer in der Schweiz oftmals zulässigen Kombination von kantonalen und kommunalen Förderbeiträgen zu verstehen. Der positive Effekt kann auf eine verbesserte Rentabilität von Investitionsvorhaben in thermische Solaranlagen zurückgeführt werden, die aufgrund der finanziellen Unterstützung entsteht. In anderen Worten kann der Zusammenhang aus einer Reduktion von Investitionsbarrieren erklärt werden, die bei energieeffizienten Vorhaben bestehen (siehe auch Abschnitt 2.2.1).

Die beobachtete Wirkung infolge finanzieller Beiträge werden durch Ergebnisse aus der Literatur gestützt (siehe Abschnitt 2.2.2). Im Bereich der Elektrizitätserzeugung beobachtet Carley (2009) einen positiven Einfluss von Subventionsprogrammen auf den Anteil erneuerbarer Energien. Shrimali (2011) findet übereinstimmende Wirkungszusammenhänge spezifisch zum Ausbau von Windkraft, Geothermie und Biomasse Kapazitäten. Sarzynski (2012) zeigt diesen Effekt zur Ausbreitung von PV-Anlagen auf.

Die Einführung von Steuerabzügen bei Investitionen in die Energieeffizienz von Gebäuden lässt eine positive Wirkung auf den kantonalen Zuwachs von Flachkollektoren erkennen. Der Effekt ist in Bezug der Einführung und Abschaffung der veränderten Dument-Praxis zu beobachten (siehe Abschnitt 2.3). Aus einer theoretischen Sichtweise kann die Wirkung steuerlicher Vergünstigungen analog zum Einfluss von Förderbeiträgen eingeordnet werden. Der positive Effekt auf die Ausbreitung der Technologie kann daher in Zusammenhang mit einer verbesserten Rentabilität von Investitionen in solarthermische Anlagen verstanden werden.

Das Resultat ist mit Resultaten aus der Literatur vereinbar. Durham (1988) beobachtet infolge von steuerlichen Anreizen einen positiven Effekt auf die Wahrscheinlichkeit einer Installation von thermischen Solaranlagen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt Carpenter (1984). Hassett (1995) identifiziert eine positive Wirkung von Steuererleichterungen auf die Wahrscheinlichkeit energieeffizienter Investitionen im Gebäudebereich. Eine Gegenüberstellung des beobachteten Zusammenhangs mit der Förderung von erneuerbaren Energien im Bereich der Stromproduktion lässt eine unterschiedliche Wirkung erkennen. Carley (2009) beobachtet z. B. in der Stromproduktion einen negativen Effekt von Steuererleichterungen auf den Anteil erneuerbarer Ener-

gien. In gleicher Weise kann kein Zusammenhang zwischen der Ausbreitung von PV-Anlagen und der eingeführten Steueranreizen festgestellt werden (Sarzynski et al. 2012). Die abweichende Wirkung kann möglicherweise auf unterschiedliche technologische Gegebenheiten zurückgeführt werden. Zudem ist eine differenzierte Ausgestaltung der steuerlichen Anreize ein denkbarer Grund für dieses Ergebnis. Der Vergleich zeigt ferner, dass Wirkungsaussagen zur Solarthermie nicht ohne weiteres auf andere Technologien oder Anwendungsbereiche übertragbar sind.

Das regulative Instrument in Form eines Standards bei Neubauten lässt eine positive Wirkung auf die Ausbreitung von Flachkollektoren feststellen. Kantone mit einem gesetzlichen Mindestanteil an erneuerbaren Energien weisen durchschnittlich einen grösseren jährlichen Zuwachs an Flachkollektoren auf als Kantone ohne Standard. Der positive Effekt zeigt Investitionen in thermische Solaranlagen, die zusätzlich zu dem gesetzlichen Standard ausgelöst werden. Dies ist auf eine generell unzulässige Förderung von Anlagen zurückzuführen, die zur Deckung der gesetzlichen Anforderungen installiert werden. In Bezug auf die theoretischen Überlegungen im Abschnitt 2.2.1 kann der Effekt aus einer Reduktion von Informationsdefiziten und Unsicherheiten erklärt werden. Das Gesetz bewegt Bauherren zur Auseinandersetzung mit den 11 Standardlösungen, die zur Deckung des Mindestanteils von erneuerbaren Energien zulässig sind. Möglicherweise werden in diesem Prozess Informationsdefizite und Unsicherheiten abgebaut, die in Bezug thermischer Solaranlagen bestehen. Ferner wäre dieser Effekt aus tieferen Investitionsbarrieren bei Neubauten begründbar. Die Kosten einer Systemintegration der Solarthermie sind generell höher als die Berücksichtigung bei Neubauten (vgl. Philibert 2006, S. 17). Eine Modellerweiterung gibt allerdings keinen Hinweis darauf, dass die zusätzlichen Investitionen durch spezifische Eigenschaften bei Neubauten getrieben wurden (siehe Abschnitt 4.5, Modell-schätzung 11).

Die in der Literatur behandelten regulativen Massnahmen sind weitgehend nicht vergleichbar mit der Situation in der Schweiz (vgl. regulative Massnahmen in den USA Sarzynski et al. 2012, S. 1789). Als Ausnahme kann der eingeführte Standard EPC in den Niederlanden identifiziert werden (siehe Abschnitt 2.2.2). Beerepoot (2007) zeigt, dass von der Einführung des EPC leicht angepasste Produkte wie energiesparende Boiler aber keine neuen Technologien wie die Solarthermie profitieren konnten. Das beobachtete Ergebnis aus dieser Untersuchung kann auf eine stärkere Regulierung des Schweizer Standards zurückgeführt werden. Die Standardlösungen der MuKE zur Deckung des gesetzlichen Anteils an erneuerbaren Energien beinhalten in erster Linie neuere Technologien, wie z. B. die Solarenergie oder Wärmepumpen. Ein Ausweichen auf Investitionen in herkömmliche, leicht angepasste Technologien, wie z.B. energiesparende Boiler, ist somit zur Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen nicht möglich.

Aus der Untersuchung geht kein robustes Ergebnis zum Abbau von Bewilligungsverfahren für Solaranlagen hervor. Das Modell mit dem grössten Erklärungsgehalt zeigt keinen Einfluss aus der Einführung eines vereinfachten Bewilligungsverfahrens oder dessen ganzheitlichen Abschaffung. Ein signifikant positiver Effekt infolge der Einführung eines kantonal geregelten, vereinfachten Verfahrens wird ausschliesslich im FE-Modell mit Förderbeiträgen auf EFH-Niveau beobachtet. Die Ergebnisse weisen somit darauf hin, dass Investitionsbarrieren ausgehend von Baubewilligungen insbesondere bei bestehenden, vereinfachten Verfahren vernachlässigbar tief sind. Ferner kann der ausbleibende Effekt der kantonal reduzierten oder abgeschafften Bewilligungsverfahren durch Aktivitäten auf kommunaler Ebene erklärt werden. Vorangehende Bemühungen der Gemeinden für eine vereinfachte Regelung bei Installationen von Solaranlagen mindern folglich den Effekt einer kantonal eingeführten Regelung.

Aus den kantonalen pro Kopf Ausgaben im Bereich Beratung, Veranstaltungen, Informationsarbeit, Aus- und Weiterbildung ist kein signifikanter Einfluss auf den durchschnittlichen Zuwachs von Flachkollektoren zu erkennen. Zudem zeigt die Intensität von Energieberatungen auf kommunaler Ebene keinen signifikanten Effekt. Basierend auf den theoretischen Überlegungen aus Abschnitt 2.2.1 wäre infolge einer Reduktion von Informationsdefiziten und Unsicherheiten mit einem positiven Effekt zu rechnen.

Dieses Resultat kann teilweise durch bestehende Untersuchungen bestätigt werden. Rieder und Walker (2009, S. 67) schliessen aus einer Evaluationen von 6 Untersuchungen im Bereich erneuerbarer Energien, dass Informationskampagnen nur selten ausschlaggebend für Verhaltensänderungen sind. Für eine Wirkung persuasiver Instrumente identifizieren die Autoren neben der Reichweite von Massnahmen ein stringentes Konzept als wesentliches Kriterium (vgl. Rieder und Walker 2009, S. 8). In diesem Zusammenhang werden Schwachstellen in den zugrundeliegenden Daten ersichtlich. Aufgrund der Aggregation kantonaler Dienstleistungen in dieser Analyse ist eine getrennte Wirkungsuntersuchung der Massnahmen nicht möglich. Ferner ist die Messung kantonaler pro Kopf Ausgaben nicht geeignet für Aussagen über die Qualität der Leistungen. Für eine ganzheitliche Wirkungsaussage sind daher weitergehende Untersuchungen notwendig.

Die Ergebnisse zeigen einen positiven Effekt aus dem kantonalen pro Kopf Bruttoinlandsprodukt auf den durchschnittlichen Zuwachs von Flachkollektoren. Investitionen in thermische Solaranlagen sind kostspielig und können insbesondere durch einen beschränkten Zugang zu Kapital gehindert werden (siehe Abschnitt 2.2.1). Es kann daher erwartet werden, dass Kantone mit einem tieferen Niveau an Kapital einen kleineren Zuwachs an Flachkollektoren aufzeigen, als Kantone mit einem grösseren pro Kopf Bruttoinlandsprodukt. Das Ergebnis wird durch Unter-

suchungen im Bereich der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien bestätigt (vgl. Carley 2009; Jenner et al. 2013).

Basierend auf einer FE-Modellschätzung ist in Kantonen mit einer überdurchschnittlichen Eigentumsquote keine zusätzliche Wirkung von Förderbeiträgen festzustellen. Aus diesem Ergebnis kann gefolgert werden, dass Investitionen in solarthermische Anlagen nicht signifikant durch eine Prinzipal-Agenten-Problematik zwischen Mietern und Vermietern gehindert werden. Eine mögliche Erklärung liegt in gesetzlichen Veränderungen. Gerheuser (2002, S. 58) und Kägi (2004, S. 107) verweisen auf ein gerichtliches Urteil, das die Mieter-Vermieter-Problematik bei energieeffizienten Investitionen teilweise entschärfen konnte. In dem Urteil wurde festgehalten, dass Investitionen in Solaranlagen nicht als Luxussanierung gelten und die Überwälzung der Kosten auf die Mieterschaft prinzipiell rechters ist. Die Schlussfolgerung einer generellen Entschärfung der 'split-incentive' Problematik kann aufgrund von diesem Ergebnis nicht geschlossen werden. Zielkonflikte hinsichtlich Investitionen in solarthermische Anlagen können in MFH auf gleicher Weise zwischen Wohneigentümern entstehen (Philibert 2006, S. 16–17). Die Überlegung zeigt, dass im Gebäudebereich noch weitere, für energieeffiziente Investitionen hinderliche, Beziehungen bestehen können. Für eine abschliessende Einschätzung dieser Problematik sind somit weitergehende Untersuchungen notwendig.

Die Ergebnisse zeigen die Bedeutung einer Kontrolle individuenspezifischer, zeitkonstanter Effekte für Wirkungsaussagen zu politischen Instrumenten im Bereich der Förderung solarthermischer Anlagen. Eine Vernachlässigung von kantonsspezifischen Charakteristika führt demnach zu einer Überbewertung der Wirkung von Förderbeiträgen und resultiert in einem unterschätzten Einfluss aus der Einführung eines gesetzlichen Standards. Dies bedeutet in anderen Worten, dass aufgrund kantonsspezifischer Charakteristika, die eine Ausbreitung der Solarthermie beeinflussen, eine intensive finanzielle Förderung wahrscheinlicher wird. Aus theoretischen Überlegungen ist ein grösserer Zuwachs an solarthermischen Anlagen in Kantonen mit z. B. einer höheren Sonneneinstrahlung durchaus plausibel. Eine höhere Einstrahlung verbessert die Leistung der Solaranlagen und somit die Anzahl kosteneffizienter Vorhaben. Die negative Verzerrung infolge von kantonsspezifischen Charakteristika ist bei der Einführung des gesetzlichen Standards nur schwer durch die Theorie begründbar.

Resultate von Jenner (2013) bestätigen den Zusammenhang zwischen individuenspezifischer Effekte und einer finanziellen Förderung. Aus dieser Untersuchung zur Ausbreitung von erneuerbarer Energietechnologien in Europa geht hervor, dass länderspezifische Charakteristika mit Einfluss auf den jährlichen Kapazitätszuwachs von der Windkraft und PV, die Wahrscheinlichkeit einer umfangreichen Einspeisevergütung erhöhen (Jenner et al. 2013, S. 395–396).

Statistische Testverfahren der Analyse deuten auf eine notwendige Kontrolle für kantonsspezifische Charakteristika hin. Ergebnisse aus der Literatur bestätigen dieses Vorgehen. Carley (2009) zeigt eine signifikante, positive Verbindung des Einstrahlungspotentials in amerikanischen Staaten und den Anteil an erneuerbaren Energien bei der Stromproduktion auf. Lyon (2010, S. 146) beobachtet bei US-Staaten mit einem grossen Solar- oder Windpotential eine grössere Wahrscheinlichkeit für die Einführung von politischen Massnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien.

Unter Kontrolle von kantonsspezifischen Charakteristika zeigen die Ergebnisse einen geringen Einfluss von Trends auf den kantonalen Zuwachs thermischer Solaranlagen. Es ist möglich, dass sich einige Trends gegenseitig in der Wirkung aufheben. Der Effekt einer über Zeit stattfindenden Verbilligung der Solaranlagen aufgrund von sinkenden Herstellungskosten, kann z. B. teilweise durch die Entwicklung strengerer Förderkriterien relativiert werden. Die Energiepreise stellen einen weiteren denkbaren Trend mit Einfluss auf die zukünftigen Ertragslage der Solarthermie dar (siehe Abschnitt 3.1). Aus der Betrachtung der durchschnittlichen Heizölkosten in der Schweiz über die letzten zehn Jahre (2000-2012) ist ein positiver Trend zu erkennen (BFS 2012). In Hinblick auf die verbesserte Ertragslage von thermischen Solaranlagen wäre somit ein positiver Effekt auf die jährliche Ausbreitung zu erwarten. Der ausbleibende Effekt kann mit theoretischen Überlegungen und empirischen Ergebnissen begründet werden. Wie in Abschnitt 2.2.1 dargelegt, werden bei Investitionen in die Energieeffizienz zukünftige Erträge oftmals ignoriert oder falsch berechnet. Ein positiver Trend in den Heizöl-Preisen kann somit aufgrund eines begrenzt rationalen Verhaltens keinen Einfluss auf die Ausbreitung der Solaranlagen ausüben. Diese Vermutung wird aus Resultaten der Analyse gestützt. Die FE-Schätzung zeigt zum kantonalen, durchschnittlichen Strompreis in gleicher Weise keinen signifikanten Effekt auf den jährlichen Zuwachs von Flachkollektoren. Mit der FE-Schätzung zu den Förderbeiträgen auf EFH-Niveau liegen Ergebnisse vor, die der These eines geringen Einflusses von Trends auf den kantonalen Zuwachs thermischer Solaranlagen entgegenstehen. In diesem Modell ist ein signifikant positiver Effekt der Jahre 2009-2011 gegenüber dem Referenzjahr 2001 zu erkennen. Die Effektstärke aus dem Jahre 2009 ist z. B. im Zusammenhang mit den zusätzlichen Bemühungen vom Bund begründbar, die im Rahmen eines Konjunkturprogramms ergriffen wurden (siehe Abschnitt 2.3).

Aus dem Resultat der FE-Schätzung ist kein Anzeichen dafür zu erkennen, dass der Zuwachs an Flachkollektoren, der im Rahmen kantonalen Förderprogramme entstanden ist, auf die Bauintensität, der Anteil linker Parteien im Kantonsparlament oder die geförderten PV-Anlagen zurückgeführt werden kann.

## 5 Konklusion

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst und in den Kontext der eingangs beschriebenen Problemstellung gesetzt. Zudem werden die Resultate kritisch gewürdigt und mögliche Limitierungen der Untersuchung genannt. Abschliessend wird ein Ausblick für weiteren Forschungsbedarf gegeben.

Die vorliegende Arbeit zeigt eine erste ökonometrische Analyse der Wirkung politischer Instrumente auf die Ausbreitung thermischer Solaranlagen. Am Beispiel der Schweiz wurde die Wirkung von kantonale eingeleiteten Massnahmen auf den jährlichen Zuwachs an Flachkollektoren untersucht, der im Rahmen von Globalbeiträgen im Zeitraum 2000-2012 beim Bund deklariert wurden.

Aus der Datenanalyse mithilfe eines ökonometrischen FE-Modells geht hervor, dass die eingeführten finanziellen Anreize, bestehend aus Förderbeiträgen und die Möglichkeit eines Steuerabzuges von Investitionen in die Energieeffizienz, die kantonale Ausbreitung thermischer Solaranlagen vorangetrieben haben. Zudem wird ein Einfluss der kommunalen Förderintensität auf den durchschnittlichen Flächenzuwachs von Flachkollektoren beobachtet. In der Analyse wird ferner die Einführung kantonaler Vorschriften für einen Mindestanteil an erneuerbaren Energien bei Neubauten als relevanter Faktor identifiziert. Der Effekt lässt einen Zuwachs an Flachkollektoren erkennen, der zusätzlich zum gesetzlichen Anteil ausgelöst wurde.

Dieses Resultat leistet einen Beitrag zur Entscheidungsgrundlage für zukünftige Fördersysteme. In Anbetracht der Reduktionsziele von Treibhausgasen und das ungenutzte, solarthermische Potential in der Schweiz, stehen Entscheidungsträgern ein wirkungsvolles Instrumentarium zur Verfügung. Mit finanziellen Anreizen kann das nutzbare Potential aktiviert werden und infolgedessen kann der Verbrauch von fossilen Energien im Gebäudebereich reduziert werden. Ferner zeigt das regulative Instrument geeignete Eigenschaften für eine Förderung. Basierend auf den Ergebnissen reduziert die Einführung des Standards ausreichend Investitionsbarrieren für solarthermische Installationen. Zum heutigen Zeitpunkt beschränkt sich der Mindestanteil an erneuerbaren Energien ausschliesslich auf Neubauten und Erweiterungen bestehender Gebäude. Eine breitere Anwendung dieser Regelung und den einhergehenden Standardlösungen kann somit eine wirkungsvolle Alternative oder ergänzende Massnahme zu Förderbeiträgen darstellen.

Für die Anwendung von Förderinstrumenten ist insbesondere bei finanziellen Anreizen der ökonomische Anspruch einer geeigneten Massnahme zu berücksichtigen. Demnach ist die Eignung der Instrumente im Zusammenhang mit Marktversagen zu klären. Finanzielle Anreize reduzieren aufgrund der in dieser Arbeit nachgewiesenen Wirkung Barrieren für solarthermische Investitionen, die aus vorherrschenden Marktversagen begründbar sind. Aus einer finanziellen

Unterstützung sollte jedoch kein Anreiz für kostenineffiziente Vorhaben entstehen und möglichst nur die Verzerrung überwinden, die aufgrund von Marktversagen entstanden ist. Basierend auf den Ergebnissen ist daher eine Festlegung der Höhe von Förderbeiträgen in Abstimmung mit den steuerlichen Vergünstigungen und mit den kommunalen Fördersystemen zu empfehlen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Informations- und Beratungsdienstleistungen weniger für eine Intensivierung der Ausbreitung von solarthermischen Anlagen geeignet sind. Zudem zeigt das FE-Modell kein robustes Resultat zur Einführung eines vereinfachten Bewilligungsverfahrens oder dessen Abschaffung. Insbesondere infolge einer Abschaffung der Baubewilligungspflicht auf kantonaler Ebene ist keine Wirkung auf den jährlichen Zuwachs zu erkennen.

Dieses Ergebnis kann als Hilfestellung für die Gestaltung von kantonalen Fördersystemen dienen. Der Einsatz von Informationsbemühungen ist demnach in Verbund mit finanziellen oder regulativen Instrumenten einzusetzen. Die Informationen über das Förderprogramm können die Wirkung von finanziellen Anreizen sowie die Akzeptanz von regulativen Massnahmen erhöhen. Ungeachtet des ausbleibenden Effekts auf die Ausbreitung der Solaranlagen, können Beratungsdienstleistungen Informationsdefizite reduzieren. Die Beratung erhöht somit nicht zwingend die Anzahl Installationen, kann jedoch eine Grundlage für ökonomisch rationale Investitionsentscheidung schaffen. Basierend auf den Ergebnissen wird eine Abschaffung der Baubewilligung für Solaranlagen auf kantonaler Ebene als keine notwendige Massnahme erachtet. Die Einführung von einem kantonal geregelten, vereinfachten Bewilligungsverfahren kann allerdings ein sinnvolles Instrument zur Ausbreitung thermischer Solaranlagen darstellen.

Die Untersuchung gibt keinen Hinweis auf eine veränderte Wirkung der Förderbeiträge aufgrund von einer Mieter-Vermieter Beziehung. Dieses Ergebnis kann als Hilfestellung für zukünftige kantonale Fördersysteme dienen. Demnach erscheint eine Anpassung der Förderbeiträge in Kantonen mit einer tiefen Eigentumsquote als nicht notwendig.

Aus den Resultaten der Analyse wird die Bedeutung einer Kontrolle von kantonsspezifischen Charakteristika ersichtlich. Eine Vernachlässigung solcher Einflüsse führt bei Förderbeiträgen zu einer positiven und in Bezug auf die Einführung des Standards zu einer negativen Verzerrung. Insbesondere für weitergehende Wirkungsanalysen ist folglich eine Kontrolle solcher Einflüsse angezeigt.

Die Ergebnisse vorliegender Arbeit sind möglicherweise aufgrund von Messfehlern verzerrt. Der im Rahmen von Globalbeiträgen beim Bund deklarierte Flächenbetrag an kantonal geförderten Flachkollektoren kann bestimmte geförderte Anlagen nicht berücksichtigen. Es ist z. B. denkbar, dass sich infolge einer Übertragung bestimmter Kompetenzen der Förderung an Insti-

tutionen die kantonale Deklaration von thermischen Solaranlagen als unvollständig darstellt. Zudem ist eine Verzerrung aus vergessenen Variablen möglich, von denen ein simultaner Einfluss auf den jährlichen deklarierten Zuwachs an Flachkollektoren und die kantonalen Förderinstrumente ausgehen.

Nicht alleine aus diesen Gründen sind weitergehende Untersuchungen zur Wirkung politischer Instrumente auf die Ausbreitung thermischer Solaranlagen notwendig. Für eine höhere Robustheit der Wirkungsaussagen ist eine Übertragbarkeit auf die effektiv installierte Fläche an thermischen Anlagen empfehlenswert. Zudem ist eine internationale Übertragbarkeit der Ergebnisse angezeigt. Die Wirkungsanalyse politischer Massnahmen zur Förderung solarthermischer Anlagen in weiteren Ländern, zeigt somit eine mögliche Richtung zukünftiger Forschungsansätze vor.



## Literaturverzeichnis

- Abrecht, Stefan; Kettner, Christiane; Meissner, Rolf (2008): Kollektorvergleich - Wo sich Spreu vom Weizen trennen. In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen (et)* 2008 (6), S. 2–3. Online verfügbar unter [http://www.solarserver.de/solarmagazin/standpunkt\\_kollektorvergleich.html](http://www.solarserver.de/solarmagazin/standpunkt_kollektorvergleich.html), zuletzt geprüft am 24.06.2013.
- Akerlof, George A. (1970): The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism. In: *The Quarterly Journal of Economics* 84 (3), S. 488–500. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/1879431>.
- Amemiya, Takeshi (1971): The Estimation of the Variances in a Variance-Components Model. In: *International Economic Review* 12 (1), S. 1–13. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/2525492>.
- Anderson, Soren T.; Newell, Richard G. (2004): Information programs for technology adoption: the case of energy-efficiency audits. In: *Resource and Energy Economics* 26 (1), S. 27–50. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928765503000484>.
- Arellano, Manuel (1987): Practitioners'corner:: Computing Robust Standard Errors for Within-groups Estimators\*. In: *Oxford bulletin of Economics and Statistics* 49 (4), S. 431–434.
- Arellano, Manuel; Bond, Stephen (1991): Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. In: *The Review of Economic Studies* 58 (2), S. 277–297. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/2297968>.
- Auer, Benjamin; Rottmann, Horst (2012): Statistik und Ökonometrie für Wirtschaftswissenschaftler. Eine anwendungsorientierte Einführung. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- BAKBasel (2013): Wirtschafts atlas der Kantone. BIP nominal (in Mio. CHF). BAKBasel. Online verfügbar unter <http://www.wirtschaftsatlas.bakbasel.com/wirtschaftsatlas.html>, zuletzt geprüft am 06.06.2013.
- Balch, George I. (1980): The Stick, The Carrot, and Other Strategies: A Theoretical Analysis of Governmental Intervention. In: *Law & Policy* 2 (1), S. 35–60. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9930.1980.tb00203.x>.
- Baltagi, Badi H. (2005): Econometric analysis of panel data. 3. Aufl. Chichester, Hoboken, NJ: J. Wiley & Sons.
- Bates, Douglas M. (2010): lme4: Mixed-effects modeling with R. Hg. v. Springer. Online verfügbar unter <http://lme4.r-forge.r-project.org/IMMwR/lrgprt.pdf>, zuletzt geprüft am 26.06.2013.
- Beerepoot, M. (2007): Public energy performance policy and the effect on diffusion of solar thermal systems in buildings: A Dutch experience. In: *Renewable Energy* 32 (11), S. 1882–1897. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148106002606>.
- Bernstein, Lenny; Pachauri, R. K.; Reisinger, Andy (2008): Climate change 2007. Synthesis report. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Besley, Timothy; Coate, Stephen (1997): An Economic Model of Representative Democracy. In: *The Quarterly Journal of Economics* 112 (1), S. 85–114. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/2951277>.
- BFE (2001): EnergieSchweiz. Das Nachfolgeprogramm von Energie 2000. BFE. [Bern]. Online verfügbar unter

- [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_114249579.pdf&endung=EnergieSchweiz:%20Das%20Nachfolgeprogramm%20on%20Energie2000](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_114249579.pdf&endung=EnergieSchweiz:%20Das%20Nachfolgeprogramm%20on%20Energie2000), zuletzt geprüft am 12.05.2013.
- BFE (2013a): Emissionsübersicht: Tabellen. Emissionen nach CO<sub>2</sub>-Gesetz und Kyoto-Protokoll. Stand April 2013. Hg. v. Bundesamt für Energie (BFE). Online verfügbar unter [http://www.bafu.admin.ch/klima/09570/09572/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.lnp6I0NTU04212Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFeHx5gmym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.bafu.admin.ch/klima/09570/09572/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.lnp6I0NTU04212Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFeHx5gmym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--), zuletzt aktualisiert am 15.04.2013, zuletzt geprüft am 22.06.2013.
- BFE (2013b): Energiefachstellen und Energieberatungsstellen. Hg. v. Bundesamt für Energie (BFE). Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_742165544.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_742165544.pdf), zuletzt aktualisiert am 08.03.2013, zuletzt geprüft am 19.06.2013.
- BFS (2012): Landesindex der Konsumentenpreise – Indikatoren. LIK, Durchschnittspreise für typische Bezugsmengen Heizöl, Jahreswerte. Hg. v. Bundesamt für Statistik (BFS). Online verfügbar unter <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/02/blank/key/durchschnittspreis.Document.88018.xls>, zuletzt geprüft am 11.07.2013.
- BFS (2013a): Bevölkerungsstand und -struktur – Detaillierte Daten. Allgemeine Übersicht. Hg. v. Bundesamt für Statistik (BFS). Online verfügbar unter <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/data/01.html>, zuletzt geprüft am 06.06.2013.
- BFS (2013b): Bruttoinlandprodukt – Daten, Indikatoren. BIP gemäss Produktionsansatz. Hg. v. Bundesamt für Statistik (BFS). Online verfügbar unter [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/01/key/bip\\_gemaess\\_produktionsansatz.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/04/02/01/key/bip_gemaess_produktionsansatz.html).
- BFS (2013c): Die interaktive Statistikdatenbank. Energiebereich: Gebäude nach Kanton, Gebäudekategorie, Bauperiode, Heizungsart und Warmwasserversorgung sowie deren Energieträger. Bundesamt für Statistik (BFS). Online verfügbar unter [http://www.pxweb.bfs.admin.ch/Dialog/varval.asp?ma=px-d-09-2A02&ti=Energiebereich%3A+Geb%4ude+nach+Kanton%2C+Geb%4udekategorie%2C+Bauperiode%2C+Heizungsart+und+Warmwasserversorgung+sowie+deren+Energietr%4eger&path=./Database/German\\_09%20-%20Bau-%20und%20Wohnungswesen/09.2%20-%20Geb%4ude%20und%20Wohnungen/&lang=1&prod=09&openChild=true&secprod=2](http://www.pxweb.bfs.admin.ch/Dialog/varval.asp?ma=px-d-09-2A02&ti=Energiebereich%3A+Geb%4ude+nach+Kanton%2C+Geb%4udekategorie%2C+Bauperiode%2C+Heizungsart+und+Warmwasserversorgung+sowie+deren+Energietr%4eger&path=./Database/German_09%20-%20Bau-%20und%20Wohnungswesen/09.2%20-%20Geb%4ude%20und%20Wohnungen/&lang=1&prod=09&openChild=true&secprod=2), zuletzt geprüft am 23.06.2013.
- BFS (2013d): STAT-TAB: Die interaktive Statistikdatenbank. Datenwürfel für Thema 09.4 - Bautätigkeit. Bundesamt für Statistik (BFS). Online verfügbar unter [http://www.pxweb.bfs.admin.ch/Database/German\\_09%20-%20Bau-%20und%20Wohnungswesen/09.4%20-%20Baut%3%A4tigkeit/09.4%20-%20Baut%3%A4tigkeit.asp?lang=1&prod=09&secprod=4&openChild=true](http://www.pxweb.bfs.admin.ch/Database/German_09%20-%20Bau-%20und%20Wohnungswesen/09.4%20-%20Baut%3%A4tigkeit/09.4%20-%20Baut%3%A4tigkeit.asp?lang=1&prod=09&secprod=4&openChild=true), zuletzt geprüft am 06.06.2013.
- BFS (2013e): Wahlen – Indikatoren. Parteistärke. Hg. v. Bundesamt für Statistik (BFS). Neuchâtel. Online verfügbar unter [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/17/02/blank/key/kantonale\\_parlemente/parteienstaerke.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/17/02/blank/key/kantonale_parlemente/parteienstaerke.html), zuletzt geprüft am 06.06.2013.
- BFS (2013f): Wohnverhältnisse – Daten, Indikatoren. Wohneigentumsquote nach Kanton. Hg. v. Bundesamt für Statistik (BFS). Neuchâtel. Online verfügbar unter [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/09/03/blank/key/bewohnertypen/nach\\_region.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/09/03/blank/key/bewohnertypen/nach_region.html), zuletzt geprüft am 07.06.2013.

- Bird, Stephen; Hernández, Diana (2012): Policy options for the split incentive: Increasing energy efficiency for low-income renters. In: *Special Section: Frontiers of Sustainability* 48 (0), S. 506–514. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512004661>.
- Brown, Don W.; Stover, Robert V. (1977): Court Directives and Compliance: A Utility Approach. In: *American Politics Research* 5 (4), S. 465–480. Online verfügbar unter <http://apr.sagepub.com/content/5/4/465.short>.
- Bundesgesetz: Bundesgesetz über die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. CO<sub>2</sub>-Gesetz, vom 18.04.2000. Online verfügbar unter <http://www.lexfind.ch/dtah/19271/2/>, zuletzt geprüft am 12.05.2013.
- Bundesgesetz (30.11.2004): Energiegesetz. EnG. Online verfügbar unter <http://www.lexfind.ch/dtah/18044/2/>, zuletzt geprüft am 12.05.2013.
- Bundesgesetz (01.01.2013): Bundesgesetz über die Harmonisierung der direkten Steuern der Kantone und Gemeinden. StHG. Online verfügbar unter <http://www.admin.ch/ch/d/sr/6/642.14.de.pdf>, zuletzt geprüft am 14.05.2013.
- Carley, Sanya (2009): State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness. In: *Energy Policy* 37 (8), S. 3071–3081. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509002250>.
- Carpenter, Edwin H.; S. Theodore Chester (1984): Are Federal Energy Tax Credits Effective? A Western United States Survey. In: *The Energy Journal* 5 (Number 2), S. 139–149. Online verfügbar unter <http://EconPapers.repec.org/RePEc:aen:journl:1984v05-02-a10>.
- Chandler, Jess (2009): Trendy solutions: Why do states adopt Sustainable Energy Portfolio Standards? In: *Energy Policy* 37 (8), S. 3274–3281. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509002870>.
- Croissant, Yves; Millo, Giovanni (2008): Panel Data Econometrics in R: The plm Package. In: *Journal of Statistical Software*, S. 1–43. Online verfügbar unter <http://www.jstatsoft.org/v27/i02>, zuletzt geprüft am 26.04.2013.
- Durham, Catherine A.; Colby, Bonnie G.; Longstreth, Molly (1988): The Impact of State Tax Credits and Energy Prices on Adoption of Solar Energy Systems. In: *Land Economics* 64 (4), S. 347–355. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/3146307>.
- Duscha, Markus; Dünnhoff, Elke; Krieg, Oliver; Erren, Jörg; Hertle, Hans; Ivanov, Martin et al. (2005): Evaluation der stationären Energieberatung der Verbraucherzentralen, des Deutschen Hausfrauenbundes Niedersachsen und des Verbraucherservice Bayern. Hg. v. Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU). Heidelberg. Online verfügbar unter [http://www.ifeu.de/energie/pdf/Zusammenfassung\\_ifeu\\_Endbericht\\_vzbv.pdf](http://www.ifeu.de/energie/pdf/Zusammenfassung_ifeu_Endbericht_vzbv.pdf), zuletzt geprüft am 11.05.2013.
- Dziendziol, Jaroslaw (2007): Aktuelle Entwicklungen und Tendenzen des deutschen Gasmarktes. München: GRIN Verlag GmbH.
- EFD (2009): Steuerabzug für Liegenschaftsunterhalt: Dumont-Praxis wird Anfang 2010 abgeschafft. Hg. v. Eidgenössisches Finanzdepartement. Online verfügbar unter <http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=26066>, zuletzt geprüft am 01.06.2013.
- EICom (2013): Die kantonalen Strompreise im Vergleich. Tarifvergleich in Rp./kWh: Kategorie H3. Hg. v. Eidgenössische Elektrizitätskommission EICom. Online verfügbar unter <http://www.strompreis.elcom.admin.ch/Map/ShowSwissMap.aspx>, zuletzt geprüft am 06.06.2013.

- Eisenhardt, Kathleen M. (1989): Agency Theory: An Assessment and Review. In: *The Academy of Management Review* 14 (1), S. 57–74. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/258191>.
- ENDK (2000): Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE). Ausgabe 2000. Hg. v. Konferenz Kantonaler Energiedirektoren. Chur.
- Energieschweiz (2007): Dimensionierungshilfe Sonnenkollektoren. energie schweiz. Online verfügbar unter [http://www.swissolar.ch/fileadmin/files/broschueren/dimensionierungshilfe\\_sonnenkollektoren\\_07.pdf](http://www.swissolar.ch/fileadmin/files/broschueren/dimensionierungshilfe_sonnenkollektoren_07.pdf), zuletzt geprüft am 24.06.2013.
- Espey, Simone (2001): Internationaler Vergleich energiepolitischer Instrumente zur Förderung regenerativer Energien in ausgewählten Industrieländern. Bremen, Norderstedt: Bremer Energie-Inst.; Books on Demand.
- EVD (2010): Entwicklung der schweizerischen Strompreise 2004 bis 2009. Erhebung der Preisüberwachung Schlussbericht. Hg. v. Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement (EVD). Bern. Online verfügbar unter [http://www.preisueberwacher.admin.ch/dokumentation/00073/00074/00203/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuuq2Z6gpJCDdXt6f2ym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.preisueberwacher.admin.ch/dokumentation/00073/00074/00203/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.lnp6I0NTU042I2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuuq2Z6gpJCDdXt6f2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--), zuletzt geprüft am 06.06.2013.
- Fleiter, Tobias; Schleich, Joachim; Ravivanpong, Ployplearn (2012): Adoption of energy-efficiency measures in SMEs—An empirical analysis based on energy audit data from Germany. In: *Renewable Energy in China* 51 (0), S. 863–875. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512008166>.
- Friedman, L. (2002): Bounded rationality versus standard utility-maximization: a test of energy price responsiveness. In: *Judgments, decisions, and public policy*, S. 138–173.
- Friedman, LeeS; Hausker, Karl (1988): Residential energy consumption: Models of consumer behavior and their implications for rate design. In: *J Consum Policy* 11 (3), S. 287–313. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/BF00411952>.
- Gamtesa, Samuel Faye (2013): An explanation of residential energy-efficiency retrofit behavior in Canada. In: *Energy and Buildings* 57 (0), S. 155–164. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778812005956>.
- Gerheuser, F.W; Meier, R.; Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen; Schweiz. Bundesamt für Energie; Polis, Politikberatung und Sozialforschung (2002): Marktpotenziale und Markthindernisse für die thermische Solarenergie: Bundesamt für Energie BFE. Online verfügbar unter <http://books.google.ch/books?id=uh6abwAACAAJ>.
- Gigerenzer, Gerd; Gaissmaier, Wolfgang (2011): Heuristic decision making. In: *Annual review of psychology* 62, S. 451–482.
- Gillingham, Kenneth; Newell, Richard G.; Palmer, Karen (2009): Energy efficiency economics and policy. National Bureau of Economic Research.
- Goett, Andrew; McFadden, D. (1982): Residential end-use energy planning system (REEPS). In: *NASA STI/Recon Technical Report N 83*, S. 13619.
- Golove, William H.; Eto, Joseph H. (1996): Market Barriers to Energy Efficiency: A Critical Reappraisal of the Rationale for Public Policies to Promote Energy Efficiency: Energy & Environment Division, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Greene, William H. (2003): Econometric analysis. 5. Aufl. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Gsottbauer, Elisabeth; Bergh, JeroenC J. M. (2011): Environmental Policy Theory Given Bounded Rationality and Other-regarding Preferences. In: *Environ Resource Econ* 49 (2), S. 263–304. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/s10640-010-9433-y>.

- Gutschner, Marcel; Nowak, Stefan (2012): Potenzialabschätzung zum solarthermischen Beitrag zur Wärmeversorgung im schweizerischen Wohngebäudepark. Gesamtschweizerische Extrapolation der Ergebnisse aus den Regionalstudien für den Kanton Freiburg und die Stadt Zürich. Bern. Online verfügbar unter [http://www.swissolar.ch/fileadmin/files/swissolar\\_neu/4\\_Solarwaerme/4.01\\_Solarwaerme/SolarthermischesPotenzialSchweizerWohngebäudepark\\_20120116\\_BFE.pdf](http://www.swissolar.ch/fileadmin/files/swissolar_neu/4_Solarwaerme/4.01_Solarwaerme/SolarthermischesPotenzialSchweizerWohngebäudepark_20120116_BFE.pdf), zuletzt geprüft am 25.05.2013.
- Hartman, Raymond S.; Doane, Michael J.; Woo, Chi-Keung (1991): Consumer Rationality and the Status Quo. In: *The Quarterly Journal of Economics* 106 (1), S. 141–162. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/2937910>.
- Hassett, Kevin A.; Metcalf, Gilbert E. (1995): Energy tax credits and residential conservation investment: Evidence from panel data. In: *Journal of Public Economics* 57 (2), S. 201–217. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004727279401452T>.
- Hausman, J. A. (1978): Specification Tests in Econometrics. In: *Econometrica* 46 (6), S. 1251–1271. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/1913827>.
- Heesen, Bernd (2012): Investitionsrechnung für Praktiker. Fallorientierte Darstellung der Verfahren und Berechnungen. 2. Aufl. 2012. Wiesbaden: Imprint Gabler Verlag. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-4039-1>.
- Hostettler, Thomas (2012): Markterhebung Sonnenenergie 2011. Teilstatistik der Schweizerischen Statistik der erneuerbaren Energien. Hg. v. Bundesamt für Energie (BFE). Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_407518507.pdf&endung=Markterhebung%20Sonnenenergie%202011](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_407518507.pdf&endung=Markterhebung%20Sonnenenergie%202011), zuletzt geprüft am 05.06.2013.
- Hotelling, Harold (1931): The Economics of Exhaustible Resources. In: *Journal of Political Economy* 39 (2), S. 137–175. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/1822328>.
- Howarth, Richard B.; Andersson, Bo (1993): Market barriers to energy efficiency. In: *Energy Economics* 15 (4), S. 262–272. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/014098839390016K>.
- Howarth, Richard B.; Sanstad, Alan H. (1995): Discount Rates and Energy Efficiency. In: *Contemporary Economic Policy* 13 (3), S. 101–109. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1111/j.1465-7287.1995.tb00726.x>.
- Hsiao, Cheng (2003): Analysis of panel data. 2. Aufl. Cambridge, New York: Cambridge University Press (Econometric Society monographs, 34).
- Huang, Ming-Yuan; Alavalapati, Janaki R. R.; Carter, Douglas R.; Langholtz, Matthew H. (2007): Is the choice of renewable portfolio standards random? In: *Energy Policy* 35 (11), S. 5571–5575. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507002510>.
- IEA (2012): CO2 emissions from fuel combustion, highlights 2012. International Energy Agency. Paris (IEA Statistics). Online verfügbar unter <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>, zuletzt geprüft am 23.06.2013.
- Jaffe, Adam B.; Newell, Richard G.; Stavins, Robert N. (2004): Economics of energy efficiency. In: *Encyclopedia of Energy* 2, S. 79–90.
- Jaffe, Adam B.; Stavins, Robert N. (1994): The energy paradox and the diffusion of conservation technology. In: *Resource and Energy Economics* 16 (2), S. 91–122. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0928765594900019>.

- Jenner, Steffen; Groba, Felix; Indvik, Joe (2013): Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity feed-in tariffs in European Union countries. In: *Special Section: Transition Pathways to a Low Carbon Economy* 52 (0), S. 385–401. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151200821X>.
- Kägi, Wolfram (2004): Best practice. Marktordnung, Markttransparenz und Marktregelung zugunsten der Durchsetzung energieeffizienter Lösungen am Markt. Bern: BFE (Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen).
- Kahneman, Daniel; Tversky, Amos (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. In: *Econometrica* 47 (2), S. 263–291. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/1914185>.
- Kemmler, Andreas; Piégsa, Alexander; Ley, Andrea; Keller, Mario; Jakob, Martin; Catenazzi, Giacomo (2012): Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2011 nach Verwendungszwecken. Hg. v. Bundesamt für Energie (BFE). Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_394202287.pdf&endung=Analyse%20des%20schweizerischen%20Energieverbrauchs%202000%20-%202011%20nach%20Verwendungszwecken](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_394202287.pdf&endung=Analyse%20des%20schweizerischen%20Energieverbrauchs%202000%20-%202011%20nach%20Verwendungszwecken), zuletzt aktualisiert am 01.10.2012, zuletzt geprüft am 21.06.2013.
- Kennedy, Peter (2003): A guide to econometrics. 5. Aufl. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Kessler, Stefan (2005): Kosten und Nutzen von Solarenergie in energieeffizienten Bauten. Bern: BFE (Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen).
- Kessler, Stefan; Kasser, Florian (2010): Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG. Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme ; Ergebnisse der Erhebung 2009. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_906357327.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_906357327.pdf), zuletzt geprüft am 12.05.2013.
- Kessler, Stefan; Moret, Fabian; Marti, Christian (2008): Kantonsvergleich Solarenergie. Förderung von Anlagen zur thermischen Nutzung von Solarenergie. WWF Schweiz. Bern. Online verfügbar unter <http://www.infras.ch/downloadpdf.php?filename=b-1798a-Kantonsvergleich%20Solar-Schlussbericht-def-080919.pdf>, zuletzt geprüft am 08.05.2013.
- Kessler, Stefan; Sigrist, Donald (2012): Globalbeiträge an die Kantone nach Art. 15 EnG. Wirkungsanalyse kantonaler Förderprogramme ; Ergebnisse der Erhebung 2011. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_652175094.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_652175094.pdf), zuletzt geprüft am 12.05.2013.
- Kitzing, Lena; Mitchell, Catherine; Morthorst, Poul Erik (2012): Renewable energy policies in Europe: Converging or diverging? In: *Renewable Energy in China* 51 (0), S. 192–201. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151200746X>.
- Klevmarken, N. Anders (1989): Introduction. In: *European Economic Review* 33 (2–3), S. 523–529. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0014292189901311>.
- Krämer, Walter; Schoffer, Olaf; Tschiersch, Lars (2008): Datenanalyse mit SAS®. Statistische Verfahren und ihre grafischen Aspekte. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.
- Kuster, Jürg; Alig Anderhalden, Annelise; Oertle, Marcel (2004): Evaluation der Wirkungsanalyse des Labels Energiestadt. Bern: BFE (Evaluationen).
- LexFind (2013): LexFind. Ein Projekt im Auftrag der Schweizerischen Staatsschreiberkonferenz. Online verfügbar unter <http://www.lexfind.ch/>, zuletzt geprüft am 06.06.2013.

- Lowi, Theodore J. (1972): Four systems of policy, politics, and choice. In: *Public administration review* 32 (4), S. 298–310.
- Lyon, Thomas P.; Yin, Haitao (2010): Why do states adopt renewable portfolio standards?: An empirical investigation. In: *Energy Journal* 31 (3), S. 133–157.
- Marques, António Cardoso; Fuinhas, José Alberto (2012): Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries. In: *Renewable Energy* 44 (0), S. 109–118. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148112000183>.
- Mayntz, Renate (1980): Implementation politischer Programme. Empirische Forschungsberichte. Königstein: Verlagsgruppe Athenäum, Hain, Scriptor, Hanstein.
- Mayntz, Renate (1983): Implementation politischer Programme. Ansätze zur Theoriebildung. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- MeteoSchweiz (2013): Satellitenbasierte Planungsgrundlagen für die Nutzung von Solarenergie. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. Online verfügbar unter [http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima\\_schweiz/Solarenergie.html](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/Solarenergie.html), zuletzt aktualisiert am 05.02.2013, zuletzt geprüft am 24.06.2013.
- Metz, B.; Davidson, O.R; Bosch, P.R; Dave, R.; Meyer, L.A (2007): Climate change 2007. Mitigation of climate change : working group III contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press. Online verfügbar unter [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg3\\_report\\_mitigation\\_of\\_climate\\_change.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm), zuletzt geprüft am 14.07.2013.
- Morrissey, J.; Meyrick, B.; Sivaraman, D.; Horne, R. E.; Berry, M. (2013): Cost-benefit assessment of energy efficiency investments: Accounting for future resources, savings and risks in the Australian residential sector. In: *Decades of Diesel* 54 (0), S. 148–159. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512009706>.
- Moulton, Brent R.; Randolph, William C. (1989): Alternative Tests of the Error Components Model. In: *Econometrica* 57 (3), S. 685–693. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/1911059>.
- Mueller, Dennis C. (2003): Public choice III. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Mugnier, Daniel; Jakob, Uli (2012): Keeping cool with the sun. In: *International Sustainable Energy Review*, S. 28–30. Online verfügbar unter [http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Mugnier\\_ISER\\_1\\_2012.pdf](http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Mugnier_ISER_1_2012.pdf), zuletzt geprüft am 24.06.2013.
- Müller-Steinhagen, H.; Schmidt, T. (Hg.) (2004): Die solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit saisonalem Aquifer-Wärmespeicher in Rostock–Ergebnisse nach vier Betriebsjahren; 5. Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen. Landau in der Pfalz, 12.11.2004. Online verfügbar unter <http://www.swt-stuttgart.de/SWT-Forschung/Veroeffentlichungen/Puplic/04-07.pdf>, zuletzt geprüft am 24.06.2013.
- Ott, Walter; Klingler, Georg; Philippen, Daniel (2007): Einsatz von Sonnenkollektoren auf dem Gebiet der Stadt Zürich. Markthemmnisse und Massnahmen zu ihrer Überwindung : Schlussbericht. Zürich: econcept.
- Pearson, Karl (1896): Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity, and panmixia. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character* 187, S. 253–318.

- Philibert, Cédric (2006): Barriers to Technology Diffusion: The Case of Solar Thermal Technologies. Hg. v. International Energy Agency (IEA). Paris. Online verfügbar unter <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,34619,en.html>, zuletzt geprüft am 24.06.2013.
- Rieder, Stefan; Walker, David (2009): Wirksamkeit von Instrumenten zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energien. Studie im Auftrag des Energie Trialog Schweiz und des Bundesamtes für Energie. Bern. Online verfügbar unter [http://www.energetrialog.ch/cm\\_data/Rieder\\_Wirksamkeit\\_Instrumente\\_2009.pdf](http://www.energetrialog.ch/cm_data/Rieder_Wirksamkeit_Instrumente_2009.pdf), zuletzt geprüft am 09.05.2013.
- Rouleau, T.; Lloyd, C. R. (2008): International policy issues regarding solar water heating, with a focus on New Zealand. In: *Energy Policy* 36 (6), S. 1843–1857. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142150800030X>.
- Sarzynski, Andrea; Larriue, Jeremy; Shrimali, Gireesh (2012): The impact of state financial incentives on market deployment of solar technology. In: *Energy Policy* 46 (0), S. 550–557. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512003321>.
- Scharpf, Fritz Wilhelm; Reissert, Bernd; Schnabel, Fritz (1976): Politikverflechtung: Theorie und Empirie des kooperativen Föderalismus in der Bundesrepublik: Scriptor Verlag Kronberg.
- Schmelz, Henning (2002): Cash-Management und Liquiditätsrisikosteuerung. 1. Aufl. s.l: GRIN Verlag. Online verfügbar unter [http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok\\_id/76882](http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/76882).
- Shavell, Steven (1979): Risk Sharing and Incentives in the Principal and Agent Relationship. In: *The Bell Journal of Economics* 10 (1), S. 55–73. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/3003319>.
- Shogren, Jason F.; Taylor, Laura O. (2008): On behavioral-environmental economics. In: *Review of Environmental Economics and Policy* 2 (1), S. 26–44.
- Shrimali, Gireesh; Kniefel, Joshua (2011): Are government policies effective in promoting deployment of renewable electricity resources? In: *Energy Policy* 39 (9), S. 4726–4741. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511005118>.
- Simon, Herbert A. (1986): Rationality in Psychology and Economics. In: *The Journal of Business* 59 (4), S. S209. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/2352757>.
- Skinner, B. F. (2005): Science et comportement humain. Paris: In Press (Psycho-polis).
- Spieß, Martin (2005): Analyse von Längsschnittdaten mit fehlenden Werten. Grundlagen, Verfahren und Anwendungen. 1. Aufl. Bremen, Göttingen: Staats- und Universitätsbibliothek [Host]; Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek.
- Stock, James H.; Watson, Mark W. (2007): Introduction to econometrics. 2. Aufl. Boston: Pearson/Addison Wesley (The Addison-Wesley series in economics).
- Strebel, Felix (2011): Inter-governmental institutions as promoters of energy policy diffusion in a federal setting. In: *Energy Policy* 39 (1), S. 467–476. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510007792>.
- Swamy, P. A. V. B.; Arora, S. S. (1972): The Exact Finite Sample Properties of the Estimators of Coefficients in the Error Components Regression Models. In: *Econometrica* 40 (2), S. 261–275. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/1909405>.
- Swissolar (2013): Förderung Solarwärme. Förderbeiträge an private Investoren für Solaranlagen. Hg. v. Swissolar. Online verfügbar unter <http://www.swissolar.ch/de/unsere-themen/foerderung/>, zuletzt geprüft am 06.06.2013.



- Timilsina, Govinda R.; Kurdgelashvili, Lado; Narbel, Patrick A. (2012): Solar energy: Markets, economics and policies. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (1), S. 449–465. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111004199>.
- Tresch, Richard W. (2002): Public finance. A normative theory. 2. Aufl. Amsterdam, Boston: Academic Press.
- UNFCCC (1998): Das Protokoll von Kyoto. zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Online verfügbar unter <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf>, zuletzt geprüft am 23.06.2013.
- UVEK (2000): Aktionsprogramm Energie 2000. Schlussbericht und 10. Jahresbericht. UVEK. Bern. Online verfügbar unter <http://www.bundespublikationen.admin.ch/redirect.php?lang=de&itemnumber=805.063.10d>, zuletzt geprüft am 12.05.2013.
- UVEK (2008): Energiestrategie Schweiz. Bericht zur Energieaussenpolitik der Schweiz : Umfeld, Herausforderungen und Strategie. Hg. v. Verkehr Energie und Kommunikation (UVEK) Eidgenössisches Departement für Umwelt. Bern, zuletzt aktualisiert am 2008.
- Varian, Hal R. (2006): Intermediate microeconomics. A modern approach. 7. Aufl. New York: W.W. Norton & Co.
- Vatter, Adrian; Bolliger, Christian; Féraud, Marius; Sager, Fritz; Bürki, Marietta; Luginbühl, Jennifer (2011): Schlussevaluation EnergieSchweiz 2001-2010. Universität Bern. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_641262605.pdf&endung=Schlussevaluation%20EnergieSchweiz%202001-2010](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_641262605.pdf&endung=Schlussevaluation%20EnergieSchweiz%202001-2010), zuletzt geprüft am 12.05.2013.
- WCED (1987): Our common Future. Delhi: Oxford, Univ. Press. Online verfügbar unter <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>, zuletzt geprüft am 21.06.
- White, Halbert (1984): Asymptotic theory for econometricians. Orlando: Academic Press (Economic theory, econometrics, and mathematical economics).
- Windhoff-Héritier, Adrienne (1987): Policy-Analyse. Eine Einführung. Frankfurt, New York: Campus Verlag (Campus Studium, 570).
- Woersdorfer, Julia Sophie; Kaus, Wolfhard (2011): Will nonowners follow pioneer consumers in the adoption of solar thermal systems? Empirical evidence for northwestern Germany. In: *Ecological Economics* 70 (12), S. 2282–2291. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800911001534>.
- Wooldridge, Jeffrey M. (2002): Econometric analysis of cross section and panel data. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Zhao, Tingting; Bell, Lindsey; Horner, Mark W.; Sulik, John; Zhang, Jinfeng (2012): Consumer responses towards home energy financial incentives: A survey-based study. In: *Energy Policy* 47 (0), S. 291–297. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512003758>.

# Plagiats-Erklärung

## UNIVERSITÄT BASEL

Wirtschaftswissenschaftliche  
Fakultät

Studiendekanat

Peter Merian-Weg 6  
Postfach  
CH-4002 Basel

Tel. +41 (0)61 267 33 55  
Fax +41 (0)61 267 13 10  
studiendekanat-wwz@unibas.ch  
http://www.wwz.unibas.ch

### Plagiats-Erklärung

Ich bezeuge mit meiner Unterschrift, dass meine Angaben über die bei der Abfassung meiner Arbeit benutzten Hilfsmittel sowie über die mir zuteil gewordene Hilfe in jeder Hinsicht der Wahrheit entsprechen und vollständig sind.

Ich habe das Merkblatt zu Plagiat und Betrug vom 22. Februar 2011 gelesen und bin mir der Konsequenzen eines solchen Handelns bewusst.

Vor- und Nachname: Claudio Menn

Matrikelnummer: 07-529-175

Titel der schriftlichen Arbeit:

**Wirkungsanalyse von politischen  
Massnahmen zur Förderung  
thermischer Solaranlagen**

erstellt im Rahmen der Lehrveranstaltung: \_\_\_\_\_

Art der Arbeit: Masterarbeit

Datum: 24.06.2013

Unterschrift: *Claudio Menn*



## **Anhang**

Folgend werden im Anhang 1 einige wichtige Daten der Untersuchung dargestellt. Im Anhang 2 lassen sich ergänzende Informationen zur statistischen Analyse finden.

### **Anhang 1: Daten**

Im Anhang 1.1, 1.2 sind die in der Untersuchung verwendeten Förderbeiträge für EFH- und MFH-typische solarthermische Anlagen abgebildet. Anhang 1.3 zeigt die Datengrundlagen für die in Kraft getretenen kantonalen Gesetze zu den Steuervergünstigungen, den MuKE und der Regelung zur Baubewilligung von thermischen Solaranlagen. Unter 1.4 ist die Datengrundlage der Variablen zur Parteienstärke in den Kantonsparlamenten ersichtlich. Im Anhang 1.5 sind die Daten zu den kantonalen Wohneigentumsquoten abgebildet.

## Anhang 1.1: Kantonale Förderbeiträge EFH

Tabelle 7 Kantonale Förderbeiträge für EFH-typische Solaranlagen 2000-2012 Quelle: SWISSOLAR, AfE (eigene Darstellung)

Förderbeiträge Modellanlage EFH (7m<sup>2</sup>, Investitionskosten 12'000 Fr. Flachkollektor)

Kanton/Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AG	1'130	1'130	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500	3'000	1'500	1'500	1'800
AI	-	-	2'200	2'200	2'200	2'200	2'200	2'200	2'200	2'200	2'200	2'200	2'200
AR	1'130	1'130	1'130	1'130	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700
BE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2'000	2'000	2'000	2'300
BL	1'750	1'750	1'750	1'750	1'750	1'750	1'400	1'400	1'400	1'400	2'400	2'400	2'400
BS	5'478	5'478	5'478	5'478	5'478	5'478	5'478	5'478	5'478	5'478	7'850	7'850	4'950
FR	2'260	2'260	2'260	2'260	2'260	2'260	2'260	2'260	1'200	1'200	2'000	2'000	2'000
GE	-	-	-	2'730	2'730	2'730	3'330	3'200	3'200	3'200	2'250	3'250	1'200
GL	-	-	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	3'400	3'750	3'750
GR	-	-	-	-	-	-	-	-	1'200	1'200	1'200	2'400	2'800
JU	1'200	1'200	2'750	2'750	2'750	2'050	1'000	1'000	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500
LU	-	-	2'400	2'400	-	-	-	1'700	2'125	3'825	2'550	2'975	3'400
NE	3'090	5'500	5'500	5'500	2'500	-	2'400	2'500	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500
NW	700	2'050	2'050	2'050	2'050	2'050	1'200	1'200	1'200	1'200	3'000	3'000	3'000
OW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2'000	2'000	2'000
SG	-	1'700	1'850	-	-	-	-	-	1'200	2'000	2'000	2'000	2'000
SH	1'130	1'130	1'130	1'130	1'700	1'700	1'700	1'700	3'400	3'400	3'400	4'800	3'400
SO	2'260	2'260	2'260	2'260	2'200	2'200	-	-	2'000	2'000	3'000	2'400	2'400
SZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3'400	-	-
TG	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	1'700	3'400	3'400	3'400	3'400	3'400
TI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2'500	2'500	2'500
UR	1'050	1'000	1'000	1'000	1'100	1'100	1'100	1'100	1'200	2'000	2'000	2'000	2'000
VD	-	3'100	3'100	3'100	2'000	2'000	2'000	2'400	2'400	2'400	2'400	1'800	1'800
VS	2'260	2'260	2'260	2'260	2'260	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500
ZG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4'000	-	2'400
ZH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2'250	2'250	2'250
Anz. Kantone mit Förderung	13	15	18	18	17	16	16	17	20	21	26	24	25
Durchschnittlicher Förderbeitrag	Fr. 1'934	Fr. 2'243	Fr. 2'334	Fr. 2'383	Fr. 2'210	Fr. 2'101	Fr. 2'011	Fr. 2'014	Fr. 2'050	Fr. 2'276	Fr. 2'573	Fr. 2'611	Fr. 2'406
Durchschnittliche Förderbeitrag an Investitionskosten	16%	19%	19%	20%	18%	18%	17%	17%	17%	19%	21%	22%	20%

Anmerkung: Kantonale Förderprogramme (Deklaration im Rahmen Globalbeiträge beim Bund), Bei Subventionsstopp Wert= " - ", NA = " - "

## Anhang 1.2: Kantonale Förderbeiträge MFH

**Tabelle 8** Kantonale Förderbeiträge für MFH-typische Solaranlagen 2000-2012 Quelle: SWISSOLAR, AfE (eigene Darstellung)

### Förderbeiträge Modellanlage MFH (25m<sup>2</sup>, Inv.kosten 30'000 Fr. 5 Wohneinheiten. Flachkollektor)

Kanton/Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
AG	2'750	2'750	2'275	2'275	2'275	2'275	3'375	3'375	3'375	6'750	3'375	6'750	4'500
AI	-	-	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000
AR	2'300	2'300	2'300	2'300	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000
BE	-	4'500	4'500	4'500	3'750	3'750	3'750	3'750	3'750	5'000	5'000	5'000	5'300
BL	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000	3'800	3'800	3'800	3'800	6'000	6'000	6'000
BS	13'650	13'650	13'650	13'650	13'650	13'650	13'650	13'650	13'650	13'650	17'750	17'750	11'250
FR	5'500	5'500	5'500	5'500	5'500	5'500	5'500	5'500	3'000	3'000	7'000	7'000	7'000
GE	-	-	-	4'500	7'500	7'500	10'500	12'250	8'750	8'750	13'125	7'750	3'000
GL	-	-	3'500	3'500	3'500	3'500	3'500	3'500	3'500	3'500	7'000	8'250	8'250
GR	-	-	-	-	-	-	-	-	2'400	2'400	2'400	4'800	5'800
JU	3'000	3'000	7'250	7'250	7'250	4'750	3'500	3'500	3'500	3'500	6'500	6'500	6'500
LU	-	-	6'000	6'000	-	-	-	3'500	4'375	7'875	5'250	6'125	7'000
NE	9'750	14'500	14'500	14'500	4'750	-	6'000	4'750	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000
NW	2'500	4'750	4'750	4'750	4'750	4'750	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000
OW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5'500	5'500	5'500
SG	-	3'500	2'750	-	-	-	-	-	2'700	5'750	5'750	5'750	5'750
SH	2'750	2'750	2'750	2'750	3'500	3'500	3'500	3'500	7'000	7'000	7'000	12'000	7'000
SO	5'500	5'500	5'500	5'500	2'200	2'200	-	-	2'000	7'320	7'320	6'000	6'000
SZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7'000	-	-
TG	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	3'000	7'000	7'000	7'000	7'000	7'000
TI	-	-	-	-	-	-	6'250	-	-	-	6'250	6'250	6'250
UR	3'750	1'000	1'000	1'000	1'100	1'100	1'100	1'100	1'200	9'400	9'400	9'400	9'400
VD	-	8'500	8'500	8'500	5'750	5'750	5'750	7'500	7'500	7'500	7'500	4'500	4'500
VS	5'500	5'500	5'500	5'500	5'500	7'200	7'200	7'200	7'200	8'700	4'800	4'800	4'800
ZG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10'000	-	6'000
ZH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4'950	4'950	4'950
Anz. Kantone mit Förderung	13	16	19	19	18	17	18	18	21	21	26	24	25
Durchschnittlicher Förderbeitrag	Fr. 4'919	Fr. 5'294	Fr. 5'328	Fr. 5'420	Fr. 4'721	Fr. 4'672	Fr. 5'021	Fr. 4'993	Fr. 4'652	Fr. 5'900	Fr. 6'495	Fr. 6'461	Fr. 5'790
Durchschnittliche Förderung an Investitionskosten	16%	18%	18%	18%	16%	16%	17%	17%	16%	20%	22%	22%	19%

Anmerkung: Kantonale Förderprogramme (Deklaration im Rahmen Globalbeiträge beim Bund), Bei Subventionsstopp Wert= "- ", NA= "- "

**Anhang 1.3: Kantonale Gesetzgebung: Steuervergünstigung, MuKE n, Baubewilligung****Tabelle 9** Kantonale Gesetzgebung: Steuervergünstigung, MuKE n, Baubewilligung Quelle: (eigene Darstellung)

Kanton/ Gesetzes- einführung	Baub_vV	Baub_kab7	MuKE n	Steuerv_B	Steuerv_100
AG	-	≤ 2000	2003	-	2001
AI	-	-	2002	2001	2010
AR	-	2004	2001	2009	2010
BE	-	≤ 2000	2003	≤ 2000	2009
BL	-	≤ 2000	2009	≤ 2000	2010
BS	-	2001	2010	-	≤ 2000
FR	-	-	2007	≤ 2000	2009
GE	2003	-	2003	2001	2010
GL	-	-	2010	2001	2010
GR	-	-	2011	-	2011
JU	-	-	-	-	2001
LU	-	2002	2009	-	-
NE	≤ 2000	-	2002	2004	2009
NW	≤ 2000	2010	2010	2001	2012
OW	-	-	2011	≤ 2000	2011
SG	-	-	≤ 2000	≤ 2000	2010
SH	≤ 2000	2011	2005	≤ 2000	2001
SO	≤ 2000	-	2006	≤ 2000	2010
SZ	≤ 2000	-	2010	2001	2009
TG	≤ 2000	-	2005	≤ 2000	2005
TI	-	-	2002	≤ 2000	2010
UR	2010	-	2009	≤ 2000	2010
VD	-	2008	2006	≤ 2000	2001
VS	≤ 2000	-	2011	≤ 2000	2010
ZG	≤ 2000	-	2009	≤ 2000	2010
ZH	-	≤ 2000	≤ 2000	≤ 2000	2010

Anmerkung: inkrafttreten kantonaler Gesetzgebung

(Untersuchungszeitraum 2000-2012)

**Anhang 1.4: Anteil linker Parteien im Kantonsparlament****Tabelle 10** Anteil linker Parteien im Kantonsparlament 2000-2012 Quelle: BFS (eigene Darstellung)

Kanton/Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Durchschnitt
AG	27%	23%	23%	23%	23%	21%	21%	21%	21%	25%	25%	25%	25%	23%
AI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AR	-	-	-	8%	8%	8%	8%	6%	6%	-	-	-	-	7%
BE	35%	35%	36%	36%	36%	36%	39%	39%	39%	39%	39%	30%	30%	36%
BL	33%	33%	33%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	36%	36%	35%
BS	43%	43%	43%	43%	47%	47%	47%	47%	44%	44%	44%	44%	44%	45%
FR	37%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	34%	32%	34%
GE	47%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	40%	40%	40%	40%	42%
GL	23%	23%	26%	26%	26%	26%	23%	23%	23%	23%	26%	26%	26%	24%
GR	12%	12%	12%	12%	12%	12%	13%	13%	13%	13%	-	-	-	12%
JU	42%	42%	42%	42%	42%	42%	44%	44%	44%	44%	43%	43%	43%	43%
LU	16%	16%	16%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	20%	20%	18%
NE	45%	48%	48%	48%	48%	49%	49%	49%	49%	40%	40%	40%	40%	46%
NW	16%	16%	17%	17%	17%	17%	16%	16%	16%	16%	14%	14%	14%	16%
OW	12%	12%	15%	15%	15%	15%	30%	30%	30%	30%	26%	26%	26%	22%
SG	21%	21%	21%	21%	24%	24%	24%	24%	19%	19%	19%	19%	22%	22%
SH	34%	34%	34%	34%	37%	37%	37%	37%	35%	35%	35%	35%	38%	36%
SO	30%	26%	26%	26%	26%	29%	29%	29%	29%	27%	27%	27%	27%	28%
SZ	12%	12%	12%	12%	15%	15%	15%	15%	12%	12%	12%	12%	13%	13%
TG	23%	23%	23%	23%	25%	25%	25%	25%	22%	22%	22%	22%	21%	23%
TI	20%	20%	20%	23%	23%	23%	23%	25%	25%	25%	25%	24%	24%	23%
UR	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
VD	38%	38%	43%	43%	43%	43%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	41%	43%
VS	17%	15%	15%	15%	15%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	16%
ZG	20%	20%	22%	22%	22%	22%	25%	25%	25%	25%	23%	23%	23%	23%
ZH	32%	32%	32%	36%	36%	36%	36%	31%	31%	31%	31%	32%	32%	33%
<b>Durchschnitt</b>	<b>27%</b>	<b>26%</b>	<b>27%</b>	<b>27%</b>	<b>27%</b>	<b>28%</b>	<b>28%</b>	<b>28%</b>	<b>28%</b>	<b>28%</b>	<b>29%</b>	<b>28%</b>	<b>28%</b>	

**Als links eingestufte Parteien:**

ZH	Grüni Mitenand, Öko- Senioren, Naturbewegte Seniorinnen und Senioren, junge grüne Liste	SPS	Sozialdemokratische Partei der Schweiz
BE	Junge Alternative JA!	GPS	Grüne Partei der Schweiz
OW	Demokratisches Obwalden, Demokratisches	PdA	Partei der Arbeit
NW	Demokratisches Nidwalden	PSA	Parti socialiste autonome
GL	Zukunft Semtal	FGA	Feministische&grün-alternative Gruppierungen
ZG	Arbeitsgruppe Risch GLEIS3, Forum Oberägeri,	DSP	Démocrates suisses
FR	Ouverture (ISO); Mouvement Ouverture / Freie Liste,	CSP	Christlichsoziale Partei
SH	Sozial-liberale Liste, Ökoliberale Bewegung Schaffhausen	LdU	Landesring der Unabhängigen
SG	Grüne Rheintaler/Landesring (LdU) Oberrheintal; Freie Umweltliste; Freie Umweltliste Oberrheintal	GLP	Grünliberale Partei
TI	socialista dei lavoratori - Sinistra Alternativa; Partito ecologico liberale, Partito liberalsocialista ticinese , (PLST),	Sol.	Solidarität
VD	Riviera libre, SolidaritéS		
VS	Parti chrétien-social, Gauche Valaisanne Alternative		
NE	Liste libre, SolidaritéS		
GE	de l'emploi et du social		

**Anhang 1.5: Kantonale Wohneigentumsquote****Tabelle 11** Kantonale Wohneigentumsquote 1990,2000,2010 Quelle: BFS (eigene Darstellung)

<b>Wohneigentumsquote</b>			
<b>Kanton/Jahr</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>
AG	43.5	47.7	49.3
AI	55.4	57.6	51.6
AR	42.2	45.1	46.9
BE	33	36.3	39.2
BL	37.9	41.5	44.9
BS	11	12.6	14.6
FR	39.4	41.8	43.2
GE	13.8	15.8	17
GL	46.5	49.7	47.2
GR	43.5	46.7	45.4
JU	50	51.5	58
LU	28.4	32.1	34.6
NE	24.9	26.6	30.3
NW	34.9	37.5	38.8
OW	45.9	46.8	47.1
SG	34.4	38.7	40.6
SH	34.4	39.1	41.9
SO	42.5	46.8	48.7
SZ	40.5	44.2	42.9
TG	38.7	43.3	45.9
TI	37.4	36.5	38.6
UR	44.7	48	45.7
VD	26.7	28.3	31.5
VS	59.1	61.4	56.8
ZG	29.3	32.6	35.8
ZH	20.9	24.8	27.4
<b>CH Durchschnitt</b>	<b>31.3</b>	<b>34.6</b>	<b>36.8</b>

**Anhang 2: Statistik**

Im Anhang 2.1 sind zwei Modellschätzungen abgebildet, auf diese in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen wurde. Zum einen zeigt die Tabelle eine Regression mit einer alternativen Berechnung der Indizes zur kommunalen Beratungs- und Förderungsintensität (siehe Abschnitt 3.4.2). Die zweite Regression zeigt zeitverzögerte Variablen zu den kantonalen Gesetzesintroduktionen. Im Anhang 2.2 ist die Teststatistik zu den statistischen Verfahren abgebildet. Anhang 2.3 und 2.4 zeigen die Korrelationsmatrix sowie die dazugehörigen P-Werte der verwendeten Variablen.



## Anhang 2.1: Nicht verwendete Regressionen

**Tabelle 12** Nicht verwendete Regressionen Quelle: (eigene Darstellung)

Abhängige Variable Log(TH_gef <sub>i,t</sub> )						
Modell	15 FE	HC	CL Ar	16 FE	HC	CL Ar
N	199			199		
R2 adjustiert	0.50691			0.49228		
Log(Fin_MFH <sub>i,t</sub> )	0.6835353 ***	***	***	0.6070572 ***	***	***
Steuerv_B <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	0.7177161	**	**			
Lag(Steuerv_B <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup> )				-0.1584061		
Steuerv_100 <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	0.5022805					
Lag(Steuerv_100 <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup> )				-0.3426617		
MuKE <sub>i,t</sub>	0.5855845 ***	***	**			
Lag(MuKE <sub>i,t</sub> )				0.6719730 ***	***	***
Baub_vV <sub>i,t</sub> <sup>[1]</sup>	0.3457938					
Lag(Baub_vV <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup> )				0.2000841		
Baub_kab7 <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup>	0.3552505					
Lag(Baub_kab7 <sub>i,t</sub> <sup>[2]</sup> )				0.0629626		
Log(Inf_cap <sub>i,t</sub> )	0.0582330			0.0792222		
Log(BIP_cap <sub>i,t</sub> )	4.6889234 ***	***	***	4.5238227 ***	***	***
Log(Bauint_Geb <sub>i,t</sub> )	0.2301102			0.2385431		
Index2_ber <sub>i,t</sub>	-0.0103277					
Index1_ber <sub>i,t</sub>				-0.0114827		
Index2_för <sub>i,t</sub>	-0.0624017					
Index1_för <sub>i,t</sub>				0.0040531		
Links <sub>i,t</sub>	0.2313374			1.0629616		
AnzPV <sub>i,t</sub>	0.0021462			0.0018507		
Log(StromP <sub>i,t</sub> )	1.3546694 .	.	.	1.0371219		

Anmerkungen: Signifikanzniveau '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1

HC: Kovarianz- Matrix nach White. CL AR: Kovarianz- Matrix nach Arellano

Referenzkategorien:[1]Keine gesetzliche Regelung [2]keine kantonale Regelung zur Baubewilligung

## Anhang 2.2: Test-Statistik

**Tabelle 13** Statistische Testverfahren: Test-Statistik Quelle: (eigene Darstellung)

Verfahren	Alternative Hypothese	Modelle	Test-Statistik	P-Wert
F-Test	Signifikante individuenspezifische, zeitkonstante Effekte	10, 3	F = 3.3655	3.9e-07
Hausmantest	FE-Modell bevorzugtes Modell	8, 5	$\chi^2 = 78,376$	5.655e-11
F-Test	Zeitspezifische Effekte relevant	10, 8	F = 1.464	0.1582
F-Test	Zeitspezifische Effekte relevant	9, 9+Zeit	F = 2.5626	0.007065
F-Test	Zeitspezifische Effekte relevant	11, 11+Zeit	F = 1.4556	0.1616
F-Test	Zeitspezifische Effekte relevant	12, 12+Zeit	F = 1.4284	0.1729
F-Test	MFH Variable grösserer Erklärungsgehalt als EFH Variable	9, 10	F = 2.0094	0.04936
Breusch-Godfrey/Wooldrige Test	Autokorrelation im idiosynkratischen Fehlerterm	8	$\chi^2 = 0.4732$	0.4915
F-Test	Erklärungsgehalt verzögerter abhängigen Variable signifikant grösser	13, 8	F = 0.9466	0.5148

**Anhang 2.3: Korrelationsmatrix verwendeter Variablen**

**Tabelle 14** Korrelationsmatrix verwendeter Variablen nach Pearson Quelle: (eigene Darstellung)

	MuKEN <sub>t</sub>	Inf_cap <sub>t</sub>	Steuerv_B <sub>t</sub>	Steuerv_100 <sub>t</sub>	Baub_vV <sub>t</sub>	Baub_kab7 <sub>t</sub>	TH_gef <sub>t</sub>	Fin_EFH <sub>t</sub>	Fin_MFH <sub>t</sub>	BIP_cap <sub>t</sub>	Links <sub>t</sub>	Bauint_Geb <sub>t</sub>	StromP <sub>t</sub>	AnzPV <sub>t</sub>	Index1_ber <sub>t</sub>	Index1_för <sub>t</sub>	Index2_ber <sub>t</sub>	Index2_för <sub>t</sub>	
MuKEN <sub>t</sub>	1	0.15	-0.23	0.27	-0.06	0.22	0.25	0.17	0.04	0.12	0.19	0.22	0.16	0.03	0.10	0.33	0.27	0.29	0.27
Inf_cap <sub>t</sub>	0.15	1	-0.23	0.29	-0.05	0.28	0.11	0.67	0.66	0.64	0.31	-0.16	-0.20	0.07	0.07	0.36	0.09	0.40	
Steuerv_B <sub>t</sub>	-0.23	-0.23	1	-0.77	0.12	-0.19	-0.15	-0.28	-0.28	-0.15	-0.14	0.04	-0.20	-0.17	-0.13	-0.22	-0.10	-0.21	
Steuerv_100 <sub>t</sub>	0.27	0.29	-0.77	1	0.00	0.13	0.17	0.28	0.30	0.25	0.33	0.02	0.09	0.22	0.23	0.27	0.20	0.27	
Baub_vV <sub>t</sub>	-0.06	-0.05	0.12	0.00	1	-0.44	-0.17	0.03	0.08	-0.02	-0.09	-0.22	0.07	0.10	0.03	0.19	0.01	0.19	
Baub_kab7 <sub>t</sub>	0.22	0.28	-0.19	0.13	-0.44	1	0.37	0.11	0.10	0.31	0.17	0.44	-0.14	0.00	0.17	0.30	0.12	0.28	
TH_gef <sub>t</sub>	0.25	0.11	-0.15	0.17	-0.17	0.37	1	-0.09	0.09	0.08	0.11	0.53	0.22	0.10	0.36	0.12	0.40	0.14	
Fin_EFH <sub>t</sub>	0.17	0.67	-0.28	0.28	0.03	0.11	-0.09	1	0.84	0.67	0.34	-0.28	-0.15	0.12	0.09	0.34	0.11	0.39	
Fin_MFH <sub>t</sub>	0.04	0.66	-0.28	0.30	0.08	0.10	0.09	0.84	1	0.65	0.43	-0.11	-0.03	0.07	0.13	0.34	0.13	0.38	
BIP_cap <sub>t</sub>	0.12	0.64	-0.15	0.25	-0.02	0.31	0.08	0.67	0.65	1	0.37	-0.07	-0.37	-0.05	0.40	0.56	0.37	0.61	
Links <sub>t</sub>	0.19	0.31	-0.14	0.33	-0.09	0.17	0.11	0.34	0.43	0.37	1	0.09	0.22	-0.01	0.01	0.23	0.01	0.28	
Bauint_Geb <sub>t</sub>	0.16	-0.16	0.04	0.02	-0.22	0.44	0.53	-0.28	-0.11	-0.07	0.09	1	-0.02	0.03	0.15	0.02	0.16	0.04	
StromP <sub>t</sub>	0.03	-0.20	-0.20	0.09	0.07	-0.14	0.22	-0.15	-0.03	-0.37	0.22	-0.02	1	0.05	-0.04	0.02	-0.07	-0.03	
AnzPV <sub>t</sub>	0.10	0.07	-0.17	0.22	0.10	0.00	0.10	0.12	0.07	-0.05	-0.01	0.03	0.05	1	0.11	0.08	0.09	0.05	
Index1_ber <sub>t</sub>	0.33	0.07	-0.13	0.23	0.03	0.17	0.36	0.09	0.13	0.40	0.01	0.15	-0.04	0.11	1	0.58	0.89	0.52	
Index1_för <sub>t</sub>	0.27	0.36	-0.22	0.27	0.19	0.30	0.12	0.34	0.34	0.56	0.23	0.02	0.02	0.08	0.58	1	0.46	0.94	
Index2_ber <sub>t</sub>	0.29	0.09	-0.10	0.20	0.01	0.12	0.40	0.11	0.13	0.37	0.01	0.16	-0.07	0.09	0.89	0.46	1	0.53	
Index2_för <sub>t</sub>	0.27	0.40	-0.21	0.27	0.19	0.28	0.14	0.39	0.38	0.61	0.28	0.04	-0.03	0.05	0.52	0.94	0.53	1	

Anmerkung: rote Färbung für negative Korrelationen, blaue Färbung für positive Korrelationen

## Anhang 2.4: Korrelationsmatrix P-Werte

Tabelle 15 P-Werte der Korrelationsmatrix Quelle: (eigene Darstellung)

	MuKen <sub>t</sub>	Inf cap <sub>t</sub>	Steuerv B <sub>t</sub>	Steuerv 100 <sub>t</sub>	Baub vV <sub>t</sub>	Baub kab7 <sub>t</sub>	TH gef <sub>t</sub>	Fin EFH <sub>t</sub>	Fin MFH <sub>t</sub>	BIP cap <sub>t</sub>	Links <sub>t</sub>	Bauint Geb <sub>t</sub>	StromP <sub>t</sub>	AnzPV <sub>t</sub>	Index1 ber <sub>t</sub>	Index1 för <sub>t</sub>	Index2 ber <sub>t</sub>	Index2 för <sub>t</sub>
MuKen <sub>t</sub>	NA	0.01	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.01	0.47	0.02	0.00	0.00	0.60	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Inf cap <sub>t</sub>	0.01	NA	0.00	0.00	0.46	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.29	0.26	0.00	0.13	0.00
Steuerv B <sub>t</sub>	0.00	0.00	NA	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.45	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00
Steuerv 100 <sub>t</sub>	0.00	0.00	0.00	NA	0.98	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baub vV <sub>t</sub>	0.26	0.46	0.03	0.98	NA	0.00	0.01	0.69	0.19	0.67	0.12	0.00	0.19	0.07	0.53	0.00	0.83	0.00
Baub kab7 <sub>t</sub>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	NA	0.00	0.08	0.11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.95	0.00	0.00	0.02	0.00
TH gef <sub>t</sub>	0.00	0.10	0.02	0.01	0.01	0.00	NA	0.19	0.19	0.23	0.10	0.00	0.00	0.14	0.00	0.07	0.00	0.03
Fin EFH <sub>t</sub>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.69	0.08	0.19	NA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.13	0.00	0.09	0.00
Fin MFH <sub>t</sub>	0.47	0.00	0.00	0.00	0.19	0.11	0.19	0.00	NA	0.00	0.00	0.07	0.58	0.32	0.04	0.00	0.04	0.00
BIP cap <sub>t</sub>	0.02	0.00	0.01	0.00	0.67	0.00	0.23	0.00	0.00	NA	0.00	0.18	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00
Links <sub>t</sub>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.12	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	NA	0.11	0.00	0.92	0.83	0.00	0.87	0.00
Bauint Geb <sub>t</sub>	0.00	0.01	0.45	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.18	0.11	NA	0.72	0.58	0.01	0.75	0.00	0.48
StromP <sub>t</sub>	0.60	0.00	0.00	0.08	0.19	0.01	0.00	0.01	0.58	0.00	0.00	0.72	NA	0.39	0.51	0.77	0.18	0.59
AnzPV <sub>t</sub>	0.08	0.29	0.00	0.00	0.07	0.95	0.14	0.08	0.32	0.42	0.92	0.58	0.39	NA	0.05	0.19	0.13	0.43
Index1 ber <sub>t</sub>	0.00	0.26	0.02	0.00	0.53	0.00	0.00	0.13	0.04	0.00	0.83	0.01	0.51	0.05	NA	0.00	0.00	0.00
Index1 för <sub>t</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.77	0.19	0.00	NA	0.00	0.00
Index2 ber <sub>t</sub>	0.00	0.13	0.05	0.00	0.83	0.02	0.00	0.09	0.04	0.00	0.87	0.00	0.18	0.13	0.00	0.00	NA	0.00
Index2 för <sub>t</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.59	0.43	0.00	0.00	0.00	NA

Anmerkung: Fettgedruckte Werte = P-Wert kleiner als 0.04