
BESCHREIBUNG FÜR PROJEKTE ZUR EMISSIONSVERMINDERUNG IN DER SCHWEIZ

Programm zur Emissionsverminderung mittels eines intelligenten Heizungssystems: tado°	
---	--

Dokumentversion	5.12
Datum	12.12.2014

INHALT

1. Angaben zur Projektorganisation
2. Technische Angaben zum Projekt
3. Abgrenzung zu weiteren klima- und energiepolitischen Instrumenten
4. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderung
5. Nachweis der Zusätzlichkeit
6. Aufbau und Umsetzung des Monitorings

ANHANG

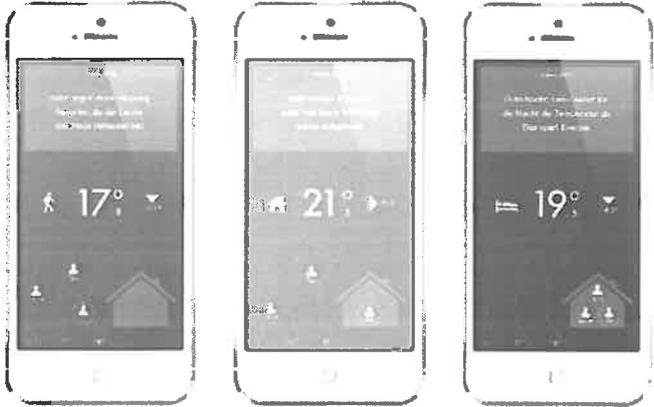
- A1. Excel-Datei zur Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen
- A2. Excel-Datei zur Wirtschaftlichkeitsanalyse
- A3. Referenzierte Quellen
- A4. Excel-Datei zum Monitoring inkl. Mustervorhaben
- A5. Formular zur Anmeldung neuer Vorhaben

1. Angaben zur Projektorganisation

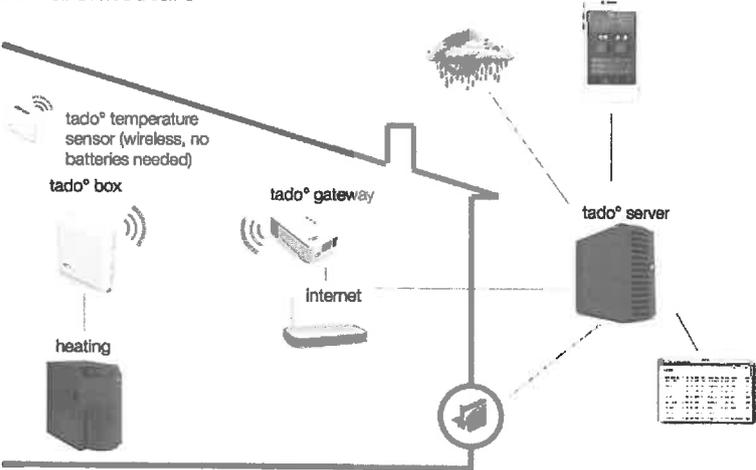
Projekttitlel	Programm zur Emissionsverminderung mittels eines intelligenten Heizungssystems: tado°
Version des Dokuments	5.12
Datum	12.12.2014

Gesuchsteller	South Pole Suisse AG
Kontakt	Andrin Fink Technoparkstrasse 1, 8005 Zürich T: +41 43 501 35 50 E: a.fink@southpolecarbon.com
Einverständnis zur Veröffentlichung	<i>Zutreffendes bitte ankreuzen</i> <input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass nach der Registrierung des Projekts durch das BAFU die Daten im Feld „Gesuchsteller“ auf der Internetseite des BAFU aufgeschaltet werden. <input checked="" type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass nach der Registrierung des Projekts durch das BAFU die Daten im Feld „Gesuchsteller“ und die Daten im Feld „Kontakt“ auf der Internetseite des BAFU aufgeschaltet werden.

Zeitplan	Datum	Spezifische Bemerkungen
Umsetzungsbeginn	Programmebene: Voraussichtlich 1. Oktober 2014	Massgebliche finanzielle Verpflichtung ist erfolgt, sobald ein im Rahmen des Programms vergünstigtes Angebot für tado° in der Schweiz erhältlich ist. Die Lancierung eines vergünstigten Angebots ist auf den Start der Heizperiode 2014/2015 geplant.
	Vorhabensebene: Voraussichtlich 1. Oktober 2014	Sobald das erste Gerät vergünstigt verkauft oder vermietet wurde.
Wirkungsbeginn	Der Wirkungsbeginn wird auf Ebene der Vorhaben festgelegt	Installationsdatum des Heizungssystems

<p>Technologie</p>	<p>Eine mögliche Massnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäude ist der Einbau eines intelligenten Heizungssystems. Ein intelligentes Heizungssystem erlaubt es, die Wärmeproduktion zu optimieren und so Energie zu sparen. Bei der in diesem Programm verwendeten Technologie, welche von tado° GmbH entwickelt wurde, handelt es sich um ein intelligentes Steuerungssystem, das sich automatisch an das Verhalten der Bewohner eines Gebäudes anpasst.</p> <p>Der Thermostat von tado° basiert auf einer innovativen Technologie: Er erfasst die Anwesenheit der Bewohner im Gebäude mittels GPS-Daten via Smartphone. So kann die Raumtemperatur automatisch abgesenkt werden, wenn niemand zuhause ist. Zusätzlich berücksichtigt tado° die lokale Wettervorhersage für den Standort. Bei einer herannahenden Warmfront kann so die Heizung bereits frühzeitig heruntergefahren werden. Weitere Informationen finden sich im Produktblatt [25]¹ im Anhang.</p> <p>Das intelligente Heizungssystem besteht aus zwei Hauptkomponenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die tado°-Box: Die Box wird mit dem bereits vorhandenen Heizungssystem verbunden. Dabei kann sie einen existierenden Thermostat oder die Heizungssteuerung ersetzen. Das Gerät kommuniziert mit dem Smartphone über eine Internetverbindung. - Die tado°-App: Das Smartphone sendet automatisch den Standort des Benutzers an die Box. Der Benutzer kann überall und jederzeit die Temperatur kontrollieren und die Heizung wenn gewünscht manuell steuern. Die App basiert auf einer Open-Source Lösung (Thingsquare Mist). <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"> Away Home Sleep </p> <p><i>Abbildung 2. Die tado°-App auf dem Smartphone.</i></p>
--------------------	--

¹ Alle referenzierten Quellen sind im Anhang 3 aufgeführt und können eingesehen werden auf: <https://www.dropbox.com/sh/3uyb71cs78q00ys/AABLItMMHbGKPfr16ODGaiQPa>

	<p>Mit seiner intelligenten Heizungssteuerung erlaubt tado° eine holistische Herangehensweise. Das System passt sich dem Verhalten der Benutzer. So lernt tado° schnell, auf die individuellen Gegebenheiten des Gebäudes, welche beispielsweise durch die Isolation oder die verglasten Flächen beeinflusst werden, und die Gewohnheiten seiner Benutzer zu reagieren. Tado° berücksichtigt gleichzeitig Wetterdaten und kann basierend auf guter Wetterprognose die Heizung bereits frühzeitig herunterfahren. So kann die gewünschte Raumtemperatur noch effizienter erreicht werden.</p>
<p>Schematische Darstellung</p>	<p>tado° architecture</p>  <p>The diagram illustrates the tado° architecture. It shows a house with a chimney. Inside the house, there is a 'tado° temperature sensor (wireless, no batteries needed)' and a 'tado° box' connected to a 'heating' unit. Outside the house, there is a 'tado° gateway' connected to the 'Internet'. The 'Internet' is connected to a 'tado° server' located in a cloud. A mobile phone is also connected to the 'tado° server'. A weather icon is shown above the cloud, and a computer monitor is connected to the 'tado° server'.</p> <p>Abbildung 3. Die einzelnen Komponenten von tado°.</p> <p>Es werden keine negativen Nebeneffekte ökologischer, sozialer oder wirtschaftlicher Art in Zusammenhang mit dem Programm erwartet.</p>

2.2 Art des Projekts		
<input type="checkbox"/> Einzelnes Projekt	<input type="checkbox"/> Projektbündel	<input checked="" type="checkbox"/> Programm
Treibhausgas(e)	<input checked="" type="checkbox"/> CO ₂ <input type="checkbox"/> CH ₄ <input type="checkbox"/> N ₂ O <input type="checkbox"/> HFC <input type="checkbox"/> PFC <input type="checkbox"/> SF ₆ <input type="checkbox"/> NF ₃	

2.3 Beschreibung des Projekts

Ausgangslage:
 Rund ein Drittel des Energiebedarfs der Schweiz und fast 70% des Energiebedarfs der Haushalte wird für die Erzeugung von Raumwärme verwendet:

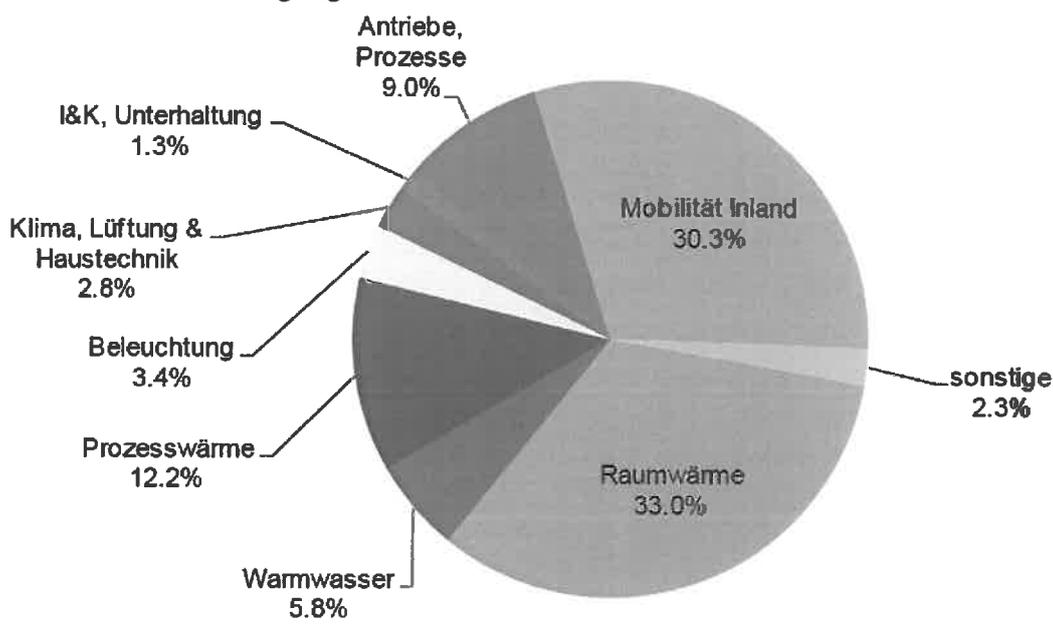


Abbildung 4. Prozentuale Anteile der ausgewählten Verwendungszwecke am inländischen Endenergieverbrauch 2012 [1].

Rund die Hälfte der Haushalte wird mit Öl beheizt, 15% verfügen über eine Gasheizung [2]. Rund 20% der Treibhausgasemissionen der Schweiz stammen aus dem Gebäudebereich [3], womit sich hier ein erhebliches Reduktionspotential ergibt.

Da sich der Gebäudepark in der Schweiz gegenwärtig nur sehr langsam erneuert (die energetische Sanierungsrate liegt gegenwärtig bei 1.0% [26]), sind finanziell attraktive Massnahmen gefordert, welche die Energieeffizienz auch in bestehenden Gebäuden verbessern können.

Zurzeit werden über 95% der Heizungen basierend auf Heizkurven gesteuert, das heisst, die Vorlauftemperatur der Heizung wird über die gemessene Aussentemperatur reguliert. Diese Form der Heizungssteuerung ist aufgrund ihrer Einfachheit sehr verbreitet, weist aber ein energetisches Optimierungspotenzial auf [5; 6].

Projektziel:

Ziel des Programms ist es, die Energieeffizienz in Privathaushalten mittels intelligenter Heizungssteuerung zu optimieren. Durch das intelligente Heizungssystem tado° kann der Heizwärmebedarf und die damit verbundenen CO₂-Emissionen gesenkt werden.

Haushalten, welche die Anforderungen des Programms (siehe Abschnitt weiter unten) erfüllen, soll tado° zu einem vergünstigten Preis angeboten werden. Die Vergünstigung soll aus dem Verkauf von Bescheinigungen finanziert werden und einen finanziellen Anreiz zur Anschaffung von tado° bieten. Die Höhe der Rabatte wird (i) aufgrund der im Mittel zu erwartenden Emissionsreduktionen, (ii) dem zu erwartenden Erlös pro Bescheinigung und (iii) dem resultierenden Verkaufspreis inkl. Rabatt [REDACTED]

[REDACTED] festgelegt. Es liegt in unserem Interesse als Programmbetreiber, die Rabatte möglichst hoch festzulegen. Gleichzeitig ist aber auch unser Handlungsspielraum beschränkt, da der zu erwartende Erlös pro Bescheinigung primär von der aktuellen Marktsituation (Angebot und Nachfrage für Bescheinigungen) abhängt. Wie hoch die Rabatte für welche Angebotsvariante über welchen Zeitraum genau sein werden, ist Gegenstand laufender Verhandlungen. Um sicherzustellen, dass die Zusätzlichkeit der Vorhaben gewährleistet ist, wird ein minimaler Rabatt von 10% auf den ursprünglichen Verkaufspreis bzw. die ursprüngliche Miete definiert. Zusätzlich zur Preisreduktion als direkten finanziellen Anreiz sollen bestehende Hemmnisse im Rahmen der Effizienzlücke durch gezielte Informationstätigkeit über das Programm sowie über Multiplikatoreffekte (Mund-zu-Mund-Propaganda) überwunden werden.

Referenzszenario:

Momentan existieren keine gesetzlichen Vorschriften oder monetäre Anreize für Haushalte zur Anschaffung einer intelligenten Heizungssteuerung. Haushalte können sich frei entscheiden zwischen einer herkömmlichen Regulierung mittels Heizkurven oder einem intelligenten Steuerungssystem wie tado°.

Szenario 1: Keine Adoption von Massnahmen zur Emissionsreduktion ohne Einnahmen aus Bescheinigungen

Es wird weiterhin keine finanziellen Anreize oder gesetzliche Vorschriften zur Anschaffung einer intelligenten Heizungssteuerung geben. Die Thematik wird auch weiterhin kaum beachtet. Massnahmen werden nur in Einzelfällen umgesetzt.

Sehr wahrscheinlich. Die Effizienzlücke, welche die Umsetzung von energiesparenden Massnahmen behindert, ist ein seit langem bestehendes Problem (siehe Abschnitt Additionalität).

Szenario 2: Verbreitete Adoption von Massnahmen zur Emissionsreduktion ohne Einnahmen aus Bescheinigungen

Es wird weiterhin keine gesetzlichen Vorschriften und finanziellen Anreize zur Anschaffung einer intelligenten Heizungssteuerung geben. Aufgrund der Relevanz des Themas Klimawandels werden Hauseigentümer und Mieter eigenständig Massnahmen umsetzen. Es kommt zu einer verbreiteten Anwendung von intelligenten Heizungssteuerungen. Die Effizienzlücke wird überwunden.

Sehr unwahrscheinlich. Die Effizienzlücke, welche die Umsetzung von energiesparenden Massnahmen behindert, ist ein seit langem bestehendes Problem (siehe Abschnitt Additionalität). Ohne Bescheinigungen gibt es keine direkten finanziellen Anreize und keine Informationskampagne zur Überwindung der Effizienzlücke. Fehlendes Interesse, fehlendes Wissen und fehlende finanzielle Anreize bleiben als Hemmnisse bestehen und behindern den flächendeckenden Einsatz von intelligenten Steuerungssystemen.

Szenario 3: Verbreitete Adoption von Massnahmen zur Emissionsreduktion mit Einnahmen aus Bescheinigungen

Mit dem vorgeschlagenen intelligenten Heizungssystem können Bescheinigungen generiert werden. Es kommt zu einer verbreiteten Anwendung von intelligenten Heizungssteuerung.

Sehr wahrscheinlich. Die Einnahmen aus den Bescheinigungen können genutzt werden, um ein intelligentes Heizungssystem zu Konditionen anzubieten, welche eine Mehrheit als attraktiv empfindet. Mit den Bescheinigungen gibt es direkte finanzielle Anreize zur Überwindung der Effizienzlücke. Vertriebspartner bewerben das vergünstigte Angebot. Zusammen mit gezielter Informationstätigkeit wird die Bevölkerung so über das Thema informiert. Die Effizienzlücke kann geschlossen werden.

Fazit:

Szenario 1 wird als Referenzszenario gewählt, während Szenario 3 dem Projektszenario entspricht.

Kreditierungsperiode des Programmes (in Jahren): 7 Jahre mit Verlängerungsoptionen von jeweils 3 Jahren gemäss CO₂-Verordnung (Art. 8 Abs. 2 CO₂-Verordnung und Ergänzungsblatt: Kreditierungsperiode).

Laufzeit des Programms (in Jahren): max. 22 Jahre (1 Kreditierungsperiode à 7 Jahre und max. 5 Verlängerungen à 3 Jahre)

Laufzeit des Vorhabens (in Jahren): Der Umsetzungsbeginn wird im jeweiligen Vorhaben definiert. Die reguläre Laufzeit der Vorhaben wird auf 10 Jahre festgelegt. Dies entspricht der in der BAFU-Mitteilung [8] festgelegten Amortisationsfrist für Haustechnik-Sparmassnahmen.

Kriterien für die Aufnahme von Vorhaben ins Programm				
Thema	Nr.	Aufnahmekriterium	Nachweis	Bestätigung
Ort	1	Im Programm eingebundene Vorhaben befinden sich in der Schweiz.	Adresse, die tado° für die Wetterdaten verwendet	Ja/Nein
	2	Die im vorliegenden Programm eingebundenen Vorhaben befinden sich nicht in einem von der CO ₂ -Abgabe befreiten Unternehmen.	Akzeptieren der Teilnahmebedingungen bei Bestellung	Ja/Nein
Vertrag	3	Die im vorliegenden Programm bescheinigten Emissionsverminderungen können nicht anderwertig geltend gemacht werden.	Akzeptieren der Teilnahmebedingungen bei Bestellung	Ja/Nein
	4	Der Projekteigner tritt die Rechte für im Rahmen des Projekts generierte Bescheinigungen an die South Pole Suisse AG ab.	Akzeptieren der Teilnahmebedingungen bei Bestellung	Ja/Nein
Technische Anforderungen	5	Raumwärmequelle ist ein im Programm enthaltener Energieträger (Öl, Gas oder Strom für Wärmepumpe).	Ausgewählte Heizung bei der Installation von tado°	Energieträger (Öl, Gas oder Strom für Wärmepumpe)
Monitoring	6	Das Vorhaben kann einem der im Programm beschriebenen Haushaltstypen (alt/neu, Einzel-/Mehrpersonen, Haus/Wohnung) zugeordnet werden.	Anmeldeformular für neue Vorhaben	Ja/Nein
	7	Die im Vorhaben eingeschlossene beheizte Fläche ist bekannt.	Anmeldeformular für neue Vorhaben	Ja/Nein

3. Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten

Ist das Projekt zur Inanspruchnahme von *staatlichen* Finanzhilfen berechtigt?

Ja Nein

Weist das Projekt Schnittstellen zu Unternehmen auf, die von der CO₂-Abgabe befreit sind?

Ja Nein

4. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen

4.1. Systemgrenze

Beschreibung:

Die Systemgrenze des Programms umfasst alle Haushalte, welche eine intelligente Heizungssteuerung von tado° verwenden und die obigen Kriterien für die Aufnahme ins Programm sowie den Verbleib im Programm erfüllen. Ein einzelnes Vorhaben ist definiert als ein Tado° Connector Kit (siehe Abbildung 5), welches an eine Heizung angeschlossen ist.



Abbildung 5. Jedes im Rahmen des Programms verkaufte oder vermietete Tado° Connector Kit wird als einzelnes Vorhaben ausgewiesen.

Grafische Darstellung:

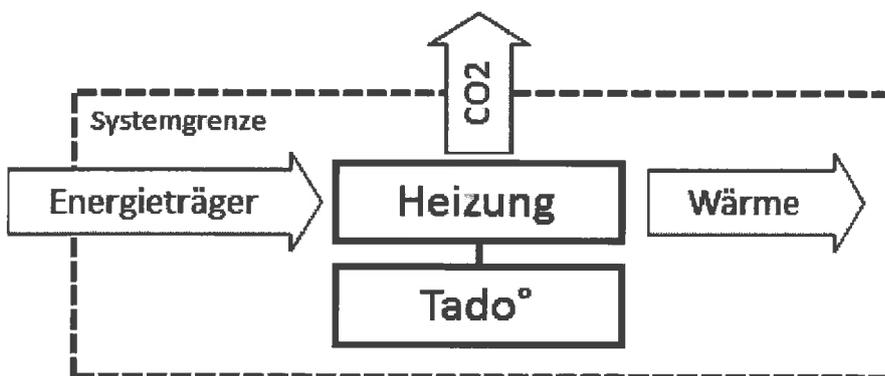


Abbildung 6. Systemgrenze des Programms.

4.2 Direkte und indirekte Emissionsquellen				
	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Projektmissionen	Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Erzeugung der Raumwärme	CO ₂	Ja	Hauptemissionsquelle innerhalb der Systemgrenzen
	N/A	CH ₄	Nein	
	N/A	N ₂ O	Nein	
	N/A	N/A	Nein	
Referenzentwicklung	Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Erzeugung der Raumwärme	CO ₂	Ja	Hauptemissionsquelle innerhalb der Systemgrenzen
	N/A	CH ₄	Nein	
	N/A	N ₂ O	Nein	
	N/A	N/A	Nein	

Leakage
<p>Es ist keine Leakage durch Stromverbrauch des installierten Geräts zu erwarten: Tado° setzt auf stromsparende Hardwarekomponenten (insb. Prozessoren) und ein daraufhin optimiertes Schaltungsdesign. Dadurch ist gewährleistet, dass tado° autark ohne zusätzliche Stromversorgung aus den Kommunikationsschnittstellen der Heizung betrieben werden kann.</p> <p>Tado° führt zu geringen Mehremissionen durch den Energieverbrauch der Server. Tado° nutzt hierfür keine eigenen Server, sondern eine Cloud Computing Lösung, welche wesentlich energieeffizienter ist. Die Server stehen nicht in der Schweiz und sind deshalb nicht anzurechnen. Gemäss tado° sind die Leakage-Emissionen durch den Energieverbrauch pro Gerät marginal.</p> <p>Insgesamt wird somit keine nennenswerte durch das Projekt verursachte Leakage erwartet.</p>

Einflussfaktoren

Es wurden folgende möglichen Einflussfaktoren identifiziert, welche im Rahmen der jährlichen Verifizierung der Emissionsreduktionen zu überprüfen sind:

Einflussfaktor 1: Änderungen Energievorschriften im Gebäudebereich

Momentan wird für das Projekt- und Referenzszenario mit einem Haushaltstyp „alt“ (durchschnittliches Gebäude) und einem Haushaltstyp „neu“ (Minergie- oder MuKEn 2008) gerechnet. Zurzeit werden die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEn) überarbeitet. Das Inkrafttreten der neuen MuKEn 2014 ist per 2020 geplant.² Mit Inkrafttreten der neuen Vorschriften werden die Projekt- und Referenzemissionen für nach den neuen Vorschriften erstellte oder energetisch sanierte Bauten mit einem entsprechenden Korrekturfaktor nach unten korrigiert. Gemäss momentanem Entwurf für die MuKEn 2014 würden Projekt- und Referenzszenario wie folgt angepasst:

Tabelle 1. Vergleich der gegenwärtigen Energievorschriften (MuKEn 2008) mit den auf 2020 geplanten Vorschriften (MuKEn 2014).

Grenzwerte für den Heizwärmebedarf pro Jahr ³	MuKEn 2008 [10]	MuKEn 2014 (Stand 7.Mai 14) [9]	Δ	Korrekturfaktor neue Vorschriften
Einheit	kWh/m ²	kWh/m ²	%	
Neubauten Wohnen, MFH	31	14	-54.8%	0.452
Sanierungen Wohnen, MFH	39	18	-53.8%	
Neubauten Wohnen, EFH	43	21	-51.2%	0.482
Sanierungen Wohnen, EFH	54	26	-51.8%	

Einflussfaktor 2: Veränderung der Sanierungsrate des Schweizerischen Gebäudeparks

Es besteht die Möglichkeit, dass ein Gebäude während der Laufzeit des Vorhabens energetisch saniert wird. Momentan beträgt die energetische Sanierungsrate in der Schweiz 1.0% [26]. Die Berechnung der Projekt- und Referenzemissionen basiert auf einer Sanierungsrate von 0.9%. Sobald Studien belegen, dass sich die energetische Sanierungsrate in der Schweiz verändert hat, wird die Berechnung der Emissionsverminderungen entsprechend angepasst.

Einflussfaktor 3: Gesetzliche Verpflichtung zur Installation eines intelligenten Heizungssystems

Es besteht die Möglichkeit, dass in Zukunft gesetzliche Rahmenbedingungen einen Einfluss auf die Referenzentwicklung haben werden. Sobald entsprechende gesetzliche Vorschriften erlassen werden, welche die Umsetzungen der in diesem Programm enthaltenen Massnahmen ganz oder teilweise vorschreiben oder Emissionsvorschriften für Treibhausgasemissionen innerhalb der Systemgrenzen des Programms festlegen, ist das

² siehe [9], Seite 11 (Terminplan)

³ Die Werte für 2008 sind 80% der Zahlen vom Anhang 1C der MuKEn 2008 mit standardisierten Gebäudehüllzahlen der Tabelle C2 der SIA 2031. Die 80 % kommen aus der 80% nicht erneuerbaren Energien die gemässe MuKEn 2008 verwendet werden dürfen. Die Werte für 2014 sind diejenigen vom Art. 1.23 der MuKEn 2014 minus der Warmwasserbedarf gemäss Tabelle 23 der SIA 380/1

Referenzszenario für nach Inkrafttreten der Vorschriften für neu aufgenommene Vorhaben entsprechend anzupassen. Für bestehende Vorhaben wird die Referenzentwicklung nach Ablauf der geltenden Sanierungsfrist bzw. Übergangsfrist entsprechend angepasst.

4.3 Projektemissionen

Die Emissionen eines Vorhabens im Projektszenario entsprechen den CO₂-Emissionen aus der Erzeugung von Raumwärme, während die intelligente Heizungssteuerung tado° in Betrieb ist.

Die Projektemissionen für die einzelnen Vorhaben werden folgendermassen berechnet:

$$E_{P,y} = Q_{h,Projekt(i)} * \frac{t}{365} * f_{Klima(i,y)} * f_{Sanierung,Proj(i,y)} * EF_{(k)} * EBF * f_{Mitnahme(l)} \quad (1)$$

wobei:

$E_{P,y}$	Projektemissionen im Jahr y (t CO _{2,eq})
$Q_{h,Projekt(i)}$	Spezifischer jährlicher Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem tado° installiert ist (kWh/m ²)
t	Wirkungsdauer des Vorhabens im Jahr y (Tage)
$f_{Klima(i,y)}$	Faktor für die Klimakorrektur im Jahr y für einen Haushalt des Typs i
$f_{Sanierung, Proj(i,y)}$	Korrekturfaktor für die Projektemissionen bei Vorhaben in Altbauten infolge möglicher energetischer Sanierung im Jahr y für einen Haushalt des Typs i
$EF_{(k)}$	CO ₂ -Emissionsfaktor für einen Energieträgers des Typs k (t CO ₂ /kWh)
EBF	Im Vorhaben eingeschlossene beheizte Fläche (m ²)
$f_{Mitnahme(l)}$	Korrekturfaktor für Mitnahmeeffekte für die Angebotsvariante l

Die Grundlagen und Methodik zur Berechnung der Projektemissionen befinden sich im Anhang 1. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte kurz erläutert:

Der **spezifische Raumwärmebedarf** ($Q_{h,Projekt(i)}$) mit und ohne Verwendung von tado° wurde für 16 verschiedene Haushaltstypen im Rahmen einer Studie des Fraunhofer Instituts [11] simuliert. Für die Aufnahme eines Vorhabens ins Programm, muss das Vorhaben einem der in untenstehender Abbildung definierten 16 Haushaltstypen zugeordnet werden können:

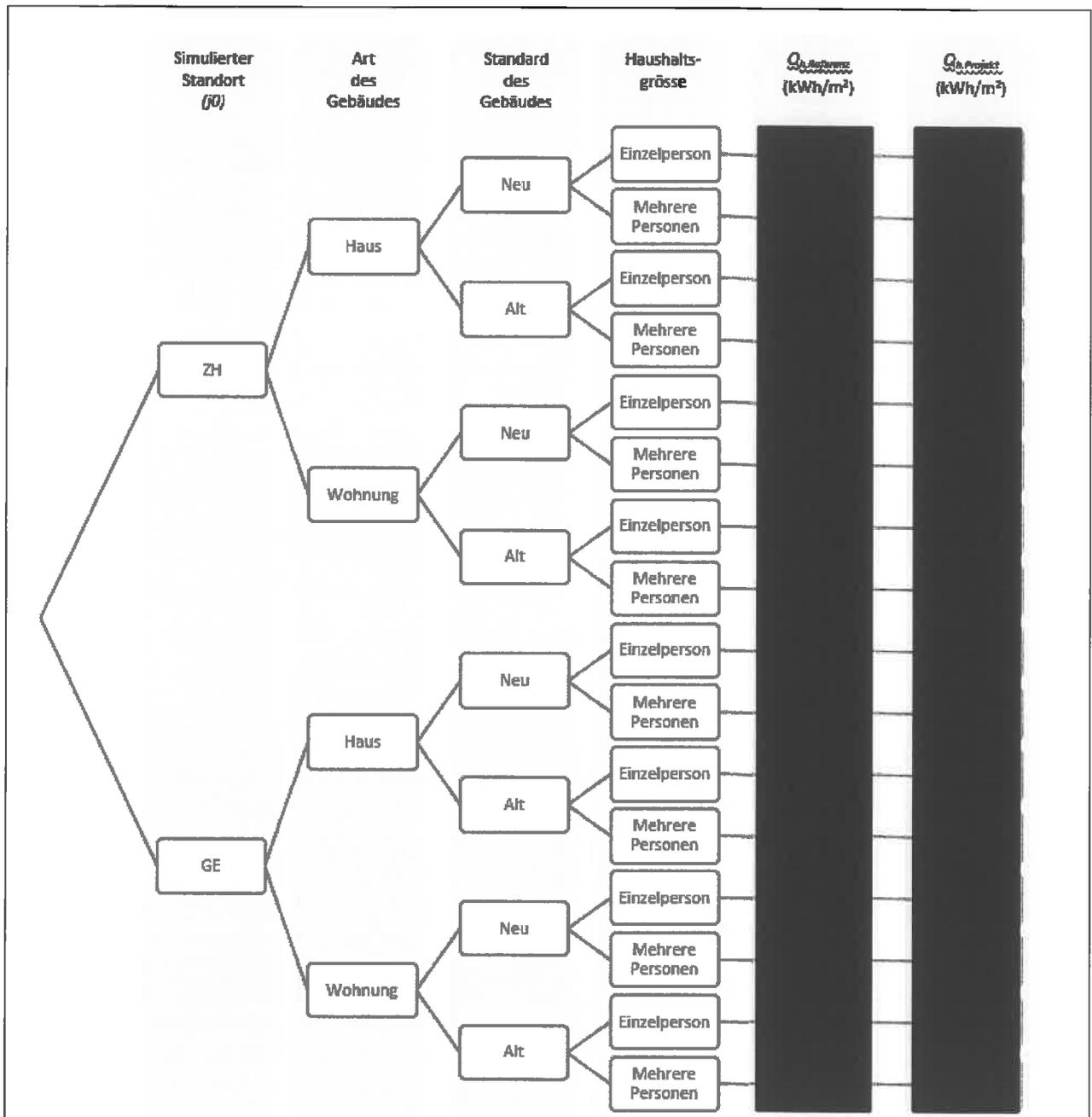


Abbildung 7. Zuteilung der Vorhaben zu einem der 16 Haushaltstypen und spezifischer Raumwärmebedarf im Projekt- und Referenzszenario.

Die Unterscheidungsmerkmale für die Zuteilung werden wie folgt definiert:

- Standort: Der Raumwärmebedarf wurde basierend auf Wetterdaten für Zürich und Genf modelliert. Für die Berechnung des Raumwärmebedarfs wird das Vorhaben demjenigen modellierten Standort zugeteilt, der dem Standort des Vorhabens klimatisch am ähnlichsten ist. Massgebend für die Zuteilung ist die Adresse, die tado° für die Wetterdaten des Gebäudes verwendet sowie die Anzahl Heizgradtage in der dem Vorhaben zugeteilten Wetterstation j im jeweiligen Jahr y (siehe auch Abschnitt Klimakorrektur weiter unten). Konkret heisst das: Werden am Ort j im Jahr y weniger als 3039 Heizgradtage⁴ (Mittelwert von 2825 und 3253) gezählt, wird das Vorhaben für die

⁴ 3039 ist der Mittelwert der langjährigen Mittel für Zürich und Genf gemäss Tabelle 3.

Berechnung des Wärmebedarfs im Jahr y dem Standort Genf (2825 HGT) zugeordnet, werden im Jahr y 3039 oder mehr Heizgradtage gezählt, erfolgt die Berechnung mit dem modellierten Wärmebedarf für Zürich (3253 HGT).

- Art des Gebäudes: Massgebend für die Zuteilung sind die im Formular zur Anmeldung des Vorhabens gemachten Angaben „Haus“ oder „Wohnung“.
- Standard des Gebäudes: Für die Modellierung eines Neubaus wurde ein Modellhaus nach den Vorschriften der deutschen Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 verwendet. Wie untenstehende Tabelle zeigt, entspricht der modellierte Neubau im Wesentlichen den Anforderungen von Minergie oder MuKE 2008.

Tabelle 2. Vergleich U-Werte (in W/m^2K) des modellierten Neubaus mit den U-Wert-Grenzwerten gemäss MuKE 2008.

Baukomponente	Modellierter Neubau gem. EnEV 2009 [11]	Anforderungen MuKE 2008 [10]	
		Neubau (Anhang 1a)	Sanierung (Anhang 1b)
Aussenwand	0.28	0.20	0.25
Dach	0.20	0.20	0.25
Fenster	1.30	1.30	1.30

Vorhaben in Minergie-zertifizierten Gebäuden oder nach 2008 erstellten oder energetisch sanierten Bauten werden deshalb dem Haushaltstyp „Neu“ zugeteilt. Vorhaben in allen anderen Bauten werden dem Haushaltstyp „Alt“ zugeteilt. Massgebend für die Zuteilung sind die im Formular zur Anmeldung des Vorhabens gemachten Angaben bezüglich Minergie-Zertifizierung und Baujahr nach 2008 bzw. energetische Sanierung nach 2008.

- Haushaltsgrösse: In Einpersonenhaushalten sind die Einsparungen grösser als bei Mehrpersonenhaushalten, da unter der Woche tagsüber niemand zuhause ist. Massgebend für die Zuteilung sind die im Formular zur Anmeldung des Vorhabens gemachten Angaben. Im Sinne einer konservativen Annahme wird die Haushaltsgrösse über die gesamte Laufzeit des Vorhabens konstant auf dem Anfangswert belassen, obwohl die Haushaltsgrösse in der Schweiz gemäss Bundesamt für Statistik in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich zurückgegangen ist.

Als Grundlage für die Berechnung des spezifischen Raumwärmebedarfs dienen die in einer Studie des Fraunhofer Instituts [11] mittels numerischer Simulationen ermittelten Werte in kWh pro m^2 . Die Simulationen wurden mit TRNSYS (Transient System Simulation Program) durchgeführt, einem von der University of Wisconsin entwickelten Gebäudemodellierungsprogramm. Das Programm erlaubt die realitätsgetreue Simulation des Raumwärmebedarfs und berücksichtigt die Charakteristiken des Gebäudes und seiner Bewohner wie beispielsweise Fensterflächen und -ausrichtung, Wärmeleiteigenschaften der verschiedenen Baukomponenten, individuelle Anforderungen an die Raumtemperatur für jeden einzelnen Raum, Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur der Heizung, Lüftung der Räume, interne Wärmequellen usw. Die Werte für die verschiedenen Haushaltstypen sind in Abbildung 7 dargestellt.

Die **Wirkungsdauer des Vorhabens** (t) umfasst die Anzahl Tage im Jahr y ab dem Wirkungsbeginn bis zum Wirkungsende des Vorhabens. Als Wirkungsbeginn wird der Zeitpunkt der Installation festgelegt. Als Wirkungsende wird der Zeitpunkt 10 Jahre nach Installationsbeginn (siehe „Laufzeit des Vorhabens“) festgelegt. Es besteht die Möglichkeit, dass ein Gerät vor Ablauf der regulären Laufzeit deinstalliert wird. Tado° stellt im Rahmen des

Monitorings sicher, dass nur für mit dem Internet verbundene Geräte Bescheinigungen generiert werden. Ist ein ins Programm aufgenommenes Gerät während länger als 30 Tagen nicht mehr mit dem Gerät verbunden, endet die Wirkungsdauer mit dem Zeitpunkt der letzten Verbindung mit dem tado°-Server.

Der Raumwärmebedarf schwankt je nach Witterung. Dieser Effekt wird mit einem Faktor für **Klimakorrektur** ($f_{Klima(i,y)}$) bei der Berechnung der Emissionen berücksichtigt. Wie bei der Klimakorrektur für die Brennstoff-Emissionen gemäss BAFU [12] werden die so genannten Heizgradtage berücksichtigt. Massgebend sind dabei jene Tage, an denen die Tagesmitteltemperatur unter 12 Grad Celsius liegt. Der Faktor für die Klimakorrektur wird jährlich nach folgender Formel neu berechnet:

$$f_{Klima(i,y)} = \frac{HGT_{j,y}}{HGT_{j0}} \quad (2)$$

wobei:

$HGT_{j,y}$	Anzahl Heizgradtage am Ort j im Jahr y
HGT_{j0}	Durchschnittliche Anzahl Heizgradtage pro Jahr am Ort $j0$ im für die Simulation verwendeten 10-Jahres-Mittel (2000-2009)

Als Grundlage für die Berechnung Heizgradtage dienen die Messwerte von MeteoSchweiz. Basierend auf der im Anmeldeformular erhobenen Adresse wird jedes Vorhaben einem Kanton und jeder Kanton einer Wetterstation j zugeordnet. Für die Berechnung der Emissionen wird die Anzahl Heizgradtage der zugeordneten Wetterstation verwendet. Die Zuweisung ist im Anhang 4 (Tab f_{Klima}) ersichtlich. Falls in einem Kanton mehrere Messstationen existieren, wurde im Sinne einer konservativen Berechnung jeweils diejenige mit dem tiefsten langjährigen Mittel ausgewählt (z.B. Kanton St. Gallen: Station St. Gallen: ca. 3700 HGT/Jahr; Station Säntis: ca. 7500 HGT/Jahr -> zugewiesene Station: St. Gallen). Falls in einem Kanton keine Messstation existiert, wurde jeweils die nächste angrenzende Station ausgewählt (z.B. Kanton Fribourg -> zugewiesene Station: Payerne VD).

Die Anzahl der Heizgradtage am Ort j im Jahr y ($HGT_{j,y}$) wird geteilt durch den für die Simulation des spezifischen Raumwärmebedarfs verwendeten langjährigen Mittelwert am Ort $j0$ (HGT_{j0} , entweder Zürich oder Genf, siehe Tabelle 3). Die Zuteilung der Vorhaben zu einem Ort $j0$ ist im Abschnitt „Standort des Gebäudes“ weiter oben beschrieben.

Tabelle 3. Durchschnittliche Anzahl Heizgradtage pro Jahr für den Zeitraum 2000-2009 (Datenquelle: MeteoSchweiz).

Ort j0	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Durchschnitt HGT _{ja}
Zürich SMA	3093	3238	3055	3372	3325	3484	3292	3105	3382	3186	3253
Genève-Cointrin	2614	2763	2693	2895	2809	3064	2844	2776	2965	2826	2825

Es besteht die Möglichkeit, dass ein Gebäude während der Laufzeit des Vorhabens energetisch saniert wird. Dieser Effekt wird mit einem **Korrekturfaktor für die infolge möglicher energetischer Sanierung** ($f_{Sanierung, Proj(i,y)}$) berücksichtigt. Der Korrekturfaktor für die Projektemissionen wird nach folgender Formel berechnet:

$$f_{Sanierung, Proj(i,y)} = \frac{Q_{h,Projekt(i)} * (1 - (a * r)) + Q_{h,Projekt(i),Neubau} * a * r}{Q_{h,Projekt(i)}} \quad (3)$$

wobei:

- $Q_{h,Projekt(i)}$ Spezifischer jährlicher Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem tado° installiert ist (kWh/m²), vor energetischer Sanierung
- $Q_{h,Projekt(i), Neubau}$ Spezifischer jährlicher Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem tado° installiert ist (kWh/m²), nach energetischer Sanierung
- a Anzahl Jahre nach Aufnahme des Vorhabens in das Programm
- r Energetische Sanierungsrate in der Schweiz

Momentan beträgt die energetische Sanierungsrate (r) in der Schweiz 1.0% [26]. Sobald Studien belegen, dass sich die energetische Sanierungsrate in der Schweiz verändert hat, wird die Berechnung der Emissionsverminderungen entsprechend angepasst (siehe Abschnitt Einflussfaktoren).

Als Grundlage für die **Emissionsfaktoren** ($EF_{(k)}$) dienen die in der BAFU-Mitteilung [8], Anhang 3, publizierten Emissionsfaktoren in t CO₂/kWh. Der darin definierte Faktor für Strom wird durch die 3.7 geteilt, der durchschnittlichen Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe. Dieser Wert ist entspricht dem Durchschnitt der vom BFE publizierten [13] Bandbreiten für Wärmepumpen. Die genaue Berechnungsmethodik findet sich in der angehängten Exceldatei (Anhang 4, Tab „EF“). Massgeblich für den gewählten Energieträger k der Wärmequelle sind auf dem tado° Server gespeicherten Daten zur Heizung, mit welcher tado° verbunden ist. Jedes kompatible Heizungsmodell lässt einen eindeutigen Rückschluss auf den verwendeten Energieträger zu. Es besteht die Möglichkeit, dass vor Ablauf der regulären Laufzeit eine Änderung an der Energieversorgung der Heizung (z.B. Umstellung auf nicht-fossile Energieversorgung) erfolgt. In diesem Fall muss tado° durch den Kundendienst für die neue Heizung umprogrammiert werden und wird ab dann automatisch dem neuen Energieträger zugeordnet. Im Sinne einer konservativen Betrachtung ist jeweils die verwendete Wärmequelle am Zeitpunkt der Erhebung massgebend, d.h. bei Umrüstung einer Ölheizung auf eine Wärmepumpe im Laufe der Berichtsperiode, wird für die gesamte Berichtsperiode nur der Emissionsfaktor für die Wärmequelle Strom verwendet.

Als Grundlage für die im Vorhaben eingeschlossene beheizte **Fläche** (EBF) dienen die im Formular zur Anmeldung des Vorhabens gemachten Angaben. Im Sinne einer konservativen Schätzung wird die Fläche über die die gesamte Laufzeit des Vorhabens konstant auf dem Anfangswert belassen, obwohl sie sich in einzelnen Haushalten durch Ausbauten möglicherweise vergrößert.

Es besteht die Möglichkeit, dass ein Gebäude während der Laufzeit des Programms auch ohne Erlös aus dem Verkauf von Bescheinigungen mit tado° ausgerüstet worden wäre (Mitnahmeeffekte). Dieser Effekt wird mit einem **Korrekturfaktor für die Mitnahmeeffekte** ($f_{\text{Mitnahme } (I)}$) berücksichtigt. Dafür wird eine Studie zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft gemäss van Westendorp⁵ herangezogen. Für die verschiedenen Angebotsvarianten (*I*, d.h. Miete/Kauf; mit/ohne Raumthermostat), wird geschaut, bei welcher Zahlungsbereitschaft, der im Kapitel Wirtschaftlichkeitsanalyse verwendete Benchmark ohne Abgeltung erfüllt wäre. Der Anteil der Personen mit der geforderten jährlichen Zahlungsbereitschaft wird daher über den Anteil der Befragten ermittelt, welche das Gerät bei der geforderten Zahlungsbereitschaft noch als günstig erachten. Dieser Anteil wird als Mitnahmeeffekt abgezogen.⁶ Tabelle 4 fasst das Vorgehen und die verwendeten Korrekturfaktoren für die Mitnahmeeffekte zusammen:

Tabelle 4. Mitnahmefaktoren für die verschiedenen Angebote

Angebotsvariante <i>I</i>	Geforderte jährliche Zahlungsbereitschaft ohne Abgeltung	% der Befragten mit geforderter Zahlungsbereitschaft	f_{Mitnahme}
Miete mit RT			
Miete ohne RT			
Kauf mit RT			
Kauf ohne RT			

Tado° führt möglicherweise zu sehr geringen indirekten Mehremissionen in der Lieferkette (Produktion, Transport und Entsorgung):

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Die oben angeführten potenziellen indirekten Emissionen in der Lieferkette werden als minimal gegenüber den erwarteten Emissionsreduktionen eingestuft und werden deshalb in der Berechnung der erwarteten Projektemissionen vernachlässigt.

Die Abschätzung der erwarteten Projektemissionen wurde als Summe auf Ebene der einzelnen Vorhaben gemäss Formel 1 berechnet. Es wurde mit folgender Anzahl neu aufgenommener Vorhaben pro Jahr gerechnet:

Tabelle 5. Erwartete Anzahl neu aufgenommener Vorhaben zur Abschätzung der erwarteten Emissionsverminderungen.

⁵ [14], für weitere Ausführungen siehe Abschnitt Wirtschaftlichkeitsanalyse

⁶ In einer Studie von Müller [15] über die Kaufbereitschaft von Zigaretten wurde der Anteil der Personen, die bei das Produkt bei einem bestimmten Preis für zu teuer hält, als Nichtkäufer identifiziert. Im Gegensatz zu Zigaretten, welche als seit langem am Markt etabliertes Produkt von einer breiten Käuferschaft regelmässig als Suchtmittel konsumiert werden, ist tado° bisher kaum etabliert und nachgefragt (siehe auch Abschnitt „Übliche Praxis“). Für eine Änderung des Kaufverhaltens braucht es deshalb bei tado° einen bewussten Entscheid für den Kauf (Preis wird als günstig wahrgenommen), wohingegen bei Zigaretten ein bewusster Entscheid gegen den Kauf erfolgen muss (Produkt wird als zu teuer wahrgenommen).

Anzahl neu aufgenommene Vorhaben	
im 1. Jahr (2014)	
im 2. Jahr (2015)	
im 3. Jahr (2016)	
im 4. Jahr (2017)	
im 5. Jahr (2018)	
im 6. Jahr (2019)	
im 7. Jahr (2020)	
<p>Gemäss den Erfahrungen für tado° werden jährlich ██████ der bestehenden Mietverträge aufgelöst (Drop-off-Rate). Wir gehen davon aus, dass die Drop-off Rate für verkaufte Geräte deutlich tiefer liegt. Für die Berechnung der Emissionsverminderungen innerhalb des Programms wurde deshalb angenommen, dass jährlich ██ der installierten Vorhaben infolge Deinstallation aus dem Programm entlassen werden. Die Berechnung ist in einer separaten Exceldatei (Anhang 1) dokumentiert.</p> <p>Für die Verteilung der einzelnen Haushaltstypen auf Programmebene wurde dieselbe Verteilung wie für die Berechnung der erwarteten Ersparnis (siehe Anhang 2) angenommen. Die Berechnung ist in einer separaten Exceldatei (Anhang 1) dokumentiert.</p> <p>Für den Faktor zur Klimakorrektur wurde ein langjähriges Mittel von 1 angenommen. Die Berechnung ist in einer separaten Exceldatei (Anhang 1) dokumentiert.</p> <p>Auf Programmebene werden die folgenden Projektemissionen erwartet:</p>	
Jahr	Erwartete Projektemissionen (in t CO ₂ eq)
1. Jahr	
2. Jahr	
3. Jahr	
4. Jahr	
5. Jahr	
6. Jahr	
7. Jahr	
In der Kreditierungsperiode	
Über die Projektlaufzeit	

4.4 Referenzentwicklung

Die Emissionen eines Vorhabens im Referenzszenario entsprechen den CO₂-Emissionen aus der Erzeugung von Raumwärme, während eine herkömmliche (Heizkurven-basierte) Heizungssteuerung in Betrieb ist.

Die Referenzemissionen für die einzelnen Vorhaben werden folgendermassen berechnet:

$$E_{RE,y} = Q_{h,Referenz(i)} * \frac{t}{365} * f_{Klima(i,y)} * f_{Sanierung,RE(i,y)} * EF_{(k)} * EBF * f_{Mitnahme(y)} \quad (4)$$

wobei:

$E_{RE,y}$	Referenzemissionen im Jahr y (tCO _{2,eq})
$Q_{h,Referenz(i)}$	Spezifischer jährlicher Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem eine herkömmliche Heizungssteuerung installiert ist (kWh/m ²)
t	Wirkungsdauer des Vorhabens im Jahr y (Tage)
$f_{Klima(i,y)}$	Faktor für die Klimakorrektur im Jahr y für einen Haushalt des Typs i
$f_{Sanierung, RE(i,y)}$	Korrekturfaktor für die Referenzemissionen bei Vorhaben in Altbauten infolge möglicher energetischer Sanierung im Jahr y für einen Haushalt des Typs i
$EF_{(k)}$	CO ₂ -Emissionsfaktor für einen Energieträgers des Typs k (tCO ₂ /kWh)
EBF	Im Vorhaben eingeschlossene beheizte Fläche (m ²)
$f_{Mitnahme(l)}$	Korrekturfaktor für Mitnahmeeffekte für die Angebotsvariante l

Die Grundlagen und Methodik zur Berechnung der Referenzemissionen befinden sich im Anhang 1. Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte kurz erläutert:

Die verwendeten Werte für den spezifischen Raumwärmebedarf ($Q_{h,Referenz(i)}$) für die verschiedenen Haushaltstypen sind in Abbildung 7 dargestellt. Die Zuteilung der Haushalte und die Berechnung erfolgen analog dem im Abschnitt Projektemissionen beschriebenen Vorgehen.

Die Berechnung der Wirkungsdauer (t) und des Faktors für die Klimakorrektur ($f_{Klima(i,y)}$) erfolgt analog dem im Abschnitt Projektemissionen beschriebenen Vorgehen.

Der Korrekturfaktor für die Referenzemissionen ($f_{Sanierung, RE(i,y)}$) wird nach folgender Formel berechnet:

$$f_{Sanierung, RE(i,y)} = \frac{Q_{h,Referenz(i)} * (1 - (a * r)) + Q_{h,Referenz(i),Neubau} * a * r}{Q_{h,Referenz(i)}} \quad (5)$$

wobei:

$Q_{h,Referenz(i)}$ Spezifischer jährlicher Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem eine herkömmliche Heizungssteuerung installiert ist (kWh/m^2), vor energetischer Sanierung

$Q_{h,Referenz(i),Neubau}$ Spezifischer jährlicher Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem eine herkömmliche Heizungssteuerung installiert ist (kWh/m^2), nach energetischer Sanierung

a Anzahl Jahre nach Aufnahme des Vorhabens in das Programm

r Energetische Sanierungsrate in der Schweiz

Die Annahmen für die energetische Sanierungsrate in der Schweiz (r) erfolgen analog dem im Abschnitt Projektemissionen beschriebenen Vorgehen.

Die Annahmen für den Energieträger (k), den Emissionsfaktor ($EF_{(k)}$), die beheizte Fläche (EBF) und den Korrekturfaktor für die Mitnahmeeffekte ($f_{Mitnahme(i)}$) erfolgen analog dem im Abschnitt Projektemissionen beschriebenen Vorgehen.

Die Abschätzung der erwarteten Referenzemissionen wurde als Summe auf Ebene der einzelnen Vorhaben gemäss Formel 4 berechnet. Die Annahmen bezüglich erwartetem Absatz, Drop-off Rate und Verteilung der Haushaltstypen verhalten sich analog dem Abschnitt Projektemissionen beschriebenen Vorgehen. Die Berechnung ist in einer separaten Exceldatei (Anhang 1) dokumentiert.

Auf Programmebene werden folgende Referenzemissionen erwartet:

Jahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO ₂ eq)
1. Jahr	
2. Jahr	
3. Jahr	
4. Jahr	
5. Jahr	
6. Jahr	
7. Jahr	
In der Kreditierungsperiode	
Über die Projektlaufzeit	

4.5 Erwartete Emissionsverminderungen				
Auf Programmebene werden somit die folgenden Emissionsverminderungen erwartet:				
Jahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO ₂ eq)	Erwartete Projekt-emissionen (in t CO ₂ eq)	Schätzung der Leakage (in t CO ₂ eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO ₂ eq)
1. Jahr			0	
2. Jahr			0	
3. Jahr			0	
4. Jahr			0	
5. Jahr			0	
6. Jahr			0	
7. Jahr			0	
In der Kreditierungsperiode			0	
Über die Projektlaufzeit			0	

Wirkungsaufteilung

Momentan gibt es keine Überschneidungen mit anderen klima- oder energiepolitischen Instrumenten und es können für 100% der erzielten Emissionsverminderungen Bescheinigungen ausgestellt werden.

Sollte die über tado° erzielte Stromeinsparung für Wärmepumpen dereinst über ProKilowatt gefördert werden, erfolgt eine Wirkungsaufteilung gemäss Vorgaben der BAFU-Mitteilung [8] für Vorhaben mit dieser Wärmequelle. Es bleibt zudem festzuhalten, dass Vorhaben mit Wärmepumpen aufgrund der im Verhältnis zu Öl- und Gasheizungen wesentlich tieferen Verbreitung und aufgrund des tieferen Emissionsfaktors nur einen marginalen Teil der erwarteten Emissionsverminderungen ausmachen werden.

5. Nachweis der Zusätzlichkeit

Analyse der Zusätzlichkeit



Der Wirtschaftlichkeitsanalyse wird im Folgenden anhand einer Benchmarkanalyse unter Berücksichtigung von robusten Sensitivitätsszenarien durchgeführt. Die entsprechenden Berechnungsgrundlagen und Referenzangaben finden sich in der Exceldatei im Anhang (Anhang 2).

Wirtschaftlichkeitsanalyse

Benchmarkanalyse

1. Berechnung des Ertrags

Für die Benchmarkanalyse wird die wahrgenommene Ersparnis für den Betreiber der intelligenten Heizungssteuerung verwendet, die sich aus der erwarteten Ersparnis sowie einem Abzug für die Effizienzlücke (monetarisierte Hemmnisse) ergibt (siehe Grafik unten).

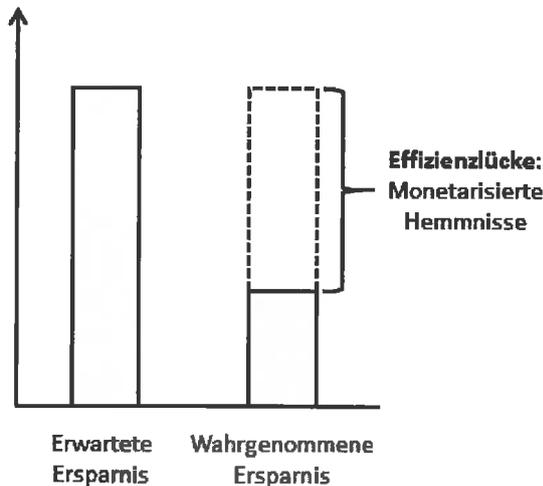


Abbildung 8. Berechnung der wahrgenommenen Ersparnis

1.a) Berechnung der erwarteten Ersparnis

Mit tado° kann der Energiebedarf für die Heizung gesenkt werden, was auch einer direkten Kosteneinsparung entspricht. Zur Berechnung der erwarteten jährlichen Ersparnis wurde die erwartete Energieeinsparung für jeden Haushaltstyp mit den von der Geschäftsstelle Kompensation festgelegten „Energiepreisen für Projekte zur Emissionsverminderung im Inland“ für das Jahr 2014 multipliziert.

1.b) Quantifizierung Effizienzlücke:

Kaufentscheide für Energieeffizienz erfolgen nicht nach strengen Kosten-/Nutzenüberlegungen. Der Nutzen wird in der Regel deutlich weniger stark gewichtet. Dieses Phänomen wird in der Fachliteratur mit dem Begriff Effizienzlücke (engl. Energy Efficiency Gap) umschrieben und ist einschlägig dokumentiert⁷. Seit langem werden die Gründe für die Effizienzlücke erforscht. Unter anderem werden die folgenden Hemmnisse für die Effizienzlücke geltend gemacht:

- Fehlendes Wissen über das Einsparpotenzial [17; 18;19; 20]
- Fehlendes Interesse am Thema, da Energiekosten nur einen geringen Teil des Budgets ausmachen [17; 18]
- Fehlende finanzielle Mittel [17; 19; 20]
- Energieeffizienz ist Nebeneffekt und nicht Hauptmotivation beim Kaufentscheid [17]
- Split Incentives: Ersparnis und Investition fallen nicht zwingend bei der gleichen Partei an [17; 20]

⁷ vgl. Literaturverweise in [16]: York et al., 1978; Blumstein et al., 1980; Stern and Aronsson, 1984; Hirst and Brown, 1990; Gruber and Brand, 1991; Stern, 1992; DeCanio, 1993; Jaffe and Stavins 1994; Sanstad and Howarth, 1994; Weber, 1997; Ostertag, 1999; Sorrell et al., 2000; Brown, 2001; de Groot et al., 2001; Schleich, 2004; Sorrell et al., 2004; Schleich and Gruber, 2008

Zur Quantifizierung der Effizienzlücke wurde beim Marktforschungsinstitut Intervista eine repräsentative Studie in Auftrag gegeben [14].

[REDACTED]

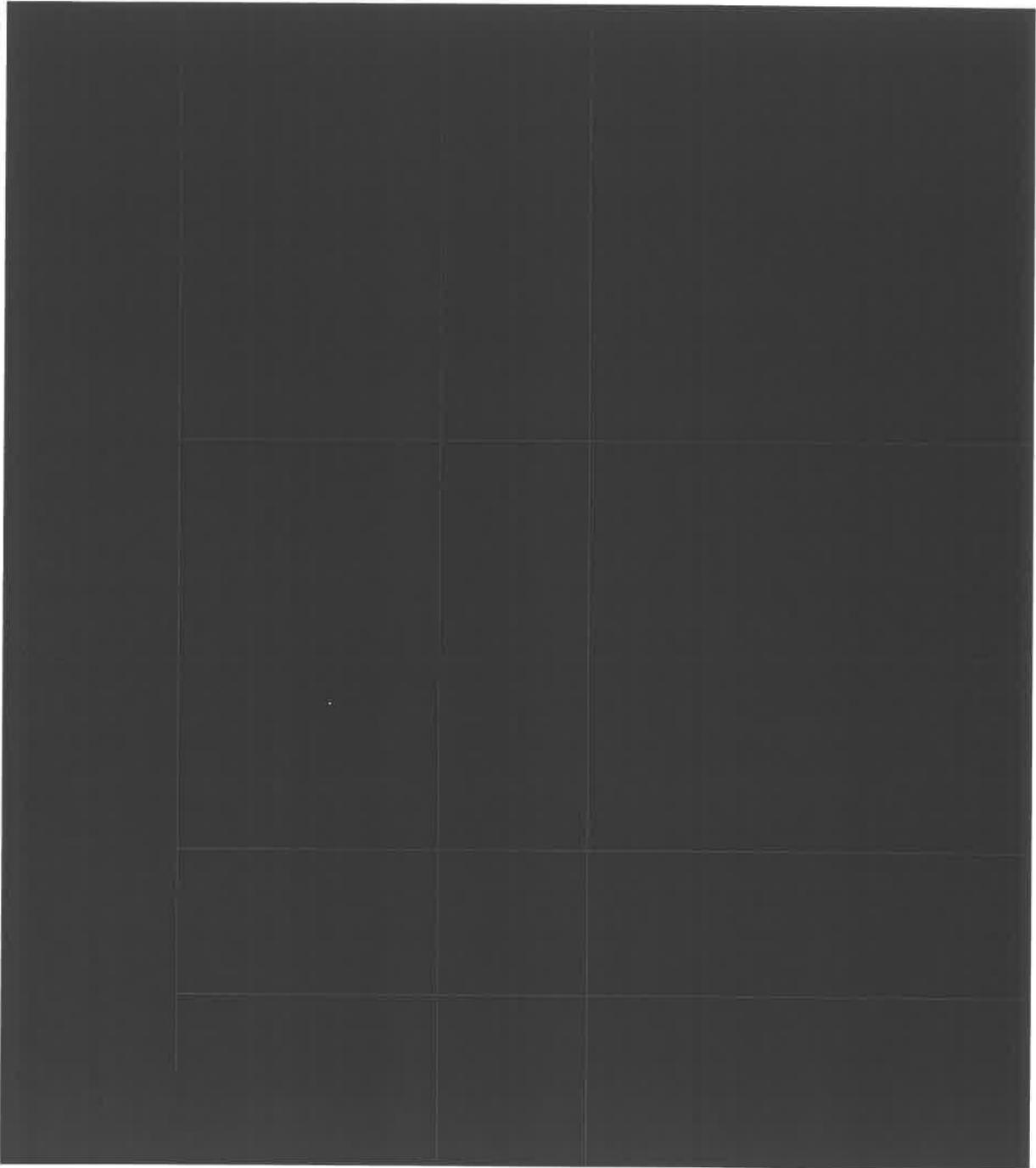
[REDACTED]

2. Berechnung der Kosten:

[REDACTED]

⁸ Beschreibung der van Westendorp-Methode siehe [21]

Tabelle 6. Berechnung Kosten des Vorhabens.

The table content is completely redacted with a solid black fill, making it illegible. Only the grid structure is faintly visible.

Die Kosten für die Programmadministration sind nicht in der Wirtschaftlichkeitsberechnung abgebildet, da der Gesuchsteller für die Programmadministrationskosten durch die Stiftung KliK separat abgegolten wird.

3.a) Berechnung der Wirtschaftlichkeit – Variante Miete

Es resultiert in allen Jahren ein negativer Cashflow (siehe Exceldatei im Anhang 2). Dies zeigt, dass die Miete von tado° unter Berücksichtigung der quantifizierten Hemmnisse infolge der Effizienzlücke nicht wirtschaftlich ist.

3.b) Berechnung der Wirtschaftlichkeit – Variante Kauf

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit beim Kauf wird der IRR über die im Programm vorgesehene Lebensdauer des Geräts von 10 Jahren berechnet und mit einem entsprechenden Referenzwert verglichen (siehe Exceldatei im Anhang 2).

Der IRR für den Kauf von tado° [REDACTED]

Als Benchmark dient die von Bruderer-Enzler [24] im Auftrag des BFE ermittelte durchschnittliche subjektive Diskontrate von 39.9% für Energiesparverhalten in Schweizer Haushalten. Die Diskontrate wurde im Jahr 2011 durch Befragung von 1592 Haushalten in der ganzen Schweiz erhoben. In der Erhebung mussten die Befragten mehrmals zwischen zwei Optionen entscheiden (z.B. CHF 1000 jetzt oder CHF 1200 in einem Jahr). Im Gegensatz zum Kauf von tado° sind die Erträge bei diesem Experiment klar quantifiziert. Der Benchmark bildet somit eine rein zeitliche Diskontierung ab, welche die oben angeführten Hemmnisse im Rahmen der Effizienzlücke in dieser Diskontrate noch nicht berücksichtigt. Die Entscheidungen beziehen sich wie beim Kaufentscheid von tado° auf verhältnismässig tiefe Investitionen (1000 CHF) und kurze Zeithorizonte (1-2 Jahre). Ein Vergleich der Ergebnisse mit einer Befragung derselben Personen im Jahr 2007 zeigte, dass die subjektive Diskontrate grundsätzlich stabil blieb. Eine ähnlich aufgebaute Studie für die Deutschschweiz [19] erhob im Median sogar eine subjektive Diskontrate von 46.7%.

Sensitivitätsanalyse

Variante Miete

Selbst eine Reduktion der Investitionskosten um 10%, eine Erhöhung der Energiepreise um 10% oder eine [REDACTED] erhöhte Zahlungsbereitschaft [REDACTED] führen nicht zur Wirtschaftlichkeit der Miete von tado°. Die Berechnungsgrundlagen für die Sensitivitätsanalyse befinden sich in der Exceldatei im Anhang (Tab „Sensitivität Miete“).

Variante Kauf

Selbst eine Reduktion der Investitionskosten um 10%, eine Erhöhung der Energiepreise um 10% oder eine [REDACTED] erhöhte Zahlungsbereitschaft [REDACTED] führen nicht zur Wirtschaftlichkeit des Kaufs von tado°. Die Berechnungsgrundlagen für die Sensitivitätsanalyse befinden sich in der Exceldatei im Anhang (Tab „Sensitivität Kauf“).

Im Rahmen des Programms wird momentan eine Preisreduktion [REDACTED] angestrebt. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigt, dass der Benchmark auch mit der erwarteten Preisreduktion über den Erlös aus den Bescheinigungen nicht vollständig erreicht wird, wie dies auch bei anderen erfolgreich registrierten inländischen Kompensationsprojekten der Fall ist (vgl. z.B. Validierungsbericht Holzwärmeverbund Battenberg, Biel, Seite 16 oder Validierungsbericht Erweiterung Wärmeverbund Hünenberg, Seite 15). Die Bescheinigungen beeinflussen die Wirtschaftlichkeit des Projekts dennoch massgeblich. [REDACTED]

[REDACTED] Gleichzeitig zeigt die Sensitivitätsanalyse, dass bei einer Variation der Zahlungsbereitschaft in der Angebotsvariante „Kauf mit RT“, welche gemäss tado° die bisher am häufigsten gewählte Variante ist, der Benchmark mit der angestrebten Preisreduktion durch KLIK erreicht werden kann. Um sicherzustellen, dass die Preisreduktion in jedem Fall einen massgeblichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit leistet, wird ein minimaler erforderlicher Rabatt von 10% auf den ursprünglichen Verkaufspreis bzw. die ursprüngliche Miete definiert.

Zusätzlich zur Preisreduktion als direkten finanziellen Anreiz sollen bestehende Hemmnisse im Rahmen der Effizienzlücke durch gezielte Informationstätigkeit über das Programm sowie über Multiplikatoreffekte (Mund-zu-Mund-Propaganda) überwunden werden.

Die Effekte dieser Massnahmen auf die Effizienzlücke sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht quantifizierbar. Es ist aber zu vermuten, dass sich die Zahlungsbereitschaft durch das Programm im Rahmen des in der Sensitivitätsanalyse beurteilten Spektrums tendenziell eher nach oben bewegt.

Erläuterungen zu anderen Hemmnissen

Die Hemmnisse im Rahmen der Effizienzlücke wurden wie oben beschrieben quantifiziert und in der Wirtschaftlichkeitsanalyse berücksichtigt. Es werden keine anderen Hemmnisse erwartet.

Übliche Praxis

Daraus folgt, dass die Installation einer intelligenten Heizungssteuerung in der Schweiz zurzeit nicht der üblichen Praxis entspricht.

6. Aufbau und Umsetzung des Monitorings

6.1 Beschreibung der gewählten Monitoringmethode

Für das Monitoring bieten sich grundsätzlich drei verschiedene Methoden an:

Methode 1: Berechnung der erzielten Einsparungen anhand der Kosteneinsparungen gegenüber dem Vorjahr

In der tado° App ist es möglich, die dank tado° eingesparten Kosten zu berechnen. In die Berechnung fließen Heizgradtage, eingestellte Tagtemperatur und Nachttemperatur ein. Als Vergleichsbasis wird angenommen, dass der Kunde im angegebenen Zeitraum tagsüber die Tagestemperatur gehalten hat und nachts eine Nachtabsenkung eingestellt hatte. Der Benutzer muss als Referenzwert die Energiekosten des letzten Jahres angeben. Die Vergleichbarkeit der Energiekosten mit dem Vorjahr ist aber nicht zwingend gegeben. So kann zum Beispiel ein längerer Urlaub im Vorjahr oder eine Heizölbestellung während einem kurzfristigen Preishoch das Referenzszenario entscheidend verfälschen.

Für die grobe Plausibilisierung der Energiekosten durch einen Experten rechnen wir mit einem Aufwand [REDACTED]. Trotz Plausibilisierung erwarten wir mit dieser Methode nach wie vor eine hohe Ungenauigkeit beim Referenzszenario, welche wir hier als grobe Schätzung mit 20% quantifizieren.

Methode 2: Simulation der erzielten Einsparungen für verschiedene Haushaltstypen und Korrektur anhand der wesentlichen Einflussfaktoren

Im Rahmen einer Studie [11] wurden die zu erwartenden Einsparungen für 16 verschiedene Haushaltstypen quantifiziert. Die Simulation berücksichtigt die für den jeweiligen Haushaltstyp typischen Charakteristiken des Gebäudes (z.B. Fensterflächen und -ausrichtung, Wärmeleiteigenschaften der verschiedenen Baukomponenten usw.) und seiner Bewohner (z.B. individuelle Anforderungen an die Raumtemperatur, Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur der Heizung, Lüftung der Räume, interne Wärmequellen usw.). Basierend auf den Angaben bei der Anmeldung des Vorhabens wird der Nutzer einem Haushaltstypen zugeordnet. Für die Berechnung der Einsparung werden die wesentlichen Einflussfaktoren (Heizgradtage, Sanierungsrate, Wirkungsdauer) gemessen und mittels Korrekturfaktoren in der Berechnung miteinbezogen. Die Unsicherheiten beim Raumwärmebedarf werden in [11] mit -0.9% bis +3.8% quantifiziert.

Durch die Modellierung und Plausibilisierung auf Programmebene können die Kosten bezogen auf das einzelne Vorhaben auf einem tiefen Niveau gehalten werden. Insgesamt rechnen wir mit einem Aufwand [REDACTED].

Methode 3: Simulation der erzielten Einsparungen für jeden einzelnen Haushalt

Im Rahmen eines an der ETH durchgeführten Forschungsprojekts wurden die erzielten Einsparungen in 10 Testhaushalten quantifiziert. Die Simulation berücksichtigt die realen Charakteristiken des Gebäudes (z.B. Wärmeleiteigenschaften der verschiedenen Baukomponenten, Form des Gebäudes (Höhe, Länge, Breite), Schattenwurf angrenzender Gebäude usw.), des Wetters (z.B. Aussentemperatur, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung usw.) und seiner Bewohner (z.B. individuelle Anforderungen an die Raumtemperatur, Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur der Heizung usw.). Aufgrund der Verfügbarkeit der Messgeräte von 99.5% schätzen wir die Ungenauigkeit dieser Methode auf max. 0.5%.

Die kleine Samplegrösse zeigt, dass diese Form des Monitorings sehr aufwendig ist. Insgesamt müssen für jeden Haushalt 32 Parameter erhoben und durch einen Experten plausibilisiert werden. Bei Inkonsistenzen sind telefonische Rückfragen oder persönliche Interviews nötig. Bei einem Aufwand [REDACTED].

Für die Messung des Wetters (Aussentemperatur, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung usw.) muss zusätzliche Messtechnik installiert werden. Wir rechnen hier konservativ mit Aufwänden [redacted] Insgesamt beläuft sich der Monitoringaufwand bei Methode 3 also auf [redacted] Das Monitoring mit dieser Methode wäre also mehr [redacted] als der Verkaufspreis von tado° und läuft dem Konzept einer technisch einfachen Lösung, welche ein Grossteil der Benutzer rasch und unkompliziert selbst installieren kann, völlig entgegen.

Tabelle 7 vergleicht die drei oben beschriebenen Monitoringmethoden.

Tabelle 7. Vergleich von Aufwand und Genauigkeit der drei untersuchten Monitoringmethoden.

	Methode 1	Methode 2	Methode 3
Erwarteter gesamter Monitoringaufwand pro Vorhaben	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Genauigkeit der Methode	20% (basiert auf nicht überprüfter Angabe der Energiekosten aus Vorjahr)	3.8% gem. [11] (konservative Annahmen: berechnete Einsparungen liegen rund 10% unter den gemessenen Einsparungen)	0.5% (Verfügbarkeit der Messgeräte von 99.5%)

Der Vergleich der drei Methoden zeigt, dass Methode 3 am genauesten ist, jedoch einen sehr grossen Aufwand für die Erhebung und Plausibilisierung der Daten mit sich bringt. Ein Vergleich mit den maximal erzielbaren Einnahmen pro Vorhaben zeigt, dass sich die Kosten für Methode 3 nicht über die Einnahmen eines Kompensationsprojekts finanziert werden können⁹.

Mit Methode 2 lässt sich bei viel tieferem Monitoringaufwand immer noch eine hohe Genauigkeit der Messung erzielen. Im Rahmen der Validierung wurde auch eine Kombination von Methode 2 und 3 (Plausibilisierung Methode 2 mittels repräsentativer Stichprobe nach Methode 3) diskutiert. Bei einem Monitoring von 10% der Vorhaben nach Methode 3 wären allerdings immer noch Aufwände [redacted] was teurer ist als die geplante Preisvergünstigung.

Erste empirische Daten aus einem laufenden Forschungsprojekt der ETH zeigen, dass sich die berechneten Einsparungen gemäss Methode 2 im Durchschnitt rund [redacted] unter Werten gemäss Methode 3 bewegen: Der Median der von der ETH berechneten Einsparungen gemäss Methode 3 liegt bei [redacted], der Median der simulierten Einsparungen gemäss Methode 2 liegt bei [redacted]¹⁰. Die Berechnung der Einsparungen nach Methode 2 ist demnach konservativ angesetzt und bereits um die leicht höhere Ungenauigkeit diskontiert. Wie in der BAFU-Mitteilung ([8], Seite 48) vorgeschlagen, **wird für dieses Programm die einfachere (und leicht ungenauere) Methode 2 gewählt.**

Der Prozess zur Erhebung der Daten nach Methode 2 ist im Kapitel 6.3 beschrieben. Die Berechnung der Emissionen erfolgt anschliessend gemäss den Formeln und Ausführungen

⁹ [redacted]

¹⁰ Messdaten sind noch nicht öffentlich publiziert. Kontakt für Fragen zum laufenden Forschungsprojekt der ETH: Florian Nägele, Chair of Sustainability and Technology, ETH Zürich.

in den Kapiteln 4.3 und 4.4.

6.2 Datenerhebung und Parameter

Parameter	$Q_{h,Projekt} (l)$
Beschreibung des Parameters	Spezifischer Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem tado° installiert ist
Einheit	kWh/m ²
Datenquelle	In Auftrag gegebene Studie des Fraunhofer Instituts [11]
Erhebungsinstrument	TRNSYS (Transient System Simulation Program)
Beschreibung Messablauf	Mit dem von der Universität Wisconsin entwickelte Programm TRNSYS wurde der Raumwärmebedarf für 16 Haushaltstypen realitätsgetreu simuliert. Die Simulation berücksichtigt die Charakteristiken des Gebäudes und seiner Bewohner wie beispielsweise Fensterflächen und -ausrichtung, Wärmeleiteigenschaften der verschiedenen Baukomponenten, individuelle Anforderungen an die Raumtemperatur für jeden einzelnen Raum, Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur der Heizung, Lüftung der Räume, interne Wärmequellen usw
Kalibrierungsablauf	Eine analoge Simulation für den Standort München ergab vergleichbare Resultate.
Genauigkeit der Messmethode	Variation der berechneten Einsparungen von -0.9% bis +3.8%
Messintervall	N/A
Verantwortliche Person	N/A

Parameter	$Q_{h,Referenz} (l)$
Beschreibung des Parameters	Spezifischer Raumwärmebedarf für einen Haushalt des Typs i , in welchem eine herkömmliche Heizungssteuerung installiert ist
Einheit	kWh/m ²
Datenquelle	In Auftrag gegebene Studie des Fraunhofer Instituts [11]
Erhebungsinstrument	TRNSYS (Transient System Simulation Program)
Beschreibung Messablauf	Mit dem von der Universität Wisconsin entwickelte Programm TRNSYS wurde der Raumwärmebedarf für 16 Haushaltstypen realitätsgetreu simuliert. Die Simulation berücksichtigt die Charakteristiken des Gebäudes und seiner Bewohner wie beispielsweise Fensterflächen und -ausrichtung, Wärmeleiteigenschaften der verschiedenen Baukomponenten, individuelle Anforderungen an die Raumtemperatur für jeden einzelnen Raum, Nachtabsenkung der Vorlauftemperatur der Heizung, Lüftung der Räume, interne Wärmequellen usw
Kalibrierungsablauf	Eine analoge Simulation für den Standort München ergab vergleichbare Resultate.

Genauigkeit der Messmethode	Variation der berechneten Einsparungen von -0.9% bis +3.8%
Messintervall	N/A
Verantwortliche Person	N/A

Parameter	$HGT_{j,y}$
Beschreibung des Parameters	Anzahl Heizgradtage am Ort j im Jahr y
Einheit	d
Datenquelle	MeteoSchweiz
Erhebungsinstrument	Thermometer
Beschreibung Messablauf	Meteoschweiz erhebt die Heizgradtage für verschiedene Wetterstationen in der Schweiz. Die Daten der Stationen Genève-Cointrin und Zürich SMA werden für die Klimakorrektur verwendet.
Kalibrierungsablauf	N/A
Genauigkeit der Messmethode	N/A
Messintervall	monatlich
Verantwortliche Person	Programmbetreiber

Parameter	r
Beschreibung des Parameters	Energetische Sanierungsrate in der Schweiz
Einheit	%
Datenquelle	Fachliteratur, zurzeit [26]
Erhebungsinstrument	Review Fachliteratur
Beschreibung Messablauf	Sobald Studien belegen, dass sich die energetische Sanierungsrate in der Schweiz verändert hat, wird die Berechnung der Emissionsverminderungen entsprechend angepasst (siehe Abschnitt Einflussfaktoren).
Kalibrierungsablauf	N/A
Genauigkeit der Messmethode	N/A
Messintervall	jährlich
Verantwortliche Person	Programmbetreiber

Parameter	EBF
Beschreibung des Parameters	Im Vorhaben eingeschlossene beheizte Fläche
Einheit	m^2
Datenquelle	Angabe im Anmeldeformular
Erhebungsinstrument	Formular für die Anmeldung neuer Vorhaben
Beschreibung Messablauf	N/A

Kalibrierungsablauf	N/A
Genauigkeit der Messmethode	N/A
Messintervall	Im Sinne einer konservativen Schätzung wird die Fläche über die die gesamte Laufzeit des Vorhabens konstant auf dem Anfangswert belassen, obwohl sie sich in einzelnen Haushalten durch Ausbauten möglicherweise vergrößert.
Verantwortliche Person	tado° GmbH

Parameter	<i>Wirkungsbeginn des Vorhabens</i>
Beschreibung des Parameters	Zeitpunkt der ersten Verbindung mit dem tado°-Server
Einheit	dd-mm-yyyy hh:mm:ss
Datenquelle	tado° Server
Erhebungsinstrument	N/A
Beschreibung Messablauf	Der tado° Server registriert automatisch den Zeitpunkt, an dem ein Gerät das erste Mal mit dem Server verbunden war. Dieser Zeitpunkt gilt als Wirkungsbeginn. Die Emissionsreduktionen für das erste Jahr werden pro Rata ab dem Datum der ersten Verbindung berechnet.
Kalibrierungsablauf	N/A
Genauigkeit der Messmethode	sekundengenau
Messintervall	jährlich
Verantwortliche Person	tado° GmbH

Parameter	<i>Datum letzte Verbindung</i>
Beschreibung des Parameters	Zeitpunkt der letzten Verbindung mit dem tado°-Server
Einheit	dd-mm-yyyy hh:mm:ss
Datenquelle	tado° Server
Erhebungsinstrument	N/A
Beschreibung Messablauf	Der tado° Server registriert automatisch den Zeitpunkt, an dem ein Gerät das letzte Mal mit dem Server verbunden war. Liegt dieser Zeitpunkt länger als 30 Tage vor dem Zeitpunkt der Erhebung, werden die Emissionsreduktionen nur bis zum Datum der letzten Verbindung angerechnet.
Kalibrierungsablauf	N/A
Genauigkeit der Messmethode	sekundengenau
Messintervall	jährlich
Verantwortliche Person	tado° GmbH

Parameter	<i>Gesetzliche Energievorschriften im Gebäudebereich</i>
Beschreibung des Parameters	Korrekturfaktor neue Vorschriften
Einheit	

Datenquelle	Kantonale und nationale Gesetzgebung
Erhebungsinstrument	Review der Gesetzeslage
Beschreibung Messablauf	Sobald geänderte Vorschriften für den Raumwärmebedarf (namentlich neue MuKE) in Kraft sind, wird die Berechnung der Emissionsverminderungen um einen entsprechenden Korrekturfaktor angepasst (siehe Abschnitt Einflussfaktoren).
Kalibrierungsablauf	N/A
Genauigkeit der Messmethode	N/A
Messintervall	jährlich
Verantwortliche Person	Programmbetreiber

6.3 Prozess- und Managementstruktur

Die vorgesehene Prozess- und Managementstruktur für das Programm ist in Abbildung 9 dargestellt.

Die Datenerhebung erfolgt an drei verschiedenen Stellen:

- bei der Aufnahme des Vorhabens ins Programm (einmalig, siehe Abb. 9, links)
- während der Laufzeit des Vorhabens auf Vorhabensebene (laufend, siehe Abb. 9, rechts)
- bei der Verifizierung der Emissionsreduktionen auf Programmebene



Abbildung 9. Prozess- und Managementstruktur des Programms.

Prozess bei der Anmeldung des Vorhabens (einmalig):

Für die Aufnahme des Vorhabens für das Programm füllt der Betreiber des Vorhabens das Anmeldeformular aus. Er macht dabei folgende Angaben:

- Haushaltstyp *i*: Standort, Gebäudeart, Gebäudestandard, Haushaltsgrösse
- Im Vorhaben eingeschlossene beheizte Fläche

Das Anmeldeformular ist direkt in den Installationsprozess integriert. So wird sichergestellt, dass für jedes Vorhaben die Anmeldung vor Wirkungsbeginn vollständig und korrekt ausfüllt wird. Für jede Anmeldung wird eine eindeutige Vorhaben-ID erstellt, welche die Grundlage für das anschliessende Monitoring auf Vorhabensebene bildet. Die im Anmeldeformular gemachten Angaben werden auf den Servern von tado° gespeichert. Tado° leitet monatlich einen tabellarischen Auszug aller neu eingegangenen Anmeldungen an den Programmbetreiber weiter.

Die Abgeltung erfolgt bereits beim Kauf des Gerätes über eine Preisreduktion (Vorfinanzierung). Da für die erfolgreiche Installation die Anmeldung zwingend ausgefüllt werden muss, ist eine Vergünstigung von Geräten, welche nicht am Programm teilnehmen nur in folgenden Fällen denkbar:

- Fall 1: Das Gerät wird niemals installiert.
- Fall 2: Das Gerät wird im Ausland installiert.

Fall 1 ist aufgrund der mit dem Kaufentscheid verbundenen Investitionssumme sehr unwahrscheinlich. Fall 2 ist gemäss entsprechendem Hinweis auf der Verpackung bzw. im Bestellprozess nicht zulässig. Bei der Installation von Geräten, welche am Programm teilnehmen, kann zudem nur eine Adresse in der Schweiz für die Wetterdaten eingegeben werden. Dieselbe Adresse wird auch für die GPS-basierte Anwesenheitserkennung verwendet. Der Nutzen von tado° bei Installation im Ausland wird dadurch stark eingeschränkt. Das Vorgehen wird zudem durch den Umstand unattraktiv gemacht, dass die Garantieleistungen im Kaufland eingefordert werden müssen. In beiden Fällen werden zudem zu keinem Zeitpunkt Bescheinigungen ausgestellt, da die Anforderungen für die Aufnahme des Vorhabens in das Programm nicht erfüllt sind.

Der Programmbetreiber plausibilisiert die Daten und archiviert diese in einer zentralen Datenbank. Zur Plausibilisierung der Angabe über die beheizte Fläche darf diese höchstens das Dreifache bzw. mindestens ein Drittel des Schweizerischen Durchschnitts betragen (124 m² für Neubauten, 96 m² für Altbauten, ersichtlich in Anhang 2, Tab „cost savings“). Höhere Werte werden auf den Maximalwert herabgesetzt (372 m² für Neubauten, 288 m² für Altbauten) bzw. auf den Minimalwert angehoben (41 m² für Neubauten, 32 m² für Altbauten). Die neuen Anmeldungen werden zudem im standardisierten Excel-Tool zur Berechnung der Emissionsverminderungen (Anhang 4) erfasst.

Prozess während der Laufzeit des Vorhabens auf Vorhabensebene (laufend):

Tado° speichert auf ihren Servern laufend die Nutzerdaten zu jedem Gerät. Tado leitet monatlich einen tabellarischen Auszug mit folgenden Daten für jedes Vorhaben an den Programmbetreiber weiter:

- Eindeutige Vorhaben ID
- Genauer Standort des Vorhabens
- Installationsdatum
- Datum letzte Verbindung
- Wärmequelle

Der Programmbetreiber plausibilisiert die Daten und archiviert diese in einer zentralen Datenbank. Mithilfe eines standardisierten Excel-Tools (Anhang 4) wird die Emissionsreduktion für jedes Vorhaben berechnet.

Prozess bei der Verifizierung der Emissionsreduktionen auf Programmebene (jährlich):

Der Programmbetreiber ist verantwortlich für die vollständige und korrekte Übertragung der Monitoring-Daten in den jährlichen Monitoringbericht an das BAFU. Im Rahmen des jährlichen Monitorings werden zudem die Einflussfaktoren und deren Einfluss auf die Emissionsberechnung untersucht und beschrieben. Zusätzlich zu den von tado° gelieferten Daten erhebt der Programmbetreiber die folgenden im Monitoringkonzept beschriebenen Parameter:

- Heizgradtage
- energetische Sanierungsrate
- Gesetzliche Energievorschriften im Gebäudebereich

Prozess zur Plausibilisierung der Monitoringdaten:

Zur Plausibilisierung der Monitoringdaten werden folgende Daten und Parameter identifiziert, welche nicht Teil des Monitorings sind:

- Die Klimakorrekturefaktoren für die Heizgradtage werden anhand der Klimakorrektur des BAFU [12] plausibilisiert. Hier wird angenommen, dass sich die Veränderung des Klimakorrekturefaktors des BAFU gegenüber dem Vorjahr ähnlich der Veränderung des durchschnittlichen Klimakorrekturefaktors über alle Vorhaben gegenüber dem Vorjahr verhalten sollte.
- Zur Plausibilisierung der Angabe über die beheizte Fläche darf diese höchstens das Dreifache bzw. mindestens ein Drittel des Schweizerischen Durchschnitts gemäss Bundesamt für Statistik betragen (124 m² für Neubauten, 96 m² für Altbauten, ersichtlich in Anhang 2, Tab „cost savings“). Höhere Werte werden auf den Maximalwert herabgesetzt (372 m² für Neubauten, 288 m² für Altbauten) bzw. auf den Minimalwert angehoben (41 m² für Neubauten, 32 m² für Altbauten).
- Zusätzlich werden die verwendeten Kennzahlen für den Raumwärmebedarf mittels aktueller Studien für die Schweiz plausibilisiert.

Der Programmbetreiber nutzt zur Qualitätssicherung die bestehenden Projektmanagement-Tools aus seiner Erfahrung mit internationalen CO₂-Kompensationsprojekten [REDACTED]

Ort, Datum und Unterschrift

Referenzierte Quellen

Sämtliche unten aufgeführten Quellen können eingesehen werden auf:

- [1] Kemmler, A.; A. Piégasa; A. Ley; M. Keller; M. Jakob & G. Catenazzi (2013). Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2012 nach Verwendungszwecken. Bundesamt für Energie (BFE). September 2013.
- [2] BFS (2012). Volkszählungen und Gebäude- und Wohnungsstatistik 2012, <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/09/02/blank/key/gebaeude/heizung.html>
- [3] UNFCCC (2012). Greenhouse Gas Inventory Data. http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/items/4146.php
- [4] Ziegler, M. & R. Bättig (2010). Wettbewerbsfaktor Energie – Chancen für die Schweizer Wirtschaft. McKinsey & Company im Auftrag des BFE, Februar 2010.
- [5] Bauer, M. (1998). Gestion biomimétique de l'énergie dans le bâtiment. PhD Thesis n° 1792, EPFL, Lausanne.
- [6] Nygard Fergusson, A.M. (1990). Predictive Thermal Control of Building Systems. PhD thesis n°876, EPFL, Lausanne.
- [7] Tado° (2013). Umfrage zur Bestimmung der Zahlungsbereitschaft für tado° nach van Westendorp-Methode in Deutschland (Rohdaten, nicht publiziert)
- [8] BAFU (2013). Projekte zur Emissionsverminderung im Inland. Ein Modul der Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde zur CO₂-Verordnung. Umwelt-Vollzug Nr. 1315: 66 S.
- [9] Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2014, Entwurf deutsche Version http://www.endk.ch/media/archive1/energiepolitik_der_kantone/muken/MuKE2014_d-2014-05-07.pdf
- [10] Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2008, Anhang 1c http://www.endk.ch/media/archive1/energiepolitik_der_kantone/muken/MuKE2008_df.pdf
- [11] Hauser, G.; D. Schmidt & M. Kersken (2014). Heating energy requirements of various typical residential units provided with weather-forecast supported heating-control and absence-detection systems, compared to conventional controls (based on dynamic computer simulations). Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP im Auftrag von South Pole Carbon, Februar 2014.
- [12] BAFU (2014). Emissionen nach CO₂-Gesetz und Kyoto-Protokoll, Tabelle 2. Stand 10. April 2014

- [13] Phillips, R. (2010). Wärmepumpen – häufig gestellte Fragen. Bundesamt für Energie, Februar 2010. Seite 7.
- [14] Urbahn, J. & L. Korinth. (2014). Pricing Tado. Grundlagenstudie für South Pole Carbon. Intervista im Auftrag von South Pole Carbon. Bern, Januar 2014.
- [15] Müller, H. (2006). Messung der Preiswahrnehmung mittels Pricesensitivity-Meter (PSM) – Eine experimentelle Längsschnittanalyse des deutschen Zigarettenmarktes. Faculty of Economics and Management Working Paper No. 21. Universität Magdeburg, September 2006.
- [16] Thollander, P.; J. Palm und P. Rohdin (2010). Categorizing barriers to energy efficiency: an interdisciplinary perspective. *Energy Efficiency* (3), S. 49-63
- [17] OECD & IEA (2007). Mind the Gap. Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency. International Energy Agency (IEA). Paris.
- [18] DEFRA (2010). Behavioural economics & energy using products: scoping research on discounting behaviour and consumer reference points. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). London.
- [19] Epper, T.; H. Fehr-Duda & R. Schubert (2011). Energy-Using Durables: The Role of Time Discounting in Investment Decisions. Working Paper No. 16. ETH Zürich, Institut für Umweltentscheidungen. April 2011.
- [20] Gillingham, K. & K. Palmer (2014). Bridging the Energy Efficiency Gap: Policy Insights from Economic Theory and Empirical Evidence. *Review of Environmental Economics and Policy* 8 (1). S. 18-38.
- [21] Reinecke, S.; S. Mühlmeier & P. Fischer (2009). Die van Westendorp-Methode. *Wissenschaftliches Studium* (2). S. 97-100.
- [22] SKS (2013). Merkblatt Verzollungskosten. Stiftung für Konsumentenschutz (SKS), Bern, September 2013:
http://www.konsumentenschutz.ch/sks/content/uploads/2013/12/merkblatt_verzollungskosten_12_131.pdf
- [23] Gebäudetechnikverband Nordwestschweiz (2014). Regielohnansätze 2014. Liestal.
<http://www.suissetec-nws.ch/public/images/content/pdf/verband/Regielhne2014.pdf>
- [24] Bruderer-Enzler, H. (2013). Future Orientation and Energy Saving - Subjective Discount Rates and Consideration of Future Consequences as Predictors of Environmentally Responsible Behavior. ETH Zürich, Professur für Soziologie, im Auftrag des BFE. Schlussbericht Oktober 2013.
- [25] Tado° (2014). tado° Lieferantenstammblatt. München.
- [26] TEP Energy GmbH (2014). Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich. Synthesebericht zu Gebäudehülle und Heizanlagen – Schlussbericht. Bundesamt für Energie (BFE), Februar 2014:
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_199444079.pdf&endung=Energetische%20Erneuerungsraten%20im%20Geb%20bereich