

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Standardisierung des Wirkungsnachweises bei Kompensationsprojekten und -programmen

Teil B: Standardmethodik des Wirkungsnachweises für die effiziente Regelung von Heizung und Warmwasserbereitstellung in bestehenden Wohnbauten

Schlussbericht
Zürich, 13. Juli 2017

Stefan Kessler, Quirin Oberpriller, Jürg Füssler (INFRAS)

Impressum

Standardisierung des Wirkungsnachweises bei Kompensationsprojekten und -programmen

Teil B: Standardmethodik des Wirkungsnachweises für die effiziente Regelung von Heizung und Warmwasserbereitstellung in bestehenden Wohnbauten

Schlussbericht

Zürich, 13. Juli 2017

b_3007a-Standardisierung_Wirkungsnachweis-Teil_B.docx

Auftraggeber

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Projektleitung

Stefan Kessler, INFRAS

Autorinnen und Autoren

Stefan Kessler, Quirin Oberpriller, Jürg Füssler (INFRAS)

INFRAS

Binzstrasse 23

8045 Zürich

Begleitgruppe

Michelle Hermann, Aric Gliesche, Elena Trigo, BAFU

Marine Pasquier-Beaud, BFE

Dieser Bericht gibt Analysen und Einschätzungen des Autorenteam wieder. Diese müssen nicht mit denjenigen der Begleitgruppe und der Auftraggeberin BAFU übereinstimmen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Hintergrund und Abgrenzung zu bereits registrierten Kompensationsprogrammen	4
2.	Anwendungsbereich und Zulassungskriterien	4
3.	Systemgrenze	5
4.	Bestimmung der Emissionsverminderung	6
4.1.	Heizbetrieb	7
4.2.	Trinkwassererwärmung	9
4.3.	Standardisierte Effizienzfaktoren	10
4.3.1.	Heizbetrieb	11
4.3.2.	Trinkwassererwärmung	14
4.4.	Einflussfaktoren	16
5.	Monitoring	22
5.1.	Standardwerte	22
5.2.	Monitoringparameter	24
5.2.1.	Vorgegebene Parameter	24
5.2.2.	Vorhabensspezifische Parameter	27
5.3.	Plausibilisierung	30
	Literatur	31
	Glossar	32
	Annex: Kurzstudie Felsmann 2017	34

Teil B: Praxisbeispiel

Standardmethodik des Wirkungsnachweises für die effiziente Regelung von Heizung und Warmwasserbereitstellung in bestehenden Wohnbauten

1. Hintergrund und Abgrenzung zu bereits registrierten Kompensationsprogrammen

Das bestehende Programm 0029 «Nationales Förderprogramm Gebäudeautomation (NFGA)» deckt Gebäudeautomationssysteme in Gebäuden ab, die einer Gebäudeautomations-Effizienzklasse (GA-Effizienzklasse; A, B, C oder D) entsprechend der Norm EN 15232¹ zugeteilt werden können. In der Praxis ist das Programm vor allem für grössere Nutzbauten mit komplexen Gebäudeautomationssystemen geeignet. Bestimmte Arten der Regelung der Wärmeerzeugung in Wohngebäuden (Ein- und Mehrfamilienhäuser) sind aktuell über mehrere Programme (z.B. die Programme No. 0072, 0123, 134) mit unterschiedlichen Ansätzen erfasst.

Im Rahmen der Analyse im Teil A der vorliegenden Studie wurde ein Potenzial für eine Standardmethode identifiziert, die spezifisch für effiziente Regelungen bei Wohnbauten geeignet ist und herstellerunabhängig eingesetzt werden kann. Zielgruppe sind bestehende Ein- und Mehrfamilienhäuser. Im Bereich effizienter Regelungen ist ein hohes Potential vorhanden, weshalb ein standardisierter Ansatz hier als vorteilhaft erachtet wird.

In den nachfolgenden Kapiteln ist eine Standardmethodik des Wirkungsnachweises für die effiziente Regelung von Heizung und Warmwasserbereitstellung in bestehenden Wohnbauten ausgearbeitet. Diese ergänzt das bestehende Programm NFGA und erweitert den Anwendungsbereich von effizienten Regelsystemen im Rahmen von Kompensationsprojekten deutlich, indem es eine erweiterte Zielgruppe (Ein- und Mehrfamilienhäuser) anspricht.

2. Anwendungsbereich und Zulassungskriterien

Die nachfolgend dargestellten Elemente für eine Standardmethode gelten für Programme, die den Ersteinbau oder den Ersatz von Regelgeräten zur effizienten Regelung von Heizung und

¹ Diese Norm wurde als SIA 386.110 unverändert für die Schweiz übernommen.

Trinkwasser in bestehenden Wohnbauten umfassen. Der Einbau oder die Umrüstung von *umfassenden* Gebäudeautomationssysteme fällt nicht unter die nachfolgend beschriebene Methode, sondern ist über das Programm 029 Nationales Förderprogramm Gebäudeautomation (NFGA) abgedeckt.

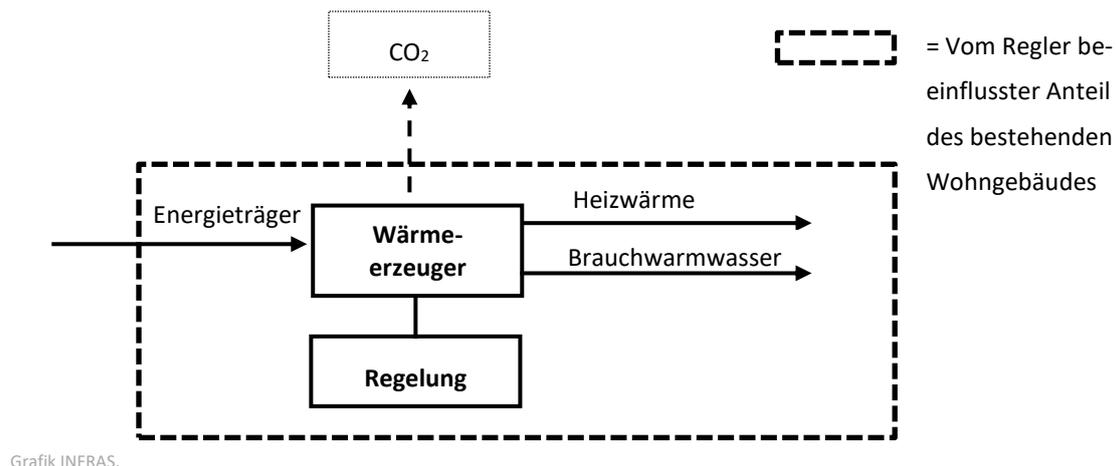
Die Einzelvorhaben unter dem Programm müssen mindestens folgende Aufnahmekriterien erfüllen:

- Der Regler wird in einem bestehenden Wohngebäude installiert.²
- Das Wohngebäude ist fossil beheizt.
- Der neu eingebaute Regler weist eine der in Kapitel 4.3 definierten Funktionen auf.
- Der neu eingebaute Regler entspricht den Anforderungen der GA-Effizienzklasse B oder A (vgl. Tabelle 1 bis Tabelle 7).

3. Systemgrenze

Die Systemgrenze umfasst den vom Regler beeinflussten Anteil des bestehenden Wohngebäudes inklusive dem System für Heizung und Brauchwarmwasser mit Wärmeerzeuger, Regelung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Systemgrenzen eines Vorhabens der Standardmethode



² Gemäss Anhang F der Mitteilung BAFU ist der Referenzfall bei Neubauten der Einsatz von 100% erneuerbaren Energien.

Textbox 1: Für bestehende Wohngebäude relevante Funktionsklassen der Norm EN 15232

Einsparpotenziale der Gebäudeautomation (GA) und des Gebäudemanagements werden in der Norm EN 15232 beschrieben. Die Norm umfasst sechs technische GA-Funktionsbereiche. Für mit fossilen Energieträgern versorgte bestehende Wohnbauten sind im Rahmen von Kompensationsprojekten allerdings nur die beiden GA-Funktionsbereiche «Regelung Heizbetrieb» und «Regelung der Trinkwassererwärmung» relevant. Die vier weiteren GA-Funktionsbereiche sind aus folgenden Gründen nicht relevant:

- Regelung des Kühlbetriebs

Die einzige Massnahme dieses GA-Funktionsbereichs, die einen Einfluss auf die CO₂-Emissionen hat ist „Verriegelung zwischen heizungs- und kühlungsseitiger Regelung der Übergabe und/oder Verteilung“. Dies ist bei bestehenden Wohngebäuden nicht relevant, da diese in der Regel keine Kälteanlagen haben (siehe BFE 2016; Tabelle 8).

- Regelung der Lüftung und des Klimas

Lüftungsregelungen spielen in Nicht-Wohngebäuden eine grosse Rolle. In Wohngebäuden sind diese nur bei Neubauten (Baujahr ab 2010) relevant (Anteil Gebäude mit Lüftung ca. 30 %), in bestehenden Gebäuden (Baujahr bis 2009) jedoch nicht (siehe BFE 2016; Tabelle 7).

- Regelung der Beleuchtung

Dieser Funktionsbereich umfasst lediglich Stromeinsparungen und ist daher nicht relevant im Kontext der Kompensationsprojekte.

- Regelung der beweglichen Sonnenschutzeinrichtungen

Dieser Funktionsbereich umfasst überwiegend Stromeinsparungen und ist daher nicht relevant im Kontext der Kompensationsprojekte.

Die Norm EN 15232 umfasst ausserdem als siebten GA-Funktionsbereich «Technisches Haus- und Gebäudemanagement». Auch dieser ist für kleinere Wohnbauten in der Regel nicht relevant.

4. Bestimmung der Emissionsverminderung

Nachfolgend ist das Vorgehen zur Berechnung der Emissionsverminderung beschrieben. Dabei wird unterschieden zwischen der Berechnung der Wirkung von Massnahmen zum effizienten Heizbetrieb und zur effizienten Trinkwassererwärmung. Die Berechnung ist formal nicht unterteilt in Referenz- und Projektemissionen. Die Referenzemissionen entsprechen den Emissionen des vom Regler beeinflussten Anteils des Wohngebäudes ohne effiziente Regelung (Regelungselemente, die der GA-Effizienzklasse C³ der Norm EN 15232 entsprechen). Die Projektemissionen sind die Emissionen des vom Regler beeinflussten Anteils des gleichen Gebäudes bei Einsatz der effizienten Regelung (Regelungselemente, die der GA-Effizienzklasse A oder B der Norm EN 15232 entsprechen). Weil der Wirkungsnachweis garantierte Einsparwerten verwendet, ist es im vorliegenden Fall für den Projektentwickler intuitiver und weniger fehleranfällig,

³ Wenn in einem konkreten Einzelvorhaben die Regelung effektiv der GA-Effizienzklasse D entspricht, so wird gemäss der Vorgabe in der Norm EN 15232 für die Berechnung der Einsparwirkung dennoch die GA-Effizienzklasse C als Referenz angenommen.

die Emissionsverminderung direkt zu berechnen, anstatt wie sonst üblich Referenzemissionen und Projektemissionen separat zu berechnen und dann deren Differenz zu bilden.

4.1. Heizbetrieb

Die Bestimmung der Emissionsverminderung sollte im Rahmen dieser Standardmethode über Angaben zur individuellen Brennerleistung erfolgen. Ist dieses Vorgehen in der Umsetzung des Programms nicht möglich, kann auch eine alternative Berechnung über eine standardisierte Energiekennzahl pro Energiebezugsfläche verwendet werden (siehe unten).

Ein Gesuchsteller muss sich in Abhängigkeit der spezifischen Rahmenbedingungen für das Programm einmalig auf ein Vorgehen festlegen. Die Auswahl auf Programmebene muss nachfolgend zwingend auch für alle Einzelvorhaben im Programm gelten.⁴

Bestimmung der Emissionsverminderung über Brennerleistung, standardisierte Volllaststunden und standardisierten Jahresnutzungsgrad

Die Emissionsverminderung wird über die Brennerleistung, standardisierte Volllaststunden und einen standardisierten Jahresnutzungsgrad wie folgt berechnet:⁵

$$(1) EV_y = \sum_i \left(EF_i * BL_i * VLS * \eta * (1 - SE_i) * \frac{HGT_{i,y}}{HGT_{i,Mittel}} \right)$$

Dabei ist:

EV_y	Emissionsverminderung im Jahr y [tCO ₂ /a]
EF_i	Emissionsfaktor des Energieträgers (z.B. Erdgas, Heizöl) des Brenners [tCO ₂ /kWh]
BL_i	Brennerleistung, die der Energiebezugsfläche zugehörig ist, die durch den Regler i beeinflusst wird [kW]
VLS	Standardisierte Volllaststunden des Wärmeerzeugers [h/a]
η	Standardisierter Jahresnutzungsgrad des Wärmeerzeugers [-]
SE_i	Standardisierter Effizienzfaktor des Reglers i für die Funktionsausführung des Reglers (siehe Kapitel 4.3) [-]
$HGT_{i,y}$	Jahreswert im Jahr y der Heizgradtage der nächstgelegenen Wetterstation zum Gebäude in dem der Regler i installiert ist [K]
$HGT_{i,Mittel}$	Durchschnittliche Heizgradtage der nächstgelegenen Wetterstation zum Gebäude in dem Regler i installiert ist [K]
i	Index für Regler
y	Index für Jahr

⁴ Einzelne Vorhaben eines Programms dürfen also keine Möglichkeit haben, das Vorgehen zu wählen. Ansonsten würde dies ermöglichen, das für das jeweilige Vorhaben vorteilhaftere Vorgehen auszuwählen (sog. «pick and choose»), was einer robusten Standardisierung zuwiderläuft.

⁵ Es wird vereinfachend angenommen, dass der Regler nur auf einen fossilen Energieträger wirkt. Falls mehrere fossile Energieträger zum Einsatz kommen (z.B. Zweistoff-Brenner), müssen die Teilwirkungen pro Energieträger bestimmt werden.

Die einzelnen Parameter sind im Kapitel 5 erläutert. Dort sind auch die verbindlich zu verwendenden Zahlenwerte zu finden.

Der Formel (1) liegen folgende Vereinfachungen zugrunde, die im Hinblick auf einfache Anwendbarkeit getroffen wurden:

- Der Energieverbrauch für den Referenzfall kann über die Brennerleistung des installierten Brenners, standardisierte Volllaststundenzahl und standardisierten Jahresnutzungsgrad bestimmt werden. Der Standardwert der Volllaststunden kann so gewählt werden, dass er den Schweizer Schnitt im Gebäudepark repräsentiert und somit nicht auf den individuellen Gebäudezustand, die Höhenlage und weitere Einflussfaktoren bezogen werden muss.
- Die Wirkung des Reglers kann über einen standardisierten Effizienzfaktor bestimmt werden.
- Die Heizgradtagkorrektur berücksichtigt die jährlichen Schwankungen der Temperatur über die Heizperioden.

Wirkt der Regler nur auf einen Teil der Energiebezugsfläche, die von einem Brenner beheizt wird, muss die Brennerleistung entsprechend skaliert werden gemäss:

$$(1a) \quad BL_i = \frac{EBF_i}{EBF_{i,tot}} * BL_{i,tot}$$

Dabei ist:

BL_i	Anteil der Brennerleistung, die der Energiebezugsfläche zugehörig ist, welche durch den Regler i beeinflusst wird [kW].
$BL_{i,tot}$	Totale Brennerleistung gemäss Typenschild im Gebäude wo Regler i wirkt [kW].
EBF_i	Energiebezugsfläche, die durch den Regler i direkt beeinflusst wird [m ²]
$EBF_{i,tot}$	Gesamte Energiebezugsfläche, die durch den Brenner mit der Leistung $BL_{i,tot}$ beheizt wird [m ²]
i	Index für Regler

Alternative Bestimmung der Emissionsverminderung über eine standardisierte Energiekennzahl pro Energiebezugsfläche

Diese Alternative setzt Angaben zur individuellen Energiebezugsfläche voraus. Die Emissionsverminderung wird hier über eine standardisierte Energiekennzahl pro Energiebezugsfläche, den Emissionsfaktor und den standardisierten Effizienzfaktor des Reglers wie folgt berechnet:⁶

$$(2) \quad EV_y = \sum_i \left(EF_i * EBF_i * EK h_i * (1 - SE_i) * \frac{HGT_{i,y}}{HGT_{i,Mittel}} \right)$$

⁶ Es wird vereinfachend angenommen, dass der Regler nur auf einen fossilen Energieträger wirkt. Falls mehrere fossile Energieträger zum Einsatz kommen (z.B. Zweistoff-Brenner), müssen die Teilwirkungen pro Energieträger bestimmt werden.

Dabei ist:

EV_y	Emissionsverminderung im Jahr y [tCO ₂ /a]
EF_i	Emissionsfaktor des Energieträgers (z.B. Erdgas, Heizöl) des Gebäudes, in dem der Regler i installiert ist [tCO ₂ /kWh]
EBF_i	Durch den Regler i beeinflusste Energiebezugsfläche [m ²]
EKh_i	Standardisierter Energiebedarf für Heizung pro Energiebezugsfläche des Gebäudes in dem der Regler i installiert ist, in Abhängigkeit des Erstellungsjahrs des Gebäudes [kWh/m ² /a] (siehe Kapitel 5.1, Tabelle 10)
SE_i	Standardisierter Effizienzfaktor des Reglers i basierend auf der jeweiligen Funktionsausführung des Reglers (siehe Kapitel 4.3) [-]
$HGT_{i,y}$	Jahreswert im Jahr y der Heizgradtage der nächstgelegenen Wetterstation des Gebäudes in dem Regler i installiert ist [K]
$HGT_{i,Mittel}$	Durchschnittliche ⁷ Heizgradtage der nächstgelegenen Wetterstation des Gebäudes in dem Regler i installiert ist [K]
i	Index für Regler
y	Index für Jahr

Die einzelnen Parameter sind im Kapitel 5 erläutert. Dort sind auch die verbindlich zu verwendenden Zahlenwerte zu finden.

Der Formel (2) liegen folgende Vereinfachungen zugrunde:

- Der Energieverbrauch für den Referenzfall kann über eine standardisierte Energiekennzahl in Form des Energiebedarfs Heizen pro Energiebezugsfläche in Abhängigkeit des Gebäudebaujahrs bestimmt werden. Diese Standardisierung kann so gewählt werden, dass sie den Schweizer Schnitt repräsentiert und ist nicht vom Gebäudezustand, den Höhenmetern, etc. abhängig.
- Die Wirkung des Reglers kann über einen standardisierten Effizienzfaktor bestimmt werden.
- Die Heizgradtagkorrektur berücksichtigt die jährlichen Schwankungen der Temperatur über die Heizperioden.

4.2. Trinkwassererwärmung

Die Emissionsverminderung wird über eine standardisierte Energiekennzahl pro Energiebezugsfläche und den standardisierten Effizienzfaktor des Reglers berechnet:

$$(3) \quad EV_y = \sum_i \left(EF_i * EBF_i * E_{WW} * \left(1 - \prod_{Fu} SE_{i,Fu} \right) \right)$$

⁷ 10-Jahres-Mittelwert, wobei das erste berücksichtigte Jahr nicht vor 2001 liegen darf.

Dabei ist:

EV_y	Emissionsverminderung pro Jahr [tCO ₂ /a]
EF_i	Emissionsfaktor des Energieträgers (z.B. Erdgas, Heizöl) des Gebäudes in dem der Regler i installiert ist [tCO ₂ /kWh]
EBF_i	Energiebezugsfläche, die durch den Regler i beeinflusst wird [m ²]
E_{ww}	Standardisierter Energiebedarf Warmwasser pro Energiebezugsfläche [kWh/m ² /a] (siehe Kapitel 5.1, Tabelle 11Tabelle 10)
SE_i	Standardisierter Effizienzfaktor des Reglers i für die Funktionsausführung [-] (siehe Kapitel 5.1, Tabelle 9Tabelle 10)
i	Index für Regler
F_u	Index für Funktionsausführung des Reglers (siehe Kapitel 4.3)
y	Index für Jahr

Die einzelnen Parameter sind im Kapitel 5 erläutert. Dort sind auch die verbindlich zu verwendenden Zahlenwerte zu finden.

Der Formel (3) liegen folgende Vereinfachungen zugrunde:

- Der Warmwasserverbrauch der Referenz kann über die Energiebezugsfläche abgeschätzt werden. Die Energiekennzahl Warmwasser ist nicht von dem Gebäudetyp oder -alter abhängig.
- Die Wirkung des Reglers kann über einen standardisierten Effizienzfaktor bestimmt werden.

4.3. Standardisierte Effizienzfaktoren

Die Norm EN 15232 gibt Effizienzfaktoren für die Regelung der Heizung und der Trinkwassererwärmung vor. Diese beziehen sich jedoch auf die gesamte Heizungs- bzw. Trinkwassererwärmungsanlage und nicht auf einzelne ausgewählte Funktionen. Felsmann (2017) hat in einer Kurzstudie die Effizienzfaktoren für die im Kontext von Wohngebäuden relevanten Funktionsausführungen einzeln bestimmt. Im Vergleich mit den Gesamtfaktoren der Norm EN 15232, die auch im Programm 0029 (NFGA) zur Anwendung kommen, sind die in Felsmann 2017 ausgewiesenen funktionspezifischen Teil-Effizienzfaktoren für den Heizbetrieb konservativ. Dies, weil die Teil-Effizienzfaktoren eine geringere Wirkung ergeben (d.h. höhere Zahlenwerte haben) als in der Norm und im Gegensatz zu den Gesamt-Effizienzfaktoren der Norm nur die im individuellen Gebäude effektiv relevanten Funktionsbereiche berücksichtigen. Die Plausibilisierung der von Felsmann 2017 ermittelten Effizienzfaktoren sollte im Rahmen der konkreten Umsetzung der Standardisierung noch vertieft und mit weiteren Experten besprochen werden, falls die Standardisierung zu einer grossen Anzahl von Projekten führt.

Die Effizienzfaktoren beziehen sich immer auf eine Gebäudeautomationsklasse C als Referenz. Das heisst, der Klasse C ist immer ein Effizienzfaktor vom Wert «1» zugeordnet. Die Werte für Klasse D sind damit nicht relevant. Auch wenn somit Regler der Klassen C und D zu

keinen anrechenbaren Emissionsverminderungen führen, wird weiter unten der Vollständigkeit halber und zur Orientierung eine Beschreibung dieser Funktionsausführungen aufgeführt. Die GA-Funktionen des Heizbetriebes und die Funktionen der Trinkwassererwärmung sind weitestgehend unabhängig voneinander. Es bestehen im konkreten Anlagenbetrieb keine Überlappungen, so dass allfällige Einspareffekte für die beiden Bereiche jeweils separat anrechenbar sind.

Im Folgenden werden die Funktionsausführungen für den Heizbetrieb und für Warmwasser beschrieben und standardisierte Effizienzfaktoren definiert. Für eine nähere Beschreibung der Begrifflichkeiten siehe Glossar oder Siemens 2012. Behandelt werden nur die Funktionsausführungen mit Relevanz für bestehende Wohnbauten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Funktionsausführungen der Norm EN 15232 mit Relevanz für bestehende Wohnbauten

Funktionsausführung	Beschreibung
Heizbetrieb	
1.1	Regelung der Übergabe (exkl. thermisch träge Heizsysteme)
1.2	Regelung der Übergabe thermisch träger Heizsysteme
1.5	Regelung der Übergabe und/oder der Verteilung bei intermittierendem Betrieb
Trinkwassererwärmung	
2.2	Regelung der Speicherbeladung des Trinkwarmwasserspeichers durch Warmwassererzeugung
2.3	Regelung der Speicherbeladung des Trinkwarmwasserspeichers mit Sonnenkollektor und ergänzendem Wärmeerzeuger
2.4	Regelung der Trinkwarmwasser-Zirkulationspumpe

Tabelle INFRAS. Quelle: Norm EN 15232

4.3.1. Heizbetrieb

Für den Heizbetrieb ist zu beachten, dass die Funktionsausführungen 1.1 und 1.2 Alternativen sind, da sie für unterschiedliche technische Systeme anzuwenden sind. Zudem lässt sich die Funktionsausführung 1.5 gemäss Felsmann 2017 mit den beiden Funktionsausführungen 1.1 und 1.2 nicht sinnvoll kombinieren bzw. es resultiert kaum zusätzliche Einsparwirkung (oberhalb der Effizienzklasse C). Daher können die standardisierten Effizienzfaktoren von 1.1 resp. 1.2 und 1.5 nicht miteinander kombiniert werden. Das heisst, pro Regler sind nur die Einsparungen einer dieser Kategorien anrechenbar.

Funktionsausführung 1.1: Regelung der Übergabe

Diese Regelfunktion gilt für Regler, die am Heizkörper (Strahlungsgeräte, Gebläsekonvektoranlage, Gerät im Innenbereich) auf Raumebene installiert sind. Für thermisch träge Systeme

(Fussbodenheizung, Wandheizung, thermoaktive Bauteilsysteme TABS) ist die Funktionsausführung 1.2 anzuwenden.⁸

Diese Funktionsausführung regelt die Wärmeübergabe im Raum, um so die gewünschte Raumtemperatur sicherzustellen. Wärmegewinne von internen Nutzern und solare Wärmegewinne lassen sich damit besser ausnutzen. Neben einer manuellen Einstellung der Heizkörper und Radiatoren sind unterschiedliche Ausprägungen einer automatisierten Regelung möglich: Einbindung des Wärmeerzeugers oder Heizkreises in die Raumtemperaturregelung (Führungsraum) sowie Einzelraumregelung mit oder ohne Kommunikation und Anwesenheitserfassung. Eine optimale Regelung der Wärmeübergabe mindert den Wärmebedarf infolge höherer Raumtemperaturregelgüte sowie einer bedarfsgerechten Wärmeübergabe im Raum.

Tabelle 2: Funktionsbeschreibung und Effizienzfaktoren: Regelung der Übergabe — Funktionsausführung 1.1

Nummer EN 15232	Funktionsbeschreibung	Effizienz- klasse	Standardisierter Effizienzfaktor
1.1.0	Keine automatische Regelung	D	n.a.
1.1.1	Zentrale automatische Regelung: Die zentrale automatische Regelung betrifft entweder nur die Verteilung oder nur die Erzeugung. Dies kann beispielsweise durch Anwendung einer aussentemperaturgeführten Regelung nach EN 12098–1 oder EN 12098–3 erreicht werden; eine Einrichtung kann mehrere Räume regeln	D	n.a.
1.1.2	Einzelraumregelung: durch Thermostatventile ⁹ oder elektronische Regeleinrichtung	C	1
1.1.3	Einzelraumregelung mit Kommunikation: Kommunikation zwischen den Regeleinrichtungen und dem GA-System (z. B. Zeitschaltprogramm, Sollwert der Raumtemperatur)	B	0.96
1.1.4	Einzelraumregelung mit Kommunikation und Anwesenheitserkennung: Kommunikation zwischen den Regeleinrichtungen und dem GA-System; bedarfs-/anwesenheits-abhängige Regelung	A	0.94

Tabelle INFRAS. Quelle: EN 15232 und Felsmann 2017.

Funktionsausführung 1.2: Regelung der Übergabe thermisch träger Heizsysteme

Die Regelfunktion gilt explizit nur für bauteilintegrierte und thermisch träge Heizsysteme (Fussbodenheizung, thermoaktive Bauteilsysteme¹⁰). Für alle anderen schnell reagierenden Systeme ist alternativ die Funktion 1.1 anzuwenden. Eine effiziente Regelung der Wärmeübergabe mindert den Wärmebedarf infolge höherer Raumtemperaturregelgüte sowie einer bedarfsgerechten Wärmeübergabe an den Raum. Wärmegewinne von internen Nutzern und solare Wärmegewinne lassen sich besser ausnutzen.

⁸ Beispielsweise kann in solchen Fällen die anwesenheitsabhängige Regelung (1.1.4) nicht sinnvoll angewendet werden.

⁹ Gemäss einem Experten wäre eine Kombination mit einem Fensterkontakt wichtig, welcher das Thermostatventil schliesst, sobald sich das Fenster oberhalb oder in der Nähe des Thermostatventils öffnet.

¹⁰ wird in der Literatur z.T. auch mit TABS bezeichnet.

Neben einer manuellen Einstellung der Heizkörper sind unterschiedliche Ausprägungen einer automatisierten Regelung möglich. In den Funktionstypen 1.2.2 und 1.2.3 wird die zentrale automatische Regelung erweitert, um so Nutzeranforderungen (thermische Behaglichkeit) und Energieverbrauch besser aufeinander abzustimmen. Dies ist beispielsweise möglich mit Hilfe des intermittierenden Betriebs der Umwälzpumpe (Schaltung entweder mit einer schnellen Frequenz, üblicherweise 6-stündiger Ein-Aus-Zyklus, oder mit einer langsamen Frequenz, die einem Ein-Aus-Zyklus von 24 Stunden entspricht) und/oder mittels Raumtemperatur-Rückführregelung.¹¹ Hierbei wird der Sollwert der Vorlauftemperatur durch die Ausgangsgröße eines Raumtemperatur-Rückführreglers korrigiert, um den Sollwert an nicht vorhersagbare tägliche Schwankungen der Wärmegewinne anzupassen. Da thermisch träge Heizsysteme langsam reagiert, wird nur eine tageweise Korrektur der Raumtemperatur angewendet, eine sofortige Korrektur lässt sich mit einem thermisch trägen Heizsystem nicht erreichen.

Tabelle 3: Funktionsbeschreibung und Effizienzfaktoren: Regelung der Übergabe thermisch träge Heizsysteme — Funktionsausführung 1.2

Nummer EN 15232	Funktionsbeschreibung	Effizienz- klasse	Standardisierter Effizienzfaktor
1.2.0	Keine automatische Regelung der Raumtemperatur	D	n.a.
1.2.1	Zentrale automatische Regelung: Die zentrale automatische Regelung für eine thermisch-träge-Heizsystem -Zone (die alle Räume umfasst, die mit der gleichen Vorlauftemperatur versorgt werden) ist üblicherweise ein Vorlauftemperaturregelkreis, dessen Sollwert von der gefilterten Außentemperatur abhängt, z. B. dem Mittelwert der vergangenen 24 Stunden.	C	1
1.2.2	Erweiterte zentrale automatische Regelung: Dies ist eine zentrale automatische Regelung der thermisch trägen Heizsystem-Zone, die dafür ausgelegt und abgestimmt ist, eine optimale Selbstregelung der Raumtemperatur innerhalb des erforderlichen Behaglichkeitsbereichs (festgelegt durch den Sollwert der Raumtemperatur im Heizbetrieb) zu erreichen. „Optimal“ bedeutet, dass während der Betriebszeiten die Raumtemperaturen aller Räume der Zone im Behaglichkeitsbereich bleiben, um die Behaglichkeitsanforderungen zu erfüllen, aber auch so niedrig wie möglich sind, um den Heizwärmebedarf zu senken.	B	0.93
1.2.3	Erweiterte zentrale automatische Regelung mit intermittierendem Betrieb und/oder Raumtemperatur-Rückführregelung	A	0.89

Tabelle INFRAS. Quelle: EN 15232 und Felsmann 2017.

¹¹ Die rückgeführte Raumtemperatur ist die Temperatur eines Referenzraums oder eine andere für die Zone repräsentative Temperatur.

Funktionsausführung 1.5: Regelung der Übergabe und/oder der Verteilung bei intermittierendem Betrieb

Eine Regeleinrichtung kann verschiedene Räume/Zonen regeln, die die gleichen Belegungsmuster aufweisen. Diese Funktionsausführung beeinflusst übergeordnet zu den Funktionen 1.1 und 1.2 die Wärmeversorgung von Räumen bzw. Zonen durch zeitweises Abschalten der Wärmeübergabe bzw. der Wärmeverteilung. Dieses zeitweise Abschalten kann auf unterschiedliche Arten erfolgen, z.B. Sommerabschaltung, Nachtabschaltung oder Abschaltung bei Abwesenheit. Über diese Funktion wird damit lediglich die Verfügbarkeit der Anlagen gesteuert, nicht jedoch die Regelgüte während der Betriebszeiten.

Tabelle 4: Funktionsbeschreibung und Effizienzfaktoren: Regelung der Übergabe und/oder der Verteilung bei intermittierendem Betrieb — Funktionsausführung 1.5

Nummer EN 15232	Funktionsbeschreibung	Effizienz- klasse	Standardisierter Effizienzfaktor
1.5.0	Keine automatische Regelung	D	n.a.
1.5.1	Automatische Regelung mit feststehendem Zeitprogramm: zur Verringerung der Betriebszeit	D	n.a.
1.5.2	Automatische Regelung mit gleitendem Schalten: zur Verringerung der Betriebszeit	B	0.96
1.5.3	Automatische Regelung mit Bedarfsbeurteilung: zur Verringerung der Betriebszeit	A	0.93

Tabelle INFRAS. Quelle: EN 15232 und Felsmann 2017.

4.3.2. Trinkwassererwärmung

Im Folgenden werden die Funktionsausführungen für die Trinkwassererwärmung beschrieben und standardisierte Effizienzfaktoren definiert. Dabei ist zu beachten, dass die Funktionen 2.2 und 2.3 Alternativen sind, da sie für unterschiedliche technische Systeme anzuwenden sind. Die standardisierten Effizienzfaktoren von 2.2 und 2.3 können daher nicht miteinander kombiniert werden. Die Funktionsausführung 2.4 hingegen kann mit 2.2 und 2.3 kombiniert werden.

Funktionsausführung 2.2: Regelung der Speicherbeladung des Trinkwarmwasserspeichers durch Warmwassererzeugung

In Trinkwarmwassersystemen mit zentraler Trinkwassererwärmung und Trinkwarmwasserspeicherung haben die Speicherverluste neben den Zirkulationsverlusten einen nicht unerheblichen Anteil an den gesamten Wärmeverlusten des Trinkwarmwassersystems. Die mithilfe einer intelligenten Regelung der Speicherbeladung optimierten Beladezyklen, Beladeleistungen und Beladetemperaturen können dazu beitragen, den Energieaufwand auf der Wärmeerzeugerseite zu minimieren.

Tabelle 5: Funktionsbeschreibung und Effizienzklasse: Regelung der Speicherbeladung des Trinkwarmwasserspeichers durch Warmwassererzeugung— Funktionsausführung 2.2

Nummer EN 15232	Funktionsbeschreibung	Effizienz- klasse	Standardisierter Effizienzfaktor
2.2.0	Automatische Zweipunktregelung	D	n.a.
2.2.1	Automatische Zweipunktregelung und geplante Ladefreigabe	C	1
2.2.2	Automatische Ein/Aus-Regelung, geplante Ladefreigabe und bedarfsabhängige Regelung der Vorlauftemperatur oder Multisensor-Speichermanagement	A	0.90

Tabelle INFRAS. Quelle: EN 15232 und Felsmann 2017.

Funktionsausführung 2.3: Regelung der Speicherbeladung des Trinkwarmwasserspeichers mit Sonnenkollektor und ergänzendem Wärmeerzeuger

In Trinkwarmwassersystemen mit solar unterstützter Trinkwassererwärmung erfolgt in der Regel auch eine zentrale Trinkwarmwasserbevorratung. Eine vollständige solarbasierte Trinkwarmwasserversorgung ist aber oft nur in den Sommermonaten möglich, während der restlichen Zeit und bei nicht ausreichendem Solarstrahlungsangebot ist die Zuheizung z.B. über einen fossil versorgten konventionellen Wärmeerzeuger erforderlich. Mit Hilfe der automatischen Regelung soll der vom Zusatzheizer abgeforderte Energieaufwand reduziert werden. In der Klasse C wird dies standardmäßig dadurch sichergestellt, dass die Nutzung der Solarthermie Vorrang besitzt. Darüber hinaus soll durch den Funktionstyp 2.3.2 die Nachladung nur im Bedarfsfall erfolgen. Die intelligente Regelung kann damit dazu beitragen, den Energieaufwand auf der Wärmeerzeugerseite zu minimieren.

Tabelle 6: Funktionsbeschreibung und Effizienzklasse: Regelung der Speicherbeladung des Trinkwarmwasserspeichers durch Warmwassererzeugung— Funktionsausführung 2.3

Nummer EN 15232	Funktionsbeschreibung	Effizienz- klasse	Standardisierter Effizienzfaktor
2.3.0	Manuelle Regelung	D	n.a.
2.3.1	Automatische Regelung der Speicherbeladung mittels Sonnenenergie (Prio. 1) und der ergänzenden Speicherbeladung (Prio. 2)	C	1
2.3.2	Automatische Regelung der Speicherbeladung mittels Sonnenenergie (Prio. 1) und der ergänzenden Speicherbeladung (Prio. 2) sowie der bedarfsabhängigen Vorlauftemperatur oder des Multisensor-Speichermanagements	A	0.90

Tabelle INFRAS. Quelle: EN 15232 und Felsmann 2017.

Funktionsausführung 2.4: Regelung der Trinkwarmwasser-Zirkulationspumpe

Auch wenn die Funktion auf die elektrisch betriebene Zirkulationspumpe abzielt und damit vermeintlich die fossilen Energieträger nicht berührt, ist zu bedenken, dass neben den Wärmespeicherverlusten die Wärmeverluste der Zirkulationsleitungen entscheidend für die schlechten Wirkungsgrade der zentralen Trinkwarmwassersysteme ist. Der in Wohngebäuden unter bestimmten Voraussetzungen (keine Großanlagen) erlaubte zeitlich eingeschränkte Betrieb der Zirkulationspumpe lässt somit auch Einsparungen erwarten.

Tabelle 7: Funktionsbeschreibung und Effizienzklasse: Regelung der Speicherbeladung des Trinkwarmwasserspeichers durch Warmwassererzeugung— Funktionsausführung 2.4

Nummer EN 15232	Funktionsbeschreibung	Effizienz- klasse	Standardisierter Effizienzfaktor
2.4.0	keine Regelung, Dauerbetrieb	D	n.a.
2.4.1	mit Zeitprogramm	A	0.90

Tabelle INFRAS. Quelle: EN 15232 und Felsmann 2017.

4.4. Einflussfaktoren

Es gibt eine Reihe von Faktoren, die dazu führen können, dass die tatsächliche Wirkung anders ausfällt, als die berechnete Wirkung. Im Folgenden werden diese zusammengefasst und Vorschläge gemacht, ob und wie diese Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Einflussrichtung «konservativ» bedeutet dabei, dass dieser Einflussfaktor dazu beiträgt, dass die berechnete Emissionsverminderung tendenziell die tatsächliche Wirkung unterschätzt. «Nicht-konservativ» bedeutet entsprechend das Gegenteil.

Die Übersicht in Tabelle 8 und die daran anschließenden vertiefenden Erörterungen zeigen, dass die nicht berücksichtigten Einflussfaktoren in beide Richtungen wirken. Die Einschätzung der Autoren, ob die Einflussfaktoren gesamthaft in eine nicht-konservative oder eine konservative Richtung wirken, ist in die Festlegung der standardisierten Werte eingeflossen. Die in Kapitel 5.1 vorgegebenen standardisierten Werte sind – soweit dies im Rahmen des vorliegenden Projekts mit beschränktem Aufwand möglich war – so gewählt, dass aus Sicht der Autoren aufgrund der Standardisierung eine bestmögliche Schätzung erfolgt und weder eine deutliche Über- noch Unterschätzung der Emissionsverminderung erwartet werden muss.

Tabelle 8: Einflussfaktoren

Einflussfaktor	Berücksichtigung	Einflussrichtung	Einflussstärke über alle Vorhaben
Effizienzklasse der bestehenden Regelung	Nein	Konservativ	Schwach
Zukünftige energetische Sanierungstätigkeit	Nein	Nicht Konservativ	Stark
Gesetzliche Rahmenbedingungen	Nein	Nicht Konservativ	Schwach
Normative Rahmenbedingungen	Ja	Unklar	Unklar
Technischer Fortschritt	Nein	Konservativ	Stark
Technologietrends und -verbreitung	Nein	Nicht Konservativ	Stark
Nachträglicher Wechsel des Energieträgers	Nein	Nicht Konservativ	Stark
Nicht sachgemässes Verwenden des Reglers	Nein	Nicht Konservativ	Unklar
Jährliche Temperaturschwankungen über die Heizperioden	Ja	Nicht relevant	In Berechnung berücksichtigt
Klimawandel	Ja	Nicht relevant	In Berechnung berücksichtigt
Höhenabhängigkeit (Variante Energiebezugsfläche)	Nein	Konservativ	Stark
Höhenabhängigkeit (Variante Brennerleistung)	Ja	Nicht relevant	In Standardwert berücksichtigt
Energetischer Zustand Gebäude	Nein	Neutral über eine grosse Anzahl an Vorhaben	In Standardwert berücksichtigt
Spezifische Gebäudebeschaffenheit	Nein	Neutral über eine grosse Anzahl an Vorhaben	Nicht relevant
Energieflüsse von anderen Wohnungen	Nein	Nicht Konservativ	Schwach
Normtemperatur und Benutzerverhalten	Nein	Konservativ	Stark
Überdimensionierung Brenner (Nur für Variante Brennerleistung)	Ja	Nicht relevant	In Standardwert VLS berücksichtigt
Anzahl Bewohner	Nein	Neutral über eine grosse Anzahl an Vorhaben	Nicht relevant
EFH / MFH	Nein	Neutral über eine grosse Anzahl an Vorhaben	Nicht relevant

Effizienzklasse der bestehenden Regelung

Bei der Berechnung der standardisierten Effizienzfaktoren wird davon ausgegangen, dass die ersetzten Regelungselemente der GA-Effizienzklasse C nach EN 15232 entsprechen. Viele bestehende Regler sind der GA-Effizienzklasse D zuzuordnen. Entsprechend ist die tatsächliche Wirkung in diesen Fällen grösser. Die Autoren gehen davon aus, dass nur sehr wenig Regler der Effizienzklassen B und A ersetzt werden. Diesen Effekt zu vernachlässigen ist daher konservativ.

Zukünftige energetische Sanierungstätigkeit

Die ab Inbetriebnahme der Regelung stattfindende Sanierungstätigkeit wird nicht separat berücksichtigt, sondern fliesst in die Gesamteinschätzung unter Einbezug aller Faktoren ein. Die energetische Sanierungsrate ist derzeit gering (rund 1% pro Jahr in Bezug auf Gebäude, wobei typischerweise eine Reduktion des Energiebedarfs in der Grössenordnung von 50% erreicht wird). Energetische Sanierungen führen insgesamt zu einem Rückgang des Energieverbrauchs, daher ist eine Vernachlässigung nicht konservativ.

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) sehen Grenzwerte für den Heizwärmebedarf pro Jahr für Neubauten und energetische Sanierungen für verschiedenen Gebäudetypen vor. Diese werden ab 2020 verschärft (MuKE 2014). Inwiefern dies auch zu einer erhöhten Dynamik bei der Absenkung des Energieverbrauchs des Gebäudeparks führen wird, ist noch unklar.

Normative Rahmenbedingungen

Eine Neuauflage der Norm EN 15232 ist bis Ende 2017 zu erwarten (EN 15232:2016). Dann beginnt der Prozess, diese Norm für die Schweiz zu übernehmen. Falls daraus eine Neuauflage der derzeit gültigen Norm SIA 386.110 entwickelt wird, sollten auch die hier festgelegten Standardfaktoren überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Die aktualisierten Werte sind für neue Programme zu übernehmen.

Technischer Fortschritt

Der technische Fortschritt führt über optimierte Sensoren, Algorithmen, Kommunikation etc. dazu, dass die tatsächliche Wirkung der intelligenten Regelungen in Gebäuden zunimmt (z.B. können Regler, die mit dem Internet verbunden sind, Wettervorhersagen einbeziehen). Dieser Effekt wird nicht berücksichtigt. Die in der EN 15232 aufgeführten standardisierten Effizienzfaktoren basieren auf relative alten Berechnungen. Eine Vernachlässigung des technologischen Fortschritts ist daher konservativ.

Technologietrends und -verbreitung

Es findet eine rasante technische Entwicklung im Bereich der Informationstechnologie statt (Smart Home, Internet der Dinge, etc.). Diese führt dazu, dass sich effiziente Regelungen in Gebäuden auch im Referenzszenario verbreiten werden.

Effiziente Regelungen könnten vor allem in Neubauten Stand der Technik werden, die nicht Teil dieser Standardisierung sind. Aber auch in bestehenden Gebäuden ist eine grössere Anzahl solcher Regelungen zu erwarten. Daher ist ein gewisser Mitnahmeeffekt zu erwarten. Dessen Vernachlässigung ist nicht konservativ. Es gäbe Möglichkeiten diesen Effekt zu berücksichtigen, beispielsweise durch pauschale Abschlagsfaktoren im Rahmen der Wirkungsberechnung oder Obergrenzen im Rahmen der Praxisanalyse (z.B. über den Marktanteil bezogen auf den Gesamtmarkt für Heizungsregler im Ersatzmarkt, exklusive die in Kompensationsprojekten eingeschlossenen Regler). Faktisch wird eine solche Prüfung aufgrund der beschränkten Datenverfügbarkeit aufwendig sein und müsste auf eine vertiefte Marktanalyse abstützen. Dies kann vom Programmeigner nicht geleistet werden. Ob die in der Standardmethodik berücksichtigten Regler der Effizienzklasse A und B dem Stand der Technik entsprechen, sollte daher periodisch vom Regulator geprüft werden.

Wechsel des Energieträgers

Im Rahmen des Einbaus der Regelungen¹² und während dessen Lebensdauer kann es zu einem Wechsel des Energieträgers kommen. Es ist davon auszugehen, dass solche Wechsel grösstenteils hin zu Energieträgern mit einem geringeren Emissionsfaktor geschehen (z.B. von einer Ölheizung zu einer Wärmepumpe). Ein solcher Wechsel könnte einerseits durch den Einbau eines effizienteren Reglers allenfalls verzögert werden. Andererseits fällt die CO₂-Verminderungswirkung des effizienteren Reglers weg, wenn auf erneuerbare Energieträger umgestellt wird. Eine Vernachlässigung ist daher nicht konservativ.

Nicht sachgemässes Verwenden der Regeleinheit

Der Regler kann nur dann die berechnete Wirkung erzielen, wenn er sachgerecht verwendet wird. Im Extremfall könnte ein Nutzer den Regler auch wieder ausbauen. Der Effekt wird nicht separat berücksichtigt, sondern fliesst in die Gesamteinschätzung unter Einbezug aller Faktoren ein. Diesen Effekt zu vernachlässigen ist nicht konservativ.

¹² Es ist im NFGA explizit erwähnt und erlaubt, dass man während dem Einbau des Reglers auch die Heizung wechseln darf und trotzdem den Emissionsfaktor der alten Heizungssysteme verwenden darf. Der Effekt von neuen CO₂-neutralen Heizungen wird im NFGA durch einen pauschalen Abzugsfaktor von 1.6% berücksichtigt.

Jährliche Temperaturschwankungen über die Heizperioden

Die Temperatur während der Heizperiode hat einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch von Gebäuden für ein gegebenes Jahr. Dieser Effekt wird mittels einer Korrektur über die Heizgradtage berücksichtigt.

Klimawandel

Der Klimawandel führt dazu, dass die Temperatur während der Heizperiode im Schnitt über die kommenden Jahre langsam steigt. Dieser Effekt wird mittels einer Korrektur über die Heizgradtage berücksichtigt.

Höhenabhängigkeit

Für hochliegende Gebäude ist der Energiebedarf höher, da es in der Höhe kälter ist. Eine der Höhe angepasste Bauweise kompensiert diesen Effekt wohl nur teilweise.

- Die Variante Energiebezugsfläche berücksichtigt diesen Effekt nicht. Dies ist ein konservatives Element.
- Die Variante Brennerleistung berücksichtigt diesen Effekt implizit. Dies, weil davon ausgegangen werden kann, dass in der Regel die Brennerleistung entsprechend angepasst wird. Gleichzeitig kann sich in Höhenlagen auch die Anzahl Volllaststunden erhöhen, was sich dann konservativ auswirkt.

Energischer Zustand der Gebäude

Der energische Zustand der Gebäude (Alter, Bauweise, etc.) spielt eine zentrale Rolle für den Energieverbrauch und somit für die Einsparwirkung. Die Energiekennzahl bzw. die Volllaststunden müssen so gewählt werden, dass die Vorhaben repräsentativ für die Gesamtheit an Schweizer Wohnungen sind. Dann ist der Effekt neutral über viele Vorhaben, solange sich im Rahmen des Programms keine systematischen Abweichungen von der Schweizer Grundgesamtheit ergeben.

Spezifische Gebäudebeschaffenheit

Der Energieverbrauch eines Gebäudes hängt von einer Reihe weiterer Faktoren ab, beispielsweise von der Gebäudehüllzahl (teils auch Formfaktor genannt).

- Bei der Variante «Energiebezugsfläche» ist der Effekt der Gebäudehüllzahl neutral über viele Vorhaben, solange die Vorhaben repräsentativ für die Gesamtheit an Schweizer Wohnungen sind und diese Gesamtheit für die Bestimmung der Energiekennzahlen berücksichtigt wurde.
- Die Variante Brennerleistung berücksichtigt die Gebäudehüllzahl implizit, da davon ausgegangen werden kann, dass die Brennerleistung entsprechend dimensioniert wird.

Energieflüsse von anderen Wohnungen

Bei «Sandwichwohnungen» in Mehrfamilienhäusern kann eine effiziente Regelung dazu führen, dass die Temperatur gegenüber Nachbarwohnungen kleiner ist. Dann fließt Wärmeenergie von der wärmeren Nachbarwohnung zur kälteren geregelten Wohnung und führt so zu einem Mehrverbrauch in der Nachbarwohnung («Wärmeklau»). Dieser Effekt ist vor allem in Ferienwohnungen relevant, die über längere Zeit leer stehen und die Temperatur stark absenken. In dieser Standardmethode wird der Effekt vernachlässigt.

Normtemperatur

Die Normtemperatur für die Berechnung von Einsparpotenzialen ist gemäss Expertenaussage 20°C, was der Normvorgabe entspricht. Dies entspricht heute nicht mehr der Realität. Die Raumtemperaturen sind im Durchschnitt höher und damit der Energieverbrauch und die Einsparungen entsprechend grösser. Der Einfluss trägt folglich zur Konservativität bei.

Überdimensionierung Brenner

Für die Variante «Brennerleistung» ist relevant, dass Brenner tendenziell eher Überdimensioniert werden. Die zu vernachlässigen ist nicht-konservativ. Über einen tief angesetzten Standardwert (vorgeschlagen werden 1700 h/a) für die Vollaststunden kann dem aber begegnet werden.

Anzahl Bewohner

Der Energiebedarf kann mit der Anzahl der Bewohner variieren (vor allem der Trinkwasserbedarf). Dieser Einflussfaktor ist neutral über viele Vorhaben solange sich im Rahmen des Programms keine systematischen Abweichungen von der Schweizer Grundgesamtheit ergeben.

Unterscheidung Ein und Mehrfamilienhäuser

Mehrfamilienhäuser haben in der Regel einen kleineren spezifischen Energiebedarf als Einfamilienhäuser (vor allem aufgrund der Gebäudehüllzahl; siehe oben). Dieser Einflussfaktor ist neutral über viele Vorhaben solange sich im Rahmen des Programms keine systematischen Abweichungen von der Schweizer Grundgesamtheit ergeben. Alternativ könnten die Standardwerte nach EFH und MFH differenziert werden.

5. Monitoring

Die Standardisierung hat insbesondere zum Ziel, das Monitoring möglichst einfach zu gestalten. Es muss daher nur eine minimale Menge an Daten erhoben werden. Im Folgenden werden die Standardwerte, die vorgegebenen Parameter sowie die vorhabenspezifischen Parameter beschrieben.

5.1. Standardwerte

Tabelle 9: Effizienzfaktoren relevanter Funktionsausführungen für Heizbetrieb und Warmwassererwärmung

Funktionsausführungen	GA-Effizienzklasse C	GA-Effizienzklasse B	GA-Effizienzklasse A
Heizbetrieb			
1.1	1	0,96	0,94
1.2	1	0,93	0,89
1.3	1	0,99	0,99
1.5	1	0,96	0,93
<i>Norm EN 15232 (dient nur zum Vergleich)</i>	<i>1</i>	<i>0.88</i>	<i>0.81</i>
Trinkwassererwärmung			
2.2	1	nicht relevant ¹³	0,90
2.3	1	nicht relevant ¹⁴	0,90
2.4	1	0,94	0,90
<i>Norm EN 15232 (dient nur zum Vergleich)</i>	<i>1</i>	<i>0.90</i>	<i>0.80</i>

Für eine ausführliche Beschreibung und Erklärung der Begriffe und Werte siehe Kapitel 4.3.

Tabelle INFRAS. Quelle Felsmann 2017.

¹³ Die Norm sieht nur eine Differenzierung zwischen GA-Effizienzklassen D, C und A vor (Klasse B ist nicht vorhanden).

¹⁴ Die Norm sieht nur eine Differenzierung zwischen GA-Effizienzklassen D, C und A vor (Klasse B ist nicht vorhanden).

Tabelle 10: Standardisierter Energiebedarf Heizung pro Energiebezugsfläche und pro Jahr

Baujahr	Energiekennzahl Wärme [kWh / m ² / a].
Bis 1920	101
1921-1960	130
1961-1980	128
1981-1990	89
1991-2000	63
2001-2011	47

In Kanton Zürich 2014 ist die Energiekennzahl für Heizung *und* Warmwasser aufgeführt. Die Daten stammen aus dem Jahr 2011. Auf dieser Grundlage wurde der oben aufgeführte standardisierte Energiebedarf Heizung berechnet, indem der standardisierte Energiebedarf Warmwasser (siehe Tabelle 11) abgezogen wurde, unter der Annahme, dass dieser über die Baujahre konstant ist. Des Weiteren wurden die resultierenden Werte um 11% reduziert, weil die Daten aus Kanton Zürich 2014 auf 3717 Heizgradtage normiert wurden. Das Jahresmittel 1980 — 2010 für Zürich liegt bei 3427 Heizgradtage und das Mittel 2001 — 2010 bei 3310 Heizgradtage.¹⁵ Daher gehen wir davon aus, dass für Programme ab 2017 der relevante Schnitt bei rund 3300 Heizgradtagen liegt.

Tabelle INFRAS. Quelle: Kanton Zürich 2014, SIA 380/1:2009 und eigene Berechnungen INFRAS.

Tabelle 11: Herleitung des Parameters «Standardisierter Energiebedarf Warmwasser»

	EFH	MFH
Jährlicher Wärmebedarf (Nutzenergie) in kWh / m ² . [SIA 380/1:2009; Tabelle 23]	13.9	20.8
Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugung [abgeleitet aus: Prognos 2012; Tabelle 7-13]	70%	70%
Jährlicher Endenergiebedarf in kWh / m ² / a [berechnet]	19.8	29.8
Anteil der Gebäudekategorie an der Gesamt-Energiebezugsfläche der Wohnbauten [Abgeleitet aus Gebäudebestandsentwicklung BFE; nicht veröffentlicht]	30%	70%
Gemittelter jährlicher Energiebedarf Warmwasser in kWh / m ² / a		27

Tabelle INFRAS. Quellen: Prognos 2012, Gebäudebestandsentwicklung BFE, Quelle SIA 380.

¹⁵ <http://www.hev-schweiz.ch/vermieten/heiz-und-nebenkosten/heizgradtage/> (abgerufen am 22.03.2017)

5.2. Monitoringparameter

In der Programmbeschreibung sind im Monitoringkonzept die nachstehenden Tabellen aufzuführen, soweit diese für den spezifischen Anwendungsfall relevant sind. Die vorhandenen Informationen können unverändert übernommen werden. Leere Felder sind durch den Projektentwickler zu ergänzen.

Es muss gewährleistet werden, dass die Datenerhebung korrekt ist. Gewisse vorhabenspezifische Parameter können beispielsweise während der Installation von einem Fachmann erhoben werden. Ist dies nicht möglich, beispielsweise wenn die Heizungssteuerung online bestellt und dann eigenständig einbaut wird, müssen die korrekten Daten dem Programmeigner anderweitig zur Verfügung gestellt werden können und von diesem zumindest stichprobenartig überprüft werden.

Es muss ausserdem auf geeignete und verhältnismässige Weise überprüft werden, dass die Regelungen auch tatsächlich in Betrieb und funktionsfähig sind. Dies kann beispielsweise über stichprobenartige Kontrollen oder über der Kontrolle des regelmässigen Kontakts der Regelungen mit einem Server (falls möglich) erfolgen. Sollte die Kontrolle zeigen, dass die Funktionsfähigkeit der Regler in substantiellem Ausmass beeinträchtigt ist, müssen geeignete Massnahmen ergriffen oder Abschlagsfaktoren im Monitoring berücksichtigt werden.

5.2.1. Vorgegebene Parameter

Vorgegebene Parameter entsprechen den in diesem Dokument (siehe Kapitel 4.3) oder in andern Dokumenten vom BAFU festgelegten standardisierten Werten. Sie bleiben über die laufende Kreditierungsperiode konstant.

Vorgegebener Parameter	EF_i
Beschreibung des Parameters	Emissionsfaktor des Energieträgers (z.B. Erdgas, Heizöl), der zur Beheizung des Gebäudes dient, in dem der Regler i installiert ist.
Wert	siehe CO ₂ -Verordnung, Anhang 10
Einheit	tCO ₂ / kWh
Datenquelle	CO ₂ -Verordnung, Anhang 10

Vorgegebener Parameter	EKh_i
Beschreibung des Parameters	Standardisierter Energiebedarf pro Energiebezugsfläche, die durch den Regler i beeinflusst wird; in Abhängigkeit des Erstellungsjahrs des Gebäudes.
Wert	gemäss Tabelle 10, Seite 23
Einheit	kWh / (m ² * a)
Datenquelle	siehe Tabelle 10

Vorgegebener Parameter	E_{ww}
Beschreibung des Parameters	Standardisierter Energiebedarf Warmwasser pro Energiebezugsfläche
Wert	27
Einheit	kWh / (m ² * a)
Datenquelle	Herleitung siehe Tabelle 11, Seite 23

Vorgegebener Parameter	η
Beschreibung des Parameters	Standardisierter Jahresnutzungsgrad des Wärmeerzeugers.
Wert	0.85
Einheit	-
Datenquelle	Wert entspricht η_h gemäss SIA 380/1: 2009, Tabelle 31 für EFH und MFH für Öl-oder Gasheizungen. Entspricht auch dem Wert für Heizöl gemäss Standardmethode für Kompensationsprojekte des Typs «Wärmeverbünde». Auf eine Differenzierung von Gas- und Ölfeuerungen wird aus Gründen der Vereinfachung bewusst verzichtet und der konservativere Wert verwendet.

Vorgegebener Parameter	SE_i
Beschreibung des Parameters	Standardisierter Effizienzfaktor des Reglers i, basierend auf der jeweiligen Funktionsausführung.
Wert	gemäss Tabelle 9
Einheit	-
Datenquelle	Felsmann 2017

Vorgegebener Parameter	<i>VLS</i>
Beschreibung des Parameters	Standardisierte Volllaststunden des Wärmeerzeugers.
Wert	1700
Einheit	h / a
Datenquelle	<p>Eine gut dimensionierte Feuerung erreicht in einem klimatisch durchschnittlichen Jahr zwischen 1900 und 2300 Volllaststunden (vgl. z.B. E-CH Leistungsgarantie Haustechnik, http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?ext-lang=de&name=de_339286327.pdf). Ein Wert von 1700 h / a ist daher eine ausreichend konservative Annahme, welche eine mögliche, systematische Überdimensionierung der Brennerleistung berücksichtigt. Zu berücksichtigen ist dabei, dass sich einzelne Ausreisser in einem Programm statistisch ausmitteln.</p>

5.2.2. Vorhabensspezifische Parameter

Vorhabensspezifischer Parameter	<i>BL_i bzw. BL_{i,tot}</i>
Beschreibung des Parameters	<p>Brennerleistung, die der Energiebezugsfläche zugehörig ist, welche durch den Regler i beeinflusst wird.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Falls der Regler i auf die komplette vom Brenner beheizte Energiebezugsfläche wirkt, dann kann die Brennerleistung gemäss Typenschild (o.ä.) direkt als BL_i verwendet werden. ▪ Falls der Regler i nur auf einen Teil der Energiebezugsfläche wirkt, die von einem Brenner beheizt wird, dann entspricht die Brennerleistung gemäss Typenschild (o.ä.) $BL_{i,tot}$. Der Wert BL_i muss dann gemäss Formel (1a) berechnet werden.
Wert	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Einheit	kW
Datenquelle	Erhebung z.B. gemäss Typenschild
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Beschreibung Messablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Kalibrierungsablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Genauigkeit der Messmethode	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Messintervall	Einmalige Bestimmung
Verantwortliche Person	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>

Vorhabenspezifischer Parameter	$EBF_{i,tot}$
Beschreibung des Parameters	Dies ist die gesamte Energiebezugsfläche, die durch den Brenner mit der Leistung $BL_{i,tot}$ beheizt wird. Die Erhebung dieses Messwerts ist nur dann nötig, wenn der Regler i nur auf einen Teil der Energiebezugsfläche wirkt, die von einem Brenner beheizt wird (siehe Formel (1a)).
Wert	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Einheit	m ²
Datenquelle	Erhebung
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Beschreibung Messablauf	Gemäss Vorgaben SIA-Normen. Falls nur Angaben zu Wohnflächen oder anderen anerkannte Bezugsgrössen verfügbar sind können fixe Umrechnungsfaktoren verwendet werden, die zu begründen und in der Verifizierung zu überprüfen sind.
Kalibrierungsablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Genauigkeit der Messmethode	Gemäss Vorgaben SIA-Normen
Messintervall	Einmalige Bestimmung
Verantwortliche Person	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>

Vorhabenspezifischer Parameter	EBF_i
Beschreibung des Parameters	Energiebezugsfläche, die durch den Regler i beeinflusst wird.
Wert	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Einheit	m ²
Datenquelle	Erhebung
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Beschreibung Messablauf	Gemäss Vorgaben SIA-Normen. Falls nur Angaben zu Wohnflächen oder anderen anerkannte Bezugsgrössen verfügbar sind können fixe Umrechnungsfaktoren verwendet werden, die zu begründen und in der Verifizierung zu überprüfen sind.
Kalibrierungsablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Genauigkeit der Messmethode	Gemäss Vorgaben SIA-Normen
Messintervall	Einmalige Bestimmung
Verantwortliche Person	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>

Vorhabenspezifischer Parameter	$HGT_{i,y}$
Beschreibung des Parameters	Heizgradtage im Jahr y der nächstgelegenen Wetterstation zum Gebäude in dem Regler i installiert ist.
Wert	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Einheit	K*Tage
Datenquelle	z.B. HEV Schweiz
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Beschreibung Messablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Kalibrierungsablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Genauigkeit der Messmethode	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Messintervall	Jährlich
Verantwortliche Person	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>

Vorhabenspezifischer Parameter	<i>HGT_{i,Mittel}</i>
Beschreibung des Parameters	Durchschnittliche Heizgradtage der nächstgelegenen Wetterstation zum Gebäude in dem Regler i installiert ist.
Wert	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Einheit	K*Tage
Datenquelle	z.B. HEV Schweiz
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Beschreibung Messablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Kalibrierungsablauf	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Genauigkeit der Messmethode	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>
Messintervall	Einmalige Bestimmung
Verantwortliche Person	<i>durch Gesuchsteller zu ergänzen</i>

5.3. Plausibilisierung

Eine Plausibilisierung der Standardparameter und der vorgegebenen Parameter sowie eine Prüfung von Einflussfaktoren ist seitens des Projektentwicklers nicht nötig, solange er sich an die Vorgaben dieser Standardisierung hält.

Die individuell pro Regler resp. Gebäude zu erhebenden Parameter sollen nach gängiger Praxis plausibilisiert werden, z.B. über Kontrollrechnungen. Die Erfassung von zusätzlichen Plausibilisierungsparametern ist nicht erforderlich.

Literatur

- BAFU 2017:** Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland. Ein Modul der Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde zur CO₂-Verordnung. Stand Januar 2017. Umwelt-Vollzug Nr. 1315: 86 S.
www.bafu.admin.ch/uv-1315-d
- BFE 2016:** Potenzialabschätzung von Massnahmen im Bereich der Gebäudetechnik. TEP Energy GmbH. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE. Januar 2016.
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?ext-lang=de&name=de_857532318.pdf
- Felsmann 2017:** Clemens Felsmann Bewertung effizienter Regelung in Gebäuden. Kurzstudie zur Bestimmung desaggregierter Effizienzfaktoren in Anlehnung an EN 15232. Im Auftrag von INFRAS. 15. März 2017. Siehe Annex.
- Prognos 2012:** Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050 – Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000-2050. Prognos AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Basel.
<https://www.prognos.com/publikationen/alle-publicationen/292/show/7f9a4382d75cc40032147306d423aaca/>
- Norm 15232:** Europäische Norm 15232:2010. Energieeffizienz in Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement. Übernommen in der Schweiz als Schweizer Norm SIA 386.110.
- Siemens 2012:** Gebäudeautomation - Einfluss auf die Energieeffizienz. Anwendung gemäss SN EN 15232 bzw. SIA 386.110 – Ausgabe 2012.

Glossar

Energie

Der Energiebedarf entspricht der Menge an Energie, die dem Gebäude in Form von fossilen Brennstoffen für den entsprechenden Zweck zugeführt wird (Endenergie). Davon zu unterscheiden ist der Wärmebedarf (Nutzenenergie). Dies ist die Menge an Wärme die einem beheizten Raum zugeführt werden muss, um die Solltemperatur zu erreichen. Der Energiebedarf setzt sich somit zusammen aus dem Wärmebedarf sowie technischen Verlusten der Wärmeerzeugung, -speicherung und -verteilung.

GA-Effizienzklasse

Gebäudeautomations-Effizienzklasse entsprechend der Norm EN 15232 (GA-Effizienzklasse A, B, C oder D).

Gebäudeautomation (GA)

Bezeichnung der Produkte, Software und technischen Dienstleistungen für die automatische Steuerung und Regelung, Überwachung und Optimierung, für das menschliche Eingreifen und das Management, mit deren Hilfe die Gebäudeausrüstung energieeffizient, wirtschaftlich und sicher bedient werden kann.

ANMERKUNG: Das Gewerbe und die Branche werden ebenfalls Gebäudeautomation genannt.

[EN ISO 16484-2:2004]

Intermittierender Betrieb

Muss die Raumtemperatur eines Gebäudes nicht kontinuierlich auf dem Komfortniveau gehalten werden, spricht man von intermittierendem Betrieb. Dieser ist beispielsweise für Ferienwohnungen relevant.

Thermisch träge Heizsysteme

Bei thermisch trägen Heizsystemen folgt die Temperatur des beheizten Wohnraums einer Temperaturänderung des Trägermediums der Heizung (meist Wasser) mit einer bedeutenden Zeitverzögerung. Ein Beispiel ist eine Fussbodenheizung. Hier reagiert die Raumtemperatur auf eine Änderung des Trägermediums der Heizung erst mit einer Verzögerung in der Größenordnung von einer Stunde oder mehr.

Übergabe

Übergabe ist der Transfer von Wärmeenergie vom Trägermedium der Heizung (meist Wasser) in den Wohnraum. Dabei werden geeignete Wärmetauscher verwendet. Beispielsweise geben Radiatoren die Wärme direkt in die Wohnungsluft ab. Bei Bodenheizungen erfolgt die Übergabe über im Boden verlegte Heizungsrohre.

NFGA

Nationales Förderprogramm Gebäudeautomation, registriert beim Bundesamt für Umwelt als Kompensationsprojekt No. 0029

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/klimapolitik/kompensation-von-co2-emissionen/liste-registrierte-kompensationsprojekte/2-2--energieeffizienzsteigerung-in-gebaeuden.html>

Annex: Kurzstudie Felsmann 2017