

NiQ Wirkungsanalyse

ANALYSE DER WIRKUNG DES HEIZUNGSREGLERS NIQ BEI 17
EINFAMILIENHÄUSERN IM GASVERTEILNETZ DER
TECHNISCHEN BETRIEBE WIL

KIENAST PASCAL & VÖGELI PASCAL

INSTITUT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG INE

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN ZHAW

14.07.2022

Inhalt

Zusammenfassung.....	1
Ausgangslage und Projektbeschreibung	2
Methodik	2
Datenverfügbarkeit	2
Resultate aus Umfrage	3
Charakterisierung der Test-Objekte	3
Einbau und Funktionalität der installierten NiQ-Steuerung.....	3
Angaben zur Raumtemperatur.....	4
Fazit Umfrage	4
Resultate der Auswertung.....	5
Berechnung simulierte CO ₂ Einsparungen	5
Messung Raumtemperatur	5
Fazit	6
ANHANG: Aufbau Referenzsystem.....	7
Definition von Referenzsystem:	7
Bestimmung Referenzfaktor:	7
Wirkungsanalyse der Testobjekte:.....	7
Quellen	8

Zusammenfassung

In Auftrag von Technische Betriebe Will (TBW) wurde der NiQ-Heizungsregler der Firma Neurobat auf deren Wirksamkeit im Rahmen eines Feldtests mit Einfamilienhäusern erprobt.

Durch die Auswertung der Gasverbräuche der 17 Testobjekte konnte eine durchschnittliche Einsparung durch den NiQ-Heizungsregler von 23% aufgezeigt werden. Die Wirkung variiert zwischen den Testobjekten von 3% bis 42%, dies auch in baugleichen Häusern. Die Variation der Wirkung ist zum einen auf Unterschiede der Gebäudequalität (Wärmedämmung der Gebäudehülle) zum anderen auf unterschiedliche Nutzerverhalten (z.B. Art und Dauer von Lüften, Einstellung der Raumtemperatur etc.) sowie der Anzahl Bewohnenden pro Testobjekt zurückzuführen. Im Durchschnitt wurde durch den NiQ der Gasverbrauch pro Haus und Jahr um 285 m³ reduziert, wodurch CO₂-Emissionen von rund 0.6 t CO₂-Äquivalenten eingespart wurden.

Neben der Wirkungsanalyse des NiQ wurden die Bewohner der Testobjekte zu ihrem Gesamteindruck bezüglich NiQ befragt. An der Umfrage haben insgesamt 16 Teilnehmende aus 15 Haushalten teilgenommen. Aus den Antworten ist zu entnehmen, dass 9 Teilnehmende nicht oder nur teilweise zufrieden waren mit dem Einbau. 10 Teilnehmende sagten aus, dass der NiQ nicht oder nur teilweise so funktionierte, wie er sollte. Von den 16 Teilnehmenden möchten 7 den NiQ weiter nutzen, 8 Teilnehmende sind sich noch nicht sicher und eine Person möchte den NiQ ausbauen lassen.

Ausgangslage und Projektbeschreibung

Mit dem Projekt Wirkungsanalyse NiQ soll die Effizienz und Effektivität des Heizungsreglers NiQ (NiQ) der Firma Neurobat AG in einem Feldtest erfasst und analysiert werden. Dazu wurden insgesamt 17 Testobjekte in der Region Wil ausgewählt, in welchen die NiQ installiert und der Gasverbräuche über die Periode eines Jahres gemessen und mit dem Vorjahr verglichen werden. Die Verbrauchsdaten werden zusätzlich mit 61 Referenzobjekten aus Wil verglichen, um mit einem Korrekturfaktor jährliche Verbrauchsschwankungen aufgrund von Umwelteinflüssen herauszurechnen. Auf Basis der Referenzdaten wird der modellierte Verbrauch für die Testobjekte kalkuliert und mit dem gemessenen Verbrauch der Testobjekte verglichen. Die Differenz zwischen modelliertem und gemessenem Gasverbrauch kann in eingesparte CO₂-Emissionen über den gesamten Testzeitraum umgerechnet werden. Zusätzlich zu den Auswertungen des Gasverbrauchs wurde eine Umfrage bei den Bewohnenden der Testobjekte zu ihren Erfahrungen mit dem NiQ durchgeführt und ausgewertet.

Methodik

In den 17 Testobjekten wurde eine Messung vor Installation (Y-1: 1.04.2020-31.03.2021) und nach Installation (Y0: 1.04.2021-31.03.2022) der NiQ durchgeführt. Die Gasverbrauchsdaten von 101 Referenzobjekten aus den Messperioden Y-1 und Y0 wurden ausgewertet, zu einem Referenzsystem zusammengefasst und ein Korrekturfaktor erarbeitet, um den Einfluss durch unterschiedliche Temperaturverläufe der Messperioden Y0 und Y-1 auszugleichen. Auf Basis des Referenzsystem wurde der Gasverbrauch der Testobjekte für die Messperiode Y0 modelliert und anschliessend mit dem gemessenen Gasverbrauch verglichen. Die Differenz zwischen gemessenem und modelliertem Gasverbrauch ergibt, nach Berücksichtigung des Korrekturfaktors die Wirkung des NiQ. Die Methode ist im Anhang (Seite 7) detailliert ausgeführt.

Datenverfügbarkeit

Folgende Punkte im Bezug zur Datenverfügbarkeit sind hervorzuheben:

- In folgenden Testobjekten war die Smart Meter Gaswertmessung nicht verfügbar oder nicht komplett und die Testobjekte mussten von der Auswertung ausgeschlossen werden:
 - TestObj. 5; Fürstenlandstrasse 26
 - TestObj. 6; Hochwiesenstrasse 21
 - TestObj. 15; Hochwiesenstrasse 23
- Zwei weitere Testobjekte sind im Testzeitraum aus der Wirkungsanalyse ausgestiegen. Somit standen insgesamt 12 Testobjekte für die Wirkungsanalyse zur Verfügung.
- Von 101 Referenzobjekten mit Smart Meter Gasmesswerte wurden 61 für das Referenzsystem verwendet, 40 wurden aufgrund der GIS-Klassifizierung oder eines Wärmebedarfs von weniger als 5'000 kWh oder mehr als 30'000 kWh ausgesondert.
- Die Auswertung der Innenraumtemperatur liess aufgrund sehr hoher Schwankungen keine Rückschlüsse über die Relevanz für die Wirkungsanalyse zu und wurden nicht in der Wirkungsanalyse berücksichtigt, weitere Details sind im Kapitel Messung Raumtemperatur angegeben

Resultate aus Umfrage

Im Rahmen der TBW-Wirkungsanalyse der NiQ wurden die 23 Hausbewohnenden der 17 Testobjekte zu einer Online-Umfrage eingeladen, wobei 16 Personen aus 15 Haushalten an der Umfrage teilgenommen haben. Im Fokus der Umfrage lagen die Erfahrungen, welche die HausbewohnerInnen (im Folgenden als Teilnehmende (TN) bezeichnet) mit den NiQ gemacht haben. Die wichtigsten Erkenntnisse dieser Umfrage sind Inhalt des nächsten Abschnittes.

Charakterisierung der Test-Objekte

Um die Antworten der Umfrage besser interpretieren zu können, wird in diesem Abschnitt kurz auf den Zustand der Gebäude, den installierten Heizungssystemen und Wärmeerzeugern der Testobjekte eingegangen.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. fasst das Alter, das Heizungssystem und zusätzliche Wärmeerzeuger der Testobjekte zusammen. Von den 15 Testobjekten wurden zehn Gebäude in den Jahren 2001 – 2010 erbaut, davon wurden bereits zwei Testobjekte zwischen den Jahren 2015 bis 2019 saniert. Fünf Testobjekte wurden in den Jahren 1919 – 1980 erbaut, wovon nur eines zwischen 2005 und 2009 renoviert wurde. Die durchschnittliche Energiebezugsfläche der Testobjekte liegt bei 133 m². Insgesamt werden bei elf Testobjekten die Wohnfläche und das Warmwasser und bei vier Testobjekten nur die Wohnfläche mit der an dem NiQ angeschlossenen Heizung aufbereitet. Insgesamt verfügen 11 Testobjekte über zusätzliche Wärmeerzeuger, wie Solarthermie, Chemineeöfen oder Photovoltaik.

Tabelle 1: Merkmale zu den Referenzgebäuden und deren Heizungstechnik (N=15)

Baujahr der Gebäude	n	Letzte Sanierung	n	Heizung	n
2006 - 2010	1	2015 - 2019	1	Warmwasser und Wohnfläche	11
2001 - 2005	9	2015 - 2019	1	Nur Wohnfläche	4
1961 - 1980	3	2005 - 2009	1		
1946 - 1960	1	-	-	Zusätzliche Wärmeerzeuger	11
1919 - 1945	1	-	-	Keine zusätzlichen Wärmeerzeuger	4

Einbau und Funktionalität der installierten NiQ-Steuerung

Im folgenden Abschnitt werden die Zufriedenheit bezüglich des Einbaus vom NiQ, der Funktionalität und die Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Teilnehmer. Tabelle 2 zeigt, dass 7 TN mit dem Einbau vom NiQ durch TBW zufrieden waren, und 5 TN nicht oder gar nicht zufrieden waren, 4 TN waren sich uneinig. Nur 6 TN gaben an, dass ihr Heizungssystem nach der Installation einwandfrei funktioniert hat.

Tabelle 2: Zufriedenheit, Funktionalität, Raumtemperatur und Fazit der Teilnehmer bzgl. NiQ (N=16)

Zufriedenheit	Anzahl	Funktionalität	Anzahl
Ich bin mit dem Einbau der NiQ-Steuerung sehr zufrieden		Nach dem Einbau der NiQ-Steuerung hat die Heizung so funktioniert, wie sie sollte	
Stimme nicht zu	2	Stimme nicht zu	3
Stimme eher nicht zu	3	Stimmer eher nicht zu	3
Teils teils	4	Teils teils	4
Stimme eher zu	5	Stimme eher zu	4
Stimme zu	2	Stimme zu	2

Angaben zur Raumtemperatur

Der empfundene Einfluss der NiQ-Steuerung auf die Raumtemperatur wurde in der Umfrage erhoben (Tabelle 3). Dabei haben 4 TN die Raumtemperatur an einzelnen Tagen/Stunden kälter und 3 TN wärmer als vor dem Einbau des NiQ empfunden. Je 1 TN hat angegeben, dass die Raumtemperatur nach dem Einbau des NiQ kälter oder wärmer war und so blieb. Nach Einbau des NiQ ist von deutlich mehr TN (14 TN) eine Differenz zwischen der eingestellten Temperatur und der tatsächlichen Raumtemperatur empfunden worden als vorher (7 TN). Zudem gaben 9 von 16 TN an, nach Einbau des NiQ Schwankungen in der Raumtemperatur wahrgenommen zu haben.

Tabelle 3: Angaben zu Raumtemperatur (N=16)

Veränderung der Raumtemperatur Wie hat sich die Temperatur in Ihrem Haus nach dem Einbau der NiQ-Sensoren verändert?	Anzahl	Unterschiede eingestellte/gefühlte Temperatur Wie oft hatten Sie VOR/NACH der Installation der NiQ-Steuerung das Gefühl, dass die Temperatur in Ihrem Haus nicht mit der eingestellten Temperatur an der Heizung übereinstimmt?	Anzahl: Vor der Installation	Anzahl: Nach der Installation
An einzelnen Tagen/Stunden war es im Haus wärmer.	3	Nie	9	2
An einzelnen Tagen/Stunden war es im Haus kälter.	4	Einmal Pro Monat	5	7
Nach dem Einbau wurde es allgemein kälter und blieb so.	1	Einmal Pro Woche	1	2
Nach dem Einbau wurde es allgemein wärmer und blieb so.	1	Mehrmals pro Woche	1	3
Keine Angabe	7	Einmal oder mehrmals pro Tag	0	2

Fazit Umfrage

Die Umfrage hat gezeigt, dass der NiQ bei 10 TN nach Einbau nicht oder nur teilweise so funktioniert hat, wie sie sollte, wobei bei den meisten TN die Mängel behoben werden konnten. Im Bereich Komfort haben 14 von 16 Personen angegeben, nach Einbau des NiQ Schwankungen in der Raumtemperatur und Differenzen zwischen eingestellter Temperatur und tatsächlicher Raumtemperatur festgestellt zu haben. Dies sind sehr subjektive Werte und müssten mit mehr Messdaten abgeglichen werden können, um bestätigt oder verworfen zu werden. Von den 16 TN der Umfrage möchten 7 TN den NiQ weiter nutzen, 5 TN vielleicht, 3 TN wissen es nicht und 1 TN möchte den NiQ nicht weiter nutzen.

Resultate der Auswertung

In allen untersuchten Testobjekten zeichnet sich eine durchschnittliche Reduktion des Gasverbrauchs von 23 % im Vergleich mit den modellierten Gasverbrauchsdaten ab. Mittels Analyse des Referenzsystems wurde der theoretische Verbrauch für das Testobjekt modelliert (genaue Erklärung für die Methode, siehe Anhang, Seite 7) und anschliessend die Wirkung des NiQ basierend auf dem Vergleich zwischen modellierten und gemessenen Gasverbrauchsdaten eruiert (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4 Wirkung des NiQ bei den verschiedenen Testhaushalten

Objekt	Adresse	Differenz simulierter gemessenem Gasverbrauch [%]	Differenz zu simulierter gemessenem Gasverbrauch [m ³]
TestObj_1	Neulandenstrasse 14	28%	242
TestObj_2	Fürstenlandstrasse 28d	3%	33
TestObj_3	Fürstenlandstrasse 28c	26%	102
TestObj_4	Fürstenlandstrasse 26	23%	251
TestObj_5	Hochwiesenstrasse 23	NA	455
TestObj_6	Fürstenlandstrasse 26	NA	0
TestObj_7	Thuraustrasse 21	22%	282
TestObj_8	Rotschürstrasse 17b	25%	603
TestObj_9	Untere Hofbergstrasse 4	15%	388
TestObj_10	Fürstenlandstrasse 28	28%	360
TestObj_11	Fürstenlandstrasse 28a	42%	248
TestObj_12	Fürstenlandstrasse 28e	19%	153
TestObj_13	Fürstenlandstrasse 28b	19%	164
TestObj_14	Unterer Rebweg 13	20%	598
TestObj_15	Hochwiesenstrasse 21	NA	NA
Durchschnittliche Wirkung NiQ:		23%	285

Berechnung simulierte CO₂ Einsparungen

Es konnte bei allen untersuchten Testobjekten mit vollständiger Datengrundlage (insgesamt 12, siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) eine Reduktion des Gasverbrauchs festgestellt werden. Zur Berechnung der eingesparten CO₂-eq-Emissionen wurde der CO₂-Emissionsfaktor von 2.064 kg CO₂-eq./m³ Gas vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) [1] übernommen. Die Daten stammen aus dem Jahr 2021, der spezifische Biogasanteil im Gasnetz der TBW wurde vernachlässigt und basiert auf dem gesamtschweizerischen Gasmix [2]. Insgesamt konnten in den untersuchten Testobjekten im Testzeitraum rund 7 t CO₂-eq. eingespart werden. Die durchschnittliche Reduktion betrug 0.589 t CO₂-eq./Testobjekt, bei einer minimalen Einsparung von 0.068 t CO₂-eq./Testobjekt und einer maximalen Einsparung von 1.246 t CO₂-eq./Testobjekt im Vergleich mit dem Referenzjahr.

Messung Raumtemperatur

In allen Liegenschaften wurde auf Anfrage der Firma Neurobat die Raumtemperatur ab dem Zeitpunkt der Installation vom NiQ ausgewertet. Die Erfassung der Raumtemperatur sollte dem Vergleich der Raumtemperaturen mit dem Gasverbrauch und den subjektiven Angaben zum Komfort dienen. Jedoch stellten sich die Messungen als sehr volatil heraus (siehe Abbildung 1), dies kann auf eine

Umpositionierung der Temperatursensoren (z.B. Umpositionierung seitens Nutzenden in die Nähe eines Fensters), eine nicht optimale Positionierung/Raumwahl der Temperatursensoren oder das allgemeine Lüftungsverhalten der Nutzer zurückzuführen sein. Eine Veränderung zur Vorjahresperiode wurde nicht untersucht, da die Temperatursensoren nur 3-4 Monate vor dem Einbau der NiQ installiert wurden und somit eine zu kurze Messperiode abdeckten, um einen zuverlässigen Vergleich über ein Jahr zu ermöglichen.

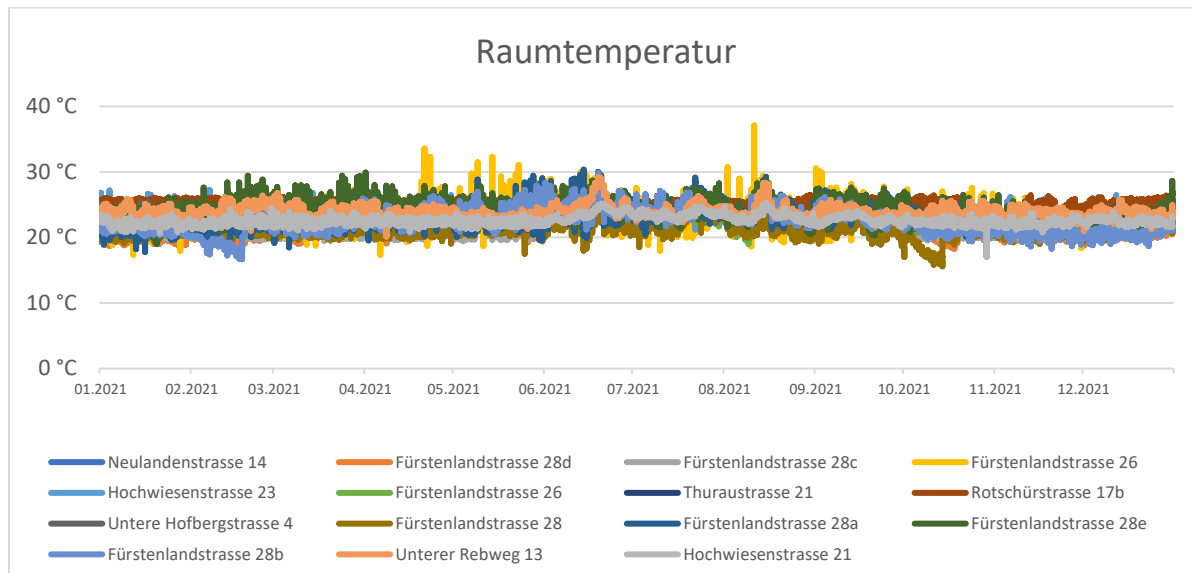


Abbildung 1: Messwerte der Raumtemperatursensoren, zu sehen sind starke Ausreisser bei einigen Testobjekten

Fazit

Diese Wirkungsanalyse hat aufgezeigt, dass durch den Einbau vom NiQ der Gasverbrauch in allen Testobjekten reduziert werden konnte. Die Wirkung des NiQ variiert je nach Testobjekt, in baugleichen Testobjekten (Fürstenlandstrasse 28) gab es eine Reduktion des Gasverbrauchs zwischen 3 % und 42 %. Diese Unterschiede innerhalb baugleicher Testobjekte können durch unterschiedliches Nutzerverhalten (z.B. Art und Dauer von Lüften, Einstellung der Raumtemperatur etc.) sowie Anzahl Bewohnenden pro Testobjekt beeinflusst werden. Ausserdem könnten die Nutzenden in unterschiedlichem Masse von der Studienanlage selber (Messung ihres Gasverbrauchs, Teilnahme an Umfrage) oder durch die wechselnden Corona-Situationen (Homeoffice, weniger externe Aktivitäten/Ausflüge, etc.) beeinflusst worden sein.

Unterschiede in den Einsparungen nicht baugleicher Testobjekte können neben dem Nutzerverhalten auch durch den Gebäudezustand (z.B.: Wärmedämmung der Gebäudehülle) beeinflusst werden. Der Gebäudezustand müsste mit einer GEAK-Analyse erfasst werden, um den Einfluss der Gebäudehülle auf die Einsparungen durch den NiQ zu messen.

ANHANG: Aufbau Referenzsystem

Seitens TBW sind 101 Referenzobjekte vorhanden die als Referenzsystem dienen für das NiQ Projekt, in der Erstellung vom Referenzsystem sind 61 Haushalte ermittelt worden. Den Aufbau vom Referenzsystem findet wie folgt statt:

Definition von Referenzsystem:

1. Konsolidieren der Referenzdaten: Die Messdaten werden pro Referenzobjekt als einzelne .csv Datei geliefert
2. Umrechnen der Gaszählerdaten
 - a. Tagesverbrauch für den Tag n: $V_n^{Tag} = \text{Zählerstand}_{n+1} - \text{Zählerstand}_n$
 - b. Umrechnen in kWh, gemäss Faktor TBW: $Q [kWh] = V[m^3] * 10.225$
3. Örtliche Visualisierung zur Filterung von Objekten die sich in der Nähe der Testobjekte befinden
4. Filtern der Referenzmessdaten anhand der Klassifizierung des Hauses durch GIS Metadaten. (Nach Anwendung dieses Schritts sind bei den 101 von TB Wil gelieferten Referenzobjekten noch 78 Objekte übrig.)
5. Filtern nach Jahresverbrauch: Filtern der Referenzmessdaten anhand des Jährlichen Verbrauchs, um übermässig hohe (höher als 30'000kWh pro Jahr) und tiefe Verbräuche (tiefer als 5'000kWh pro Jahr) nicht zu berücksichtigen. (Nach Anwendung dieses Schritts sind noch 61 von 101 Referenzobjekten übrig.)
6. Erstellen der Referenz-Trends: Es wird für jeden Tag (d) der Messperiode ein Durchschnittlicher Verbrauch aller Objekte berechnet

$$Q_d = \frac{1}{N} * \sum_{n=1}^N Q_{d,n}$$

(N=Anzahl der übrigen Referenzobjekte, $Q_{d,n}$ =Verbrauch des Objekts n am Tag d)

7. Erstellen einer Trendlinie: Trendlinie für die Datenreihe und auslesen der Funktion zur Nachbildung der Trendlinie in einer Datenreihe. Als Trendlinie wurde eine Polynomfunktion 6ten Grades gewählt:

$$f_{Trend}^{Ref}$$

Bestimmung Referenzfaktor:

8. Bestimmung von Referenzfaktors K_n^{Ref} : Für jedes Testobjekt wird der Referenzfaktor bestimmt. Da der Referenzfaktor innerhalb einer Messperiode konstant ist, kann dieser durch den summierten Periodenverbrauch des Objekts sowie den summierten Referenz/Trend-Datenbestimmt werden:

$$K_n^{Ref} = \frac{\sum Q_n^{Tag}}{\sum f_{Trend}^{Ref}}$$

9. Simulation der Verbrauchskurven. Durch Normieren vereinfachen sich die nachfolgenden Schritte. Es wird für jeden Tag (d) der Messperiode und jedes Testobjekt der simulierte Gasverbrauch berechnet:

$$Q_{n,d}^{Sim} = f_{TrendY0}^{Ref}(d) * K_n^{Ref}$$

Wirkungsanalyse der Testobjekte:

10. Aus der Differenz der simulierten und der gemessenen Verbrauchskurve lässt sich der Einfluss des NiQ berechnen, dies wird für jeden Tag der Messperiode und jedes Testobjekt berechnet

11. Berechnung der Einsparungen: Um den Einfluss durch unterschiedliche Temperaturverläufe der Messperioden Y_0 und $Y-1$ auszugleichen, wird ein Korrekturfaktor J eingeführt. Dieser beschreibt das Verhältnis der summierten Verbräuche aus Y_0 und $Y-1$. Um die Wirkung des NiQ zu quantifizieren, wird $Q_{n,d}$ über einen geeigneten Zeitraum summiert und dem simulierten Verbrauch desselben Zeitraums in Y_0 gegenübergestellt, welcher durch die Daten aus $Y-1$ und J angenähert werden muss, da die realen Daten aus Y_0 durch Einsatz des NiQ verfälscht sind.

Quellen

- [1] Bundesamt für Umwelt BAFU, "Faktenblatt CO₂-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz," 2022. [Online]. Available: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/CO2_Emissionsfaktoren_THG_Inventar.pdf.download.pdf/Faktenblatt_CO2-Emissionsfaktoren_01-2022_DE.pdf.
- [2] Federal Office for the Environment FOEN, "Switzerland 's Greenhouse Gas Inventory," Bern, Switzerland, 2022. [Online]. Available: https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/klima/klima-climatereporting/National_Inventory_Report_CHE.pdf.download.pdf/National_Inventory_Report_CHE_2022.pdf.