

Messbericht

Fallstudie mit dem Kanton St. Gallen - Messdaten-basierte, optimale Sanierung und Modernisierung



Bild des Gebäudes

Objekt:
Einfamilienhaus
Adresse
PLZ, Ort

Messungen durch:
Professur für Architektur und Gebäudesysteme
ETH Zürich
Mario Frei

23. April 2018

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|---|
| 1 | Einleitung..... | 3 |
| 1.1 | Anmerkung U-Wert | 3 |
| 1.2 | Anmerkung CO ₂ -Konzentration | 3 |
| 2 | Zusammenfassung Messresultate..... | 4 |
| 3 | Vergleich Messresultate mit Richtwerten..... | 5 |
| 3.1 | U-Werte | 5 |
| 3.2 | Raumtemperatur | 5 |
| 3.3 | Luftfeuchtigkeit..... | 6 |
| 3.4 | CO ₂ -Konzentration..... | 6 |
| 4 | Anhang..... | 7 |
| 4.1 | Infoblatt - Fallstudie mit dem Kanton St. Gallen - Messdaten-basierte, optimale Sanierung und Modernisierung..... | 7 |
| 4.1.1 | Hintergrund | 7 |
| 4.1.2 | Ein neuer Sanierungsprozess | 7 |
| 4.1.3 | Referenzen | 8 |

1 Einleitung

Dieser Bericht entstand in Zusammenarbeit mit dem Amt für Umwelt des Kantons St. Gallen und Drechsler Energieoptimierung im Rahmen der Fallstudie 'Messdaten-basierte Gebäudemodernisierung'. Er enthält eine Zusammenfassung ausgewählter Messergebnisse vom Winter 2016 / 2017 als Rückmeldung für die Studienteilnehmer. Kapitel 2 enthält eine Zusammenstellung der Messergebnisse mit Minimal-, Maximal-, und Durchschnittswerten. In Kapitel 3 werden die Ergebnisse mit Richtwerten verglichen. Mehr Informationen zur Fallstudie finden Sie im Anhang auf Seite 7.

Durch Ihre Teilnahme an der Fallstudie erlauben Sie uns, einen neuen Modernisierungsprozess in der Praxis zu testen. Die Ergebnisse ermöglichen uns neue Erkenntnisse zum realen Energieverhalten von Gebäuden. Dafür möchten wir uns herzlich bedanken.

1.1 Anmerkungen zum U-Wert

Der U-Wert ist der Wärmedurchgangskoeffizient. Er ist ein Mass für die Wärmedämmfähigkeit von Gebäudeelementen (z.B. Aussenwand, Fenster, Dach, etc.) d.h. er gibt an wie gut die Wand gedämmt ist. Je tiefer der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung und desto weniger Energie wird benötigt um die Raumtemperatur auf einem behaglichen Niveau zu halten.

Zur Messung des U-Wertes wurde der Wärmefluss durch das Gebäudeelement und die Lufttemperaturen auf der Innen- und Aussenseite des Gebäudeelementes gemessen. Dies ist die bisher genaueste verfügbare Methode zur Bestimmung des U-Wertes. Dennoch bleibt ein Messfehler von ca. $\pm 20\%$.

U-Werte, welche mit dem Sensorkit gemessen wurden, werden in den Grafiken als «gemessen» bezeichnet. Die U-Werte, welche auf Grund des Wandaufbaus berechnet wurden, sind mit «berechnet» angeschrieben. Idealerweise stimmen Messung und Berechnung überein.

1.2 Anmerkungen zur CO₂-Konzentration

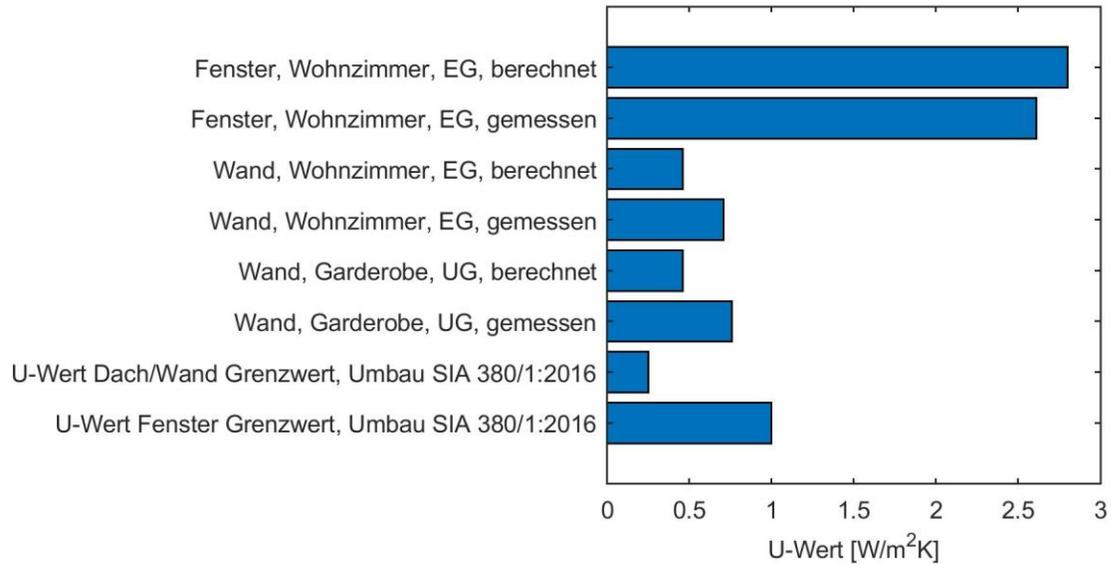
Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist ein Gas das natürlich in der Luft vorkommt. Quellen von CO₂ sind u.a. die Atmung von Menschen und Tieren, Pflanzen und Verbrennungsprozesse. Die CO₂-Konzentration wird in ppm (parts per million) gemessen. Wobei 1 ppm 0.0001% entsprechen. Die CO₂-Konzentration in der Aussenluft, z.B. im Wald, beträgt ca. 400 ppm. Dieser Wert wird in der Natur normalerweise nicht unterschritten und gilt daher als bestmögliche CO₂-Konzentration im Gebäude. Sonst gilt, je tiefer die CO₂-Konzentration desto besser.

2 Zusammenfassung Messresultate

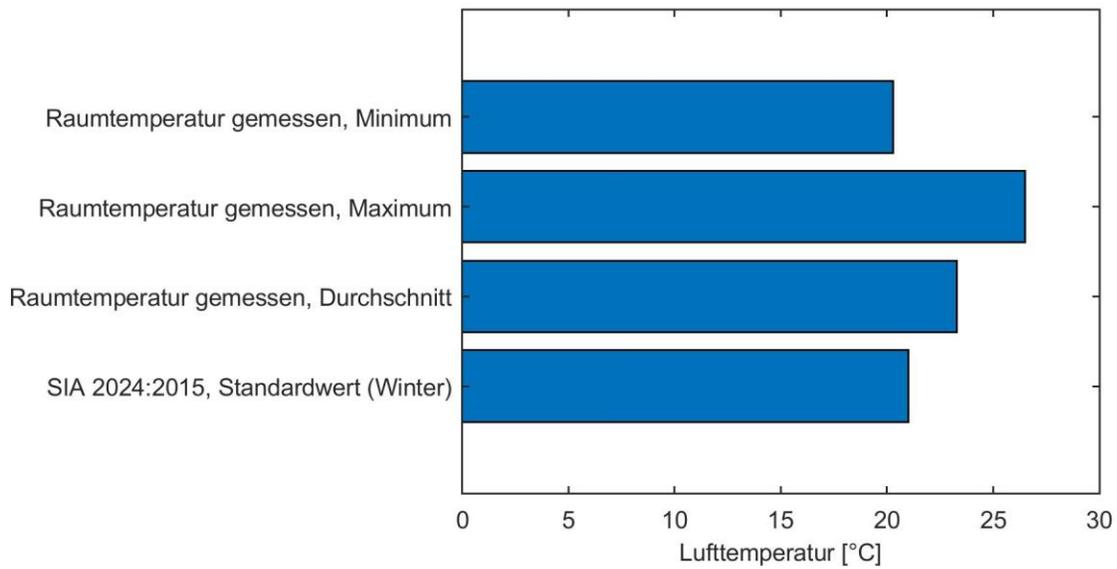
| | | |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Messperiode: | Datum: | 19.01.2017 - 11.05.2017 |
| | Dauer: | 111 Tage |
| | Anzahl Datenpunkte: | 521'034 |
| U-Werte: | Fenster, Wohnzimmer, EG: | 2.61 W/(m ² ·K) |
| | Wand, Wohnzimmer, EG: | 0.71 W/(m ² ·K) |
| | Wand, Garderobe, UG: | 0.76 W/(m ² ·K) |
| CO ₂ -Konzentration: | Minimum: | 387 ppm |
| | Maximum: | 1'659 ppm |
| | Durchschnitt: | 560 ppm |
| Energieverbrauch: | Strom: | 20.7 kWh / Tag |
| | Heizöl: | 25 Liter/Tag |
| Aussentemperatur: | Minimum: | -9.6 °C |
| | Maximum: | 18.9 °C |
| | Durchschnitt: | 4 °C |
| Innentemperatur: | Minimum: | 20.3 °C |
| | Maximum: | 26.5 °C |
| | Durchschnitt: | 23.3 °C |
| Luftfeuchtigkeit | Minimum: | 18.6 % |
| | Maximum: | 41.3 % |
| | Durchschnitt: | 29.4 % |

3 Vergleich Messresultate mit Richtwerten

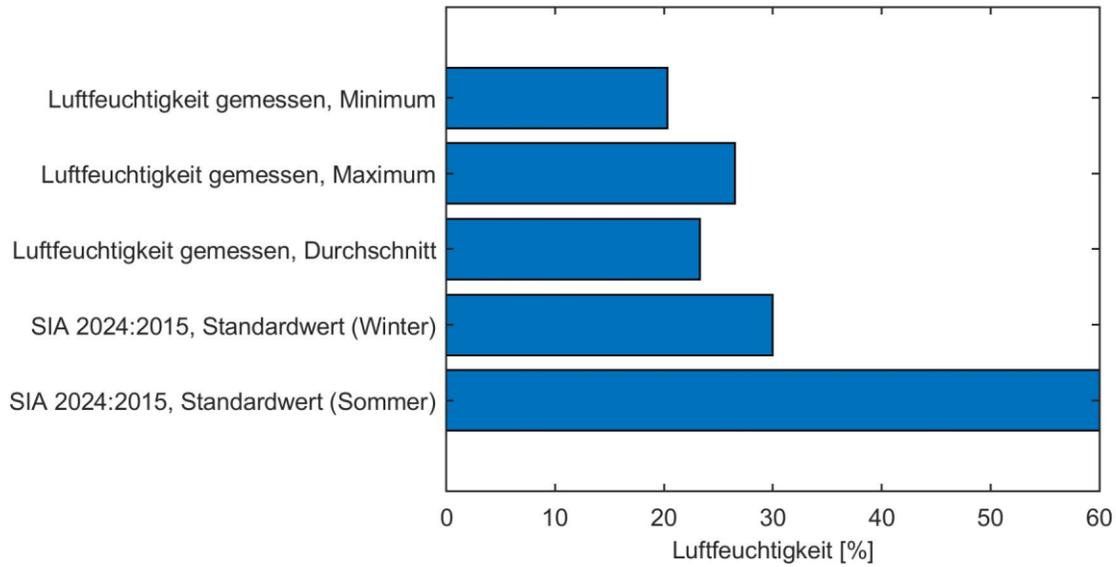
3.1 U-Werte



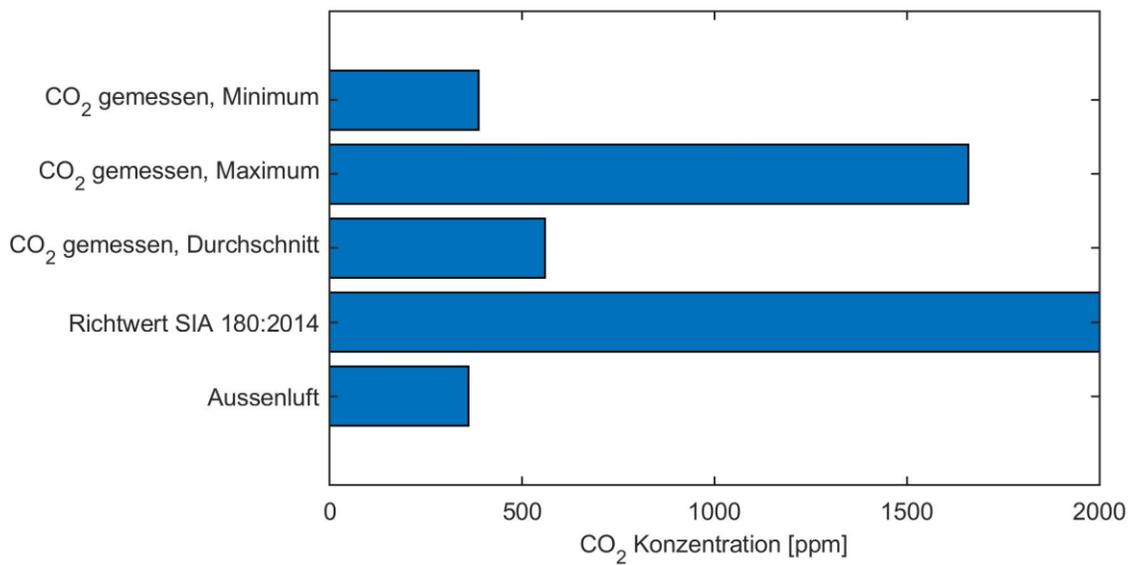
3.2 Raumtemperatur



3.3 Luftfeuchtigkeit



3.4 CO₂-Konzentration



4 Anhang

4.1 Infoblatt - Fallstudie mit dem Kanton St. Gallen - Messdaten-basierte, optimale Sanierung und Modernisierung

4.1.1 Hintergrund

Studien mit über 3'000 Gebäuden in verschiedenen Europäischen Ländern haben gezeigt, dass der berechnete Energieverbrauch bis zu 30% höher liegt als der tatsächliche Energieverbrauch („Prebound“ Effekt, Abb. 1) [1]. Dazu kommt ein Rebound-Effekt. Dabei liegt der gemessene Energieverbrauch nach der Sanierung höher als berechnet. Dies führt zu einer Überschätzung des Energie- und Emissionseinsparpotentials und damit zu falschen Prognosen bezüglich der Wirksamkeit von Modernisierungen. Gründe für diese Diskrepanz sind Vereinfachungen und Annahmen, welche gemacht werden müssen, da nicht genug Informationen über die tatsächliche Gebäudesubstanz vorhanden sind.

Zusätzliche Informationen über das thermische Verhalten können durch Messungen gewonnen werden. Das nur grobe Wissen über das tatsächliche energetische Verhalten eines Gebäudes führt dazu, dass optimale Modernisierungsmassnahmen (Kosten / Nutzen) nur schwierig zu identifizieren sind. Erfahrungen zeigen, dass die durch das bisherige Vorgehen bestimmten Massnahmen oft nicht optimal im Verhältnis von Aufwand und Ergebnis sind.

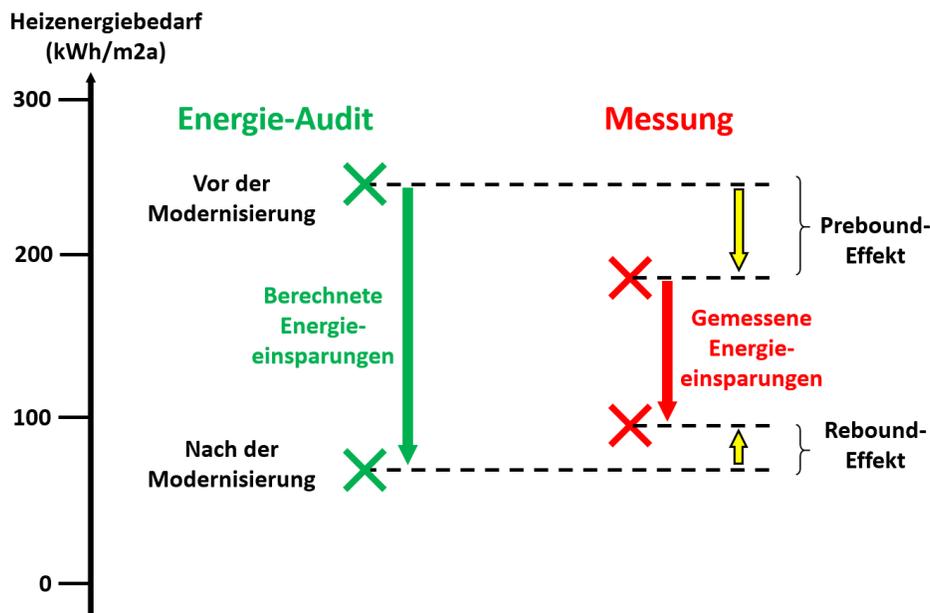


Abb. 1: Prebound und Rebound Effekte [1]

4.1.2 Ein neuer Sanierungsprozess

Für die optimierte Sanierung von Gebäuden hat die Professur für Architektur und Gebäudesysteme in verschiedenen Forschungsprojekten einen neuen, mehrstufigen Modernisierungsprozess entwickelt. Erste Fallstudien bestätigen dessen Wirksamkeit, möglichst effiziente und kostenoptimale Modernisierungen für Gebäude und Gebäudebestände identifizieren zu können. Grundlage ist ein an der Professur entwickeltes drahtloses

Sensornetzwerk, welches ermöglicht, mit wenig Aufwand an verschiedenen Orten im Gebäude relevante physikalische Grössen zu erfassen. Die Messdaten werden während ca. 3 Monaten direkt in eine Online-Datenbank übertragen und gespeichert. Anschliessend wird mit den Messdaten ein thermisches Gebäudemodell erstellt und kalibriert.

Mit dem Gebäudemodell kann das energetische Verhalten verschiedener Kombinationen von Modernisierungsmassnahmen untersucht werden. Unter Berücksichtigung von Emissionen und Kosten kann dann für jedes Gebäude eine optimale Kombination von Modernisierungsmassnahmen identifiziert werden. Nach Ausführung der Modernisierung kann zur Qualitätssicherung das Sensornetzwerk nochmals eingesetzt werden. So kann die prognostizierte Leistung nachgeprüft und allenfalls Unregelmässigkeiten beim Sanieren oder Rebound-Effekte gefunden werden.

Durch Ihre Teilnahme an der Fallstudie ermöglichen Sie uns, einen neuen Modernisierungsprozess in der Praxis zu testen. Mit den Ergebnissen der Fallstudie erhoffen wir uns neue Erkenntnisse zum realen Energieverhalten von Gebäuden. Wir möchten damit einen Beitrag zur Erreichung der Energie- und Klimaziele des Kantons St. Gallen leisten.

4.1.3 Referenzen

1. M.Sunikka-Blank and Ray Galvin (2012) "Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption", Building Research & Information, Vol. 40, No. 3, pp. 260-273