

Energieverbrauchsmonitoring (EVM)

Mustersanierung 2012 – 2014

Gesamtergebnisse

Endbericht

März 2018

Auftraggeber: Klima- und Energiefonds

Christoph Lugmeyer (Projektleiter)

Daniela Bachner, Margot Grim, Klemens Schlägl

Klemens Leutgöb

Impressum

e7 Energie Markt Analyse GmbH
Walcherstraße 11/43
1020 Wien
Österreich

Telefon +43-1-907 80 26
Fax +43-1-907 80 26-10
office@e-sieben.at
<http://www.e-sieben.at>

1 Abkürzungsverzeichnis

BGF	Bruttogeschoßfläche
EA	Energieausweis
EEB	Endenergiebedarf
EVM	Energieverbrauchsmonitoring
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FW	Fernwärme
GLT	Gebäudeleittechnik
HEB	Heizenergiebedarf
HGT	Heizgradtage
HWB	Heizwärmeverbrauch
KB	Kühlbedarf
n.v.	nicht vorhanden
ppm	parts per million
PV	Photovoltaikanlage
WP	Wärmepumpe
HWB _{ref}	Heizwärmeverbrauch für das Referenzklima
WWWB	Warmwasserwärmeverbrauch
WV	Wärmeverbrauch
WW	Warmwasser

2 Zielsetzung der Studie

Mit dem Programm Mustersanierung unterstützt der Klima- und Energiefonds der österreichischen Bundesregierung innovative Sanierungen mit dem Ziel, Vorzeigeprojekte zu etablieren und so die Verbreitung hoher Gebäudestandards voranzutreiben. Im Rahmen der Mustersanierung werden umfassende Sanierungen von Nichtwohngebäuden gefördert, die über das übliche Sanierungsausmaß hinausgehen. Neben der thermischen Sanierung sind sowohl die Energieversorgung mittels erneuerbarer Energieträger als auch die Installation eines Energieverbrauchsmonitoringsystems Bestandteil der geförderten Sanierungen.

Als Energieverbrauchsmonitoring (EVM) wird ein Mess- und Datenaufzeichnungssystem bezeichnet, das Energieverbräuche und Betriebszustände laufend misst und speichert. Es dient in erster Linie der kontinuierlichen Verbrauchskontrolle und der Funktionskontrolle der technischen Anlagen. Häufig werden die Daten zur Erstellung interner Benchmarks verwendet, um den Verbrauchsverlauf zu analysieren und um Abweichungen vom Durchschnittsverbrauch zu ermitteln.

Diese Studie soll einerseits einen Überblick über die erzielten Ergebnisse realisierter Projekte und den damit verbundenen Erfahrungen und Schwierigkeiten bieten. Andererseits soll die Studie den Nutzen eines Energieverbrauchsmonitorings vermitteln und aufzeigen, welche Anforderungen an das Energieverbrauchsmonitoringsystem gestellt werden können und wo seine Grenzen liegen.

Vor allem bei energieeffizient geplanten Gebäuden stellt das Energieverbrauchsmonitoring ein wichtigstes Hilfsmittel dar, um zu bewerten, ob das Gebäude im Betrieb die geplanten Zielwerte auch tatsächlich erreicht und wo es weiteres Optimierungspotenzial für einen energieeffizienten Betrieb gibt.

2.1 Ausgewählte Projekte

9 Projekte aus den Einreichjahren 2012 und 2013 wurden für die Studie herangezogen. Die Auswahl der Projekte folgte dem Ziel, verschiedene Objekttypen mit unterschiedlichen Nutzungen, die im Rahmen der Mustersanierung gefördert wurden, zu präsentieren und unterschiedliche Ausgangssituationen und Sanierungsvarianten abzubilden. Die Vielfalt vorhandener Projekte soll vermittelt werden.

Tabelle 1: Ausgewählte Projekte

Nr	Projektbezeichnung	Jahr der Fertigstellung	BGF nach Sanierung [m ²]
1	Atrium	2014	1.833
2	LSI	2014	467
3	Gästehaus Maier	2013	361
4	Gemeindeamt Kautzen	2013	494

5	Kindergarten Velden	2013	835
6	Mittelschule Bad Eisenkappel	2014	4.828
7	Volksschule Kirchberg	2012	2.392
8	Raiffeisenbank Lebring	2012	467
9	Raiffeisenbank Pressbaum	2013	1.501

3 Zusammenfassung

Die neun sanierten Objekte haben mit Hilfe des Förderprogrammes Mustersanierung in Summe 716 t/a CO₂ eingespart. Besonders erwähnenswert ist die Versorgung der Objekte mit 100% erneuerbaren Energieträgern, welche durch Solar-, Photovoltaik Anlagen, Wärmepumpen, aber auch durch den Umstieg auf Ökostrom und biogene Fernwärme Anbietern erreicht werden konnte. Dadurch wurde nicht nur die CO₂ Emissionen auf null reduziert, sondern alle Objekte wurden im Zuge der Mustersanierung erfolgreich zu nachhaltigen Gebäuden saniert und modernisiert. Die spezifische Emissionseinsparung liegt dabei zwischen 25,5 und 121,3 kg/m²a.

Die geplanten Heizwärmebedarfswerte wurden durchwegs erreicht. Sieben von neun Projekten lagen dabei mit ihren Werten in einer nachvollziehbaren Höhe ($\leq 20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$). Davon konnte ein Projekt sogar den geplanten Wert unterschreiten. Abweichungen sind durchwegs im Bereich des Möglichen, da das tatsächliche Nutzungsprofil oft vom berechneten Normprofil in den Energieausweisen abweicht. Diese Abweichungen können jedoch sehr wohl auch ein Indiz auf schlecht eingestellte Haustechnik oder nicht an das Nutzungsprofil angepasste Parameter sein, wie auch die Monitoringergebnisse zeigen. Anhand der Ergebnisse konnten Auffälligkeiten speziell im Betrieb von Heizung- und Lüftungsanlagen aufgezeigt und in weitere Folge Optimierungen vorgenommen werden.

Des Weiteren zeigt sich, dass ein wesentliches Kriterium für einen effizienten Betrieb eine fachkundige und zuständige Person ist, die die Monitoringdaten regelmäßig prüft und Anpassungen an der Gebäudesteuerung machen kann.

4 Wirkt die Mustersanierung?

4.1 CO₂-äquivalente Emissionen

Die neun betrachteten Mustersanierungsprojekte weisen nach der Sanierung keine CO₂-äquivalenten Emissionen mehr auf, da die Wärmeversorgung entweder über biogene Fernwärme erfolgt oder eine Wärmepumpe zum Einsatz kommt, die mit Ökostrom versorgt wird. Sämtliche Projekte beziehen zertifizierten Ökostrom aus dem Netz, um den (Rest-)Stromverbrauch, der nicht mittels Photovoltaik erzeugt wird, zu decken.

Die Reduktion der CO₂-äquivalenten Emissionen für Heizen pro m²_{BGF} ist in Tabelle 2 dargestellt. Diese liegt zwischen 25,5 und 121,3 kg/m².a, was durchschnittlich pro Gebäude eine Reduktion von 73 kg/m².a bedeutet. Die Reduktion hängt stark davon ab, ob das Gebäude bereits vor der Sanierung mit biogener Fernwärme oder über eine dezentrale, fossile Wärmeversorgung beheizt wurde.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der CO₂-äquivalenten Emissionen vor und nach Sanierung der Beispielobjekte

Projekt	Jahr der Fertigstellung	CO ₂ -äquivalente Emissionen		
		Vor Sanierung		Nach Sanierung
		laut Fördereinreichung ¹	t/a CO ₂	laut EVM
Atrium	2014	96,71	0,00	121,3
LSI	2014	43,23	0,00	92,6
Gästehaus Maier	2013	37,31	0,00	103,4
Gemeindeamt Kautzen	2013	33,60	0,00	68,0
Kindergarten Velden	2013	68,00	0,00	81,4
Mittelschule Bad Eisenkappel	2014	177,23	0,00	36,7
Volksschule Kirchberg	2012	165,58	0,00	118,6
Raiffeisenbank Lebring	2012	30,88	0,00	77,2
Raiffeisenbank Pressbaum	2013	71,40	0,00	56,9

Da der Anteil erneuerbarer Energieträger an der gesamten Energieversorgung der Objekte (Wärme und Strom) 100 Prozent beträgt, konnten die CO₂-äquivalenten Emissionen durch die Sanierungen vollständig eingespart werden.

¹ Die CO₂ Werte wurden bei der Fördereinreichung durch die KPC berechnet. Wenn biogene Energieträger eingespart werden, wird fiktiv ein fossiler Brennstoff (Heizöl) zur Bestimmung der CO₂-Einsparung gegengerechnet, da hier die eingesparten erneuerbaren Energieträger für andere Objekte mit fossilen Energieträgern genutzt werden können.

4.2 Nutzenergie

Nachfolgend wird ein Vergleich zwischen berechnetem Heizwärmebedarf (HWB) vor und nach Sanierung laut Energieausweis und realem Wärmeverbrauch (WV) nach der Sanierung in Tabelle 3 dargestellt.

Die Vergleichbarkeit zwischen dem im Energieausweis berechneten Heizwärmebedarf und den gemessenen Wärmemengen ist aus mehreren Gründen nicht direkt gegeben. Einerseits ist der Heizwärmebedarf HWB eine theoretische Bedarfsgröße einer thermischen Zone ohne messbaren Charakter, der ein theoretisches Nutzungsprofil hinterlegt ist. Andererseits sind die gemessenen Werte lokal zuordenbare Größen im Energieverteilssystem und stark vom Benutzerverhalten im jeweiligen Messzeitraum abhängig. Daher ergibt sich eine große Unsicherheit bezüglich der Vergleichbarkeit von berechneten Kennwerten und gemessenen Verbräuchen. Hinzu kommt, dass in mehreren der betrachteten Objekte der Warmwasserverbrauch mit demselben Wärmemengenzähler erfasst wird (siehe Spalte 4 in Tabelle 3) wie der Heizwärmeverbrauch und daher nicht separat betrachtet werden kann. Trotz dieser Einschränkungen wird auf den Vergleich aus zwei zentralen Gründen zurückgegriffen:

- Die dargestellten Werte bieten trotz allem einen guten Anhaltspunkt, um die reale Verbesserung des Energieverbrauchs des Objektes nach der Sanierung zu bewerten.
- Der Vergleich des Heizenergiebedarfs HEB aus dem Energieausweis würde elektrische Hilfsenergie beinhalten, die wiederum bei den gemessenen Werten nicht bei allen Projekten exakt erfasst wurde und zugeordnet werden kann. Dieser Vergleich wäre noch fehlerbehafteter.
- Bisher gibt es in Österreich keine normative Berechnungsgrundlage, um den Energieverbrauch im Gebäudebetrieb unter realen Bedingungen hinsichtlich Nutzungsprofil und Innentemperaturen normkonform abzubilden.

Bei energieeffizienten Gebäuden mit einem errechneten Heizwärmebedarf zwischen 10 und 25 kWh/m²a ist eine Abweichung des tatsächlichen Heizwärmeverbrauchs vom berechneten Heizwärmebedarf von 10-20 kWh/m²a meist nutzungsbedingt und/oder durch Energieverluste innerhalb des Wärmesystems erkläbar.²

² Vgl. die Ergebnisse für Wohngebäude im Projekt Inno-Cost (W. Hüttler, J. Rammerstorfer, D. Bachner: Innovation & Kosteneffizienz: Kostenoptimale Gebäudestandards für großvolumige Wohngebäude. Inno-Cost. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14/2015. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. 2015.)

Tabelle 3: Gegenüberstellung Heizwärmebedarf aus Energieausweis und gemessenem Wärmeverbrauch für Heizen und zum Teil Warmwasser vor und nach Sanierung

Vergleich Energiekennzahlen					
Vor Sanierung		Nach Sanierung			
lt. Energieausweis		lt. Energieausweis		lt. EVM	
Projekt	HWB _{ref}	HWB _{ref}	HWB _{ref} + WWWB	WV _{klimabereinigt}	
				ohne WW	mit WW
	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
Atrium	210,26	13,46	18,17	15,77	-
LSI ³	302,80	29,70	35,20	25,45 ⁴	-
Gästehaus Maier	154,82	10,57	23,35	30,38 ⁵	-
Gemeindeamt Kautzen	122,41	26,38	31,09	51,02 ⁶	-
Kindergarten Velden	178,90	21,66	31,08	-	44,39
Mittelschule Bad Eisenkappel	105,73	20,08	24,79	-	29,90
Volksschule Kirchberg	120,02	12,47	21,89	-	26,63
Raiffeisenbank Lebring	155,61	25,61	30,32	45,11	-
Raiffeisenbank Pressbaum	72,01	4,02	8,73	59,57	-

Abkürzungen:

HWB_{ref}....Heizwärmebedarf für das Referenzklima

WV....Wärmeverbrauch

WWWB....Warmwasserwärmebedarf

WW....Warmwasser

Wie die Daten zeigen, liegen bei sieben von neun Projekten die Abweichungen zwischen errechneten Bedarfswerten und dem realen Verbrauch in einer nachvollziehbaren Höhe ($\leq 20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$). Zwei Objekte zeigen wesentliche Diskrepanzen zwischen den geplanten Werten und den tatsächlichen Verbräuchen nach der Sanierung. Diese Diskrepanzen konnten durch das Monitoring geklärt werden und es wurden bereits Optimierungen durchgeführt.

³ Daten laut Energieausweis sind für das Standortklima angegeben, da für das Referenzklima keine flächenbezogenen Kennwerte im Energieausweis enthalten waren.

⁴ Wärmeverbrauch ohne Warmwasserverbrauch, da dieses über Elektroboiler bereitgestellt wird.

⁵ Gemessener, klimabereinigter Wärmeverbrauch über die Fußbodenheizung ohne Wärmeabgabe über Lüftung (diese wurde nicht erfasst). Ertrag der Solarthermie (Heizungsunterstützung + WW) wurde separat erfasst

⁶ Wärmeverbrauch der im Haus befindlichen Wohnung (nicht Teil der Mustersanierung) wurde miterfasst.

4.3 Anteil erneuerbare Energieträger am Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes

In allen betrachteten Projekten wird nach der Sanierung 100% des Gesamtenergieverbrauchs durch erneuerbare Energieträger gedeckt. Dies erfolgt zum Teil durch eine Kombination aus biogener Nah- bzw. Fernwärme (und Wärme aus Solarthermie) in Kombination mit Ökostrom oder gänzlich durch Ökostrom (Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpe mit Ökostrom betrieben). Ökostrom wird mit Ausnahme in der Mittelschule Bad Eisenkappel zum Teil vor Ort durch Photovoltaik erzeugt, der Rest wird aus dem Stromnetz bezogen.

Tabelle 4: Anteil erneuerbarer Energieträger der Sanierungsprojekte

Projekt	Anteil erneuerbarer Energieträger		
	Jahr der Fertigstellung	Anteil Erneuerbarer	Energieträger
	%		
Atrium	2014	100	Ökostrom
LSI	2014	100	Solare Wärme, Ökostrom
Gästehaus Maier	2013	100	Solare Wärme, Ökostrom
Gemeindeamt Kautzen	2013	100	Biogene Fernwärme, Ökostrom
Kindergarten Velden	2013	100	Biogene Fernwärme, Ökostrom
Mittelschule Bad Eisenkappel	2014	100	Biogene Fernwärme, Ökostrom
Volksschule Kirchberg	2012	100	Biomasse-Nahwärme, Solare Wärme, Ökostrom
Raiffeisenbank Lebring	2012	100	Ökostrom
Raiffeisenbank Pressbaum	2013	100	Ökostrom

5 Erkenntnisse

5.1 Lessons learned

Besonders erwähnenswert ist der 100% Anteil an erneuerbaren Energieträgern sowie auch die Nutzung von Ökostrom und biogene Fernwärme-Anbietern bei den Projekten. Dadurch wurde nicht nur die CO₂ Emissionen auf null reduziert, sondern alle Objekte wurden im Zuge der Mustersanierung erfolgreich zu einem nachhaltigen Gebäude saniert und modernisiert.

Die Ergebnisse der Auswertung zeigen, dass beim Wärmeverbrauch nach der Sanierung in 70 Prozent der betrachteten Objekte die geplanten Zielwerte gut bzw. annähernd erreicht werden. Die geplanten Werte weichen natürlich auch von den tatsächlichen Werten ab, da die tatsächliche Nutzung des Gebäudes oft nicht ident mit jener der im Vorfeld berechneten Norm-Nutzung ist. Dadurch können sich immer wieder erhöhte Verbräuche aufgrund intensiverer Nutzung, wie zum Beispiel höhere Raumlufttemperaturen beim Heizen oder ein gewünschter längerer Heizbetrieb, ergeben. Jedoch zeigen die Ergebnisse auch, dass verstarktes Augenmerk auf die Inbetriebnahme der Anlagen (Erstprogrammierung) und den laufenden Betrieb gelegt werden muss, da eine energieeffiziente Planung der Sanierung den energieeffizienten Betrieb des Gebäudes nicht automatisch gewährleistet. Zu den wichtigsten Optimierungsmaßnahmen im Gebäudebetrieb zählen die Regelungseinstellungen der Heizungs- und Lüftungssysteme und dabei speziell die Abstimmung des Anlagenbetriebs auf die Betriebszeiten der Gebäude.

Im Bereich der Heizung wurde in sechs von neun Objekten festgestellt, dass relevante Wärmemengen außerhalb der Betriebszeiten (vor allem die Temperaturabsenkung an Wochenenden und nachts) zur Verfügung gestellt bzw. umgewälzt wurden. In vier Objekten dauerten die Heizperioden bis Mai oder sogar Juni.

Im Bereich der mechanischen Lüftung konnte in fünf von acht Objekten ein wesentliches Verbesserungspotenzial hinsichtlich bedarfsgerechter Regelung der Lüftung festgestellt werden. Dies umfasst in erster Linie die Abschaltung der Anlagen in Nichtnutzungszeiten.

Es zeigt sich, dass das Vorhandensein eines Betriebsführers bzw. die Festlegung eines Zuständigen auf Seiten des Gebäudeeigentümers/-betreibers ein wesentliches Kriterium für den energieeffizienten Betrieb und damit die Einhaltung prognostizierter Werte darstellt. In jenen drei Gebäuden, in denen jemand für die Auswertung der Monitoringdaten und Maßnahmenableitung zuständig ist, wurden bereits Mängel behoben bzw. Optimierungen durchgeführt bevor die externe Überprüfung für diesen Bericht begann.

5.2 Häufige Herausforderungen

Die Hälfte der betrachteten Gebäude verfügt über ein zuverlässiges Monitoringsystem, das gute Daten liefert.

Die größte Herausforderung bei der Auswertung der zur Verfügung gestellten Daten stellten Datenlücken verursacht durch Messausfälle, fehlende Messpunkte und nicht plausible Messwerte dar. In vier der neun Objekte kam es zu mehrtägigen bis mehrwöchigen Messausfällen mehrerer Datenpunkte. Hier empfiehlt es sich, dass stets eine Sicherungskopie der Daten im Monitoringssystem angelegt werden sollte.

Fehlende Messpunkte bei Stromkreisen waren in drei Objekten ein Hindernis für die Auswertung, während fehlende Messpunkte bei Heizkreisen in vier Objekten ein lückenhaftes Bild der Situation wiedergibt. Eine vollständige Abbildung der Energieströme ist dadurch nicht möglich.

In drei von neun Objekten konnten Daten nur in einer groben Auflösung (Erfassung in MWh oder nur Tageswerte statt 15-Minuten-Werte) analysiert werden. Je höher die Auflösung, desto besser ist auch die Auswertemöglichkeit der Daten. Hier empfiehlt es sich eine Überprüfung und Abnahme der Monitoringdaten während der Inbetriebnahmephase durchzuführen.

In einem Objekt wurde die geforderten Behaglichkeitsparameter CO₂-Konzentration und relative Feuchte nicht erfasst.

In zahlreichen Gebäuden gibt es keinen Ansprechpartner vor Ort, der für das Monitoringsystem und die Daten verantwortlich ist und Daten auslesen, anpassen und versenden kann. In solchen Fällen werden zwar umfangreiche Datensets erstellt, es ist aber schwierig, die Daten und bei Rückfragen Antworten zu erhalten. Es hat sich gezeigt, dass es auf alle Fälle Sinn macht die Betreuung des EVM Systems einer Person zu zuteilen, welche auch eine umfassende Einschulung für die Benutzung und Anwendung des Monitoringsystems erhalten sollte.

6 Allgemeines zum Energieverbrauchsmonitoring

6.1 Vorteile des Energieverbrauchsmonitoring

Je nach Ausführung stellt das Energieverbrauchsmonitoring Daten zum Energieverbrauch, zur Leistungsaufnahme, physikalischen Größen wie Temperatur, Feuchte, Volumenstrom der unterschiedlichen haustechnischen Systeme und deren Betriebszustände, zB Klappenstellungen, Ein- und Ausschaltzeiten, aktuelle Betriebspunkte, etc. zur Verfügung. Daraus lassen sich Auswertungen von einfachen Energieflüssen bis hin zur technischen Funktionsweise einzelner Gewerke erstellen, um aus diesen Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Ein Energieverbrauchsmonitoringsystem ist notwendig für

- die Betriebseinführung und Betriebsoptimierung von Gebäuden. Es dient durch die Erfassung und Speicherung von Verbrauchs- und Betriebsdaten sowohl der Sicherung des fehlerlosen technischen Betriebs als auch der Gewährleistung des Komforts der Nutzer.
- den Gebäudeeigentümer bzw. Gebäudebetreiber, um das Gebäude bzw. die Funktion der haustechnischen Anlagen besser zu verstehen.
- die Funktionsprüfung der Anlagen (z.B. Betriebszeiten der Lüftungsanlage, Volumenströme der Lüftungsanlage). Damit kann man kontrollieren, ob die geplanten Funktionen umgesetzt wurden.
- die Mängelfeststellung bei der Funktion von haustechnischen Anlagen und ermöglicht damit eine Betriebsoptimierung.
- die Kontrolle von geplanten und ausgeschriebenen Qualitäten: z.B. Arbeitszahl einer Wärmepumpe, Jahresertrag einer Photovoltaikanlage, etc.
- Kontrolle des laufenden Energieverbrauchs.
- die Realisierung von Energieeinsparungen.

Energieverbrauchsmonitoring liefert die Rohdaten für die Analyse. Es ersetzt nicht den Betriebsführer eines Gebäudes. Es enthält auch keine Anleitung für richtige Regelungsparameter. Diese müssen auf der Basis einer fundierten Planung festgelegt und/oder im laufenden Betrieb optimiert werden.

Monitoring liefert die Daten für eine detaillierte Analyse und stellt nur in der Kombination mit der Ableitung von Maßnahmen ein wirksames Werkzeug dar. Solange die Rohdaten nicht verarbeitet und ausgewertet werden, bietet Monitoring keinen Nutzen.

Das Energieverbrauchsmonitoring zeigt Auswirkungen von geplanten sowie ungeplanten Änderungen im Gebäudebetrieb, nicht aber deren Ursachen.

6.2 Was ist bei der Planung, Umsetzung und beim Betrieb zu beachten?

Entscheidend für ein funktionelles Energieverbrauchsmonitoring (EVM) ist die rechtzeitige Festlegung von Datenpunkten bereits während der Planungsphase des Objekts. Die nachträgliche Integration von Datenpunkten, Messpunkten bzw. Zählern in bestehenden Haustechniksystemen kostet um ein Vielfaches mehr. Es ist darauf zu achten, dass bereits in der Planungsphase (und dann aktualisiert in der Umsetzung) das EVM vollständig dokumentiert wird und ein EVM-Schema erstellt wird.

Bei der Festlegung der Datenpunkte ist zu beachten, dass die Systemgrenzen der zu messenden Verbraucher klar definiert bzw. einzelne Verbraucher getrennt erfasst werden, um später die Verbräuche richtig zuordnen und Schlüsse ziehen zu können. Beispielsweise lässt ein Zähler für mehrere Verbraucher wie Licht, Fan Coils und Heizungspumpen nur schwer Schlüsse über die Effizienz und Regelung der einzelnen Verbraucher zu.

Besonders bei weniger energieintensiven Verbrauchern ist die Messgenauigkeit des Zählers zu beachten, da eine zu geringe Erfassungsgenauigkeit die Daten weniger aussagekräftig werden.. Die Zählung sollte stets auf Wh genau erfolgen, das heißt bei Erfassung in kWh zumindest mit drei Nachkommastellen. Die Auswertung der Daten enthält andernfalls geringere Information hinsichtlich Regelung und Schaltzyklen, da nicht jeder Verbrauch vom System erfasst werden kann.

Grundsätzlich sind M-Bus-fähige Zähler zu bevorzugen, da diese leicht in ein mögliches Gebäudeautomationssystem oder EVM eingebunden werden können.

Ein Erfassungsintervall von 15 Minuten mit Momentanwerten (keine Mittelwertbildung) hat sich als sinnvoll erwiesen. Eventlogging oder Tagessummen bieten für die Beurteilung der Regelungsparameter keinen Informationsgehalt, weil kein Gesamtbild des Systems erfasst wird.

Hinsichtlich Datenspeicherung wird als gängiges Format CSV empfohlen, da es wenig Speicherplatz konsumiert, einfach strukturiert und vielseitig kompatibel ist. Die gespeicherten Messreihen sollten Mindestanforderungen wie Angabe der Datenpunkt ID, Messeinheit, einheitlichen Zeitstempel, usw. enthalten. Zur Erfassung jedes Datenpunkts sollte eine Spalte verwendet werden. Eine redundante Speicherung der Messdaten ist wie bei jedem anderen System sinnvoll.

Um die Qualität der erfassten Monitoringdaten zu gewährleisten, müssen im Zuge der Inbetriebnahme des Energieverbrauchsmonitorings alle Sensoren und Messfühler ordnungsgemäß auf ihre korrekte Funktionsweise überprüft, gegebenenfalls parametriert, und defekte Geräte ausgetauscht werden. Andernfalls kann eine fehlerhafte und mit großer Abweichung behaftete Messung das Ergebnis sein und das Monitoringergebnis qualitativ beeinflussen. Außerdem sollten die aufgezeichneten Daten auf ihre Vollständigkeit und Plausibilität geprüft werden.

Sämtliche analoge Eingänge (zB Temperaturfühler) sollten dahingehend automatisch überwacht werden, dass Fehlmessungen erkannt und als Störung ausgegeben werden. Dies kann durch die Festlegung von entsprechenden Grenzwerten der analogen Eingänge erfolgen.

Sofern vorhanden, ist es sinnvoll zur Überprüfung von Key-Performance-Indikatoren und Funktionen für Gebäude die Betriebsdaten des Gebäudes aus der Gebäudeautomation zu integrieren.

6.3 Typische Fehlerquellen

Die häufigsten Fehlerquellen im Rahmen des Energieverbrauchsmonitorings sind, wie auch bei den betrachteten Projekten gut nachvollziehbar ist, folgende:

- Fehlende Überprüfung des Monitoringsystems bzw. der übermittelten Daten bei der Inbetriebnahme.
- Einzelne Werte oder auch gesamte Messreihen einzelner Datenpunkte werden nicht aufgezeichnet.
- Die Datenaufzeichnung wird nicht auf Plausibilität überprüft. Dies ist sowohl bei der Inbetriebnahme des Monitoringsystems wichtig aber genauso im laufenden Betrieb.
- Systemgrenzen von Zählern sind nicht oder nicht richtig definiert bzw. das Messkonzept wird falsch umgesetzt. Beispielsweise ist es nicht möglich den COP einer Wärmepumpe zu bestimmen, wenn der Stromverbrauch der Wärmepumpe nicht separat, sondern gemeinsam mit Verteilpumpen und Wannenheizung oder sogar weiteren anderen Verbrauchern erfasst wird.
- Temperatur- und CO₂-Sensoren werden nicht parametriert. Das bedeutet, dass die Messfühler nicht richtig konfiguriert (Messbereich, Skalierungsfaktoren, Grenzwerte, etc.) wurden.

7 Ausblick

Energieverbrauchsmonitoring ist einer der drei wesentlichen Bestandteile der umgesetzten Sanierungsmaßnahmen der Projekte, die im Rahmen der Mustersanierung gefördert werden. Es stellt ein wichtiges Hilfsmittel dar, um eine innovative und energieeffiziente Gebäudelösung aus der Planung auch in den realen Betrieb zu überführen und die Zielwerte im laufenden Betrieb tatsächlich zu erreichen. Dabei bietet vor allem die Optimierung im laufenden Betrieb noch erhebliches Einsparpotenzial und ist essentiell für ein energieeffizient geplantes und betriebenes Gebäude. Je komplexer Gebäude werden, desto relevanter sind Energieverbrauchsmonitoringsysteme, um die geplante Funktionsweise und den Energieverbrauch im Betrieb zu kontrollieren.

Die Ergebnisse der Datenauswertung der ausgewählten Projekte zeigen, dass trotz hochwertiger Planung und Umsetzung der geförderten Projekte vor allem bei den Regelungseinstellungen der Heizungs- und Lüftungssysteme zusätzliches Optimierungspotenzial besteht. Sie zeigen aber auch, dass das alleinige Erfassung von Daten noch keinen Nutzen bringt, solange die Daten nicht analysiert und Schlussfolgerungen daraus abgeleitet werden.

Das Energieverbrauchsmonitoring ist seit der Förderperiode 2012 fixer Bestandteil der Mustersanierung. Aus den Erfahrungen und Erkenntnissen in den geförderten Projekten können andere Bauherren für sich den Nutzen von Monitoringsystemen zur Betriebsüberwachung und -optimierung erkennen und implementieren. Hilfsmittel dazu sind auch auf der Webseite der Mustersanierung unter <http://www.mustersanierung.at/Erste-Schritte/monitoringkonzept/> zu finden.