



Leitfaden für Messkonzepte in EnEff:Stadt

Durchgeführt im Auftrag
des Bundesministeriums für Wirtschaft und
Technologie

Hans Erhorn
Heike Erhorn-Kluttig
Johann Reiss

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Die Forschungsinitiative Energieeffiziente Stadt | 3 |
| 2 | Das Messkonzept für die Demonstrationsvorhaben im Rahmen von EnEff:Stadt | 3 |
| 2.1 | Ein Leitfaden für die Minimalanforderungen an die Messkonzepte | 3 |
| 2.2 | Bereits vorhandene ähnliche Leitfäden für Demonstrationsvorhaben | 4 |
| 2.3 | Übertragung von EnOB auf EnEff:Stadt | 5 |
| 3 | Grundgedanken zum Messkonzept EnEff:Stadt | 6 |
| 3.1 | Messung pro Nutzungseinheit und pro Gebäudeübergabe | 7 |
| 3.2 | Bei unveränderten Bestandsgebäuden Messung entweder pro Nutzungseinheit oder pro Gebäudeübergabe | 7 |
| 3.3 | Bei Netzen zusätzlich Messung der Netzeingangs- und Ausgangsparameter (Kraftwerk, Heizwerk, Industrie) | 7 |
| 3.4 | Stündliche Messung von Energiemengen, Leistung und Temperaturniveau, viertelstündliche Messung des Stromverbrauchs | 7 |
| 3.5 | Ermittlung der Ferwärmeleitungsverluste durch Berechnung des Projektteams | 8 |
| 3.6 | Messung aller geförderten Technologien | 8 |
| 4 | Grafische Darstellung der Messanforderungen | 8 |
| 4.1 | Wärme | 8 |
| 4.2 | Strom | 11 |
| 5 | Geforderte Unterlagen zum Messkonzept | 13 |
| 6 | Literatur | 14 |

1 Die Forschungsinitiative Energieeffiziente Stadt

Effizienzsteigerung ist das zentrale Thema der Forschungsinitiative "EnEff:Stadt" des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Sie soll Wege zur Steigerung der Energie-Effizienz durch optimierte Konzepte einer effizienten Energieversorgung und –Verwendung aufzeigen. Die Initiative betrachtet dabei typische Stadtquartiere und richtet ihr Augenmerk auf die wichtigen städtebaulichen Aufgaben unserer Zukunft - von der baulichen Sanierung historischer Stadtquartiere über die Umnutzung von alten Industrie- und Gewerbeflächen bis hin zu innovativen Versorgungslösungen einschließlich moderner Speichertechnologien.

Pilotprojekte in verschiedenen Kommunen und typischen Stadtquartieren sollen beispielhafte und richtungsweisende Erkenntnisse für eine breite Anwendung liefern. Die Projekte beinhalten innovative Planungskonzepte, ihre bauliche Umsetzung und eine wissenschaftliche messtechnische Evaluierung, d.h. die Überprüfung der erreichten Ergebnisse. Innovative Technologien und integrierte Konzepte, ein Höchstmaß an Primärenergieeinsparung sowie typische und übertragbare Lösungen mit hoher Signalwirkung stehen im Mittelpunkt der Förderung. Die Forschungsaktivitäten und Pilotprojekte werden durch eine Gruppe von Forschungseinrichtungen und erfahrenen Praktikern wissenschaftlich begleitet.

Das Förderkonzept [1] und weitere Unterlagen und Informationen sind im Internet unter www.eneff-stadt.info abzurufen.

2 Das Messkonzept für die Demonstrationsvorhaben im Rahmen von EnEff:Stadt

2.1 Ein Leitfaden für die Minimalanforderungen an die Messkonzepte

Ein wichtiger Teil eines Demonstrationsvorhabens ist die Evaluierung des realisierten energiesparenden Konzepts. Dies gilt sowohl für einzelne Gebäude als auch für die in EnEff:Stadt geplanten energieeffizienten Stadtquartiere. Die Evaluierung erfolgt durch die Umsetzung eines zuvor entwickelten Messkonzepts und die detaillierte Analyse der gemessenen Daten im Vergleich zu den vorherberechneten Einsparungen durch eine Kombination von Energieeffizienzmaßnahmen.

Dies bedeutet, dass das Messkonzept grundsätzlich alle geplanten und bewilligten Maßnahmen soweit wie möglich abdecken muss. Die Messaufnehmer, bestehend aus Wärmemengenzähler, Durchflussmessern, Volumenstrommessgeräte, Temperaturfühler, Elektrozähler, Gaszähler und andere Brennstoffzähler müssen so angebracht werden, dass alle Energiekonzeptbestandteile einzeln bewertet werden können.

Da jedes Demonstrationsvorhaben andere Maßnahmenkombinationen beinhaltet kann kein allgemein gültiges Messkonzept festgelegt werden. Es wird hier vielmehr ein Leitfaden mit den Minimalanforderungen an die Messkonzepte zu-

sammengestellt, die eine vergleichende Querauswertung der Demonstrationsvorhaben ermöglicht. Der Leitfaden wird den verantwortlichen Projektleitern an die Hand gegeben, um ihr jeweiliges detailliertes Messkonzept zu entwickeln. Dieses wird abschließend vom Begleitforschungsteam, bestehend aus Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Herrn Jank, Fraunhofer-Umsicht und pro:21, auf Vollständigkeit und nötige Detailtiefe überprüft.

2.2 Bereits vorhandene ähnliche Leitfäden für Demonstrationsvorhaben

Im BMWi-Programm Energieoptimiertes Bauen (EnOB) wurde vom Fraunhofer-IBP und ISE ein „Leitfaden für das Monitoring der Demonstrationsbauten im Förderkonzept EnBau und EnSan“ [2] entwickelt. Grundsätzlich geht das Messkonzept von EnOB von 3 Messphasen aus:

- Konzeption/Umsetzung/Inbetriebnahme -> Akteure: Planer/Hochschule/Institution
- Intensivmonitoring -> Akteure: Hochschule/Institute
- Langzeitmonitoring -> Akteure: Begleitforschung/Betreiber

Die Erfahrungen in EnOB zeigten, dass die Dichte der gemessenen Kennwerte, d.h. auch die Anzahl der Messaufnehmer sich in Phasen 2 und 3 nicht stark unterscheiden.

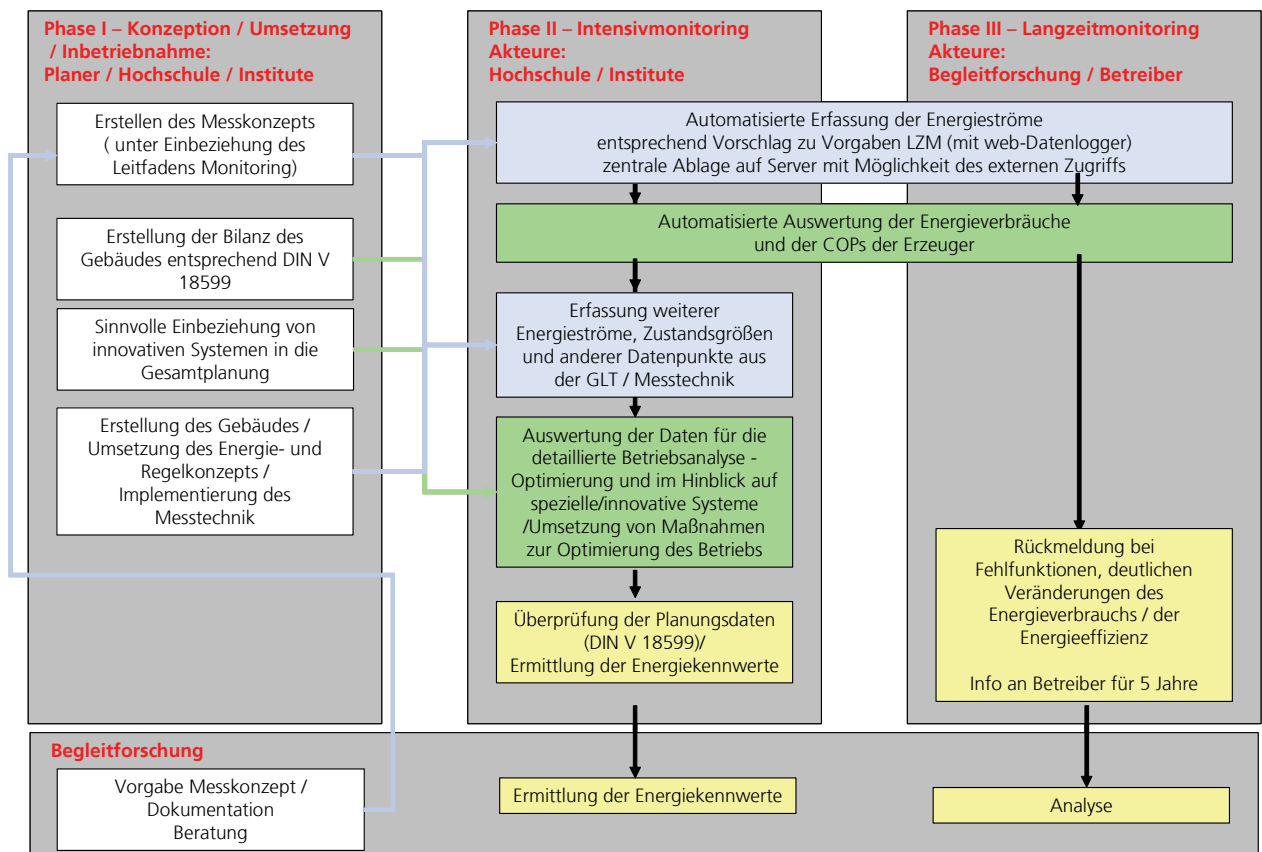


Bild 1: Aufgaben und Akteure in den drei Phasen der Demonstrationsbauvorhaben gemäß dem Leitfaden für Messkonzepte im BMWi-Programm EnOB.

In den EnOB Messkonzepten ist die Schnittstelle die Energie, die dem Gebäude zugeführt wird (Endenergie). Im Gebäude selbst werden dann die Effizienzen der einzelnen eingesetzten und geförderten Technologien so weit wie möglich messtechnisch bewertet. Eine vollständige und umfangreiche Energiebilanz (Nutzenergie, Endenergie und Primärenergie) des Gebäudes unter Berücksichtigung der Einzeltechnologien ist das Ziel der Messung. Der Vergleich mit den Vorherberechnungen nach DIN V 18599 soll dadurch möglich sein.

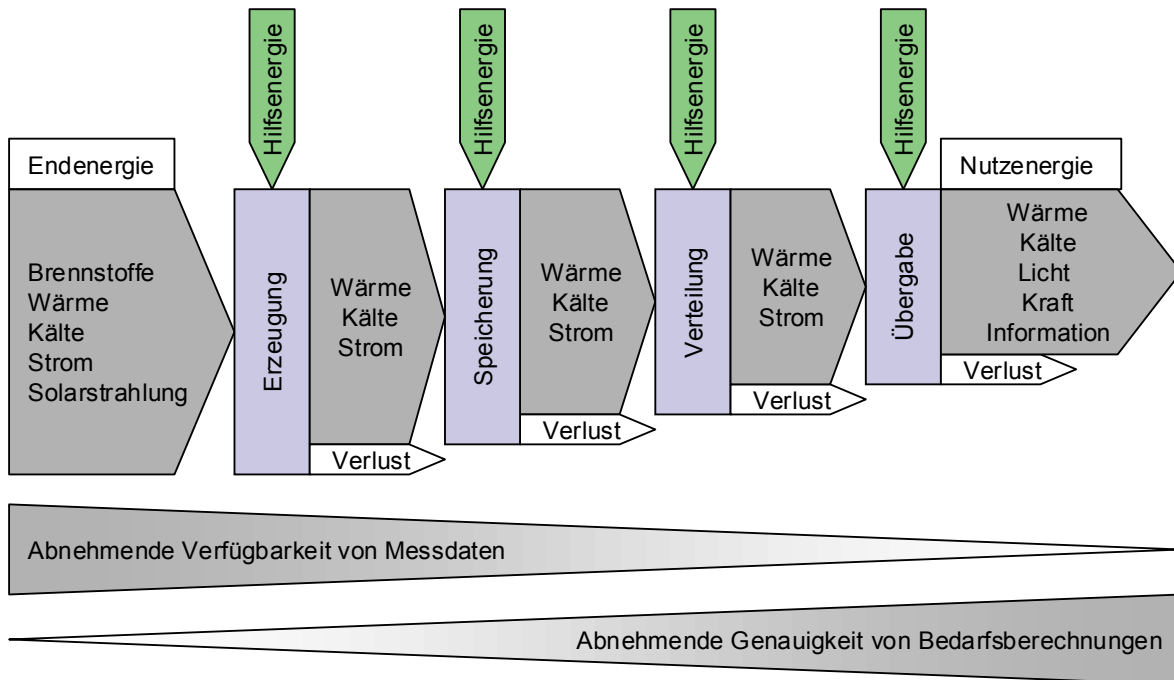


Bild 2: Vereinfachtes Schema der Energieflüsse in einem Gebäude, angelehnt an die Struktur der DIN V 18599.

2.3 Übertragung von EnOB auf EnEff:Stadt

Bei EnEff:Stadt ist der Bilanzierungsraum nicht mehr ein Einzelgebäude, sondern das zu bewertende Versorgungsgebiet, d.h. des betrachtenden Stadtteils/Quartiers. Schnittstelle ist die Energiezufuhr des Quartiers. Bei einer zentralen Versorgung, wie z.B. der Fernwärme, aber auch bei der Stromversorgung muss jedoch auch die Effizienz des Kraftwerks, etc. mit Berücksichtigung finden. Für dezentrale Stromversorgung werden die mittleren Primärenergiefaktoren für Deutschland (Strommix) angesetzt, für Fernwärme die Kennwerte, die vom Kraftwerk/Stadtwerk für das Gesamtnetz ermittelt werden.

Grundsätzlich gilt:

$$\text{Energiedienstleistung} + \text{Aufwand (Verluste)} = \text{Primärenergiebedarf}$$

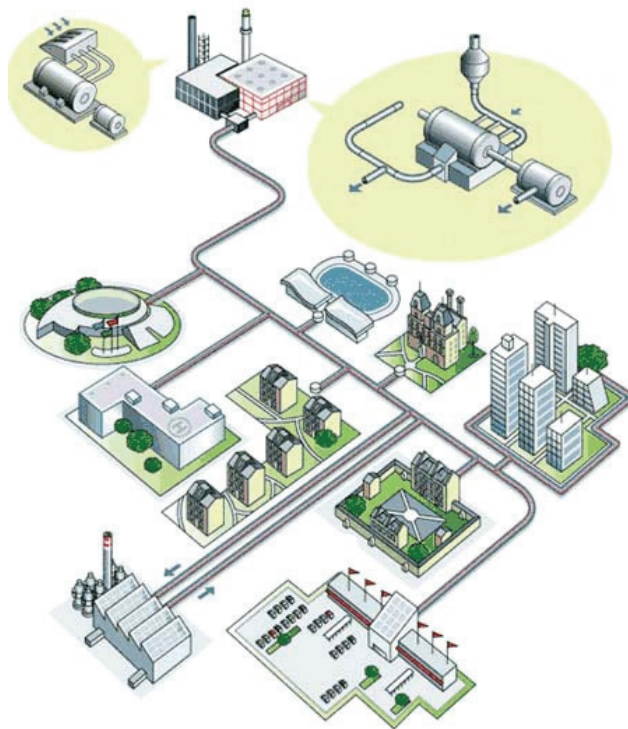


Bild 3: Veranschaulichung der Energieversorgung in einem Stadtgebiet.

3 Grundgedanken zum Messkonzept EnEff:Stadt

Der Leitfaden für die Messkonzepte der Demonstrationsvorhaben in der Forschungsinitiative EnEff:Stadt basiert auf folgende Grundgedanken:

1. Messung pro Nutzungseinheit und zusätzlich pro Gebäudeübergabe
2. Bei unveränderten Bestandsgebäuden Messung entweder pro Nutzungseinheit oder pro Gebäudeübergabe
3. Bei Netzen zusätzlich Messung der Netzeingangs- und Ausgangsparameter (Kraftwerk, Heizwerk, Industrie)
4. Stündliche Messung von Energiemengen, Leistung und Temperaturniveau, viertelstündliche Messung des Stromverbrauchs
5. Ermittlung der Fernwärmeleitungsverluste durch Berechnung des Projektteams
6. Messtechnische Bewertung aller geförderten Technologien

Die Grundgedanken werden im Folgenden genauer erläutert.

3.1 Messung pro Nutzungseinheit und pro Gebäudeübergabe

Die Energiebezüge der Gebäude sollen grundsätzlich an der Gebäudeübergabestelle (Hausübergabe) und wenn möglich für jede Nutzungseinheit einzeln gemessen werden. Im Falle von Neubauten ist dies in jedem Fall vorzusehen, bei Bestandsgebäuden im Falle einer anlagentechnischen Sanierung auch. Dabei sind sowohl Heizenergieverbrauch, Stromverbrauch und ggf. auch Kühlenergieverbrauch zu berücksichtigen.

Als Nutzungseinheit wird bei Wohngebäuden die Wohneinheit und bei Nichtwohngebäuden die unterschiedlichen Vermietungsbereiche, aber ggf. auch unterschiedliche Nutzungen eines Eigentümers oder Mieters angesehen.

3.2 Bei unveränderten Bestandsgebäuden Messung entweder pro Nutzungseinheit oder pro Gebäudeübergabe

Einige Demonstrationsvorhaben beinhalten Gebäude, an denen selbst keine Energieeffizienztechnologien eingesetzt werden. Diese Gebäude sind zwar Bestandteil des betrachteten Gebiets, werden aber nur über „softe“ Maßnahmen verändert wie z.B. das Aufklären der Nutzer zu energieeffizienterem Verhalten oder ähnliches. In diesem Fall wird auch die Energieversorgung ab der Gebäudegrenze nicht verändert und eine Messung pro Nutzungseinheit ist schwierig bzw. unmöglich. Deshalb kann hier ggf. auf die detaillierte Messung verzichtet werden und eine Messung pro Gebäudeübergabe ist ausreichend.

3.3 Bei Netzen zusätzlich Messung der Netzeingangs- und Ausgangsparameter (Kraftwerk, Heizwerk, Industrie)

Da es sich bei den Demonstrationsprojekten um Stadtteile handelt, und die Maßnahmen auch Effizienzverbesserungen an den Netzen bzw. Kraftwerken, sowie Einspeisungen durch Abwärme aus Industrie oder erneuerbare Energien etc. beinhalten, müssen auch die Energieversorgungsnetze und die Kraftwerke detailliert gemessen und analysiert werden. Der Energieversorger muss detaillierte Aussagen zu den verbrauchten Energieträgern, der bereitgestellten Gesamtenergie und den Energiemengen für das betrachtete Stadtgebiet zur Verfügung stellen. Eine durchschnittliche Jahresprimärenergiekennzahl für die Kraft- und Heizwerke muss Mindestbestandteil der Kennwerte sein. Sofern die Kennwerte monatlich ermittelt werden können ist diese Detaillierung anzustreben.

3.4 Stündliche Messung von Energiemengen, Leistung und Temperaturniveau, viertelstündliche Messung des Stromverbrauchs

Die Frequenz der dokumentierten Messwerte sollte im Bereich der Wärmemengenzähler und Temperaturfühler auf eine Summen- bzw. Mittelwertmessung pro Stunde ausgerichtet werden. Die Summenwerte der Stromzähler sollten mindestens ¼-stündlich getaktet sein.

3.5 Ermittlung der Fernwärmeleitungsverluste durch Berechnung des Projektteams

Um die Verluste des Leitungsnetzes von Fern- und Nahwärme zu ermitteln, sollen die Mitglieder des Projektteams eine Approximierung anhand der Leitungslänge zum betreffenden Stadtgebiets, der Temperaturdifferenz, der Dämmung des Rohrnetzes und der Laufzeit durchführen. Dies trägt dazu bei, zu bewerten, ob der Anschluss eines bestimmten Stadtgebiets an die Fernwärme energieeffizienter ist als eine dezentrale Versorgung.

3.6 Messung aller geförderten Technologien

Zusätzlich zu den generell geforderten Messungen aus 3.1 bis 3.5 müssen auch alle im EnEff:Stadt geförderten Technologien an den Gebäuden, der Gebäudeanlagentechnik und der zentralen Energieversorgung detailliert gemessen werden. Dafür kann bei hohem Aufwand ggf. ein Zusatzvorhaben beantragt werden, zu dem von den Experten im Forschungsteam Stellung bezogen wird.

Bestimmte Technologien können nicht über gewöhnliche Messaufnehmer gemessen werden. Hier muss über alternative Bewertungsmethoden nachgedacht werden. Der Fördergeber kann hierzu Auflagen für den Projektnehmer in die Bewilligung schreiben.

Als Beispiel kann hier das Alterungsverhalten von Aerogeldämmung genannt werden. Die Dämmwirkung im Ausgangszustand ist bekannt. Eine interessante Analyse ist z.B. eine Alterungsmessung nach 2 Jahren o.ä.

4 Grafische Darstellung der Messanforderungen

Die folgenden Grafiken sollen die Anforderungen an die Messungen in den Demonstrationsvorhaben veranschaulichen.

4.1 Wärme

Bild 4 zeigt die gewünschten Kenndaten bei einem zentralen Wärmeversorgungsnetz. Beim Energieversorger müssen die Energieträger zur Erzeugung der Fernwärme getrennt voneinander ermittelt werden (Gas, Müll, Biomasse, etc.). Auch die ggf. eingespeiste Wärme durch andere Erzeuger muss gemessen werden. Auf der Gebäudeseite wird jeweils an der Gebäudeübergabestelle gemessen. Sollte ein Gebäude eine Wärmeeinspeisung ins Netz durchführen, muss auch dieser Wert ermittelt werden. Auch die Summe der Wärme, die an Gebäude außerhalb des betrachteten Gebiets geliefert wird, muss ermittelt werden.

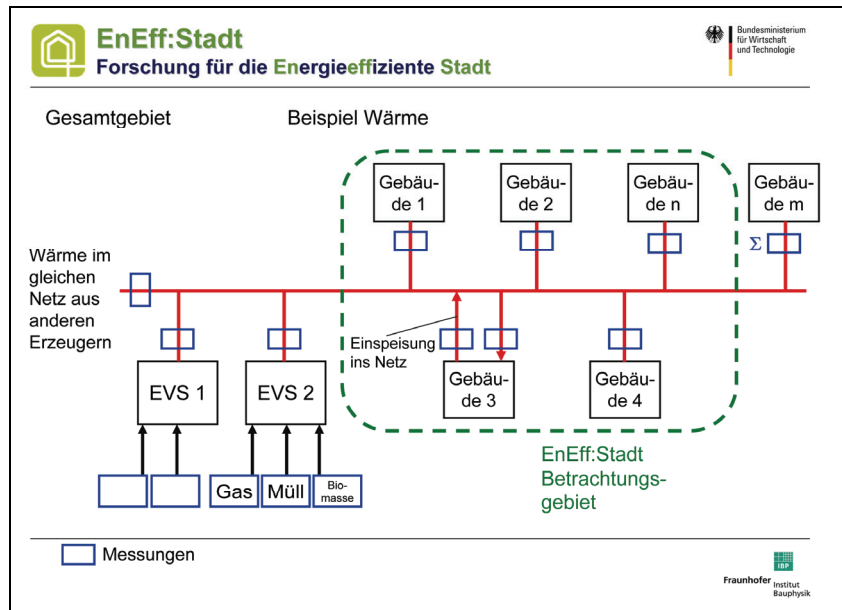


Bild 4: Messfühleranordnung im Bereich der Wärmeversorgung beim Energieversorgungsunternehmen und bei der Gebäudeübergabe.

Die in 3.1 und 3.2 vorgegebenen Messfühleranordnungen bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen am Gebäude selbst bzw. ohne (oder nur „softe“ Maßnahmen sind in Bild 5 dargestellt.

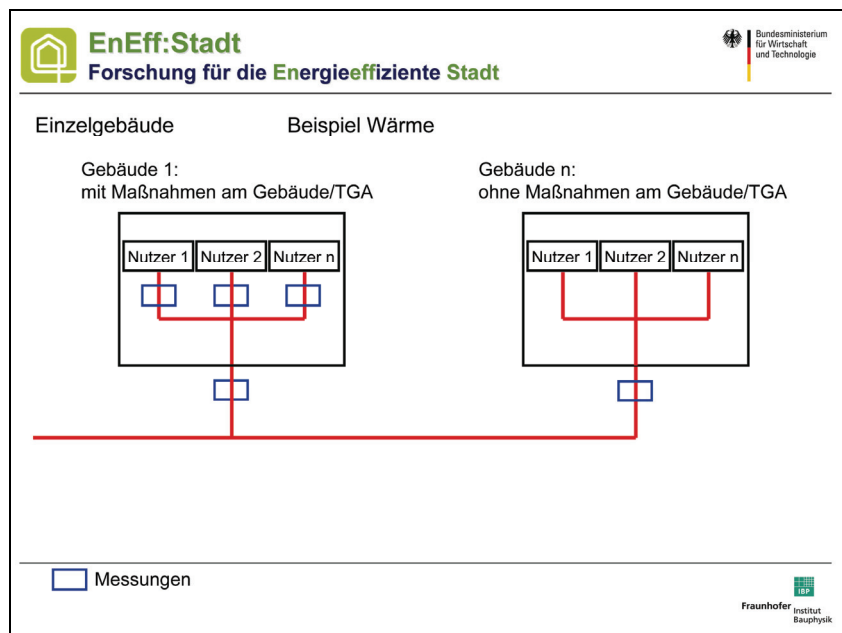


Bild 5: Messfühleranordnung im Bereich der Wärmeversorgung bei Gebäuden ohne technologische Maßnahmen an der Gebäudeübergabe und bei Gebäuden mit technologischen Energieeffizienzmaßnahmen zusätzlich je Nutzungseinheit.

Bild 6 zeigt in der linken Hälfte die Anforderungen an die Messfühler bei einem Gebäude mit Energieeffizienzmaßnahmen, das eine eigene Wärmeversorgung besitzt.

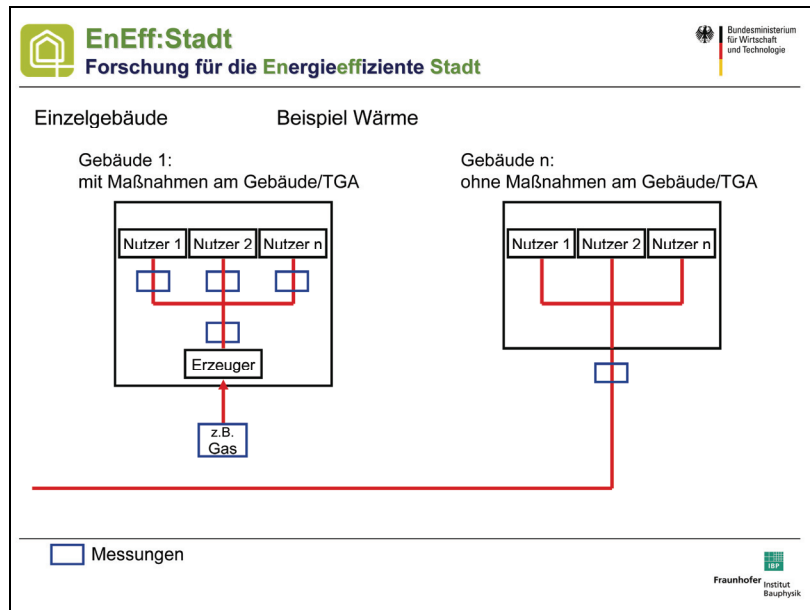


Bild 6: Messfühleranordnung bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen im Falle einer eigenen Wärmeversorgung (Kessel o.ä.).

In Bild 7 ist dargestellt, dass im Falle einer Eigennutzung von Wärme erzeugt aus erneuerbaren Energien (z.B. thermische Solarkollektoren) auch diese Wärmemenge gemessen werden muss.

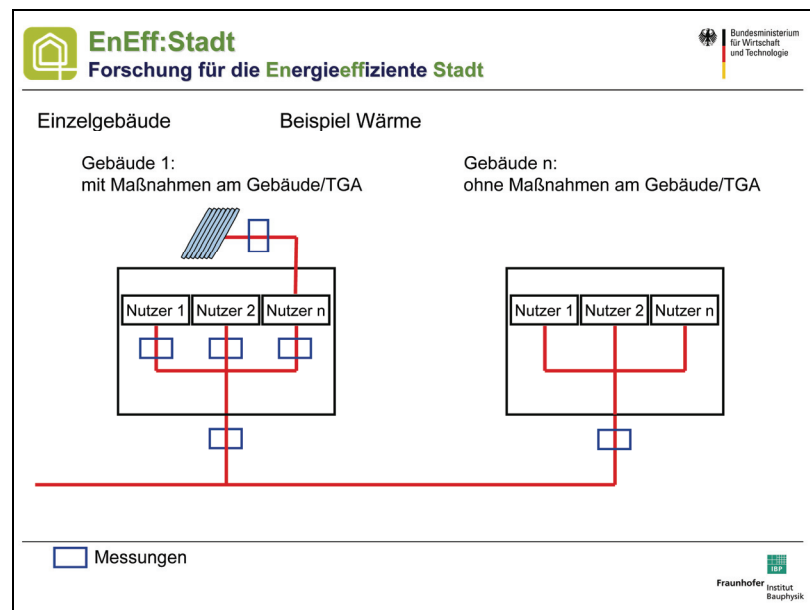


Bild 7: Messfühleranordnung bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen im Falle einer eigengenutzten Wärmeerzeugung durch erneuerbare Energien (solare Warmwasserbereitung oder solare Heizungsunterstützung o.ä.).

Bei der Kühlenergieversorgung sind entsprechende Messanforderungen mittels Strom dezentral erzeugt. Dann sind die Anforderungen aus 4.2 zu entnehmen.

4.2 Strom

Die folgenden Bilder veranschaulichen die Anforderungen an das Messkonzept für die Stromversorgung des betrachteten Stadtgebiets. In Bild 8 ist dargestellt, dass auf der Energieversorgerseite zwar die Kennwerte für alle Energieträger im Zusammenhang mit der evtl. gleichzeitigen Wärmeerzeugung ermittelt werden müssen, ebenso wie der gesamte erzeugte Strom, aber der zugekaufte Strom nicht extra gemessen werden muss. Gleiches gilt für die Stromversorgung von Gebäuden außerhalb des Betrachtungsgebiets. Hintergrund ist, dass für den Strom ein (nicht erneuerbarer) Primärenergiefaktor von 2,6 gemäß DIN V 18599 angesetzt wird und nur die Fernwärme einen erzeugungsabhängigen Faktor erhält.

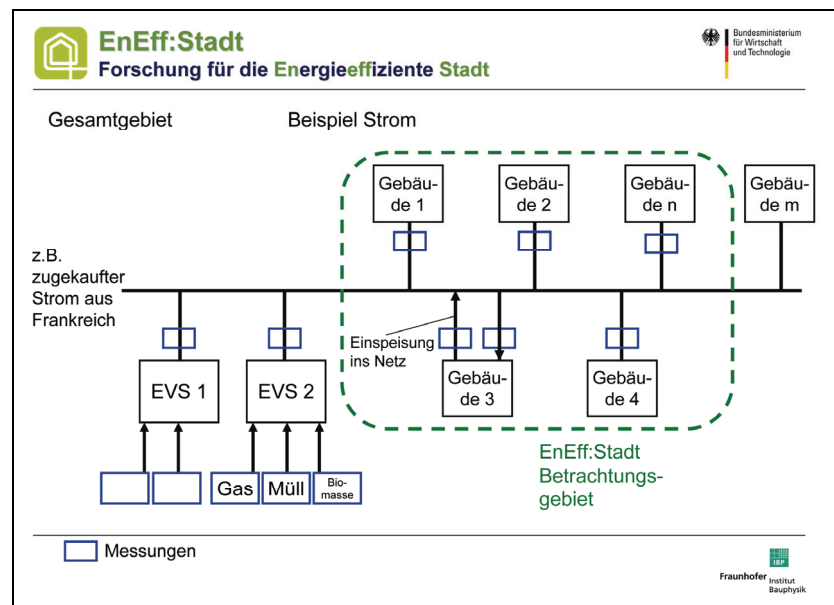


Bild 8: Messfühleranordnung im Bereich der Stromversorgung beim Energieversorgungsunternehmen und bei der Gebäudeübergabe.

Bei den Gebäuden gilt ähnlich wie bei der Wärme, dass an der Gebäudeübergabe und jeweils die einzelnen Nutzerstromverbräuche gemessen werden sollen. Bei einer Stromeinspeisung ins Netz muss auch dieser Anteil detailliert gemessen werden.

Nutzereinheiten sind bei Wohngebäuden die einzelnen Wohnungen, bei Nichtwohngebäude die unterschiedlichen anderweitigen Mieter oder Nutzungsarten (falls einzeln messbar).

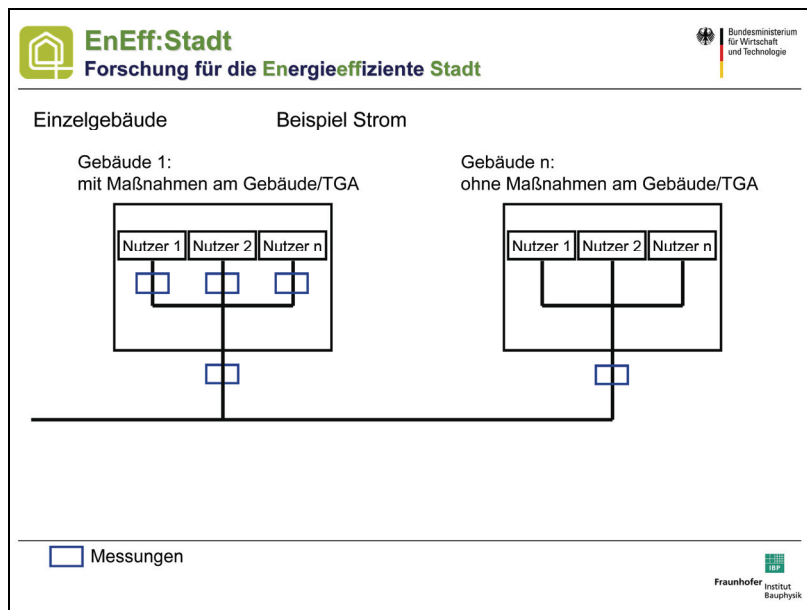


Bild 9: Messfühleranordnung im Bereich der Stromversorgung bei Gebäuden ohne technologische Maßnahmen an der Gebäudeübergabe und bei Gebäuden mit technologischen Energieeffizienzmaßnahmen zusätzlich je Nutzungseinheit.

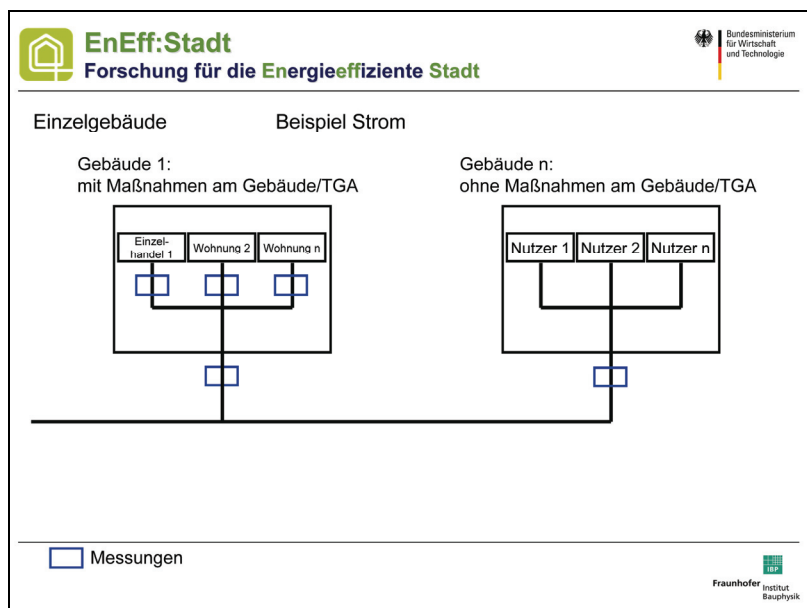


Bild 10: Bei Mischgebäuden kann eine Nutzungseinheit aus einer Wohnung oder auch eine anderweitige Nutzung bestehen; hier z.B. ein Einzelhandel.

Bei dezentraler Stromerzeugung innerhalb des betrachteten Gebiets muss sowohl der ins Netz eingespeiste Strom als auch der eigenverwendete Strom ermittelt werden, siehe Bilder 11 und 12. Bei sowohl Einspeisung als auch Eigennutzung kann dies durch Differenzbildung zur Gesamtproduktion geschehen.

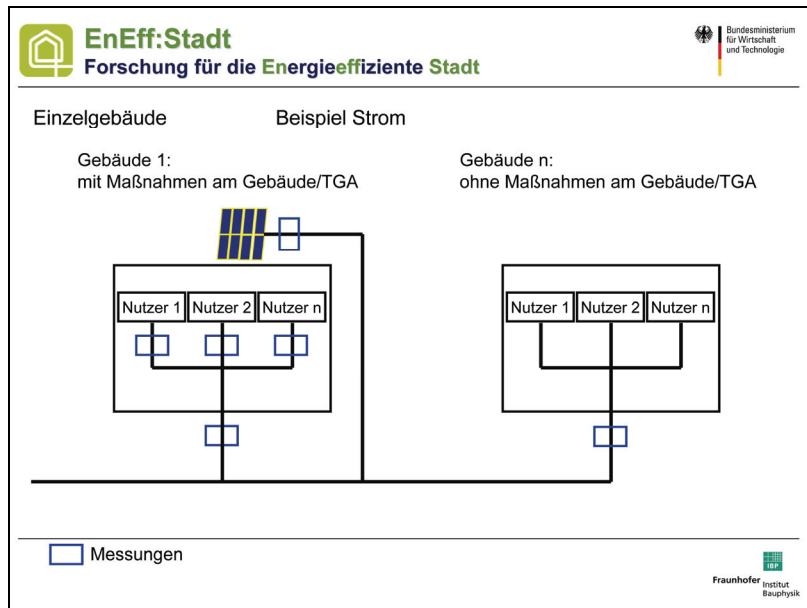


Bild 11: Messfühleranordnung bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen im Falle einer Stromeinspeisung durch erneuerbare Energien (Photovoltaikmodule o.ä.).

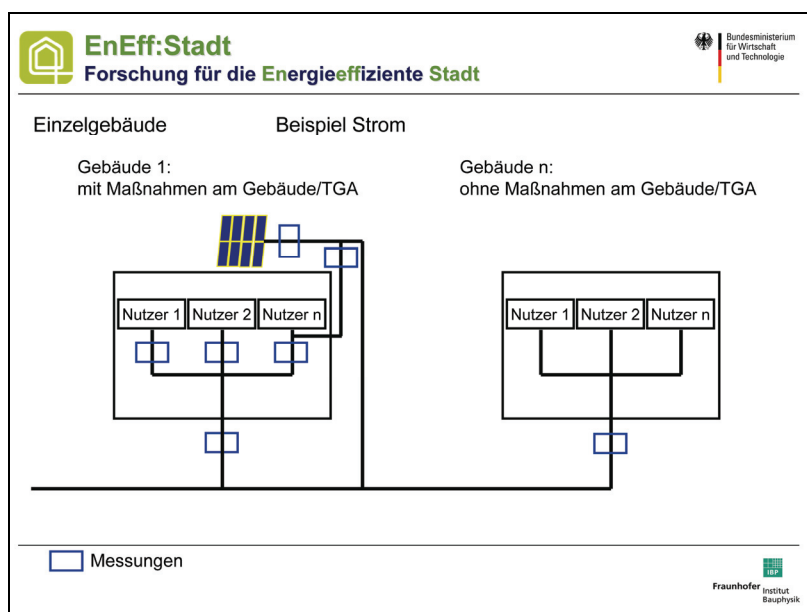


Bild 12: Messfühleranordnung bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen im Falle einer Stromeinspeisung und einer Eigennutzung durch erneuerbare Energien (Photovoltaikmodule o.ä.).

5 Geforderte Unterlagen zum Messkonzept

Von den Projektverantwortlichen im Rahmen von EnEff:Stadt werden folgende Messkonzeptplanungsunterlagen gefordert:

1. Eine Textbeschreibung des geplanten Messkonzepts. Dabei sollte insbesondere auf die Messung der geförderten Technologien und auf die Informati-

on der Energieversorger zum Erhalt der benötigten Kennwerte eingegangen werden.

2. Eine Liste der geplanten Messaufnehmern mit Beschreibung des jeweiligen Messzwecks und mit Berücksichtigung der geförderten Technologien.
3. Eine schematische Darstellung der Messungen für das Gesamtgebiet und eine detaillierte Darstellung für jedes in der Nutzung, eingebauten Anlagentechnik oder durch die verwendeten Energieeffizienztechnologien unterschiedlichen Gebäude. Ggf. kann auch die Messung von Stromverbräuchen getrennt von der Messung von Wärme- und Kälteverbräuchen dargestellt werden.

Bei den Unterlagen ist darauf zu achten, dass die Schemata nicht nur als dwg-Dateien oder ähnliche CAD-lesbaren Formate, sondern auch als pdf-Dateien zugesendet werden, um zu gewährleisten, dass sie von allen Begleitforschungsteammitglieder eingesehen werden können.

6 Literatur

- [1] Förderkonzept "Energieeffiziente Stadt" (Gebäude und Energieversorgung) im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung „Innovation und neue Energietechnologien“. <http://www.eneff-stadt.info/de/energieeffiziente-stadt/forschungsinitiative-eneffstadt/>
- [2] C. Neumann, S. Herkel, J. Reiß: Leitfaden für das Monitoring der Demonstrationsbauten im Förderkonzept EnBau und EnSan. Fraunhofer-ISE (2006).