

Dr. Reinhard Jank



Schlussbericht

EnEff:Stadt – Wissenschaftliche Begleitung der Förderinitiative „Energieeffiziente Stadt“ Phase 3



Gefördert durch das
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie (BMWi)

Förderkennzeichen: 03ET1109A



Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits-
und Energietechnik:
Carsten Beier, Patrick Wrobel, Matthias Schnier,
Annedore Kanngießner

Fraunhofer-Institut für Bauphysik:
Hans Erhorn, Heike Erhorn-Kluttig

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und
Bildauswertung, Institutsteil Angewandte Systemtechnik:
Peter Bretschneider

pro:21 GmbH:
Armand Dütz, Thomas Bloch, Jessica Löffler,
Sara Moltmann

Reinhard Jank

Oberhausen, 22. August 2016

Autoren

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Dieser Schlussbericht wurde von den Mitarbeitern des Begleitforschungsteams zur Forschungsinitiative EnEff:Stadt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie geschrieben. Im Einzelnen zeichnen folgende Autoren für den Bericht verantwortlich:

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT:

Carsten Beier, Patrick Wrobel, Matthias Schnier, Annedore Kanngießer, Benjamin Haase, Michael Winkel

Kapitel 1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.8, 3.4, 3.5, 4.5, 4.6, 5.5, 5.6, 6

Fraunhofer-Institut für Bauphysik:

Hans Erhorn, Heike Erhorn-Kluttig

Kapitel 2.7, 3.1, 3.2, 3.3, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.11, 3.12, 5.3, 5.4

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Institutsteil Angewandte Systemtechnik:

Peter Bretschneider

Kapitel 3.15, 4.6.2

pro:21 GmbH:

Armand Dütz, Thomas Bloch, Jessica Löffler, Sara Moltmann

Kapitel 2.5, 2.6, 3.13, 3.14, 3.16, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.7, 4.8

Reinhard Jank

Kapitel 3.10, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Begleitung, Beratung und Coaching	7
2.1	Einführung	7
2.2	Leitfaden Projektleiter	7
2.3	Strukturierter Zwischenbericht	8
2.4	Beratung und Antragsbewertung	10
2.5	Coaching Cluster-Projekte	11
2.6	Konzept Leitfaden kommunale Energieplanung	12
2.7	Erfahrungen Anwendung DECA	18
2.8	Entwicklung Forschungsnetzwerk	23
3	Querauswertungen und Monitoring	28
3.1	Einführung	28
3.2	Siedlungstypologiematrix	28
3.3	Technologiematrix Schnellüberblick	31
3.4	Technologiematrix Detailanalyse	34
3.5	Querauswertung Planungshilfsmittel	37
3.5.1	Überblick und Einordnung der Querauswertung	38
3.5.2	Querschnittsanalyse	40
3.5.3	Praxiserfahrungen zur Auswahl und Validierung von Planungshilfsmitteln	45
3.5.4	Fazit	47
3.6	Leitfaden für Messkonzepte	49
3.6.1	Umsetzung der Messvorgaben in den Demonstrationsvorhaben	54
3.7	Energetische Bilanzierung	56
3.7.1	Ergebnisse der energetischen Querauswertung	65
3.8	Wirtschaftlichkeitsbewertungsmethode und Bilanzierungstool	72
3.9	Monitoring-Datenbank	75
3.9.1	Struktur der Messdatenbank	76
3.9.2	Projekte in der Messdatenbank	77
3.9.3	Messdaten	77
3.9.4	Anonymisierung und Pseudonymisierung	83
3.9.5	Harmonisierte Daten	84
3.9.6	Messschemata	85
3.9.7	Messfühlerliste	87
3.9.8	Website	88
3.9.9	Ausblick	88
3.10	Monitoring – Ergebnisse Praxisworkshop, Projekterfahrungen	88
3.11	Lessons Learned zu Technologien	91
3.12	Querauswertung Campus-Projekte	97
3.13	Querauswertung Cluster-Projekte	108
3.14	Auswertung Treffen vor Ort	108
3.15	Konzept zur Querauswertung elektrische Energieversorgung und –netze	113

3.16	Konzept zur Bewertung der Auswirkungen auf die lokale Wertschöpfung	117
4	Öffentlichkeitsarbeit, Erfahrungsaustausch und Vernetzung	122
4.1	Einführung	122
4.2	Projektleitertreffen	124
4.3	Praxis-Workshops & Ergebnisveröffentlichung	132
4.4	Kongresse	133
4.5	Vernetzung anderer stadtrelevanter Programme	135
4.6	Auswertung EnEff:Wärme- und Verteilnetz-Projekte	139
4.6.1	Auswertung der EnEff:Wärme-Projekte	139
4.6.2	Auswertung der Verteilnetzprojekte-Projekte	145
4.7	Webseite und Flyer	147
4.8	Schriftliche Ausarbeitungen und Druckerzeugnisse	147
5	Internationale Aktivitäten	149
5.1	Einführung	149
5.2	Auswertung internationaler Projekte	149
5.3	ECBCS und Annex51	153
5.4	Working Group EEC	154
5.5	Vorbereitung ECES	159
5.6	Arbeiten IEA ECES 26/28	161
5.6.1	IEA ECES 26	161
5.6.2	Operating Agent ECES 26	161
5.6.3	IEA Steering Committee – Energy Storage Roadmap	162
5.6.4	ECES 28 - Virtuelle Energiespeicher	162
6	Zusammenfassung	174
	Literatur	178
	Anhang	181

1 Einleitung

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat im Jahr 2007 im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms „Innovation und neue Energietechnologien“ der Bundesregierung das Förderkonzept „Energieeffiziente Stadt“ aufgelegt. Damit sollte Rechnung getragen werden, dass Kommunen einen großen Einfluss auf die Steigerung der Energieeffizienz bzw. bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen haben. Mit der Förderinitiative EnEff:Stadt sollte die Fördermaßnahme „Lokale und regionale Energieversorgungskonzepte“ fortgeführt und Forschungsaktivitäten zur Verbesserung der Energieeffizienz im kommunalen und regionalen Bereich vorangetrieben werden. In den geförderten Projekten sollten Lösungen für die Umsetzung kommunaler Projekte auf Quartiersebene entwickelt werden, die durch einen integralen Planungsprozess das effektive Zusammenwirken von Einzelmaßnahmen gewährleisten und Ansätze zur Überwindung von Umsetzungshemmnissen liefern. Dazu sollten innovative Technologien, moderne Managementmethoden und Planungshilfsmittel eingesetzt sowie unterschiedliche Bereiche und Akteure vernetzt werden. Technologische Schwerpunkte der Ausschreibung waren:

- Dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung
- Niedrigexergienutzung
- Neuartige technische Ansätze in der TGA (z. B. Regelungstechnik, Lichttechnik, Wärmeverteilung)
- Abwärmenutzung
- Innovative Wärmedämmsysteme
- Einbindung erneuerbarer Energien
- Nahwärmenetze
- Intelligente Regelungs- und Messtechnik sowie weitere technologische Schwerpunkte

Durch die Förderung von Pilotprojekten sollte in der Praxis gezeigt werden, wie durch den intelligenten Einsatz innovativer Technologien und Vorgehensweisen in Quartiersprojekten eine Effizienzsteigerung erzielt werden kann. Ziel der Begleitforschungsvorhaben war es, die wissenschaftliche Auswertung sowie Dokumentation und Verbreitung der Projektergebnisse zu gewährleisten.

In der ersten Phase der Förderinitiative EnEff:Stadt (2007-2009) lag der Schwerpunkt auf der Initiierung erster Demonstrationsvorhaben. Auf dieser Basis wurden im Rahmen der Begleitforschung ein Überblick über technologische Lösungsansätze erarbeitet sowie Grundlagen zur energetischen Quartiersplanung und Kriterien zur energetischen Bewertung von Quartieren entwickelt. Die Ergebnisse der Begleitforschung wurden im Fachbuch „Energetische Quartiersplanung – Methoden, Technologien, Praxisbeispiele“ im IRB-Verlag veröffentlicht.

In der zweiten Phase (2009-2013) wurden die Demonstrationsvorhaben auf weitere Siedlungstypen ausgeweitet. Das Team der Begleitforschung hat in dieser Phase Grundlagen und Methoden zur wissenschaftlichen Querauswertung erarbeitet. Weiterhin wurden im Rahmen des Annex51 die Ergebnisse und Erfahrungen aus Projekten in Deutschland mit internationalen Projekten aus Schweden, Finnland, den Niederlanden, Österreich, Frankreich, Schweiz, Kanada und Japan verglichen. Darüber hinaus hatte die Auswertung der Projekte der ersten Phase der Förderinitiative ergeben, dass es keine Planungshilfsmittel für Stadtquartiere gibt, die in einer frühen Projektphase einen Vergleich von Lösungsansätzen ermöglicht. Daher wurde in der zweiten Phase im Rahmen der Begleitforschung der Energiekonzeptberater für Quartiere entwickelt, der diese Lücke schließen sollte.

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Arbeiten und Ergebnisse der dritten Phase der Begleitforschung EnEff:Stadt (2012-2015) zusammen. Charakteristisch für diese Phase war der Abschluss der ersten Quartiersprojekte mit ersten Projekterfahrungen und Monitoring-Ergebnissen. Darüber hinaus haben sich mit den Cluster- und den Campus-Projekten zwei neue Projekttypen herausgebildet, die neue Anforderungen an die Projektumsetzung und die Projektauswertung stellen. Der Rahmen für die Demonstrationsprojekte wie für die Arbeiten der Begleitforschung wurde durch das 6. Energieforschungsprogramm gesetzt: dort wurde die Vernetzung der verschiedenen Forschungsinitiativen sowie die Umsetzung der Forschungsergebnisse in die breite Planungspraxis als Ziel herausgestellt. Eine wesentliche Aufgabe der Begleitforschung war es daher, Methoden und Formate zu entwickeln, die es ermöglichen, aus den Demonstrationsprojekten Erkenntnisse und Erfahrungen zu gewinnen und in die breite Öffentlichkeit sowie in neue Projekte zu transportieren. Weiterhin sollten aus anderen Forschungsbereichen Erkenntnisse und Erfahrungen mit Bezug zur Entwicklung energieeffizienter Stadtquartiere in die Förderinitiative EnEff:Stadt integriert werden. Im internationalen Kontext waren der Abschluss des Annex51 sowie die Vorbereitung weiterer Annexe Aufgabe der Begleitforschung. Im folgenden Abschlussbericht werden die Methoden und Vorgehensweisen sowie die wesentlichen Ergebnisse der Begleitforschung EnEff:Stadt Phase 3 dargestellt.

2 Begleitung, Beratung und Coaching

2.1 Einführung

In den ersten beiden Phasen der Förderinitiative EnEff:Stadt wurden die Grundlagen für die Entwicklung energieeffizienter Stadtquartiere gelegt. Es wurden bestehende und neue technologische Lösungsansätze aufgezeigt und die Grundlagen zur energetischen Quartiersplanung erarbeitet. Weiterhin wurden EnEff:Stadt-Projekte initiiert, durchgeführt und ausgewertet. Das Team der Begleitforschung hat diesen Prozess wissenschaftlich begleitet und die Förderinitiative fachlich weiterentwickelt. Dabei konnten aufgrund der Kontinuität in der Begleitforschung die Erfahrungen aus den Arbeiten seit 2007, aus der Projektauswertung, dem Erfahrungsaustausch mit den Projekten und der fachlichen Diskussion mit dem Projektträger genutzt werden. Weiterhin wurden aktuelle technologische Entwicklungen und Trends berücksichtigt.

In Kapitel 2 werden die Ergebnisse aus der Begleitung und Beratung sowie dem Coaching durch das Team der Begleitforschung zusammen gefasst. Neben Erfahrungen und Ergebnissen aus der Projektbegleitung werden Elemente der Begleitforschung erläutert (Leitfaden für Projektleiter, strukturierte Zwischenbericht, Konzept zum Leitfaden kommunale Energieplanung), die zur Anleitung und Auswertung der Projekte entwickelt wurden.

2.2 Leitfaden Projektleiter

Die Erfahrungen der ersten beiden Phasen der Begleitforschung haben gezeigt, dass durch den intensiven Austausch zwischen der Begleitforschung und den Projekten die Ergebnisse der Projekte und der Querauswertung verbessert werden können. Ohne die wissenschaftliche Begleitung der Projekte erfolgt keine Ausrichtung der Projektbearbeitung und –ergebnisse auf eine übergeordnete Auswertung. Das führt dazu, dass die Projektbearbeitung auf die projektspezifischen Ziele und Fragestellungen begrenzt bleibt. Weiterhin fehlt jeglicher Erfahrungsaustausch mit anderen Forschungsprojekten. Insbesondere bei Förderinitiativen, in denen vergleichbare Projektvorhaben gefördert werden, können die Projektergebnisse und ihre Breitenwirksamkeit durch eine wissenschaftliche Begleitung verbessert werden.

Die Erfassung von Projekterfahrungen, Hemmnissen und Forschungsbedarfen ist bei der Auswertung von Quartiersprojekten von großer Bedeutung. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen der Begleitforschung von EnEff:Stadt eine Reihe von Methoden und Werkzeugen entwickelt. Um diese optimal zur Querauswertung einsetzen zu können, wurde in Phase 3 der Begleitforschung ein Leitfaden für Projektleiter entwickelt, der einen Überblick über Ziele und Aufgaben gibt und das Vorgehen in der Zusammenarbeit mit dem Team der Begleitforschung erläutert. Der Inhalt des Leitfadens ist in Abbildung 2.2-1 dargestellt:

Leitfaden für Projektleiter	
1 Inhalt	
Begleitforschung EnEff:Stadt	3
1 Projektleiter-Treffen	3
2 Zwischenberichte	3
3 Bilanzierungstool	4
4 Projekt-Visitenkarten	4
5 Schriftenreihe	4
6 Veröffentlichungen	4
7 Roll-Ups / Poster	5
8 Messtechnische Begleitung	5
9 Kontaktdaten der Mitglieder der Begleitforschung:	6
10 Anlagen	7
Anlage 1 – Zwischenberichtsstruktur für EnEff:Stadt-Projekte	7
Anlage 2 – Das EnEff:Stadt-Bilanzierungstool	10
Anlage 3 – Leitfaden für Messkonzepte in EnEff:Stadt	12

Abbildung 2.2-1: Inhaltsverzeichnis des Leitfadens für Projektleiter

2.3 Strukturierter Zwischenbericht

Aufgabe der Begleitforschung war es, eine wissenschaftliche Querauswertung der Ergebnisse aus den Demonstrationsprojekten durchzuführen. Grundlage der Querauswertung sind energetische Kenngrößen wie die relativen und absoluten Primärenergieeinsparungen sowie die erzielten energetischen Standards. Dabei wird der Ausgangszustand mit den gesteckten Zielen nach der Planung und den nach der Umsetzung gemessenen Werten verglichen (s. auch Kapitel 3.7 Energetische Bilanzierung). Darüber hinaus ist eine Beschreibung der charakteristischen Eigenschaften der Projekte und Objekte erforderlich, um die Projekte im Hinblick auf die geplanten und umgesetzten Maßnahmen sowie die entwickelten Konzepte zu bewerten und zu vergleichen. Zur kontinuierlichen Erfassung der wichtigsten Ergebnisse und Parameter wurde in Phase 2 der Begleitforschung ein strukturierter Zwischenbericht entwickelt. Er sollte die wissenschaftliche Querauswertung und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten. Darüber hinaus sollte er die Berichterstattung durch die Projektbearbeiter erleichtern und den Erfahrungsaustausch zwischen den Demonstrationsprojekten befördern. Der detaillierte Inhalt des strukturierten Zwischenberichts kann dem Anhang 1 des Abschlussberichts entnommen werden. Im Folgenden sind die wesentlichen Bestandteile des strukturierten Zwischenberichts dargestellt:

- Teil I: Allgemeine Projektinformationen: Stand des Projektantrags bzw. Bewilligung
- Teil II: Dokumentation des Projektes
- Teil III: Energiebilanzierung
- Teil IV: Dokumentation der messtechnischen Erfassung
- Teil V: Kostenstruktur und Wirtschaftlichkeit
- Teil VI: Planung bis zum nächsten Zwischenbericht
- Teil VII: Erfahrungen mit den angewendeten Planungswerkzeugen
- Teil VIII: Akzeptanzbewertung
- Teil IX: Verwertbare Projekt-Erfahrungen

Der strukturierte Zwischenbericht wurde zu Projektbeginn mit dem Leitfaden für Projektleiter an die Projektleiter gesendet und im Projektverlauf von den Projektbearbeitern ausgefüllt. Um den Projektbearbeitern das Ausfüllen des Berichts zu erleichtern und um die Qualität der Ergebnisse zu verbessern, wurde die Anwendung des strukturierten Zwischenberichts im Leitfaden für Projektleiter erläutert. Auf den Projektleiter-Meetings wurden Motive, Hintergründe und Inhalte sowie das Vorgehen in der Bearbeitung durch die Projekte noch einmal präsentiert und diskutiert. Weiterhin wurden mit einzelnen Projektleitern Fragen telefonisch diskutiert. Das Ausfüllen des fachlichen Zwischenberichtes durch die Projektleiter bzw. –bearbeiter sollte entsprechend dem Projektfortgang fortlaufend erfolgen. Dabei konnten die vorangegangenen Zwischenberichte durch neue Texte ergänzt werden, die farblich markiert wurden. Durch das strukturierte und kontinuierliche Vorgehen sollte erreicht werden, dass der letzte Zwischenbericht das Projekt vollständig dokumentiert und mit geringer Überarbeitung als Abschlussbericht genutzt werden kann. Der formale wie auch der fachliche Zwischenbericht sollte entsprechend den in den Nebenbestimmungen festgelegten Berichtszeiträumen an den PtJ gesendet werden. Zur besseren Weiterbearbeitung sollte der fachliche Zwischenbericht in elektronischer Form vorliegen. Die ausgefüllten strukturierten Zwischenberichte wurden nach Arbeitsschwerpunkten aufgeteilt von den BF-Partnern ausgewertet.

Erfahrungen und Ergebnisse

Die Erfahrungen aus Phase III der Begleitforschung haben gezeigt, dass im ersten Schritt ein hoher Aufwand erforderlich ist, um die Projektleiter und –bearbeiter zu motivieren, den strukturierten Zwischenbericht auszufüllen. Wesentliches Problem aus Sicht der Projektbearbeiter ist der zusätzliche Aufwand, der im Konflikt mit der aktuellen Projektbearbeitung steht. Die Vermittlung der Motive und der Vorteile des strukturierten Zwischenberichts im direkten Gespräch ist daher erforderlich, um verwertbare Ergebnisse zu erzielen und die Vorteile der strukturierten Berichterstattung zu nutzen. Im Rahmen von Phase 3 der Begleitforschung konnten nicht alle Projekte vom strukturierten Zwischenbericht überzeugt werden. Einige von diesen Projekten haben jedoch gegen Ende des Projektes die Erfahrung gemacht, dass es sinnvoll gewesen wäre, den Zwischenbericht kontinuierlich auszufüllen. Zu den genannten Gründen zählten der Verlust von Projekterfahrungen und –ergebnissen sowie der erhöhte Aufwand zur Berichterstattung.

Der strukturierte Zwischenbericht kann sehr gut zur Erfassung der Projektstammdaten sowie der allgemeinen technischen und organisatorischen Randbedingungen eingesetzt werden. Weiterhin führen die strukturierte Erfassung der energetischen Kenngrößen sowie der Messdatenerfassung und –auswertung zu guten Ergebnissen. Grundsätzlich muss die Berichterstattung über den strukturierten Zwischenbericht intensiv vorbereitet und begleitet werden. Hierzu gehören Informationsveranstaltungen, um den Projektleitern Sinn und Zweck des Vorgehens zu erläutern und sie von der Anwendung zu überzeugen. Dies kann im Rahmen von Projektleiter-Meetings erfolgen oder aber im Rahmen eines Projekttreffens vor Ort zu Beginn des Projekts. Damit könnten auch Anforderungen und Zielvorstellungen abgestimmt sowie Chancen und Risiken identifiziert werden.

Gute Ergebnisse können mit dem Zwischenbericht nur erzielt werden, wenn für die Projektleiter die für die gestellten Fragen erforderlichen Informationen leicht erhoben werden können und das erforderliche Fachwissen vorhanden ist. Überraschenderweise konnten viele Projekte nur unzureichende Angaben zur Kostenstruktur und zur Wirtschaftlichkeit machen. Gegebenenfalls spielen dabei Hemmnisse zur Veröffentlichung dieser Daten eine Rolle. Im Bereich der Planungshilfsmittel konnten die gestellten Fragen durch die Projektleiter nur zu

einem geringen Teil ausgefüllt werden. Hier spielen sowohl fehlende Informationen als auch nicht ausreichendes Detailwissen eine Rolle.

Eingeschränkt geeignet ist der Zwischenbericht für die Erfassung von Projekterfahrungen und von Akzeptanzbewertungen sowie zur Identifizierung von Hemmnissen, Forschungsbedarfen und von Problemstellungen, für die neue Lösungsansätze erforderlich sind. Die Erfahrungen aus Phase 3 der Begleitforschung haben gezeigt, dass hier über den direkten, persönlichen Austausch mit den Projekten bessere Ergebnisse erzielt werden. Insbesondere die Diskussion in Arbeitsgruppen auf den Projektleiter-Meetings ist hervorragend für diesen Zweck geeignet. In den Treffen konnten wichtige Projekterfahrungen und Hemmnisse erfasst und ausgetauscht sowie im Hinblick auf eine Allgemeingültigkeit diskutiert werden. Weiterhin wurden gemeinsam mit Experten und Praktikern Lösungsansätze und Forschungsbedarfe skizziert und diskutiert.

Die Erfassung des Projektfortschritts, um Probleme im Projekt frühzeitig zu identifizieren und Lösungen in der Diskussion mit dem Projektträger, dem Begleitforschungsteam oder anderen Projekten zu entwickeln, führte zu keinen guten Ergebnissen. Die Erfahrungen aus Phase 3 der Begleitforschung haben gezeigt, dass dieser Teil des Zwischenberichts kaum ausgefüllt wurde. Zeitaufwand und das fehlende Verständnis für die Möglichkeiten auf Seiten der Projekte sind dafür die wesentlichen Gründe. Weiterhin erfordert dieses Vorgehen einen hohen Betreuungsaufwand, da für alle Projekte der Projektfortschritt fortlaufend überprüft und geeignete Maßnahmen wie zusätzliche Projekttreffen eingeleitet werden müssen.

Auf Grund der Erfahrungen aus Phase 3 der Begleitforschung sollte sich der strukturierte Zwischenbericht auf die Erhebung der wesentlichen Projektinformationen und –eigenschaften konzentrieren. Für die Erhebung von Projekterfahrungen und Hemmnissen liefert der strukturierte Zwischenbericht nur begrenzt gute Ergebnisse. Daher sollten andere Methoden (z.B. Projekttreffen vor Ort, Projektleiter-Meeting) ergänzend eingesetzt werden. Hier liefern die Fragen und Inhalte des strukturierten Zwischenberichts eine gute Basis. Um den Aufwand zur Erhebung zu reduzieren und die Qualität der erfassten Informationen zu verbessern, sollte für den strukturierten Zwischenbericht eine internetbasierte Erhebung entwickelt werden. Darauf aufbauend lassen sich weitergehend die Projekteigenschaften und –informationen sehr gut mit Ergebnissen der Bilanzierung und des Monitorings verbinden, um mit geringem Aufwand Projektauswertungen und -vergleiche durchführen zu können. Anschließend können Detailfragen zu einzelnen Lösungsansätzen und Technologien, wie zum Beispiel zur Sanierung von Mehrfamilienhäusern und zum Einsatz von Wärmepumpen, beantwortet werden.

2.4 Beratung und Antragsbewertung

Mit der Förderinitiative Energieeffiziente Stadt und der Förderung von Demonstrationsprojekten auf Quartiersebene hat das BMWi eine neue Projektkategorie in das Förderprogramm aufgenommen. Die geförderten Projekte stellen aufgrund ihrer Komplexität, die sich aus der Vielzahl der Themen und Akteure ergibt, hohe Anforderungen sowohl an die Projektbearbeitung als auch an die vergleichende Auswertung der Ergebnisse. In regelmäßigen physischen Treffen sowie in Telefonkonferenzen wurden die Arbeiten in den Arbeitspaketen abgestimmt. Bei der Abstimmung standen die Entwicklung der Begleitforschung, die Ergebnisse der Auswertung sowie die Entwicklung der Förderinitiative im Vordergrund.

Im Wesentlichen wurden folgende Themen mit dem PtJ abgestimmt:

- Stand und Nachverfolgung der Zwischenberichte
- Methodik und Ergebnisse der Querauswertung zu den Themen Energieversorgung, Planungshilfsmittel, Energieeffizienzmaßnahmen, energetische Kennzahlen, Wirtschaftlichkeit, Campus-Projekte, Projektkommunikation & Planungsabläufe
- Planung und Durchführung von Veranstaltungen (Projektleiter-Meeting, EnEff:Stadt-Kongress, Redaktionskonferenz, Experten- und Praxisworkshops)
- Veröffentlichungen (Annex 51, Schriftenreihe, Vorträge, www.eneff-stadt.info)
- Vernetzung mit anderen Förderinitiativen u.a. mit EnOB
- Anwendung des Energiekonzeptberaters für Stadtquartiere
- Datenbank zur Messdatenverwaltung
- Ergebnisse und Fortführung der Förderinitiative EnEff:Stadt
- Input zur Förderbekanntmachung Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt
- Aufbau und Arbeit des Forschungsnetzwerks „Energie in Gebäuden und Quartieren“

Darüber hinaus fand am 12. Dezember 2013 im Bundeswirtschaftsministerium in Bonn ein Abstimmungsgespräch zwischen der Begleitforschung von EnEff:Stadt, dem BMWi und dem Projektträger Jülich statt. In dem Gespräch wurde zunächst ein Überblick über die Begleitforschung und die Förderinitiative gegeben. Den bisherigen Ergebnisse und den Projekterfahrungen aus EnEff:Stadt wurden die aktuellen Probleme der Energiewende gegenüber gestellt und aufgezeigt, welche Rolle die Stadtquartiere übernehmen können. Auf dieser Basis wurden im Anschluss die Vorteile von Planungs- und Umsetzungsprojekten auf Stadtquartiersebene sowie Ansätze für die Fortführung von EnEff:Stadt diskutiert.

Weiterhin wurden auf Anfragen durch den Projektträger Projektbewertungen durchgeführt. Die Bewertung erfolgte durch mindestens zwei Partner der Begleitforschung. Die Bewertung umfasste neben der Kurzbeschreibung des Projekts nach Absprache inhaltliche Punkte wie Siedlungstypologie, eingesetzte Technologien, Messprogramm und Erkenntnisse der Gespräche vor Ort.

2.5 Coaching Cluster-Projekte

Unter Clusterprojekten wurde bei der ursprünglichen Programmplanung eine Agglomeration von Einzelprojekten in einer Kommune verstanden, welche sich jeweils inhaltlich ergänzen sollten, aufeinander abgestimmt werden sollten und deren Ergebnisse in einem Dach (Cluster-) Projekt gebündelt und – wenn möglich und sinnvoll – in einem Leitfaden zusammengefasst werden sollten.

Die komplexe Struktur dieser Projekte verlangte nach einer besonders intensiven Betreuung durch die Begleitforschung, einem besonderen Coaching. Dieses sollte einerseits die verschiedenen Akteure der einzelnen Projekte vor Ort zusammenbringen und andererseits die inhaltliche Klammer der Projekte gewährleisten. Hierzu waren zahlreiche Workshops und Abstimmungstreffen in den jeweiligen Kommunen sowie die detaillierte Abstimmung mit dem Projektträger erforderlich.

Im Programmverlauf ergaben sich drei Ansätze für Clusterprojekte:

1. Quartiersprojekte in Bottrop im Rahmen von Innovation City Ruhr auf Grundlage des Projektes Welheimer Mark

In Bottrop ergaben sich keine abgestimmten Projektideen zur Umsetzung der Erkenntnisse aus dem Projekt Welheimer Mark (Energetische Optimierung eines Mischgebiets aus Wohnen, Industrie und Gewerbe) in verschiedenen Quartieren, obwohl sich die städtische Struktur von Bottrop und die Voraussetzungen durch Innovation City dafür geradezu angeboten hätte. Vom Projektträger wurde daher entschieden, dass Bottrop nicht weiter als Clusterprojekt verfolgt werden sollte. Pro:21 und UMSICHT stellten daraufhin ihre Koordinationsbestrebungen ein.

2. Hamburg (IBA und Hamburg Wasser)

In Hamburg wurden verschiedene Einzelprojekte im Rahmen von EnEff:Stadt durchgeführt:

- Monitoring – Energieversorgung der IBA 2013
- Energetische Optimierung des Hamburg Water Cycle im Stadtquartier Jenfelder Au
- Intelligente Vernetzung von Stadtinfrastrukturen – Smart Power Hamburg

Die Ergebnisse dieser Projekte sollten zusammengeführt werden zu einem Leitfaden für die zukünftige nachhaltige Quartiersentwicklung in Hamburg unter dem Arbeitstitel „Hamburger Modell“, welches dann auf andere vergleichbare Großstädte übertragbar sein sollte. Die Federführung des Projektes sollte durch die Hamburger Baubehörde (BSU), die fachliche Leitung durch die UNI wahrgenommen werden.

Trotz zahlreicher Projektskizzen, die bis zur Unterschriftsreife durch die BSU vorangetrieben wurden, und Abstimmungsrunden – auch mit der Behörde – kam kein entsprechendes Clusterprojekt zustande.

3. Berlin – Adlershof

Ursprung des Clusterprojektes Berlin – Adlershof ist das Projekt „High Tech – Low Ex“. Hinzu kam im Laufe der Zeit das Projekt der BTB „Wärmeverbundnetz Wohnen am Campus – Berlin Adlershof“.

Das gesamte Projekt Berlin- Adlershof baut von vornherein auf einem stark integrativen Ansatz auf, der der Ausrichtung des Gebiets als wachsendem Forschungs- und Medienstandort entspricht. Ziel des Clusters „Energiestrategie Berlin – Adlershof 2020“ ist es, beispielhaft für vergleichbare forschungsorientierte Industrie-, Gewerbe- und Wohnmischgebiete technische Lösungen und Planungsleitlinien zu entwickeln, die einen möglichst hohen Übertragbarkeitseffekt haben. Das Ergebnis sind Folgeprojekte, die dieses Ziel präzisieren und weiter verfolgen wie z.B. das Vorhaben „Energienetz Berlin-Adlershof“.

2.6 Konzept Leitfaden kommunale Energieplanung

Das Begleitforschungsteam hat als Grundlage für die Veröffentlichung eines Gesamt-Leitfaden basierend auf den derzeit vorliegenden Projektergebnissen und der Querauswertung vorbereitet. Dabei wurde eine Struktur für den Inhalt erarbeitet und in vielen Bereichen bereits Kernaussagen stichpunktartig eingefügt, sowie die wesentlichen Erfolgsfaktoren für EnEff:Stadt-Projekte diskutiert und zusammengestellt. Als Startpunkt wurden bereits bestehende Leitfäden

aus dem Bereich kommunale Energieplanung bzw. Planung von energieeffizienten Quartieren analysiert.

Die vorgeschlagene Struktur teilt sich in 4 Hauptbereiche:

- Einführung
- Block I: Optimierung von Prozessen
- Block II: Standorte und Lösungsansätze
- Anhang

In der Einführung sollen der Hintergrund für Konzeption, Planung und Umsetzung von energieeffizienten Stadtquartieren sowie die Verwendung des Leitfadens erläutert werden. Im Block I mit dem Schwerpunkt Optimierung von Prozessen sollen von der Projektidee bis hin zum Betrieb die Abläufe und Prozessschritte beschrieben werden. Dabei soll auch auf typische Probleme und dafür geeignete Lösungsansätze eingegangen werden. Zu optimieren sind hierbei die Ideenfindung, die Vorplanung, die Konzeptauswahl, die Detailplanung, die Umsetzung und der Betrieb inklusive des Monitorings. Im Block II zu Standorten und Lösungsansätzen sollen dann Ergebnisse aus den EnEff:Stadt-Projekten einfließen. Dabei sind sowohl übertragbare Lösungen für häufig auftretende Problemstellungen wichtig als auch Einzelthemen und Einzellösungen für spezifische Fragestellungen und Anwendungsfelder. Im Anhang sollen Quellen, Formblätter, Checklisten und ein Glossar mit Fachbegriffen untergebracht werden.

Die erarbeitete detaillierte Struktur mit kursiv eingetragenen ersten Kernaussagen und Erfolgsfaktoren sieht folgendermaßen aus:

1. Einführung:

- Problembeschreibung energieeffiziente Stadtquartiere
- Verwendung des Leitfadens

2. Block I: Optimierung von Prozessen

- Zielwerte – wie definieren?
 - o Energetische Zielwerte: z.B. Kennwerte aus 12 ausgewerteten Demonstrationsprojekten innerhalb EnEff:Stadt, siehe Schriftenreihe „Energetische Bilanzierung von Quartieren“ (siehe Tabelle 2.6-1)

Tabelle 2.6-1: Energetische Zielwerte

Kennwert	Ausgangszustand	Zielzustand	Einsparung
Primärenergie (Wärme, Kälte und gesamter Strom)	246 kWh/m ² a	74 kWh/m ² a	172 kWh/m ² a
Endenergie Wärme an der Gebäudekante	135 kWh/m ² a	71 kWh/m ² a	64 kWh/m ² a
Mittelwert Strom an der Gebäudekante *	36 kWh/m ² a	33 kWh/m ² a	3 kWh/m ² a
Mittelwert Endenergie (Wärme, Kälte und gesamter Strom) an der Gebäudekante *	171 kWh/m ² a	104 kWh/m ² a	67 kWh/m ² a
Mittelwert Endenergie (Wärme, Kälte und gesamter Strom) im Quartier	189 kWh/m ² a	101 kWh/m ² a	88 kWh/m ² a

* berücksichtigt nicht den energetischen Aufwand für die zentrale Wärmeerzeugung und die Einspeisung von zentral oder dezentral erzeugtem erneuerbarem oder BHKW-Strom, der in das allgemeine Stromnetz eingespeist wird.

- Wirtschaftliche Zielwerte: Wirtschaftlichkeitskennwerte auf Basis der Demonstrationsprojekte (in weiteren Begleitforschungs-Phasen noch zu erarbeiten, eine erste Methodik dafür wurde entwickelt)
- Standortfragen, gute Voraussetzungen
 - Basierend auf den Arbeiten der Begleitforschung sind gute Voraussetzungen:
 - 1 oder weniger Eigentümer
 - Stadtwerke mit im Boot
 - Es gibt einen zentralen und aktiven Kümmerer
 - Es gibt eine Förderung (diese unterstützt nicht nur finanziell, sie bindet die Teilnehmer auch an die Ziele)
 - Der richtige Sanierungszeitpunkt ist jetzt
 - Es gibt kein Gebäude oder Gelände das unter Denkmalschutz steht
 - Bei Abwärmenutzung sollten Firmen mit langem Aufenthalt auf dem Gebiet die Grundlage sein und nicht nur befristeten Pachten oder Mieten besitzen
- Datenbeschaffung
 - An wen muss man sich wenden um welche Informationen, bzw. Kennwerte zu erhalten (Energieversorger, Stadtvermessungsamt (GIS-Daten), Kataster, Schornsteinfeger, ...)
 - Gebäudesteckbriefe und Quartierssteckbriefe, z.B. IBP-Prozedur für Liegenschaften des Bundeslands Baden-Württemberg

- Akteure und ihre Einbindung
- Auswahl Konzepte/Technologien
- Konzept-Umsetzung
- Wirtschaftliche Effektivität
- Kommunale Förderkonzepte
- Weitere:
 - o Messungen sind unerlässlich für die Optimierung der Funktion und Verbräuche
 - Messerfahrungen aus EnEff:Stadt-Workshop
 - Gesammelte Erfahrungen aus den Projektberichten und Projektleiterworkshops:
 - Arbeitsaufwand für detaillierte Messungen wurde unterschätzt
 - Vorsicht vor „Übermonitoring“, Messungen und Datenstruktur so einfach wie möglich gestalten
 - Wenn alles perfekt funktioniert reichen Wärmemengenzähler, aber um Fehler zu finden ist eine detailliertere Messung notwendig
 - Messtechnik nachträglich zu installieren ist schwierig, da sich die Hydraulik verändert
 - Beispiele für den Nutzen detaillierter Messungen:
 - o Teile der dezentralen Heizungspumpen hatten kein Rückschlagventil etc.
 - Kontinuierliche Messauswertung ist wichtig
 - Messungen in 2 Detaillevel planen:
 - o Gesamtquartier
 - o Anlagentechnik

3. Block II: Standorte und Lösungsansätze

- Erfahrungen mit Quartierstypen aus EnEff:Stadt
 - o Sanierung
 - Große Mehrfamilienhäuser
 - Denkmalschutz
 - Denkmalschutz vorrangig auf Straßenseite, nach hinten mehr Möglichkeiten
 - Teilweise energetisches Fachwissen bei Denkmalpflegeamt begrenzt, Zusammenarbeit hängt stark von Person ab
 - Aufzüge und Balkone zur Aufwertung und Barrierefreiheit nach hinten möglich
 - Modelle und gezeichnete Beispiele sind hilfreich beim „Verhandeln“
 - Ca. 100% Mehraufwand für Planungskosten im Denkmalschutz gegenüber Neubau (in Weimar 600-800 Planungsdetails rein für Innendämmung)
 - Denkmalgeschützter Landschaftspark verhindert die Verlegung eines Nahwärmenetzes (Potsdam)
 - Konversion
 - Campus/Universitäten/Bürokomplexe
 - Zentrale/dezentrale Versorgung
 - Gewerbegebiete/Abwärmenutzung
- Erfahrungen mit eingesetzten Technologien in EnEff:Stadt
 - o Innendämmung u.a. bei historischen Fassaden:
 - Grenzen der Innenwanddämmung aufgrund Grundriss (Nutzbarkeit der Räume)

- Sechs unterschiedliche Innenwanddämmsysteme eingesetzt: atmungsaktive Dämmungen sind wichtig (Rückfrage für weitere Erfahrungen mit den 6 Dämmmaterialien bei IAB Weimar und TU Dresden, Institut für Bauklimatik)
 - Zusammenarbeit mit Bauphysiker wichtig
 - Gute Erfahrungen mit Calciumsilikatplatten seit 20 Jahren
 - Calciumsilikat-Hydrate derzeit am kostengünstigsten
 - Innendämmung mit Dampfsperren bergen Gefahr bei punktueller Zerstörung durch Nägel
 - Rückfrage für weitere Erfahrungen mit den 6 Dämmmaterialien bei IAB Weimar und TU Dresden, Institut für Bauklimatik
- Vakuumdämmung:
 - Produkt eignet sich zur Anwendung bei Platzproblemen (Außenwand direkt am Gehweg/Straße, Deckendämmung bei geringen Höhen)
 - 3 verschiedene Systeme wurden eingesetzt
 - VIP mit Systemzulassung und andere mit Zulassung im Einzelfall (1x brandschutzrechtliche Bedenken der Bauaufsicht)
 - Doppelte Arbeitszeit gegenüber gewöhnlicher (dickerer) Dämmung mit gleichem U-Wert
 - Doppelte Kosten
 - Langzeiterfahrungen gut
 - Handwerkerschulung könnte zu Zeitminimierung führen
 - Wahl des Lüftungssystems:
 - Keine gesetzliche Vorgaben, eine reine Fensterlüftung ist auch möglich, DIN 1946-6 ist nicht bauaufsichtlich eingeführt
 - Problem: bei Sanierung vorher undichte Fenster, nachher dichte Fenster, Bewohner müssen sich auf neue Lüftungsarten umstellen, höhere Fensteröffnungszeiten
 - Tendenz zu einer Grundlüftung über Lüftungsanlagen bei Planern und Bauherren
 - Auch dezentrale Lüftungsgeräte mit hohen Wärmerückgewinnungsgraden möglich
 - Nachströmöffnungen bei historischen Fassaden gestalterisch schwierig
 - Wärmepumpen:
 - Luft/Wasser-WP sind bei niedrigen Außenlufttemperaturen kritisch
 - Trinkwarmwassertemperatur hat großen Einfluss auf die Effizienz
 - Oft Beschwerden/Wünsche der Nutzer nach höheren TWW-Temperaturen, dann höhere Einstellung der Vorlauftemperatur -> hier besser nicht zu schnell zu reagieren und/oder optimierte Hydraulik
 - Forschungsbedarf:
 - Sind Designwerte von WP praxistauglich?
 - Welche TWW-Erzeugung passt optimal zu Wärmepumpen (zentral/dezentral/hybrid)?
 - Ist eine elektrische Nacherhitzung für das TWW aus WP energiesparend?
 - Warmwasserbereitung:
 - Einsatz von dezentralen TWW-Stationen, zentrale TWW-Bereitung mit Zirkulation je Gebäude, zentrale TWW-Bereitung innerhalb Nahwärme mit getrennter Verteilung
 - Dezentrale TWW-Stationen haben keine Energieeinsparung erreicht. Zwar geringere Wärmeverluste, aber höherer Aufwand der Umwälzpumpen. Lösung: reduzierte Pumpenleistungen?
 - Warmwasserbedarf zwischen 10 kWh/m²a und 12-15 kWh/m²a.

- Legionellenbekämpfung:
 - In Mehrfamilienhäusern 1x pro Jahr Legionellenmessung, wenn Legionellen gefunden werden, monatliche Messung
 - Anodische Oxidation zur Legionellenbekämpfung war teuer. Ob höhere Solarnutzungsrate erreicht wurde muss noch ausgewertet werden.
 - Solaranlagen ohne Frostschutz: Bei Frost wird das Wasser erwärmt und durch den Kollektor geleitet. Ziel: höherer Solargewinn. Muss noch anhand der Messungen geprüft werden.
- Forschungsbedarf:
 - Gleichzeitigkeitsfaktor bei der Warmwasserbereitung zu hoch? (Fläche je Bewohner wird immer größer)
 - Auslegung nach Zapfstellenanzahl generell falsch?
 - Sind dezentrale Frischwasserstationen energetisch sinnvoll?
- Weitere Technologien, z.B.:
 - Dezentrale Heizungspumpen
 - Sommerlicher Wärmeschutz
 - Fenster
 - BHKW
 - Niedertemperatur-Netz
 - Einspeisung ins Fernwärmenetz
 - PV-Anlagen
 - aktive Kühlung von MFH
 - Etc.
- Nutzer-Feedback:
 - Beschwerden beziehen sich vorwiegend auf 3 Bereiche:
 - Zugerscheinungen in Nachströmbereichen für mechanische Lüftungseinrichtungen
 - Zu niedrige Raumtemperaturen
 - Zu niedrige TWW-Temperaturen
 - Nutzerfeedback wird gesammelt über Beschwerden, Rückmeldungen der Gebäudeeigentümer oder Facility-Manager und soziologische Erhebungen
 - Soziologische Erhebung auf Quartiersebene sinnvoll oder nur im Bereich Einzelgebäude?
 - Beteiligungskonzepte sind abhängig von der Eigentümerstruktur
 - Wenn Gebäude/Gebäudezone nur auf 20 °C oder tiefer ausgelegt wird, muss dies vom Eigentümer/Mieter unterschrieben werden

4. Anhang: Quellen, Formblätter, Checklisten, Glossar/Fachbegriffe

- Vorschläge für Checklisten:
 - Woran erkenne ich, dass im Projekt große Einsparmöglichkeiten bestehen?
 - Welche Akteure sollten mit ins Boot geholt werden? Zu welchen Planungsstufen?
 - Welche lokalen/überregionalen Energiequellen sollten untersucht werden?
 - Welche Sanierungsstufen sollten geprüft werden
 - Welche Fördermöglichkeiten gibt es?
 - Welche Planungstools eignen sich für welche Planungsstufe und welche Technologien?

- Was sollte gemessen werden um eine Aussage über die Effizienz zu machen und ggf. Optimierungen durchführen zu können?
- BBSR Gebäudecheckliste
- Gebäude- und Quartierssteckbriefe Land Baden-Württemberg (standardisierte Beschreibung)

Die hier veranschaulichte Struktur des Leitfadens sollte im nächsten Schritt noch mit weiteren Kernaussagen und Erfolgsfaktoren sowie übertragbaren Lösungsansätzen und Erfahrungen zu energieeffizienten Technologien gefüllt werden.

2.7 Erfahrungen Anwendung DECA

Im Rahmen der EnEff:Stadt Begleitforschung Phase II wurde vom Fraunhofer IBP ein Computer-Tool für die frühe Planungsphase von energieeffizienten Stadtquartieren entwickelt, der ‚Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere‘, siehe Abbildung 2.7-1. Das Planungswerkzeug für die Zielgruppe Stadtplaner, Umweltbeauftragte, Investoren und Wohnungsbaugesellschaften ist als kostenfreier Download in einer deutschen und einer internationalen Version (in englischer Sprache) erhältlich unter <http://www.district-eca.de> und <http://www.district-eca.com>.

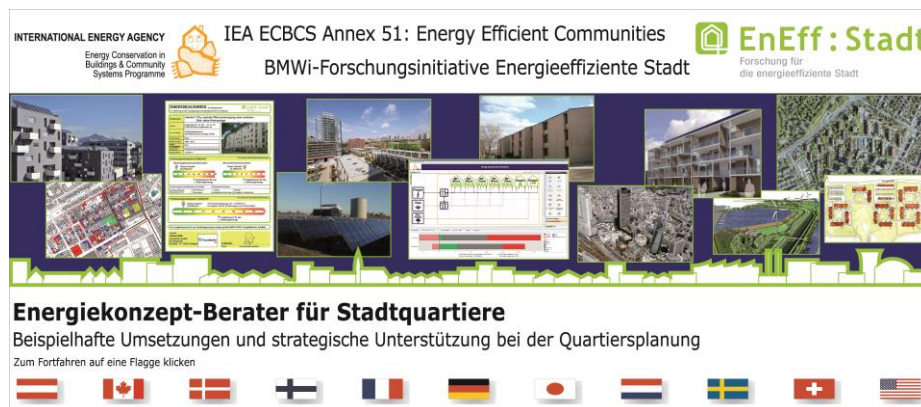


Abbildung 2.7-1: Startbildschirm des Energiekonzept-Beraters für Stadtquartiere.

Das Planungswerkzeug enthält die in Abbildung 2.7-2 dargestellten folgende Einzelanwendungen:

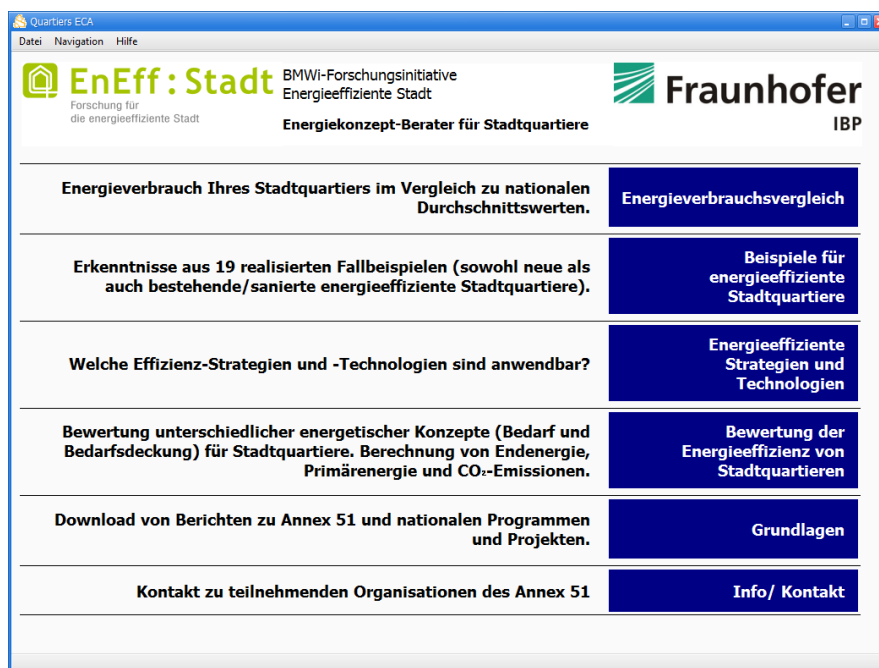


Abbildung 2.7-2: Menü der Einzelanwendungen aus dem Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere.

Der Kernbereich des Computer-Tools ist die ‚Bewertung der Energieeffizienz von Stadtquartieren‘. Hiermit können geplante oder bereits existierende Quartiere sowie Planungs- oder Sanierungsvarianten bezüglich ihres jährlichen Endenergie- und Primärenergiebedarfs, ihrer CO₂-Emissionen und ihres erneuerbaren Energieanteils bewertet werden. Dabei ermöglichen Typgebäude und vorkonfigurierte bautechnische und Energieversorgungstechnologien sowie das Drag- und Drop-Verfahren für die Auswahl der Typgebäude eine einfache und schnelle Anwendung bereits in frühen Planungsstadien. Bei genaueren Kenntnissen können die meisten Vorkonfigurationen vom Nutzer überschrieben werden.

Der ‚Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere‘ erfuhr bis Ende des Dezember 2015 insgesamt 1370 Downloads in der deutschen Version und 709 Downloads in der internationalen Version. Unter den deutschen Nutzern sind 60 Kommunen, aber auch 308 Ingenieurbüros, 25 Architekturbüros und zahlreiche Universitätsangehörige und Studenten. 17 Mitarbeiter von Energieversorgern und 21 Mitarbeitern von Wohnungsbaugesellschaften haben sich ebenfalls für das Tool registriert.

Innerhalb des EnEff:Stadt-Projekts wurde das Planungshilfsmittel mindestens bei folgenden Projekten eingesetzt:

- Berlin Adlershof
- Stuttgart Neckarpark
- Karlsruhe-Rintheim (entsprechend der Fertigstellung des Tools erst nach der Planung und Umsetzung)

Zusätzlich wurde es von weiteren EnEff:Stadt-Projekten zu Vergleichszwecken mit anderen sich derzeit in der Entwicklung befindlichen Planungshilfsmitteln angewendet. So gab es beispielsweise einen Austausch mit der TU Darmstadt (Tool UrbanReNet) und der EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH (noch namenloses Tool in einem erst gestarteten Projekt). Das Fraunhofer IBP nahm auch an einem Workshop an der Bergischen Universität Wuppertal in Verbindung mit einem IEA SHC Projekt zur energieeffizienten Stadtplanung statt. Außerdem besteht ein noch laufender Austausch mit den Beteiligten des BBSR-Vorhabens „Energieeffiziente Quartierssanierung“ aus dem Projekt Bereich ExWoSt (IWU Darmstadt, BBSR).

Aufgrund der Rückmeldungen von Nutzern sowie der teilweise intensiven Betreuung von Anwendungen ist bekannt, dass das Tool u. a. von folgenden Organisationen detailliert angewendet wird:

- Landeshauptstadt München
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
- SIR Energie
- Bergische Universität
- ee-concept
- infas enermetric
- dena
- Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen
- Nassauische Heimstätte/Wohnstadt
- Dr. Jakob energy research GmbH & Co. KG
- Faktor i3

Die Anfragen und Unterstützungen betrafen folgende Bereiche:

- Installation bei bestehender strenger Firewall
- Anwendung bei sehr hoher Anzahl von Gebäuden und Typgebäuden
- Anwendung des offenen Gebäudetyps
- Abweichende Primärenergiefaktoren für die Energieträger einsetzen
- Bug-Korrekturen im Ergebnisbericht
- Auslesen der Leistung der Wärmeerzeuger
- Details der Bewertung von Wärmepumpen in der DIN V 18599
- Erweiterung der größtmöglichen Nutzflächeneingabe beim Toolbereich ‚Energieverbrauchsvergleich‘
- Deutung von Ergebnissen
- Erläuterungen der österreichischen Randbedingungen und Typgebäude
- Monatliche Bewertung vs. Jahresdauerlinien
- Anwendung auf Bestandsquartiere mit gemessenen Kennwerten
- Sprünge in den Ergebnissen bei schrittweise Veränderung der U-Werte (Einfluss von Vorkonfigurationen für Luftdichtheit, Wärmebrücken und Anteil der beheizten Flächen)
- Kollektorsertrag einer zentralen solaren Warmwasserbereitung bei Überdimensionierung
- Überprüfung von Eingaben
- Erläuterung von höheren Energiebedarfskennwerten bei einer zentralen Versorgung
- Erläuterung von Energiebedarfsergebnissen bei Fensterlüftung und Lüftungsanlagen mit relativ geringen Wärmerückgewinnungsgraden
- Andere Klimazonen

Die Bergische Universität Wuppertal hat eine Evaluierung von unterschiedlichen Planungshilfsmitteln im Bereich der Quartiersplanung durchgeführt. Dabei schnitt der Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere (in der statistischen Auswertung ‚District Energy Concept Adviser‘

genannt) in allen Bereichen gut ab. Die Skala beinhaltete Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 5 (mangelhaft). Vor allem die Programmoberfläche, d. h. die Gestaltung und Bedienung erhielt mit 1,2 eine sehr gute Benotung, ebenso der Variantenvergleich mit 1,4, die Programmmstabilität mit 1,1 und die Rechengeschwindigkeit mit 1. Insgesamt wurde das Tool mit 1,8 bewertet.

Interessant ist, dass das Tool auch sehr große Quartiere wie z.B. Berlin-Adlershof mit 148 unterschiedlichen Typgebäuden stabil berechnen kann. Für eine so hohe Anzahl von Typgebäuden war es nicht konzipiert und die sehr übersichtliche Darstellung der Gebäude und der Versorgung auf dem gerasterten Bearbeitungsfeld leidet etwas darunter. Der Nutzer kann jedoch in einzelne Bereiche reinzoomen und so werden die Typgebäude wieder detailliert erkennbar. Es wird vermutet, dass selbst das große Quartier Berlin-Adlershof mit seinen unterschiedlichen Nutzungen mit deutlich weniger Typgebäuden bewertbar ist. Das File ist aber sehr detailliert und wird von den Anwendern auch zum Festhalten und zur Weitergabe von genauen Planungsständen genutzt.

Bei der Anwendung im Projekt Stuttgart Neckarpark zeigt sich, dass das Planungshilfsmittel sehr gut dafür geeignet ist, einen frühen Planungsstand abzubilden und ihn dann immer weiter zu detaillieren. Zu Beginn des Projekts waren für die Einzelquartiere und die darin beinhalteten Gebäude nur Nutzungsarten und grobe Nutzungsflächen bekannt. Diese wurden auch oftmals im Verlauf der Planung noch geändert. Der ‚Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere‘ ermöglicht eine schnelle Anpassung an geänderte Planungen und weitere Planungsdetails.

Für das EnEff:Stadt-Projekt Karlsruhe-Rintheim wurde nach Fertigstellung und Messung in Zusammenarbeit zwischen Dr. Jank und dem Fraunhofer IBP eine Eingabe durchgeführt, siehe Abbildung 2.7-3 zeigt. Die berechneten Ergebnisse liegen nur knapp über den Messwerten, wie Abbildung 2.7-4 veranschaulicht. Ein Ergebnis, das aufgrund von Vereinfachungen eher „geringfügig auf der sicheren Seite liegt“ war auch das Ziel der Toolentwicklung.

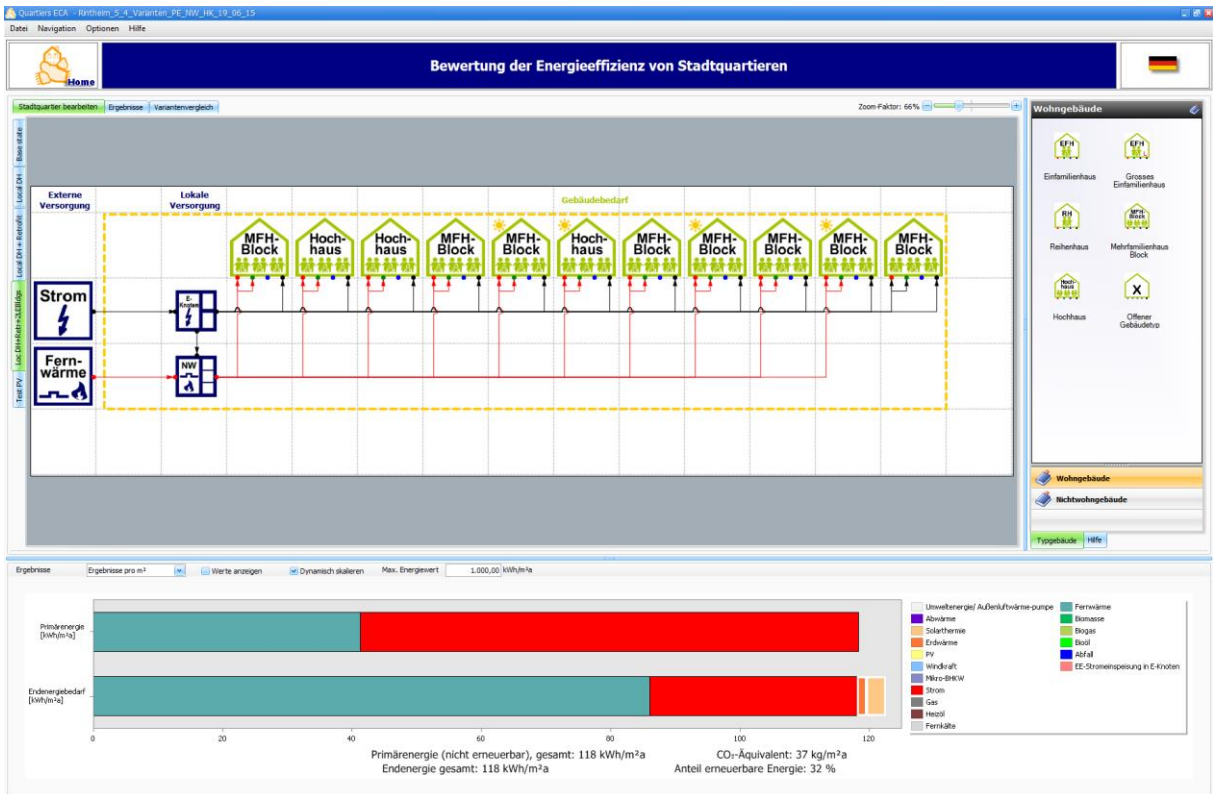


Abbildung 2.7-3: Eingabe des EnEff:Stadt-Vorhabens Karlsruhe-Rinheim in den 'Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere'.

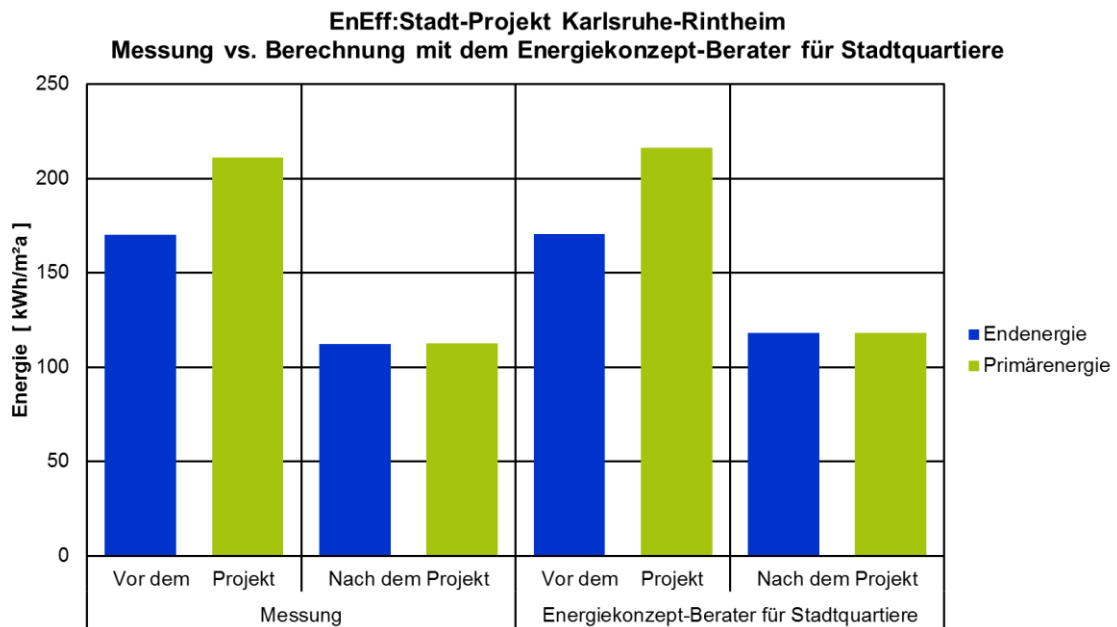


Abbildung 2.7-4: Vergleich der Messergebnisse vor und nach der Sanierung des Projektquartiers Karlsruhe-Rinheim mit den Berechnungsergebnissen des 'Energiekonzept-Beraters für Stadtquartiere'.

2.8 Entwicklung Forschungsnetzwerk

Mit der Bundestagswahl 2013 wurde die angewandte Energieforschung zu den Themen erneuerbare Energien und Energieeffizienz im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi gebündelt. Damit sollte die Basis zur systemischen Energieforschung gelegt werden. Weiterhin wurde im Oktober 2014 das „Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren“ gegründet, das für die Förderinitiativen „Energieoptimiertes Bauen“, „Energieeffiziente Stadt“, „Energieeffiziente Wärmeversorgung“ und Teile der ressortübergreifende Förderinitiative „Energiespeicher“ sowie die Förderung im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie ein gemeinsames Dach darstellen soll. Nach der Gründungsveranstaltung erfolgte die inhaltlich-strukturelle Ausgestaltung des Forschungsnetzwerks. Das Team der Begleitforschung von EnEff:Stadt hat diesen Prozess begleitet und den Projektträger PtJ und das BMWi in fachlichen und organisatorischen Fragen hinsichtlich Gestaltung und Organisation der Zusammenarbeit zwischen den Akteuren des Forschungsnetzwerkes sowie im Hinblick auf die inhaltlichen Ziele des Forschungsnetzwerks beraten. Dabei wurden auf Basis der Erfahrungen aus den Förderinitiativen mögliche Ziele, Aufgaben und Strukturen erarbeitet.

Aus Sicht der Begleitforschung stellt das Forschungsnetzwerk eine wichtige Verbindung zwischen der Forschung und der Förderpolitik dar: sie dient dem Austausch zwischen Experten und Praktikern der Forschungsprojekte und –programme auf der einen Seite und dem Projektträger und dem Bundeswirtschaftsministerium auf der anderen Seite. Mit der Forschungsplattform sollte sichergestellt werden, dass die Erfahrungen und Ergebnisse der parallel durchgeführten Forschungsaktivitäten intensiver abgestimmt und mit den übergeordneten politischen Zielen in Einklang gebracht werden. Das Forschungsnetzwerk kann dazu beitragen, Förderprogramme und Forschungsaktivitäten besser an den gesteckten politischen Zielen auszurichten, gleichzeitig aber auch wissenschaftliche Erkenntnisse und Praxiserfahrungen in den politischen Entscheidungsprozess einfließen zu lassen. Hauptaufgabe sollte die Diskussion und Entwicklung neuer, aktueller und zukunftsweisender Forschungsthemen und –schwerpunkte sein. Neben den vorgegebenen politischen Zielen und Rahmenbedingungen spielen dabei die Anforderungen, Probleme und Hemmnisse aus der Praxis eine wichtige Rolle, um die Umsetzungsprozesse und damit das Erreichen der gesteckten Ziele zu beschleunigen. Daher sollte sich das Forschungsnetzwerk zum einen aus Vertretern der Ministerien und Projektträger und zum anderen aus Experten der universitären und der angewandten Forschung sowie der Industrie zusammensetzen. Abbildung 2.8-1 zeigt eine mögliche Struktur des Forschungsnetzwerks und der Zusammenarbeit.

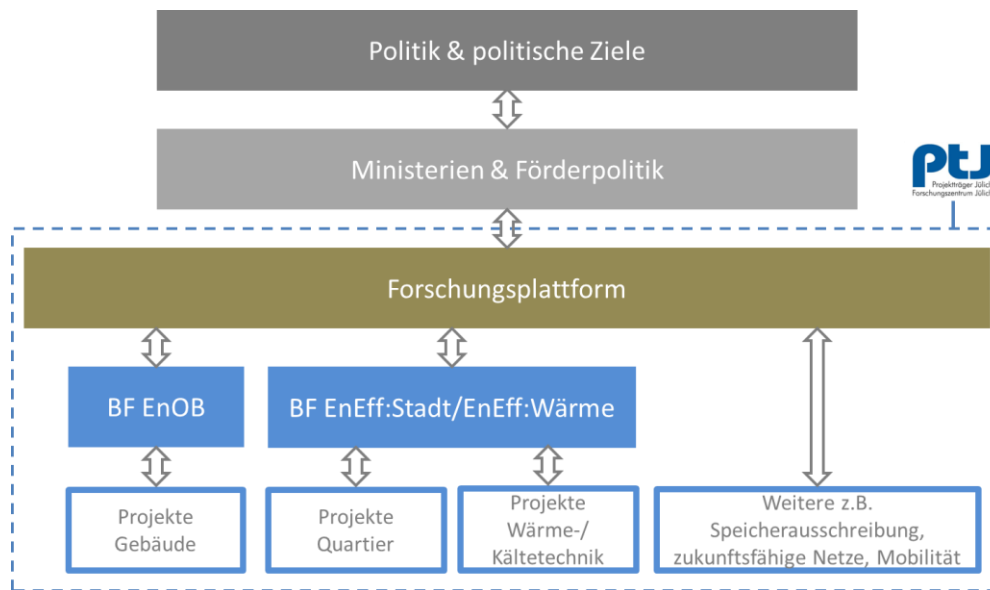


Abbildung 2.8-1: Rolle der Forschungsplattform als Bindeglied zwischen Praxis, Forschung und Förderpolitik

Basis für den Meinungsaustausch innerhalb des Forschungsnetzwerks sollten Erkenntnisse und Erfahrungen aus den Forschungs- und Demonstrationsprojekten sein, die im Rahmen der Forschungsprogramme und –initiativen durchgeführt werden. Damit wird erreicht, dass ein konkreter Austausch zwischen den Akteuren erfolgt und dass das Forschungsnetzwerk nicht rein aus unternehmerischen Interessen zur Beeinflussung der Förderpolitik genutzt wird. In diesem Zusammenhang kann die Begleitforschung einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie den Transfer von validierten und allgemeingültigen Erkenntnissen aus den Projekten in die Forschungsplattform gewährleistet. Sie kann für den direkten Zugang zu den Praxis- und Umsetzungserfahrungen sorgen und kann die Querauswertung der geförderten Projekte sowie den aktuellen F&E-Bedarf einbringen. Die Begleitforschung ist mitverantwortlich für die fachliche und wissenschaftliche Begleitung der Förderinitiativen und –programme, sie initiiert den Erfahrungsaustausch zwischen den Projekten, Forschern und Praktikern und erarbeitet Anforderungen an die Projekte (Messkonzepte, Methoden für Bilanzierung, Kennwerte, und energetisch-wirtschaftliche Nachweise, Erprobung und Weiterentwicklung von Modellen usw.), um die Qualität und die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu verbessern. Weiterhin kann die Ergebnisverbreitung im Zusammenhang mit den Arbeiten im Forschungsnetzwerk eine wesentliche Aufgabe der Begleitforschung sein.

Das Forschungsnetzwerk sollte so organisiert werden, dass sich die Experten einmal pro Jahr in interdisziplinären Gruppen treffen, um konkrete Fragestellungen zu diskutieren. Die Leitung der Gruppen kann durch das BMWi und den PtJ sowie durch Mitglieder der Begleitforschung, wissenschaftliche Einrichtungen oder Praxisvertreter erfolgen. Eingeleitet werden die Treffen durch Impulsvorträge, die wesentliche Thesen und Aspekte des Themas skizzieren, die anschließend in Gruppen von maximal 25 Personen diskutiert werden. Die Impulse kommen hier zum einen aus den Projekten der Forschungsinitiativen und der Begleitforschung und zum anderen direkt von den Praxisvertretern. Die thematische Ausrichtung wird durch das BMWi und den Projektträger festgelegt. Die Begleitforschung kann diesen Prozess inhaltlich begleiten, um aktuelle Themen und Trends einzubringen. Die Ergebnisse aus den Arbeitsgruppen wer-

den dem BMWi auf einer jährlichen Gesamtveranstaltung des Forschungsnetzwerks vorgestellt.

Im Januar 2015 fand beim PtJ ein Expertentreffen statt, um die Arbeit des Forschungsnetzwerks vorzubereiten. Neben Vertretern des Projektträgers und der Praxis haben die Begleitforschungen der Förderinitiativen des Förderbereichs an der Veranstaltung teilgenommen. Es wurden die Erwartungen und Ziele des Forschungsnetzwerks und der geplanten Auftaktveranstaltung sowie die inhaltlichen Schwerpunkte für das Auftakttreffen und die Arbeitsgruppen diskutiert.

Im März 2015 fand die erste Jahreskonferenz des Forschungsnetzwerks Energie in „Gebäuden und Quartieren“ statt. Im Rahmen der Veranstaltung wurden zum einen noch einmal die Ziele des Forschungsnetzwerks vermittelt und zum anderen eine fachliche Diskussion vorbereitet und initiiert. Dazu wurde zunächst in einer Podiumsdiskussion das Thema „Energiewende in Gebäuden & Quartieren in Zeiten sinkender Energiepreise und zukunftsfähige Förderstrategien der Energieforschung“ beleuchtet. Anschließend wurden im Rahmen eines „Marktes der Ideen“ aktuelle Forschungsthemen und Fragestellungen diskutiert. Damit sollte die fachliche Strukturierung des Forschungsnetzwerks und die Identifizierung von Themen für Arbeitsgruppen identifiziert werden. Jeder Teilnehmer konnte an drei der insgesamt zehn Thementische aktuelle Themen, Fragen und Erfahrungen einbringen.

Folgende Thementische standen zur Auswahl:

1. Architektur. Planung. Modernisierung.
2. Effiziente Gebäudetechnik
3. Integration Erneuerbarer Energien
4. Energieoptimierte Gebäudehülle
5. Energieinfrastruktur in Quartieren
6. Digitalisierung. Big Data
7. Nutzerverhalten. Akzeptanz. Beteiligung
8. Innovationstransfer
9. Neue Förderformate. Wettbewerbe
10. Themenoffener Austausch

Im Anschluss an die Veranstaltung hat der Projektträger die Ergebnisse ausgewertet und folgende Arbeitsgruppen definiert:

- AG1 - Schnittstelle Mensch-Technik
- AG2 - Urbane Energieinfrastruktur
- AG3 - Energiemonitoring, Diagnoseverfahren
- AG4 - Lebenszyklusanalysen für Gebäude und Baumaterialien
- AG5 - Planungswerkzeuge
- AG6 - Adaptive und aktive Fassaden
- AG7 - Gebäudesystemtechnik (Strom/Wärme/Low-Ex)
- AG8 - Neue Förderformate und Wettbewerbe
- AG9 - Aus- und Weiterbildung, Qualifizierung des Handwerks

Die weitere Arbeit des Forschungsnetzwerks erfolgte in den Arbeitsgruppen, die durch Gruppenleiter organisiert und angeleitet wurden. Die Begleitforschung EnEff:Stadt hat dabei die Leitung von AG2 „Urbane Energieinfrastruktur“ durch Carsten Beier und AG8 „Neue Förderformate und Wettbewerbe“ durch Hans Erhorn übernommen. Ziel der Arbeiten in 2015 war die Ausformulierung von Forschungsbedarfen für die Förderbekanntmachung „Solares Bauen

Energieeffiziente Stadt“, die für das Jahr 2016 vorbereitet wurde. Für die Arbeiten in den AGs wurde durch den PtJ folgender Zeitplan festgelegt, siehe Tabelle 2.8-1.

Tabelle 2.8-1: Zeitplan für die Arbeiten in den AGs des Forschungsnetzwerks

1. August 2016	Webinar zur Diskussion der Themenschwerpunkte
30. September 2015	Seminar der AGs 2, 4, 6, 7, 8 (Würzburg) – Abstimmung
bis Ende Okt 2015	Weiterleitung des Ergebnisdokuments an den PtJ
Nov/Dez 2015	Zusammenfassung der Ergebnisse aller AGs/ Formulierung der Förderinitiative durch BMWi / PtJ
Anfang 2016	Vorstellung der neuen Förderinitiative

Ausgehend vom vorgegebenen Zeitplan wurde von den AG-Leitern in Zusammenarbeit mit den verantwortlichen PtJ-Mitarbeitern das weitere Vorgehen entwickelt und die Arbeiten in den Arbeitsgruppen inhaltlich und organisatorisch vorbereitet. Zur Vorbereitung des Webinars wurden die Ergebnisse der Thementische der Jahreskonferenz und die Struktur der in der AG angemeldeten Teilnehmer ausgewertet. Weiterhin wurden aktuelle Trends und Fragestellungen erarbeitet und daraus mögliche Themen für die Arbeitsgruppe skizziert. Im Rahmen des Webinars wurden mit den Teilnehmern die Themenschwerpunkte und das weitere Vorgehen der AGs diskutiert. Auf Basis der Ergebnisse des Webinars wurden von den AG-Leitern Ergebnisdokumente erstellt, die zur Vorbereitung des AG-Treffens an die Teilnehmer verschickt wurden. Auf den AG-Treffen wurden anschließend die wichtigsten Forschungsthemen für die Förderbekanntmachung „Solares Bauen Energieeffiziente Stadt“ identifiziert und Themenverantwortliche definiert. Von den Themenverantwortlichen wurden die Themen und Fragestellungen ausformuliert und ein Entwurf für ein Ergebnisdokument erstellt. Die Entwürfe wurden durch die Teilnehmer der AG kommentiert und ergänzt. Anschließend wurden die Themen durch die AG-Teilnehmer priorisiert. Anfang November 2015 wurden die ausformulierten Forschungsthemen zusammen mit dem Ergebnis der Themenpriorisierung an den PtJ versendet.

Die Begleitung und Vorbereitung der Arbeiten des Forschungsnetzwerks durch die Begleitforschung EnEff:Stadt war geprägt durch die Vorbereitung der Förderbekanntmachung „Solares Bauen Energieeffiziente Stadt“. Auf der einen Seite war dadurch ein sehr enger Zeitplan festgelegt, auf der anderen Seite gab es eine klare Zielstellung. Schwierigkeiten in der Bearbeitung entstanden durch den engen Zeitplan, da eine große Anzahl von AG-Mitgliedern in kurzer Zeit in die Bearbeitung integriert werden mussten. Beispielsweise erfolgten die ersten Abstimmungsgespräche während der Urlaubszeit, so dass nur ein Teil der AG-Mitglieder teilnehmen konnte. Weiterhin wurden diese Gespräche als Web-Konferenzen durchgeführt, so dass aufgrund der großen Teilnehmerzahl von mehr als 30 Mitgliedern eine Diskussion und Abstimmung nur eingeschränkt möglich war. Zudem konnten die Arbeitsplattformen für die Arbeiten der AGs erst im September genutzt werden, so dass eine fachliche Auseinandersetzung zur Vorbereitung der AG-Treffen ebenfalls nur eingeschränkt möglich war. Die AG-Workshops hingegen waren sehr konstruktiv und produktiv insbesondere durch die aktive Teilnahme der AG-Mitglieder. Auf dieser Basis konnten sehr effektiv und effizient relevante Forschungsthemen identifiziert und ausformuliert werden. Hier war insbesondere der aktive Beitrag durch die Themenverantwortlichen ausschlaggebend, die im Rahmen der AG-Workshops gefunden werden konnten. Es stellt sich jedoch die Frage, ob die erarbeiteten Themen wirklich den Forschungsbedarf repräsentativ abbilden. Kritisch beleuchtet werden

muss weiterhin die Zusammensetzung der AGs. Hier hat sich eine zu geringe Beteiligung durch die Industrie gezeigt (siehe Abbildung 2.8-2). Für AG2 „Urbane Energieinfrastruktur“ ist weiterhin bemerkenswert, dass bei 64 AG-Mitgliedern nur ein Energieversorgungsunternehmen vertreten war.

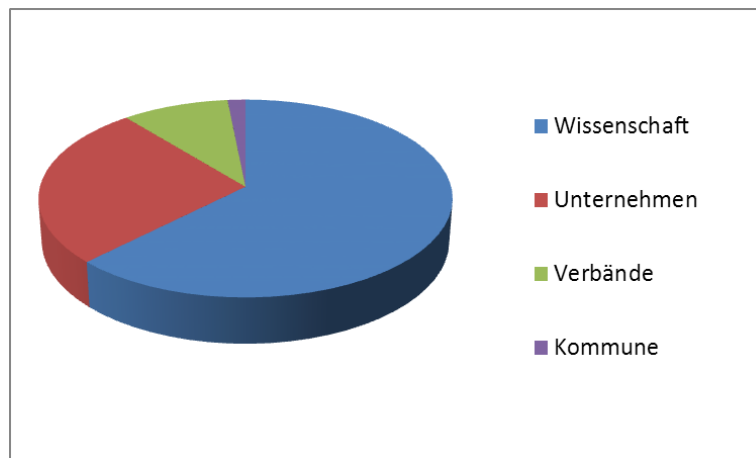


Abbildung 2.8-2: Zusammensetzung von AG2 Energieinfrastruktur: 64 Teilnehmer, davon 40x Wissenschaft 17x Unternehmen 6x Verbände 1x Kommune

Nachdem die Arbeiten in den AGs zur Vorbereitung der Förderbekanntmachung „Solares Bauen Energieeffiziente Stadt“ erfolgreich abgeschlossen sind, ist es im nächsten Schritt erforderlich, eine auch für die Mitglieder des Forschungsnetzwerks sinnvolle Zielstellung und eine konkrete Aufgabenstellung zu definieren, um die Arbeiten der AGs und des Forschungsnetzwerks zu verstetigen und kontinuierliche Ergebnisse und Diskussionen zu gewährleisten. Weiterhin ist zu überprüfen, wie die Arbeiten im Forschungsnetzwerk den Teilnehmern einen Vorteil bieten. Andernfalls ist nicht mit der gewünschten Beteiligung der Industrie zu rechnen.

3 Querauswertungen und Monitoring

3.1 Einführung

Basierend auf den Zwischen- und Schlussberichten der Demonstrationsprojekte, aber auch in direktem Kontakt mit den Projektleitern und anderen Experten erarbeitete das Begleitforschungsteam eine wissenschaftliche Querauswertung der Ergebnisse, wie z.B. der erreichten Energieeinsparung, der Kosten und Wirtschaftlichkeit, der eingesetzten Planungswerkzeuge sowie der gemachten Erfahrungen wie z.B. Hemmnisse in der Planung und Umsetzung, sog. Lessons Learned, etc.. Dazu wurde bereits in Phase II der Begleitforschung zu EnEff:Stadt eine detaillierte Struktur zu einem Anhang an den formalen Zwischenbericht erstellt, der von den Projektverantwortlichen gemäß den Nebenbestimmungen ausgefüllt werden muss. Zusätzlich wurden Bilanzierungsmethoden im Bereich der End- und Primärenergie sowie der Wirtschaftlichkeit entwickelt und in MS Excel-basierten Rechenwerkzeugen umgesetzt, so dass die Projektleiter die benötigten Informationen und Kennwerte darin eintragen können. Dies ermöglichte eine Bewertung unter für alle Projekte gleichen Randbedingungen und Bewertungsmethoden.

Die Querauswertung ermöglicht nicht nur eine Bewertung der Einzelprojekte und einen Vergleich der Pilotprojekte, sie schafft auch die Grundlage für eine Bewertung der EnEff:Stadt Forschungsinitiative im Bereich der Demonstrationsprojekte. Zusätzlich ist sie auch die Basis für andere Arbeiten, wie z.B. die Dissemination und die Vernetzung mit anderen stadtrelevanten Programmen. Ein Ergebnis der Querauswertung sollten auch Benchmarks für ähnliche, nicht mehr innerhalb EnEff:Stadt geförderte Projekte sein, z.B. durch energetische Kennzahlen. So können Vergleichswerte für energieeffiziente Quartiere gebildet und nach außen kommuniziert werden.

Vom Bundeswirtschaftsministerium wurde auch eine Analyse des soziologischen Mehrwerts sowie der kommunalen Wirkung der Projekte gewünscht. Der Erfolg einer energetischen Quartiersplanung wird wesentlich durch das Verhalten der beteiligten Nutzer/Akteure beeinflusst. Daher stellen Untersuchungen zum Nutzer- bzw. Akteursverhalten einen wichtigen Punkt im Rahmen der Auswertung der Projektergebnisse dar. Dies umfasst das Verhalten der privaten Haushalte ebenso wie das der Wohnungsbaugesellschaften, der EVU, der Stadtverwaltung, der Industrie- und Gewerbebetriebe, der Handwerker sowie anderer privater Akteure im Energiebereich (z.B. Contractoren). Nur durch die Berücksichtigung der verschiedenen Verhaltensweisen und der Entscheidungspräferenzen der beteiligten Akteure können Umsetzungsstrategien für technisch, ökonomisch und energetisch optimale Lösungen gefunden werden. Die Beeinflussungsmöglichkeiten von Verhaltensstrukturen, die Mobilisierung von Präferenzen und die Vermeidung von Hemmnissen stellen einen wichtigen Aspekt erfolgreicher Umsetzungsstrategien auf Quartiersebene dar. Im besten Fall sind gesellschaftliche Gruppen im Rahmen von Partizipationsverfahren an der Umsetzung zu beteiligen.

3.2 Siedlungstypologiematrix

Bereits in der ersten Phase der Begleitforschung wurde eine EnEff:Stadt-Siedlungstypologie auf Grundlage der Arbeiten von Roth [1] und Blesl [2] entwickelt und im Abschlussbericht sowie im Buch „Energetische Quartiersplanung: Methoden – Technologien – Praxisbeispiele“ [3] dokumentiert. Dabei wurde in insgesamt 12 verschiedene (Wohngebäude-) Siedlungstypen – von der lockeren offenen Bebauung bis hin zur historischen Altstadt – unterschieden.

Um die unterschiedlichen Demonstrationsquartiere aus EnEff:Stadt vollständig abdecken zu können wurden im Laufe der Begleitforschungsarbeiten noch weitere sogenannte Sondergebiete hinzugefügt. Diese sind unterteilt in Nutzungsarten, so z.B. Schulen, Kirche, Gewerbegebiet, Industriegebiet, (Universitäts- oder Technologie-) Campus, soziale Dienstleistungen und virtuelles Quartier. Letzteres deckt ein nicht räumlich zusammenhängendes Quartier im Bereich Strommanagement ab.

Die Quartiere wurden anhand ihrer Beschreibung und Bilder in den Projektanträgen und Zwischenberichten sowie aufgrund einer Recherche im Internet (z.B. über Google Maps) den Siedlungstypen zugeteilt. Viele Demonstrationsquartiere weisen mehr als nur eine Siedlungstypologie auf. Insgesamt wurden bis zum Ende der EnEff:Stadt-Begleitforschungsarbeiten 25 Demonstrationsvorhaben in die sogenannte EnEff:Stadt Siedlungstypologiematrix eingetragen. Zusätzlich wurden noch zwei weitere energieeffiziente Quartiere dargestellt, die vor Initiierung der Forschungsinitiative beendet und nicht in ihr gefördert wurden, aber als „State of the Art“-Vorhaben im EBC Annex 51 der Internationalen Energieagentur durch die Begleitforschung eingebracht wurden. Diese sind: der Stuttgarter Burgholzof, ein Neubaugebiet auf einem ehemaligen US-Militärgelände und Hoyerswerda Neustadt, eine Sanierung einer Plattenbau-Siedlung. zeigt die Siedlungstypologiematrix (siehe Abbildung 3.2-1).

Die Matrix gibt eine Übersicht über bereits mehrfach vorhandene Siedlungstypen und damit ggf. vergleichbare Demonstrationsvorhaben und über noch durch weitere Vorhaben abzudeckende interessante Siedlungstypen.


 Forschung für die energieeffiziente Stadt		Aachen: RWTH Aachen Bad Aibling Berlin Adlershof: Gesamt-konzept Berlin Adlershof: Wohnen am Campus Biberach Bottrop: Welheimer Mark Braunschweig: Technische Universität Esslingen: Weststadt Freiburg Weingarten Hamburg: IBA Hamburg Jenfeld Hamburg: Smart-Power Karlsruhe Rintheim Kassel: Oberzwehren Kassel: Zum Feldlager Landshut Ludwigsburg: Sonnenberg/ Grünbühl Lüneburg: Leuphana Universität München: Lilienstraße Oberursel Potsdam Telegrafenberg Stuttgart: Neckarpark Weimar: Zöllnerviertel Wolfsburg Wüstenrot Burgholzof Stuttgart (Annex 51) Hoyerswerda Neustadt (Annex 51)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lockere offene Bebauung																									
Einfamilienhaus- und Doppelhaussiedlung		■	■			■				■	■			■	■							■	■		
Ehemaliger/städtischer Dorfkern																									
Ländlicher Dorfkern																									
Reihenhäuser			■						■	■				■	■	■						■	■		
Siedlung kleiner Mehrfamilienhäuser		■				■				■	■				■	■						■			
Zeilenbebauung: kleine und große Mehrfamilienhäuser		■	■	■		■			■	■				■											
Zeilenbebauung: große Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser			■						■	■				■											■
Blockbebauung: niedrige Dichte								■		■											■	■			■
Blockbebauung: hohe Dichte																		■							
Citybebauung			■																						
Historische Altstadt																									
Sondergebiete	Schule					■	■			■	■			■							■	■			■
	Kirche									■												■			
	Hotel								■																
	Gewerbegebiet		■	■			■		■	■					■			■		■		■	■		
	Industriegebiet						■																		
	(Universitäts- oder Technologie-) Campus	■		■			■	■	■	■					■						■				
	Soziale Dienstleistungen						■	■															■		
	Virtuelles Quartier										■														

Abbildung 3.2-1: Siedlungstypologiematrix mit den vorhandenen Siedlungstypen für 24 eingetragene Demonstrationsquartiere. Grün markiert sind vorhandene und durch die Projekte bearbeitete Siedlungstypen, hellgrün markiert sind Siedlungstypen, die zwar Bestandteil des Quartiers sind, aber nicht durch Maßnahmen verändert wurden.

3.3 Technologiematrix Schnellüberblick

Die in den Demonstrationsvorhaben eingesetzten oder zumindest in der Planungsphase bewerteten baulichen, anlagentechnischen und versorgungstechnischen Maßnahmen wurden von der Begleitforschung analysiert und in zwei Varianten in einer Technologiematrix einander gegenübergestellt. Die erste Technologiematrix-Variante bietet eine schnelle Übersicht über eingesetzte und bewertete Technologien. In Abbildung 3.3-1 ist die grundlegende Struktur der Technologiematrix mit einzelnen Technologiebeispielen im Detail als Mindmap dargestellt. Darüber hinaus wurde eine zweite Variante entwickelt, die detailliertere Informationen zu den eingesetzten Technologien wie z.B. die Anzahl, Größen, Leistungswerte umfasst (siehe Kapitel 3.4).



Abbildung 3.3-1: Struktur der detaillierten Technologiematrix

Für die Übersichtsmatrix wurden die eingesetzten und bewerteten Technologien aus den Projektanträgen, Zwischen- und Schlussberichten herausgelesen, in die Matrix eingetragen und anschließend den Projektleitern zur Prüfung gesendet. Dabei wurden die Technologien in folgende Überbereiche eingeteilt:

Gebäudetyp:

- Bestand: Denkmalschutz, bereits (teilweise) saniert, verschiedene Sanierungslevel (keine bis Nullenergiehaus)
- Neubau: verschiedene Level (EnEV bis Plusenergie)
- Bauliche Energieeinsparungstechnologien:
 - Fenster: verschiedene Technologien, z.B. Vakuumverglasung, Dreifachverglasung, etc.
 - Wand: verschiedene Technologien, z.B. Vakuumdämmung, Aerogel, etc.
 - Dach/oberste Geschossdecke: Dämmung
 - Bodenplatte/Kellerdecke: Dämmung wohnungsseitig oder kellerseitig
 - Sonstige Maßnahmen: Reduktion von Wärmebrücken, sommerlicher Wärmeschutz, Luftdichtheit, Sonstiges
- Anlagentechnische Effizienzmaßnahmen:
 - Zentrale netzgebundene Versorgung:
 - Fernwärme: verschiedene Verteilungs- und Übergabetechnologien, z.B. verbesserte Übergabestationen, Rücklaufanzapfung, etc.
 - Nahwärme: verschiedene Erzeugungs-, Speicherungs-, Verteilungs- und Übergabetechnologien, z.B. Solarthermie, BHKW, Erdspeicher, Zeolithspeicher, etc.
 - Nahkälte: verschiedene Technologien, z.B. Wärmepumpe, Wasser, etc.
 - Strom: Netzbezug, Erzeugung zur Eigennutzung oder Einspeisung, Smart-Grid, PV-Anlagen, Windkraftanlagen, Wasserkraftanlagen, Speichertechnologien, Gleichstromnetze
 - Dezentrale (gebäudeweise) Versorgung:
 - Erzeugung: verschiedene Technologien, z.B. Solarthermie, BHKW, etc.
 - Speicherung: verschiedene Technologien, z.B. Pufferspeicher, Akkumulatoren, etc.
 - Verteilung: verschiedene Technologien, z.B. zentrale Warmwasserbereitung, dezentrale Warmwasserbereitung, dezentrale Heizungspumpen, etc.
 - Übergabe: Flächenheizkörper und Niedertemperaturheizkörper
 - Kühlung: Wärmepumpe, Wasser
 - Beleuchtung: LED, sonstige
 - Lüftungstechnik: Wärmerückgewinnung, Steuerung, Nachlüftung, Sonstige
 - Strom: PV-Anlage

Dabei erhebt die Technologielliste keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern ist eher eine grobe aber sinnvolle Unterteilung in der jede interessante Technologie, die in den Projekten eingesetzt wird eingetragen werden kann. Teilweise wurden aufgrund der Rückmeldungen durch die Projektleiter weitere Unterteilungen eingefügt, teilweise wurden die zusätzlichen Technologien unter dem Begriff Sonstiges zusammengefasst, vor allem wenn es sich um eher konventionelle Technologien handelte.

Bei umgesetzten Maßnahmen oder eindeutig definierten Bestandteile des Energiekonzepts wurde das entsprechende Feld in der Matrix blau markiert, bei alternativen Maßnahmen, also Maßnahmen, die im Projekt zusätzlich untersucht oder im Antrag angedacht wurden, wurde das Feld rot markiert.

Abbildung 3.3-2 zeigt die Schnellüberblicksmatrix zu den Technologien der EnEff:Stadt-Projekte.

Für die Projekte Esslingen Weststadt, Kassel zum Feldlager und Wolfsburg gilt dass sie nicht wie die anderen ausgewerteten Demonstrationsvorhaben von den jeweiligen Projektleitern geprüft wurden, da sie erst später eingetragen wurden.

Gebäudetyp		Technologien	EnEff:Stadt	Campus Aachen/Jülich	Bud Abbing	Berlin Adlershof	Biberach	Boitrop	Campus Braun-schweig	Esslingen Weinstadt	Freiburg Weingarten	Hamburg IBA	Hamburg Jänfeld	Hamburg Smart Power	Kaisruhe Rühlheim	Kassel Oberzwehren	Kassel	Zim Feldlager	Lampertheim	Landslut	Ludwigsburg	Campus Lüneburg	München Lilienstraße	Oberursel	Campus Potsdam	Stuttgart Neckarpark	Weimar Zollnerviertel	Wolfsburg	Wüstenrot		
			Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	Logo	
Bestand	Denkmalschutz / Bestandschutz	Bereits (teilweise) saniert																													
	keine EnEV	Sanierung im Projekt																													
Neubau	keine EnEV	Gebäudeausführung																													
	KfW	EnEV																													
Bauliche Energieeinsparung	Fenster	Vakuumverglasung																													
		3-fach-Verglasung																													
		Schalibare Verglasung																													
	Wand	Sonstige Maßnahmen	Vakuumdämmung																												
		Aerogel	Resol Hartschaum																												
		Porenlüftungsfassade	PCM																												
	Dach/ob. Geschossdecke	Klimaputz	Ziegel mit Hohlraumfüllung																												
		Kapillareaktive Kalziumsilikatplatte	Sonstige Maßnahmen																												
		Dämmung	Dämmung wohnungseitig																												
	Bodenplatte/Kellerdecke	Dämmung kellerseitig	Reduktion/Vermeiden von Wärmebrücken																												
		Sommerlicher Wärmeschutz	Luftdichtheit																												
	Anlagentechnische Effizienzmaßnahmen	Fernwärme	Sonstige Maßnahmen	Verteilung																											
			Fernwärmeversorgung	Verbesserte Übergabestation																											
			Übergabe	Rücklaufanzapfung																											
		Erzeugung	Hydraulische Trennung	Solarthermie																											
Kombimodule PV+Solarthermie			BHKW																												
KWK			Grundlastkessel																												
Speicherung		Wärmepumpe	Wärmerückgewinnung																												
		Sonstige	Pufferspeicher																												
		Erdspeicher	Bunker																												
Verteilung		Wärmepumpe	Wärmepumpe																												
		Wärmerückgewinnung	Wärmepumpe																												
		Wärmerückgewinnung	Wärmepumpe																												
Übergabe		Wärmepumpe	Wärmepumpe																												
		Wärmepumpe	Wärmepumpe																												
		Wärmepumpe	Wärmepumpe																												
Strom	Wärmepumpe	Wärmepumpe																													
	Wärmepumpe	Wärmepumpe																													
	Wärmepumpe	Wärmepumpe																													

Abbildung 3.3-2: Schnellüberblicksmatrix zu den Technologien der EnEff:Stadt-Demonstrationsprojekte.

3.4 Technologiematrix Detailanalyse

Im Rahmen der wissenschaftlichen Querauswertung war es das Ziel, die in der Förderinitiative geförderten Projekte auszuwerten und eine vergleichende Analyse durchzuführen. Neben der statistischen Auswertung der Projekte, dem Projektüberblick (s. Technologiematrix Schnellüberblick, PHM-Matrix und Siedlungstypologiematrix) wurde eine detaillierte Technologiematrix entwickelt, um einen Vergleich der Projekte anhand der energetischen Kenngrößen in Verbindung mit detaillierten Informationen über die charakteristischen Projekteigenschaften durchführen zu können. Auf Basis dieser Technologiematrix und der darin enthaltenen Daten können vergleichbare Projekte identifiziert und verglichen werden. Gleichzeitig ermöglicht dies Detailanalysen für einzelne Technologien sowie für Gebäude- und Siedlungstypen. Die detaillierte Technologiematrix bietet im Vergleich zur Übersichtsmatrix (siehe Kapitel 3.3) die Möglichkeit einer Analyse der Demonstrationsprojekte in einer höheren Detailtiefe. Der wesentliche Vorteil liegt dabei im schnellen Zugriff auf vergleichbare Projekte anhand der charakteristischen Projekteigenschaften in Kombination mit der Möglichkeit, Projekte auf Basis von Detailinformationen wie Flächenangaben oder Heizleistungen und den erzielten Energieeinsparungen zu vergleichen. Die Datenbasis für die detaillierte Technologiematrix waren Zwischen- und Abschlussberichte der EnEff:Stadt-Demonstrationsprojekte. Zur Erfassung detaillierter Projektinformationen und -eigenschaften sowie von Projekterfahrungen und -ergebnissen wurde in Phase 2 der Begleitforschung ein strukturierter Zwischenbericht entwickelt.

Zunächst wurden Kategorien für die Erstellung der detaillierten Technologiematrix identifiziert. Diese Kategorien dienen der systematischen Erfassung einzelner Gebäude, der Versorgungstechnologien (Erzeugung, Verteilung, TGA), sowie des gesamten im jeweiligen Projekt betrachteten Quartiers. Dabei liegt der Fokus auf technischen bzw. energetischen Aspekten. Die Informationen zu den Gebäuden sind im Ist-Zustand sowie im Soll-Zustand hinterlegt. Darunter fallen Angaben zu den Gebäudetypen, zur Anzahl der Gebäude und zur beheizten Wohnfläche. Der energetische Standard ist in Relation zu der zum Planungszeitpunkt gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) angegeben. Des Weiteren sind Maßnahmen an der Gebäudehülle sowie an der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) aufgeführt. Die Darstellung der Versorgungstechnologien nach Typ, Anzahl und Leistung erfolgt in einer weiteren Kategorie jeweils im Ist- und Sollzustand. Angaben zu Wärme- und Kältenetzen umfassen unter anderem Auslegungsleistungen und Netzlängen. Aufgeführte Kenngrößen sind der spezifische Heizwärmebedarf in $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$, Flächenangaben (Nutzfläche, beheizte Fläche, Nettogeschossfläche) und der Primärenergiebedarf in $\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$. Der Primärenergiebedarf wird je nach Verfügbarkeit der Daten für den Ist- und den Soll-Zustand sowie nach dem ersten und zweiten Jahr der Monitoringphase angegeben. In der folgenden Abbildung 3.4-1 ist die Struktur der detaillierten Technologiematrix mit Beispielwerten dargestellt.

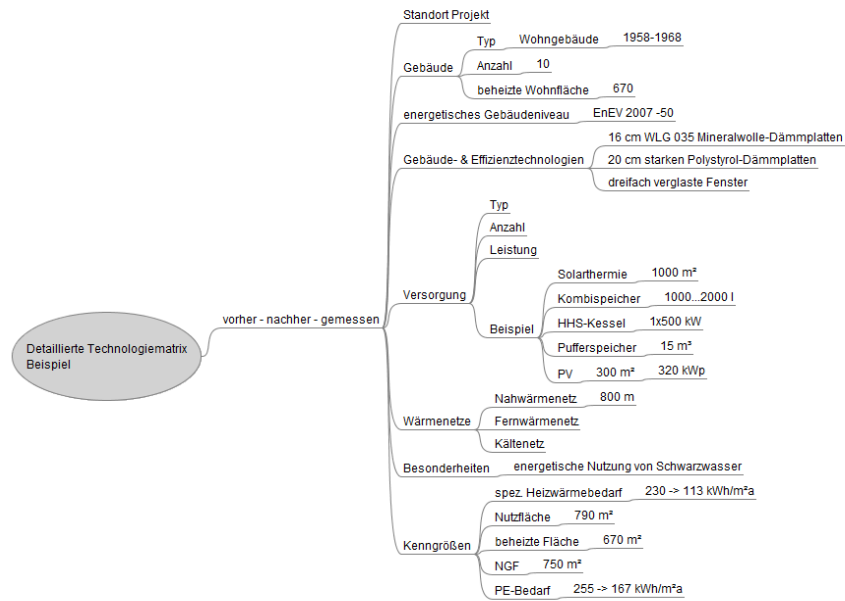


Abbildung 3.4-1: Struktur der detaillierten Technologiematrix mit Beispielwerten

Abbildung 3.4-2 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt aus der detaillierten Technologiematrix in welche die oben beschriebenen Daten, wie z.B. Gebäudetypen und Arten der Versorgungstechnologien, hinterlegt sind.



	Gebäude			Gebäudeniveau		Gebäude- & Effizienz	Versorgung				
	Typ	Vorher Anzahl	beheizte Fläche [m²]	Nachher Anzahl	beheizte Wohnfläche [m²]		Typ	Vorher Anzahl	Leistung	Nachher Anzahl	Leistung
Aachen (Campus)	FZ CampusMe	200 60	2,2 * 10 ⁶ 1,25 * 10 ⁶				Absorptionen KWK BHKW Gaskessel	2 MW 1,2 MW 1,2 MW 3 38,5 Mwelek, 18 Mther			
Bad Aibling	Wohngebä. Wohngebä.	4 5		Wohngebä. Wohngebä. Wohngebä. Wohngebä.	10 5 1 1	1258,84 658,24 ? ?	EnEV 2007 minus 30 EnEV 2007 minus 50 Passivhaus EnEV 2007 minus 50 EnEV 2007 minus 50 EnEV 2007 minus 60	16 cm WLG 035 Mineralwolle 20 cm starken Polystyrol-Wärmepumpe dreifach verglasten Fensterelemente Solarthermie Wärmepumpe Kombispeicher Heizöl	700 m ² 1000 - 2000	Solarthermie Wärmepumpe Kombispeicher Pellet KWK (+Stirling) Wärmaspeicherung in den Neubauten Pufferspeicher PV	1000 m ² 1000 - 2000 15 m ³ 300 m ² 320 kW
Berlin	Nichtwohngeb.	24	31870 4,2 * 10 ⁶ 1,54 76	Nichtwohngeb.	23	4,67 * 10 ⁶	Energiestandard unbekannt Energiestandard unbekannt Energiestandard unbekannt Energiestandard unbekannt	PV 5% der Flächen Erdgas als Energie 84% aller Flächen im Projektgebiet 10% der Flächen verfügen entweder Erdgas-BHKW	2 MW kleine BHKW Holzkesselanlagen Absorptionsklimaschine Kompressionsübermaschine zwei Anlagen oberflächennaher Geothermie Potentialabschätzung für Tiefengeothermie Aquiferspes betrachte Speicher: Erd Absorption betrachte Speicher: Fl sensible Sp betrachte Speicher: Sil latente Speicher		

Abbildung 3.4-2: Beispielhafter Ausschnitt aus der detaillierten Technologiematrix

Der zeitliche Verlauf des Einpflegens der Projektdaten und der Auswertung der Projekthinhalte erfolgte im Rahmen der Begleitforschung fortlaufend und richtete sich maßgeblich nach dem Eingang der strukturierten Zwischenberichte bzw. nach der Verfügbarkeit der Abschlussberichte.

Insgesamt wurden 16 Projekte aus der Forschungsinitiative in der detaillierten Technologiematrix erfasst. Unter den Projekten befanden sich zum Zeitpunkt der Auswertung 5 Projekte in der Phase der Vor- und Detailplanung, 7 Projekte in der Phase der Umsetzung und 4 Projekte in der Monitoringphase. Die Festlegung der Projektphase erfolgte nach dem Schwerpunkt im Projekt, zum Teil wurden innerhalb eines Projekts mehrere Phasen durchlaufen.

Weiterhin wurden die Informationen über Energieversorgung, bestehend aus Energieerzeugung und -verteilung sowie die Informationen über Energieverbrauch, unterteilt nach Verbrauchertypen (größtenteils Gebäude oder Teilbereiche von Gebäuden), genutzt, um diese mit der Querauswertung der Planungshilfsmittel zu verknüpfen. Für einen Workshop zur Querauswertung der Planungshilfsmittel auf dem Projektleiter-Meeting in Hamburg 2014 wurde dargestellt, welches Planungshilfsmittel für welche Technologie bzw. für die Planung der verschiedenen Verbrauchertypen eingesetzt wurde. Die Ergebnisse des Workshops sind im Kapitel 3.5 zu finden.

Für die Begleitforschung stellt die detaillierte Technologiematrix eine Datenbasis dar. Davon ausgehend können Ergebnisse dargestellt und erarbeitet werden. Es muss in Betracht gezogen werden, dass viele der in der Technologiematrix dargestellten Ergebnisse zum Zeitpunkt der Erfassung noch nicht endgültig waren, d.h. bei laufenden Projekten sind Ergebnisse fortlaufend je nach Projektstand nachgeführt worden. Mit zunehmender Projektdauer verbessert sich die Datenverfügbarkeit. Weiterhin gibt es Unterschiede im Hinblick auf die Datenqualität zwischen den Projektarten (Planungs-, Umsetzungs- und Monitoring-Projekte). In Planungsprojekten werden mehrere Konzepte und Lösungsansätze miteinander verglichen, so dass ein direkter Vergleich mit Umsetzungsprojekten, in denen ein konkretes Konzept realisiert wird, nicht oder nur eingeschränkt möglich ist. Hier stellt sich beispielsweise die Frage, welche energetischen Kenngrößen wie z.B. der spezifische Primärenergiebedarf miteinander verglichen werden sollen. Sehr gut hingegen können Projekte verglichen werden, die im gleichen Projektstadium stehen wie z.B. ein Vergleich zwischen Monitoringprojekten. Hier können beispielsweise Projekte mit gleichen Siedlungstypen hinsichtlich der erzielten Primärenergieeinsparung und der gewählten technischen Lösung sehr gut miteinander verglichen werden. Damit kann gezeigt werden, welche energetischen Standards mit welchen technologischen Maßnahmen im Vergleich zu den Ergebnissen und Zielen aus der Planungsphase erreicht werden können.

Die detaillierte Technologiematrix kann sehr gut für Detailanalysen eingesetzt werden, um Lösungsansätze und Technologien sowie die Projektergebnisse hinsichtlich der energetischen Kenngrößen vergleichen zu können. Dazu ist es erforderlich, die Datenerfassung zu automatisieren, da andernfalls ein sehr hoher Arbeitsaufwand entsteht. Gelingt dies, kann mit einer Datenbank eine sehr gute und detaillierte Datenbasis erarbeitet werden, die es ermöglicht, auch eine große Anzahl an Projekten im Detail auszuwerten zu können. Gleichzeitig können Detailfragen beantwortet und Detailuntersuchungen zu einzelnen Projektaspekten und Technologien sowie für definierte Projektkategorien durchgeführt werden.

3.5 Querauswertung Planungshilfsmittel

Von der Idee über die Planung bis hin zur Umsetzung energieeffizienter Stadtquartiere ist eine Vielzahl möglicher energetischer Maßnahmen sowohl an der Gebäudehülle als auch zur Energieversorgung zu berücksichtigen, die sich meist gegenseitig beeinflussen (vgl. [3], [4]). Die erfolgreiche Umsetzung erfordert daher einen integralen Planungsprozess. Planungshilfsmittel (PHM) können diesen begleitend unterstützen, um die komplexen Maßnahmen auch im Zusammenspiel zu bewerten und Entscheidungen so auf einer wissenschaftlichen Basis treffen zu können.

Planungshilfsmittel für die energetische Quartiersplanung können nach Methoden und Werkzeugen unterscheiden werden. Methoden legen ein systematisches Vorgehen fest, um bestimmte vergleichbare Erkenntnisse zu gewinnen. Zur Anwendung dieser Methoden stehen häufig verschiedene Werkzeuge bereit, die zum Beispiel dabei helfen, Planungsaufgaben schneller und zuverlässiger erledigen zu können. Unter anderem aufgrund der technologischen Entwicklung im Bereich der IT-Anwendungen und der Energieversorgung sind die meisten eingesetzten Planungshilfsmittel in der Forschungsinitiative EnEff:Stadt softwarebasiert.

Um die Praxiserfahrungen der Demonstrationsprojekte zu erheben, wurde unter anderem ein strukturierter Zwischenbericht entwickelt, der unter anderem Informationen und Erfahrungen zu den angewendeten Planungshilfsmitteln abfragt. Dabei lag der Fokus zum Thema bei den Vor- und Nachteilen eines Planungshilfsmittels während der Handhabung, Wünschen des Anwenders zur Erweiterung von Funktionen, dem Anwendertyp und der Aufgabe, für die das

Planungshilfsmittel genutzt wurde. Darüber hinaus wurden Interviews geführt und Workshops veranstaltet, um die Datenbasis zu vertiefen und zu erweitern, und somit detaillierte Analysen durchzuführen.

Die Querauswertung der Demonstrationsprojekte gibt einen systematischen Überblick über eingesetzte Planungshilfsmittel in der Forschungsinitiative. Dabei zeigen sich einerseits strukturelle Unterschiede, andererseits aber auch klare Schwerpunkte der Projekte in der Forschungsinitiative. Die Grundlage der dargestellten Ergebnisse und Erkenntnisse sind Praxiserfahrungen von Anwendern der unterschiedlichen Planungshilfsmittel. Aus diesen Praxiserfahrungen können weitere Demonstrationsprojekte, angehende und zukünftige Quartiersplaner sowie Anwender und Entwickler von Planungshilfsmitteln lernen und profitieren. Der Schwerpunkt dieser Querauswertung liegt in der Analyse dieser Praxiserfahrungen und des Verhaltens der Anwender von und mit den eingesetzten Planungshilfsmitteln. Ein Überblick zu verschiedenen Verhaltensweisen, Entscheidungspräferenzen und -verfahren kann Umsetzungsstrategien und damit Lösungswege zu Aufgaben während der Entwicklung von Quartieren aufzeigen. Um die Ergebnisse der Querauswertung in der Forschungsinitiative und darüber hinaus zu verbreiten, wurde im Rahmen der EnEff:Stadt-Schriftenreihe das Buch mit dem Titel „Planungshilfsmittel: Praxiserfahrungen aus der energetischen Quartiersplanung“ [5] veröffentlicht.

3.5.1 Überblick und Einordnung der Querauswertung

Zu Beginn der Analyse erfolgt zunächst eine allgemeine Einordnung auf der Metaebene. Diese umfasst zum einen eine Einteilung der analysierten Demonstrationsprojekte in Projektphasen. Zum anderen wird gezeigt, wie häufig in den Projekten welche Energieversorgungsarten evaluiert wurden. Im nächsten Schritt der Analyse werden verschiedene Kategorien vorgestellt, nach denen die Planungshilfsmittel eingeteilt werden können. Es wird für alle definierten Unterkategorien dargestellt, ob und wie häufig ein Planungshilfsmittel eingesetzt wurde.

Eine ausführliche Darstellung der detaillierten Auswertung der Praxiserfahrungen der eingesetzten Planungshilfsmittel ist in der zuvor erwähnten Schriftenreihe [5] zu finden. Bei dieser Detailanalyse werden die Planungshilfsmittel nach Software- und Nicht-Software-basierten Planungshilfsmitteln unterschieden, und nach typischen Anwendungsgebieten untergliedert. In der Analyse werden zum einen Erfahrungen aus den Projekten zu den jeweiligen Themen in Bezug auf die Planungshilfsmittel wiedergegeben, zum anderen werden in der Detailanalyse konkret verwendete Produkte, deren projektbezogene Aufgabenstellungen und die dabei gemachten subjektiven Erfahrungen dargestellt.

Für die Querauswertung wurden 16 Projekte aus der Forschungsinitiative betrachtet. Davon befanden sich 5 in der Planungsphase (d. h. Vor- oder Detailplanung), 7 in der Umsetzung und 4 im Monitoring (vgl. Abbildung 3.5-1). Diese Zuordnung erfolgte nach dem jeweiligen Schwerpunkt der Projekte, einzelne Projekte können also im Rahmen der Bearbeitung auch mehrere Phasen durchlaufen haben. Beispielsweise erfolgte in Projekten mit einem Schwerpunkt auf der Umsetzung im Vorfeld oft zumindest auch eine Detailplanung innerhalb der Förderung.

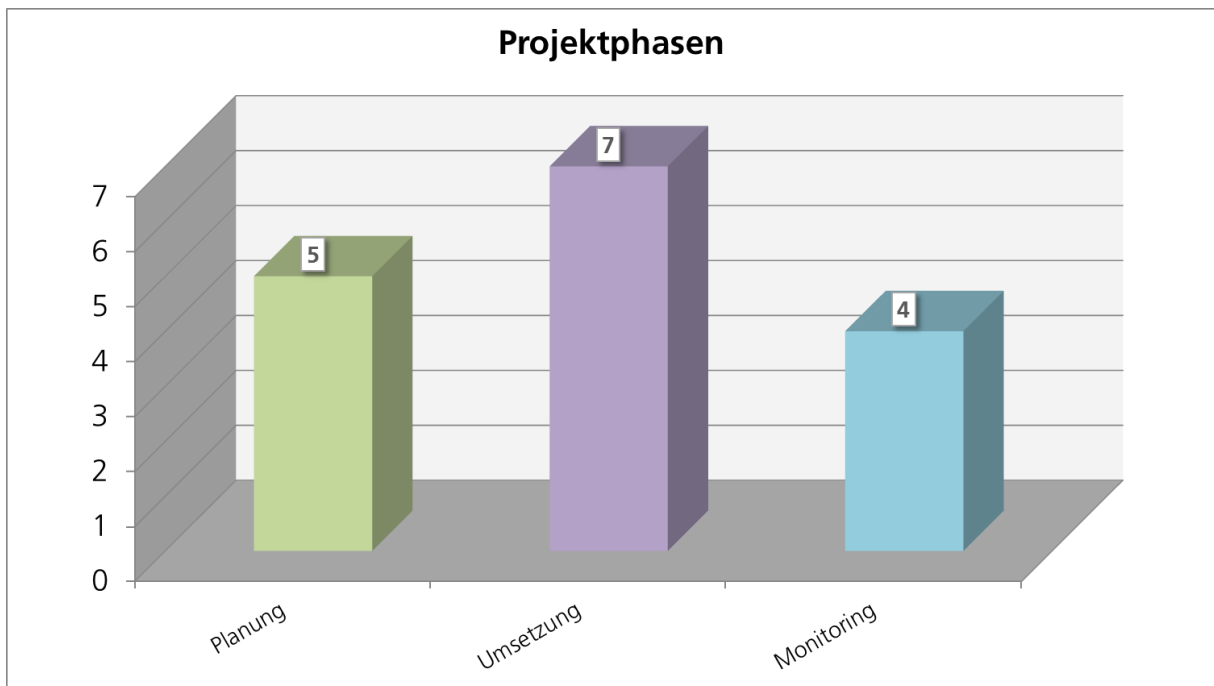
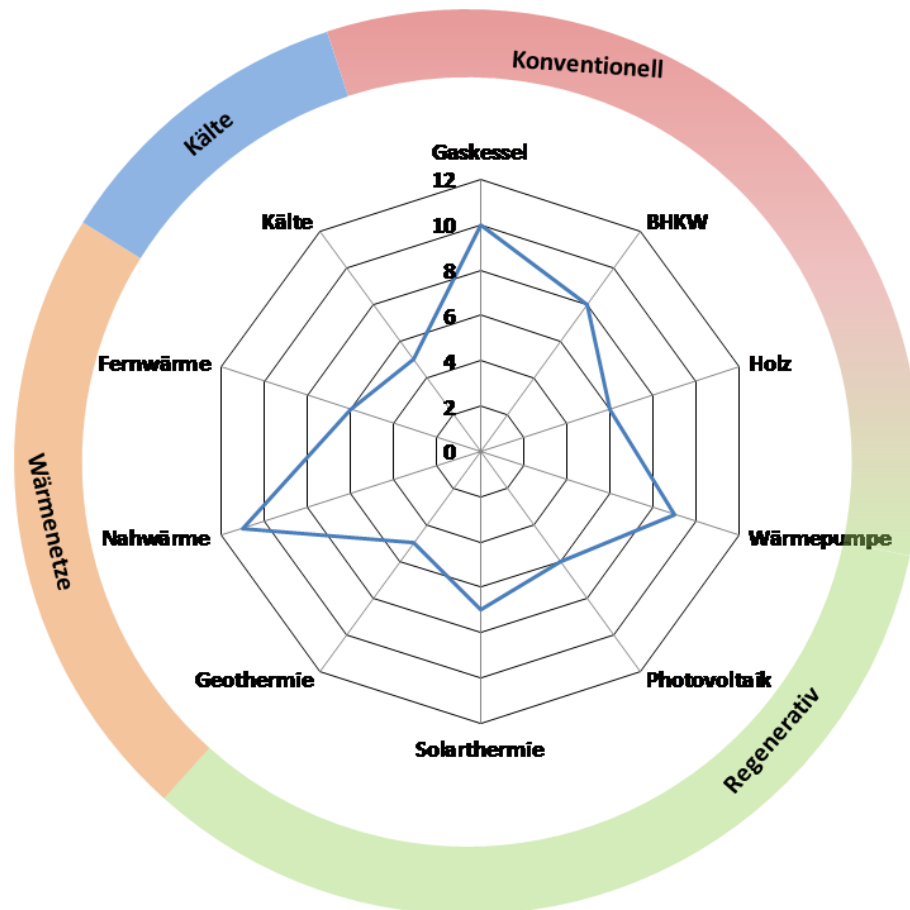


Abbildung 3.5-1: Schwerpunktmäßige Zuordnung der ausgewerteten EnEff:Stadt-Projekte zu den Projektphasen

Das Kernstück einer energetischen Quartiersentwicklung sind die eingesetzten Versorgungstechnologien. Da städtische Siedlungsgebiete viele Möglichkeiten bieten, die Energieeffizienz zu steigern, sind die Ausrichtungen und Ansätze der einzelnen Projekte sehr individuell. Abbildung 3.5-2 zeigt, welche Versorgungstechnologien in den ausgewerteten Demonstrationsprojekten eingesetzt wurden. Als Erstes fällt auf, dass sich relativ viele Projekte mit konventionellen Technologien auseinandersetzen. Vor allem Gaskessel und Blockheizkraftwerke werden häufig in die Planungen miteinbezogen. Das lässt sich dadurch erklären, dass vor allem diejenigen Projekte, die sich auf die Konzeptphase beziehen, viele unterschiedliche Technologien und Technologievarianten betrachten. Dabei werden die konventionellen Technologien, die den Ist-Zustand darstellen, häufig als Benchmarks genutzt, um damit andere Varianten mit ergänzten Zielgrößen zu vergleichen. Bei der regenerativen Energieerzeugung stehen die Geo- und die Solarthermie heraus. Dies ist kongruent zur Verteilung der Wärmenetze, da vor allem Nahwärmenetze in vielen Projekten eine große Rolle spielen. Dabei geht es um die Einbindung dezentraler Wärmeerzeuger in Wärmenetze, was ein viel beachtetes Thema ist. Einen Sonderfall bildet die Wärmepumpe, die in ihrem gängigsten Technologietyp – der elektrisch angetriebenen Kompressionswärmepumpe – Nutzwärme nahezu emissionsfrei bereitstellen kann, sofern sie mit Strom aus erneuerbaren Quellen betrieben wird. Den Einsatz von Wärmepumpen betrachteten 9 der 16 Demonstrationsprojekte. Ein Thema, das in nur 3 Demonstrationsprojekten betrachtet wurde, ist die Kälteerzeugung. Ein weiteres wenig betrachtetes Thema ist die Systemintegration von Photovoltaikanlagen im Versorgungssystem eines Quartiers.



Basis: 16 Projekte mit Zwischenberichten

Abbildung 3.5-2: Verteilung der Energieversorgungsarten in den EnEff:Stadt-Demonstrationsprojekten

3.5.2 Querschnittsanalyse

Wie einleitend beschrieben sind Planungshilfsmittel Werkzeuge und Methoden, die Planer und Entscheider bei der Quartiersentwicklung unterstützen. Bei der Querauswertung der Demonstrationsprojekte zeigte sich, dass von den Projektbeteiligten vorwiegend Softwaretools als Planungshilfsmittel wahrgenommen werden. Nicht-Software-Planungshilfsmittel wurden dagegen nur selten benannt und sind auch in der vorliegenden Querauswertung unterrepräsentiert. Neben der subjektiven Wahrnehmung kann auch die rasante Entwicklung der Softwaretools in den letzten Jahrzehnten ein Grund für ihre hohe Bedeutung in den Projekten darstellen. Softwaretools werden immer effizienter, so dass sie mehr und mehr Planungsaufgaben übernehmen können. Vor allem betrifft dies sehr komplexe und zeitintensive Planungsaufgaben, die in derartiger Detailtiefe zum Teil früher nicht oder nur schwer umsetzbar waren. Die zunehmende Standardisierung von Softwaretools macht diese außerdem verlässlicher und erhöht die Qualität der Ergebnisse, so dass auch die Anwendung in der Breite zunimmt. Dies führt dazu, dass Tools nicht nur von Experten mit Spezialwissen genutzt werden können und somit den gesamten Planungsprozess immer weiter durchdringen.

Zur eingrenzenden Untersuchung des Einsatzes der Planungshilfsmittel wurden diese nach ihren Einsatzgebieten in folgende Kategorien eingeteilt, die teilweise noch weiter untergliedert sind:

- Projektphasen,
- Anwendungsgebiete,
- Anwender und
- Energieversorgungstechnologien.

Projektphasen

Die Einteilung nach Projektphasen basiert auf einer Unterteilung der Quartiersentwicklung in bestimmte thematisch zusammenhängende Abschnitte. Nähere Erläuterungen zu den Projektphasen, den primären Aufgaben, Zielen und Hauptakteuren, sind in der Schriftenreihe [5] erläutert.

Explizit werden die Phasen Vorplanung, Detailplanung und Monitoring betrachtet, da die in den Demonstrationsprojekten von EnEff:Stadt eingesetzten Planungshilfsmittel ausschließlich diesen Phasen zuzuordnen sind. Aufgrund der einleitend angeführten Gründe ist nicht auszuschließen, dass auch in der Umsetzung Planungshilfsmittel verwendet wurden, die von den Projektbeteiligten jedoch nicht als solche identifiziert und benannt wurden.

Abbildung 3.5-3 zeigt, dass vor allem in der Detailplanung viele Planungshilfsmittel (35) zum Einsatz kommen. In der Vorplanung und im Monitoring wurden hingegen 15 bzw. 8 Planungshilfsmittel genutzt.

Der häufige Einsatz von Planungshilfsmitteln in der Detailplanung kann zum einen damit erklärt werden, dass viele der ausgewerteten Projekte eine Detailplanung durchführen. Zum anderen liegt es an den für eine Detailplanung typischen Fragestellungen. Diese sind zumeist sehr komplex und zeitintensiv in der Bearbeitung. Planungshilfsmittel können diesen Prozess stark unterstützen. In der Vorplanungsphase hingegen liegt der Fokus auf der Konzeptentwicklung und -bewertung. Hier kommen Planungshilfsmittel zum Einsatz, die mit einer relativ kleinen und groben Datenbasis auskommen. Im Monitoring befanden sich vergleichsweise wenige Projekte, so dass in dieser Projektphase entsprechend relativ wenige Planungshilfsmittel eingesetzt wurden. Auch können die Aufgaben während des Monitoring ein Grund für die relativ geringe Anzahl an Planungshilfsmitteln sein. Hier liegt der Fokus auf Daten-Handling, -Management und -auswertung.

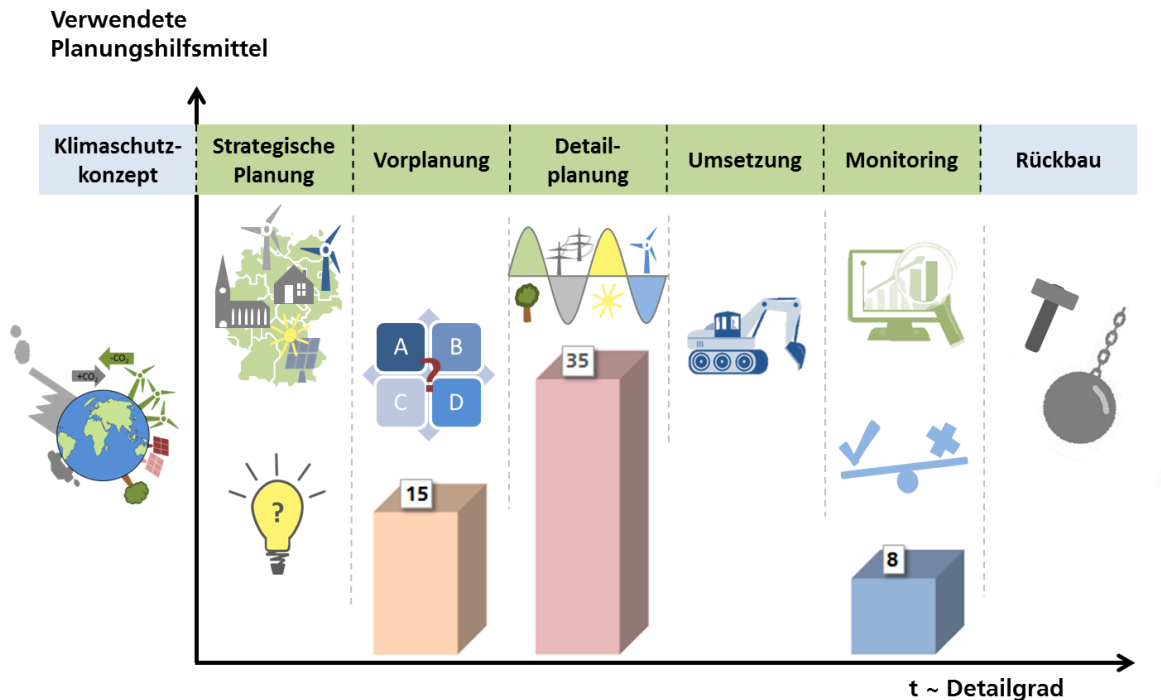


Abbildung 3.5-3: Projektphasen und Anzahl der verwendeten Planungshilfsmittel in der Forschungsinitiative EnEff:Stadt

Anwendungsgebiete

Ganzheitlich betrachtet treten in den Projekten der Forschungsinitiative typische Planungsaufgaben auf, die mit Planungshilfsmitteln bearbeitet werden und je nach Anforderungen und Randbedingungen unterschiedlichen Projektphasen zuzuordnen sind. Unabhängig von diesem Detailgrad werden in der folgenden Einteilung typische Anwendungsgebiete gezeigt. Folgende Untergliederung der Anwendungsgebiete wurde in der Auswertung vorgenommen:

- Gebäudesimulation
- Auslegung einzelner Versorgungsanlagen
- Simulation von Anlagenkombinationen
- Auslegung von Wärmenetzen
- räumliche Analyse
- Optimierungsrechnungen
- Datenauswertung

Diese Anwendungsgebiete sind nicht vollständig voneinander abgegrenzt (beispielsweise werden Optimierungsrechnungen teilweise zur Auslegung von Erzeugungsanlagen eingesetzt). Diese Überschneidungen wurden aber bewusst akzeptiert, um die in der Analyse als besonders relevant erkannten Themen kompakt darstellen zu können.

Abbildung 3.5-4 stellt die Anzahl der eingesetzten Planungshilfsmittel in den jeweiligen Anwendungsgebieten dar. Häufigste Anwendungsgebiete sind die Gebäudesimulation und die Datenauswertung mit 18 bzw. 19 eingesetzten Planungshilfsmitteln. Die wenigsten Planungshilfsmittel wurden zur Auslegung von Wärmenetzen, zur Simulation von Anlagenkombinationen und für räumliche Analysen genutzt (8, 7 bzw. 5 Planungshilfsmittel).

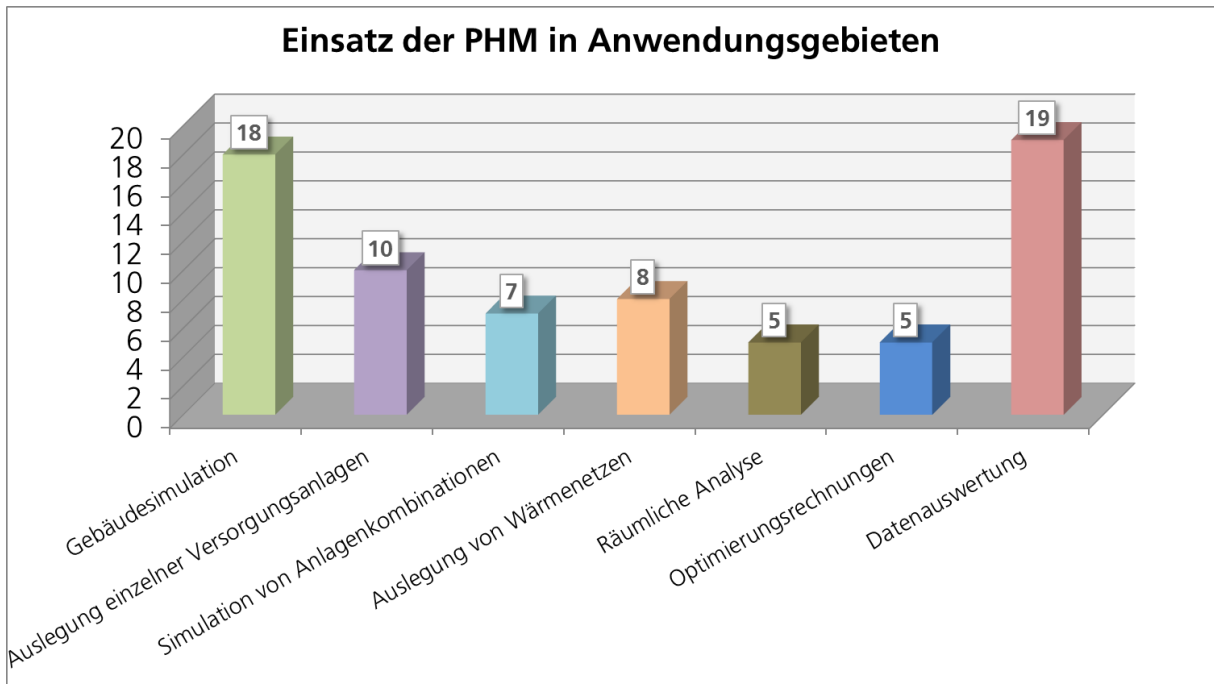


Abbildung 3.5-4: Einsatz der Planungshilfsmittel in den Anwendungsgebieten

Anwender

Durch die an die Projekte gestellten Anforderungen weisen die Demonstrationsprojekte einige Gemeinsamkeiten auf, unter anderem bei ihrer wissenschaftlichen Grundausrichtung und auch in der Zusammensetzung der durchführenden Akteure. Dementsprechend kommen auch die befragten Anwender von Planungshilfsmitteln vorwiegend aus der wissenschaftlichen Forschung. Um trotzdem einschätzen zu können, in welchen Bereichen Planungshilfsmittel außerhalb der Forschungsinitiative EnEff:Stadt genutzt werden können, wurde eine ergänzende Recherche der Herstellerangaben durchgeführt. Die Hersteller von Planungstools geben zum Beispiel in Produktbeschreibungen an, an welche Zielgruppe das jeweilige Tool sich richtet. Ergebnis ist eine Einteilung in folgende Anwendergruppen (dargestellt in Abbildung 3.5-5):

- Stadtplaner
- Energieversorger
- Wohnungsbaugesellschaften
- Ingenieurbüros und Anlagenplaner
- Architekten
- Wissenschaft und Forschung

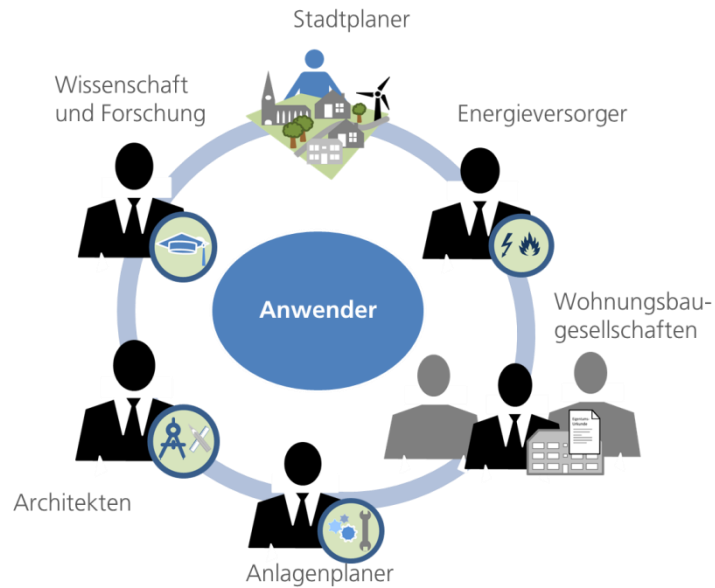


Abbildung 3.5-5: Anwendergruppen von Planungshilfsmitteln

Vom Vergleich und der Entwicklung von Konzepten über die detaillierte Ausarbeitung eines ausgewählten Konzepts und dessen Umsetzung bis hin zu Monitoring und Betriebsoptimierung ist eine Vielzahl von Akteuren an der Entwicklung von Quartieren beteiligt.

Bei den Projekten in der Forschungsinitiative EnEff:Stadt sind es zu Beginn vor allem die Projektträger – etwa aus Wissenschaft, Kommunen oder Wohnungsbaugesellschaften –, die die Ziele definieren und die Weichen auf administrativer und gesellschaftlicher Ebene stellen. Beim Erstellen, Bewerten und Auswählen der Konzepte sind diese Projektträger in einer koordinativen Rolle und ggf. als Entscheidungsträger tätig. Dabei wird meistens auch Experten- und Fachwissen benötigt, weswegen es je nach Aufgabe Schnittstellen zu weiteren Akteuren geben kann. Für die Detailplanung ist fachliches Know-how zum Beispiel zur Dimensionierung von Anlagen und Anlagenkombinationen notwendig, so dass Ingenieurbüros, Anlagenplaner, Energieversorger, Architekten und Fachleute aus Wissenschaft und Forschung vermehrt zum Einsatz kommen. Während des Monitorings und der Betriebsoptimierung ist Fachwissen vor Ort entscheidend, das Anlagenbetreiber und – da zumeist projektbegleitend eingebunden – das Personal aus Wissenschaft und Forschung einbringen können.

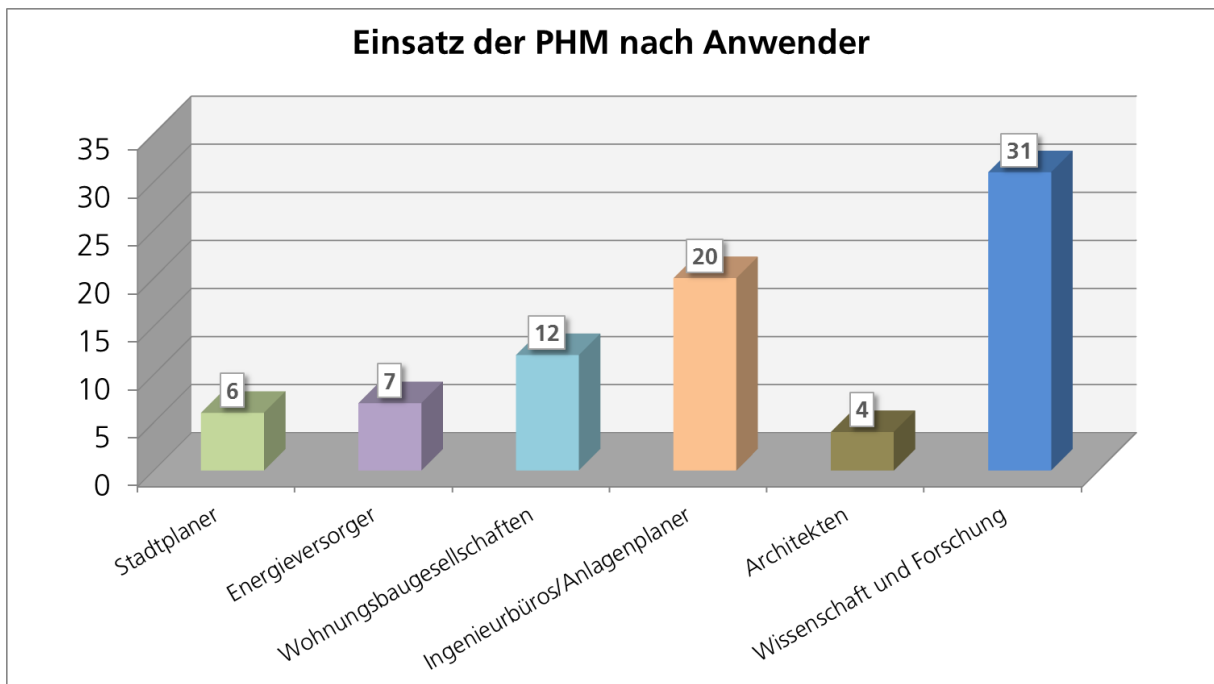


Abbildung 3.5-6: Planungshilfsmittel, kategorisiert nach recherchierten und praktischen Anwendergruppen

In Abbildung 3.5-6 ist dargestellt, für welche Anwendergruppen die Planungshilfsmittel entwickelt wurden beziehungsweise wer sie in den Projekten eingesetzt hat. Auch hier wird die besondere Rolle der Experten aus Wissenschaft und Forschung deutlich, die federführend oder zumindest begleitend an vielen der Demonstrationsprojekte beteiligt sind. In den Projekten sind sie Anwender sowie Entwickler von Planungshilfsmitteln.

3.5.3 Praxiserfahrungen zur Auswahl und Validierung von Planungshilfsmitteln

Auswahl

Planungshilfsmittel müssen sorgfältig mit Blick auf die Anforderungen der jeweiligen Projektphase ausgewählt werden, bevor sie zur energetischen Quartiersplanung eingesetzt werden.

Ob es notwendig ist, ein Planungshilfsmittel einzusetzen, ergibt sich aus der durchzuführenden Planungsaufgabe. Die Auswahl sollte nicht leichtfertig erfolgen, denn je nach Art des Planungshilfsmittels, der Aufgabe und der Projektphase kann das Planungshilfsmittel für lange Zeit im Einsatz sein. Das kann den Planungsprozess sehr erleichtern, unter Umständen ergeben sich daraus aber auch Risiken für den Projektverlauf. Wenn ein ausgewähltes Planungshilfsmittel sich als unpassend erweist, kann diese Entscheidung nicht ohne weiteres rückgängig gemacht werden. Die möglichen Planungshilfsmittel in Bezug auf eine zu lösende Aufgabe zu bewerten, stellt ein individuelles und zum Teil auch komplexes Problem dar, das einen objektiven Vergleichsmaßstab benötigt.

Die einzelnen Schritte eines Auswahlverfahrens sind in Abbildung 3.5-7 dargestellt. Die Rahmenbedingungen zu klären und Ziele zu definieren, gehört dabei nicht im eigentlichen Sinne

zum Auswahlverfahren, stellt aber die Grundvoraussetzung dar. Das ausführlich beschriebene Vorgehen zur Auswahl von Planungshilfsmitteln ist in [5] dargestellt.



Abbildung 3.5-7: Ablaufschritte eines Auswahlverfahrens für Planungshilfsmittel (nach [6])

Modellbasierte Planungshilfsmittel

Planungshilfsmittel bringen dem Anwender nur dann Vorteile, wenn die Ergebnisse der Berechnungen bzw. Simulationen mit Hilfe von Modellen realitätsnah und verlässlich sind. Die für die jeweilige Aufgabe benötigte Genauigkeit wird durch viele Faktoren beeinflusst. Je nach Typ des Planungshilfsmittels können das die Rechenmodelle, die Planungsgrundlagen bzw. die Eingaben und die Bedienung durch den Anwender sein. Im Rahmen eines Workshops mit Vertreterinnen und Vertretern mehrerer EnEff:Stadt-Projekte wurden folgende Aspekte identifiziert, die bei der Entwicklung von Planungshilfsmitteln berücksichtigt werden müssen, da sie Auswirkungen auf die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Simulationsergebnisse haben:

- hoher Detaillierungsgrad vs. hohe Benutzerfreundlichkeit,
- gleichzeitige Berücksichtigung der sich eventuell gegensätzlich auswirkenden Eigenschaften Offenheit, Genauigkeit und Komplexität sowie
- vertretbarer Aufwand bei der Simulation bzw. notwendige Rechenleistung für die Simulation.

Bei der Entwicklung von modellbasierten Planungshilfsmitteln sind mehrere Arbeitsschritte durchzuführen, um die Genauigkeit der Ergebnisse zu verbessern und nachzuweisen. Für einen Vergleich und die Anpassung eines Modells an ein reales System können eine Verifikation, eine Validierung sowie eine Kalibrierung durchgeführt werden.

Validierung und Plausibilisierung

In einem Workshop wurden außerdem Aspekte zur Validierung und Plausibilisierung von Ergebnissen diskutiert und mögliche Vorgehensweisen dazu erarbeitet. Der Fokus lag dabei auf den Anwendungsbereichen von Planungshilfsmitteln für die energetische Quartiersplanung.

- „Sind die Ergebnisse realistisch?“ – Diese einfache Frage sollte sich jeder Anwender im Hinblick auf seine Ergebnisse stellen.
- Die Validierung von Planungshilfsmitteln kann durch den Abgleich der Ergebnisse mit gemessenen Werten erfolgen. Das Grundproblem hierbei ist jedoch, dass häufig keine Daten vorliegen.
- Eine weitere Variante der Validierung ist der Vergleich der Ergebnisse mit solchen, die mit einem anderen Planungshilfsmittel ermittelt wurden. Dieser kann aber nur angestellt werden, sofern ein vergleichbares Planungshilfsmittel verfügbar ist, was oft nicht der Fall ist; dann können ersatzweise Teilaufgaben bzw. Teilergebnisse, die mit anderen Planungshilfsmitteln ermittelt wurden, zum Vergleich herangezogen werden.
- Für die Entwicklung von Planungshilfsmitteln ist es vorteilhaft, eine modulare Programmierung zu wählen. So können bei Entwicklung und Anwendung Zwischenergebnisse kontrolliert und bewertet werden.

3.5.4 Fazit

Stadtquartiere besitzen große Potenziale zur Entwicklung und Umsetzung von energieeffizienten und wirtschaftlich optimierten Lösungen für Gebäude. Insbesondere im Gebäudebestand können Quartierslösungen dazu beitragen, wirtschaftliche Sanierungskonzepte zu entwickeln, die den Primärenergiebedarf deutlich reduzieren. Dabei ergibt sich das Potenzial aus der Kombination von Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs von Gebäuden mit effizienten Energieversorgungskonzepten. Mit der Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten steigen jedoch auch die Komplexität der Planungsaufgabe und damit der Bedarf an geeigneten Planungshilfsmitteln rapide an.

Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf Erfahrungen aus Planungs- und Umsetzungsprojekten der Förderinitiative EnEff:Stadt sowie auf den Projektauswertungen, die im Rahmen der Begleitforschung durchgeführt wurden. Damit liefern die vorliegenden Ergebnisse eine Vielzahl von Erfahrungen sowohl von Praktikern als auch von Wissenschaftlern, die im Rahmen von Pilotprojekten Lösungen für Stadtquartiere entwickelt haben. Es hat sich gezeigt, dass die Planungshilfsmittel dazu beitragen, Planungsfehler zu vermeiden. Zudem reduzieren sie den Planungsaufwand und unterstützen den Planungs- und Umsetzungsprozess, um gesteckte Planungsziele zu verfolgen und zu erreichen. Darüber hinaus liefern sie eine differenzierte Entscheidungsbasis, um die vorhandenen wirtschaftlichen und energetischen Potenziale voll auszuschöpfen.

Die Demonstrationsprojekte der Förderinitiative Energieeffiziente Stadt haben gezeigt, dass zum einen relativ einfache Planungshilfsmittel eingesetzt wurden, die keine ausreichende Unterstützung des Planungsprozesses bieten. Zum anderen wurden komplexe und leistungsfähige Planungshilfsmittel verwendet, ohne ihr Potenzial voll auszuschöpfen. Beides führt zu nicht optimalen Projektergebnissen. Weiterhin hat sich gezeigt, dass die in den EnEff:Stadt-Projekten verwendeten leistungsfähigen Planungshilfsmittel in der Anwendung eine hohe Komplexität erreichen und daher einen hohen Grad an Fachwissen und Einarbeitung erfordern. Für die Verwendung sowie für die Weiterentwicklung von Planungshilfsmitteln war daher eine Beteiligung von wissenschaftlichen Einrichtungen bisher unabdingbar.

Planungshilfsmittel sind erforderlich, um Szenarien in der Konzeptentwicklung bewertbar und vergleichbar zu machen und auf diese Weise eine Basis für Entscheidungen zu schaffen, die transparent und nachvollziehbar sind. Die Praxiserfahrungen zeigen, dass die Planungsaufgabe klar definiert sein muss, damit ein für die spezifische Aufgabe geeignetes Planungshilfsmittel ausgewählt werden kann und so ein hohes Nutzen-Aufwand-Verhältnis erzielt wird. In der Vorplanung müssen Planungshilfsmittel mit einer geringen Datenbasis auskommen und einfach handhabbar sein, um mit geringem Aufwand eine Vielzahl an Konzeptvarianten vergleichen zu können. Die Detailplanung erfordert hingegen eine hohe Datenqualität und -quantität für komplexe Berechnungen. Es hat sich gezeigt, dass das Datenmanagement und die Datenauswertung für alle Projektphasen eine Herausforderung darstellen.

Typische Anwendungsgebiete von Planungshilfsmitteln sind Gebäudesimulation, Auslegung der Energieversorgungssysteme, Simulation von Anlagenkombinationen, räumliche Analysen, Optimierungsrechnungen und Datenauswertung. Die Gesamtübersicht in Abbildung 3.5-8 zeigt abschließend, in welchen Projektphasen und Anwendungsgebieten die verwendeten Planungshilfsmittel eingesetzt wurden, und gibt einen Überblick über die Anwender.

Legende:

- zum Teil verwendet
- Verwendung
- eigene Recherche

Anwendungsmatrix der Planungshilfsmittel in Bezug auf:

- Einsatzphasen
- Anwendungsgebiete
- Anwender

		Planungshilfsmittel																																				
		DELPHIN 5	DesignBuilder	DHWCalc	EnerCalc	Energieberater 18599	Energy Plus	EnEV-XL 4.0	Ennovatis	EPass Helena	FreeOpt	Gnu R	GOMBIS 2.0	HDF5	IBP: DIN 18599	IDA-ICE	Insel	Matlab/Matpower	Modelica in Dymola	MoniSoft	Multilevel District Heating	NEPLAN	PHPP 2007	PV SOL	Python	Quantum GIS 1.7	ShapeUp GIS	Solarcomputer	STEFaIn	TOPSIS	Trisco	TRNSYS	V-Rom	WUFI® PLUS	ZUB Helena Ultra	Excel: Tools (Energiebedarf, Wirtschaftlichkeit etc.)		
Projektphasen	Vorplanung																																					
	Detailplanung																																					
	Monitoring																																					
Anwendungsgebiete	Räumliche Analyse																																					
	Gebäudesimulation																																					
	Auslegung einzelner Versorgungsanlagen																																					
	Auslegung von Wärmenetzen																																					
	Simulation von Anlagenkombinationen																																					
	Datenauswertung																																					
Anwender	Stadtplaner																																					
	Energieversorger																																					
	Wohnungsbaugesellschaften																																					
	Ingenieurbüros/Anlagenplaner																																					
	Architekten																																					
	Wissenschaft und Forschung																																					

Abbildung 3.5-8: Übersichtsmatrix zum Einsatz der Planungshilfsmittel in EnEff:Stadt

3.6 Leitfaden für Messkonzepte

Ein wichtiger Teil eines Demonstrationsvorhabens ist die Evaluierung des realisierten energie-sparenden 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 Wärmemengenzählern, Durchflussmessgeräten, Volumenstrommessgeräten, Temperaturfühlern, Elektrozählern, Gaszählern und anderen Brennstoffzählern, 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 muss vielmehr ein Leitfaden mit den Minimalanforderungen an die Messkonzepte zusammengestellt werden, die eine vergleichende Querauswertung der Demonstrationsvorhaben ermöglichen.

Bereits in der Begleitforschungsphase 1 wurde dieser Leitfaden für Messkonzepte für EnEff:Stadt Demonstrationsvorhaben entwickelt [7], und danach in den Phasen 2 und 3 fortgeschrieben. Der sogenannte „Messleitfaden“ beinhaltet in Texten und Bildern die Minimalanforderungen an die Monitoringkonzepte der einzelnen Vorhaben. Er beruht in Teilen auf dem Messleitfaden aus EnOB [8], der in Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer ISE und dem Fraunhofer IBP erarbeitet wurde.

Die Übertragung auf den Bilanzierungsraum von Stadtquartiere bedingt, dass die geforderte kleinste Messeinheit nicht mehr einzelne, ggf. beispielhafte Räume sind, sondern nur noch unterschiedliche Nutzeinheiten. Dafür muss jedoch das in bisher allen EnEff:Stadt Demonstrationsvorhaben beinhaltete zentrale Versorgungsnetz von der Erzeugung bis hin zu den Gebäudeanschlüssen gemessen werden.

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.

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.

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.

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.

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 viertelstündlich getaktet sein.

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 Stadtgebiet, 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.

Messung aller geförderten Technologien

Zusätzlich zu den generell geforderten Messungen aus Kapitel 3.6 müssen auch alle durch EnEff:Stadt geförderte 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 zwei Jahren o.ä.

Beispiele für die grafischen Darstellungen aus dem Messleitfaden

Abbildung 3.6-1 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.

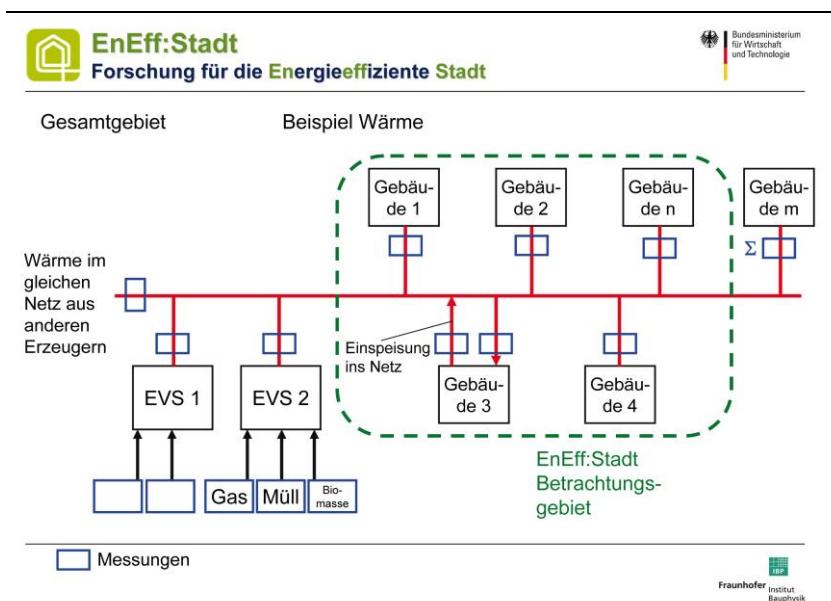


Abbildung 3.6-1: Messfühleranordnung im Bereich der Wärmeversorgung beim Energieversorgungsunternehmen und bei der Gebäudeübergabe.

Die in Kapitel 3.6 vorgegebenen Messfühleranordnungen bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen am Gebäude selbst bzw. ohne (oder nur „softe“) Maßnahmen sind in Abbildung 3.6-2 dargestellt.

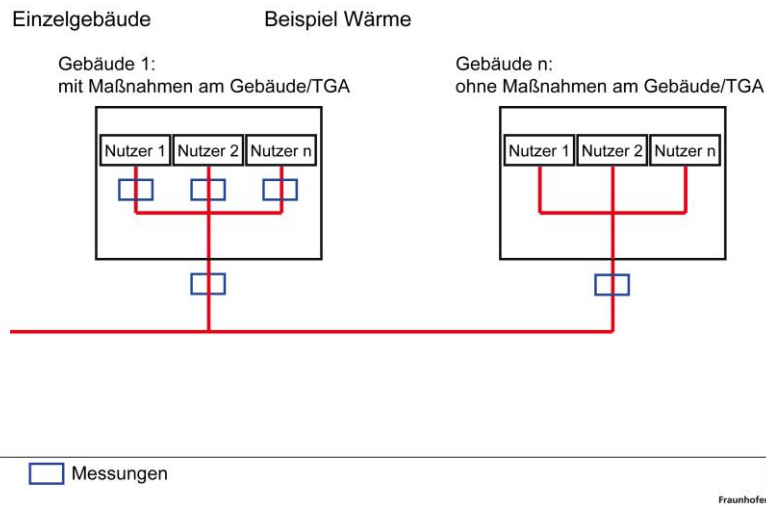


Abbildung 3.6-2: Messfühleranordnung im Bereich der Wärmeversorgung bei Gebäuden ohne technologische Maßnahmen an der Gebäudeübergabe und bei Gebäuden mit technologischen Energieeffizienzmaßnahmen zusätzlich je Nutzungseinheit.

Abbildung 3.6-3 zeigt in der linken Hälfte die Anforderungen an die Messfühler bei einem Gebäude mit Energieeffizienzmaßnahmen, das eine eigene Wärmeversorgung besitzt.

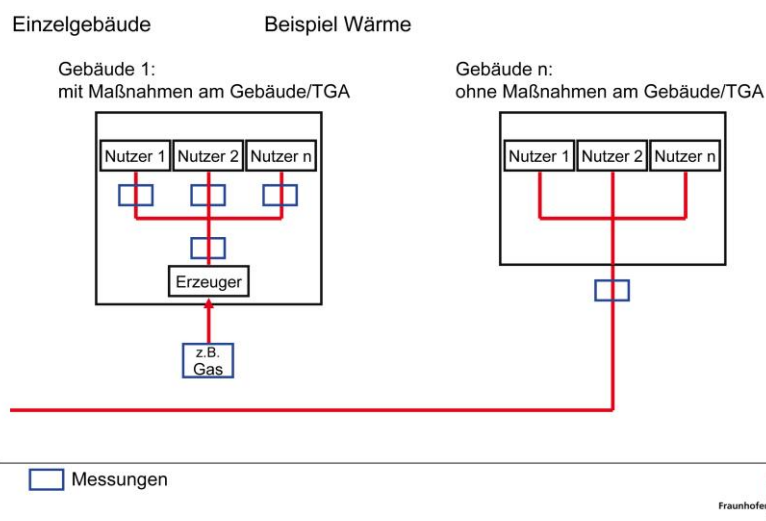


Abbildung 3.6-3: Messfühleranordnung bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen im Falle einer eigenen Wärmeversorgung (Kessel o.ä.).

In Abbildung 3.6-4 ist dargestellt, dass im Falle einer Eigennutzung von Wärme erzeugt aus erneuerbaren Energien (z.B. thermische Solarkollektoren) auch diese Wärmemenge gemessen werden muss.

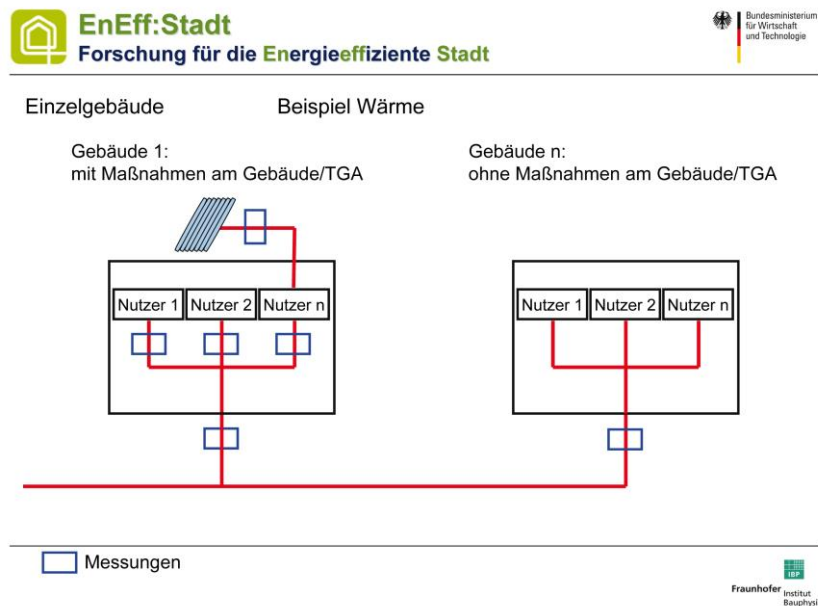


Abbildung 3.6-4: Messfühleranordnung bei Gebäuden mit Energieeffizienzmaßnahmen im Falle einer eigengenutzten Wärmeerzeugung durch erneuerbare Energien (solare Warmwasserbereitung oder solare Heizungsunterstützung o.ä.).

Im Bereich der Strommessung gelten entsprechende Mindestanforderungen, die detailliert aus dem EnEff:Stadt-Messleitfaden zu entnehmen sind.

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 Information der Energieversorger zum Erhalt der benötigten Kennwerte eingegangen werden.
2. Eine Liste der geplanten Messaufnehmer 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 Begleitforschungsteammitgliedern eingesehen werden können.

3.6.1 Umsetzung der Messvorgaben in den Demonstrationsvorhaben

Bis zum Ende der dritten Begleitforschungsphase hatten nur fünf Demonstrationsvorhaben ihre Messperiode komplettiert (siehe auch Kapitel 3.9 Monitoring-Datenbank):

- Karlsruhe-Rintheim
- Bad Aibling
- München Lilienstraße
- Ludmilla Park Landshut
- IBA Hamburg

Dabei kam es zu folgendem Umgang mit dem Messleitfaden:

Karlsruhe-Rintheim: Die Messungen wichen in beide Richtungen von den Mindestvorgaben ab. Drei Gebäude wurden sehr viel detaillierter gemessen als gefordert und zwar mit deutlich mehr Messfühlern, kleineren Messeinheiten und Messfrequenzen. Dazu gab es ein gesondertes Messprojekt der RWTH Aachen. Die zentrale Versorgung, in diesem Fall eine Fernwärme, die in eine Nahwärme einspeist, wurde leider nicht im geforderten Detail und in der vorgeschlagenen Frequenz gemessen, bzw. vom Fernwärmeversorger (der nicht in das Projekt involviert war) nicht so detailliert an das Projekt weitergereicht. So wurde z.B. der Stromaufwand der Übergabestation inkl. Pumpen nicht gemessen. Als Ersatz wurde dieser Kennwert dafür vom Projektleiter anhand von Erfahrungswerten abgeschätzt. Da es sich bei Karlsruhe-Rintheim um das allererste Vorhaben handelte, das in EnEff:Stadt umgesetzt und gemessen wurde, kam der Messleitfaden zu spät für die Planung der dortigen Messung. Das Messkonzept für Karlsruhe-Rintheim wurde bereits 2008 erstellt.

Bad Aibling: Beim Projekt Bad Aibling gab es frühzeitig einen Austausch zwischen den Projektnehmern (B&O, bzw. für die Messungen die FH Rosenheim) und der Begleitforschung. Die FH Rosenheim stellte eine detaillierte Präsentation zur Messung zur Verfügung, die von der Begleitforschung eingesehen wurde. Die Mindestmessungen wurden dabei eingehalten. Durch das geplante Nahwärmenetz mit unterschiedlichen Erzeugern inklusive solare Einspeisung wurde der Bereich zentrale Erzeugung sehr detailliert gemessen. Eine Schwierigkeit stellte die Weiterentwicklung des Quartiers während der Messung dar. Hier wurden einzelne Messfühler während der Messphase umgenutzt oder enthielten für gewisse Zeiteinheiten eines oder mehrere Gebäude. Das war so nicht im Messleitfaden vorgesehen, wurde aber nicht explizit „verboten“.

München-Lilienstraße: Das Münchner Projekt wurde anhand des Leitfadens umgesetzt. Aufgrund der dezentralen Heizungspumpen wurde jedoch ein in Teilen detaillierteres Messverfahren geplant und realisiert. Ein Schwachpunkt der Messung war die nicht vorhandene Wärmemengenmessung für die Heizung und das Warmwasser an der Gebäudekante. Stattdessen wurde jede einzelne Wohnung gemessen und daraus das Haus als Summe gebildet. Entsprechend war es nicht möglich, die Leitungsverluste zu trennen in Nahwärmeverteilung und Hausverteilung. Für die energetische Bilanzierung wurden die Leitungsverluste anhand Berechnungen mit der DIN V 18599 aufgeteilt. Im Laufe der Messung wurden einzelne Messzähler an der Gebäudekante nachgerüstet.

Ludmilla-Park Landshut: Das Neubauvorhaben in Landshut entspricht sehr genau einem typischen Demonstrationsprojekt aus EnEff:Stadt. Es wurde ein Energiekonzept ausgearbeitet, die Energieverbräuche simuliert, das Vorhaben umgesetzt und anschließend auf dem Niveau des Messleitfadens gemessen. Allerdings wurde nur die Messung innerhalb EnEff:Stadt gefördert. Zu einer Rückmeldung über die Mindestmessung kam es nicht. Trotzdem passt die angewendete „Messgenauigkeit“, d.h. die Art, Anzahl und Position der Messfühler und die Messfrequenz sehr gut zum Messleitfaden. Ggf. wurde der Projektnehmer, die FH München, rechtzeitig vom Projektträger Jülich auf den Messleitfaden aufmerksam gemacht. Eine Besonderheit im Messprojekt sind die genauen Messungen des Nutzerverhaltens (ähnlich wie in den drei Gebäuden von Karlsruhe-Rintheim). Hier wurden Raumtemperaturen, Fensteröffnungszeiten etc. gemessen, nicht zuletzt als Grundlage für die Visualisierung und dadurch geplante Verbesserung des Nutzerverhaltens. Vom Projektleiter gab es viele Rückmeldungen zu Messerfahrungen.

IBA Hamburg: Das IBA Hamburg-Projekt ist ein reines Messprojekt und beinhaltet nicht im eigentlichen Sinn ein innerhalb EnEff:Stadt konzipiertes Demonstrationsquartier sondern einzelne Bestandteile der internationalen Bauausstellung in Hamburg. Obwohl es auf Projektleiter-Meetings zum Austausch bzgl. Messerfahrungen mit der Begleitforschung und anderen Projektleitern kam, gab es keine spezifische Rückmeldung zum Messleitfaden.

Basierend auf dem Messleitfaden und den Messerfahrungen des Fraunhofer IBP sowie den Auswertungen und Projektleiterworkshops innerhalb EnEff:Stadt wird in der neuen Begleitforschung zum BMWi-Forschungsbereich „Energie in Gebäuden und Quartieren“ ein jährlich stattfindendes „Monitoring-Forum“ für neue Fördernehmer und Antragsteller entwickelt werden. Zusätzlich wird es Frequently Asked Questions (FAQs) zu Monitoring-Fragestellungen und Handlungsempfehlungen zu konkreten, gebündelten Fragestellungen aus dem Monitoring-Forum geben.

3.7 Energetische Bilanzierung

Das Ziel der energetischen Querauswertung ist, die Energieverbräuche der betreffenden Quartiere vor und nach der Umsetzung der EnEff:Stadt-Pilotprojekte miteinander zu vergleichen und die realisierten Energieeinsparungen zu ermitteln. Zusätzlich sollen die geplanten Einsparungen mit den tatsächlich gemessenen Energieverbräuchen nach der Umsetzung verglichen werden, um herauszufinden, ob die Planung verlässlich war und wo es ggf. Abweichungen in der Umsetzung, in der Effizienz der Energieversorgung oder auch durch den Einfluss der Nutzer gibt. Während dies in den einzelnen Projekten durch das jeweilige Projektkonsortium geschieht, führt das Fraunhofer IBP eine globale vergleichende Bewertung der Pilotprojekte durch. Dazu müssen die Bewertungsmethodik und die Randbedingungen der Erhebung für alle Projekte gleich sein. Da es für Stadtquartiere im Gegensatz zu Einzelgebäuden keinen definierten Bewertungsstandard gibt, wurde durch die Begleitforschung zu EnEff:Stadt eine Bewertungsmethode entwickelt, die gleichermaßen auf alle Demonstrationsvorhaben angewendet wird. Die Bewertungsmethode fußt auf der DIN V 18599 [9], dem deutschen Bewertungsstandard für die Energieeffizienz von Gebäuden, und wurde für die Bereich der lokalen zentralen Energieversorgung entsprechend erweitert.

Typische Kennwerte (im Folgenden: „Benchmarks“) für energieeffiziente Quartiere zu gewinnen, ist ein weiteres Ziel der vergleichenden Querauswertung. Dabei ist zu beachten, dass die Quartiere aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Einflussfaktoren nicht absolut miteinander vergleichbar sind. Dafür weichen im Einzelnen z. B. die Art der Gebäude, die am Standort zur Verfügung stehenden Energiequellen, die Quartiersgröße, das Baualter und weitere Einflussgrößen zu stark voneinander ab. Um bessere Vergleichbarkeit zu erreichen, soll deshalb die im Weiteren dargestellte Querauswertung von derzeit zwölf Pilotprojekten um eine große Anzahl zusätzlicher Projekte (d. h. bereits laufender und noch zu beantragender und zu bewilligender Projekte) erweitert und zudem in verschiedene Schwerpunkte aufgeteilt werden. Die nachfolgend dargestellten Energievergleiche bieten allerdings schon eine erste Übersicht und zeigen die Möglichkeiten und Trends zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Quartieren auf.

Im Einzelnen werden bis zu vier Phasen der Pilotprojekte bewertet:

1. Ausgangszustand: Das ist für Projekte mit Bestandsgebäuden der Zustand vor der energetischen Sanierung und der Umstellung der Energieversorgung. Bei Neubaugebieten wird als Ausgangszustand die Mindestanforderung für Neubauten nach der jeweils gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) [10] herangezogen. Hierzu wird über ein sogenanntes Referenzgebäude das zu bauende Gebäude gespiegelt und mit festgelegten Referenztechnologien belegt. Dies ergibt einen maximal zulässigen Primärenergiebedarf, den das zu errichtende Gebäude nicht überschreiten darf. Daraus kann dann auch der für die Querauswertung benötigte Endenergiebedarf ermittelt werden.
2. Zielzustand: Dieser stellt die geplante energetische Verbesserung dar. Dazu werden die konzipierten Effizienztechnologien sowohl baulich als auch anlagentechnisch abgebildet und so ein Zielwert für das Quartier ermittelt.

3. Messjahr 1: Nach der Umsetzung der Projekte sollen – gemäß Förderkonzept – die erreichten Verbrauchsergebnisse mindestens über zwei Jahre gemessen werden. Die so erzielten Werte ermöglichen den direkten Vergleich zwischen Planung und Realität. Oft sind im ersten Jahr nach der Umsetzung noch Betriebsoptimierungen in der Anlagentechnik nötig.
4. Messjahr 2: Im zweiten Messjahr sollten die wichtigsten Betriebsoptimierungen abgeschlossen sein, so dass im Regelfall ein etwas niedrigerer Energieverbrauch als im ersten Jahr erzielt werden kann. Es gibt allerdings auch Projekte, die innerhalb der Messjahre noch weiterentwickelt werden. Dann kann es, z. B. bei einer größeren Gebäudeanzahl, zu einem höheren Energieverbrauch als im ersten Jahr kommen.

Die Auswertungen der Messjahre 1 und 2 beruhen vornehmlich auf gemessenen Verbräuchen. Einzelne Zwischenkennwerte darin wurden dennoch durch Berechnungen ermittelt, zum Beispiel, wenn in einem Projekt nicht alle abgefragten Details durch die Messung abgedeckt waren, oder bei Ausfällen der Messtechnik.

Demgegenüber sind die Eingabekennwerte für den Zielzustand fast ausschließlich berechnete Werte (Bedarfswerte). Diese können aus der Summe der Einzelgebäudeberechnungen nach EnEV sowie aus Simulationen der Einzelgebäude, des Gesamtquartiers oder der Versorgungsnetze bestehen, oft auch in Kombination miteinander. Eine weitere Möglichkeit bieten dafür spezielle Berechnungstools für Stadtquartiere, so z. B. der im Rahmen von EnEff:Stadt entwickelte „Energiekonzeptberater für Stadtquartiere“ für den frühen Planungsstand von Projekten oder GIS-gekoppelte Simulationstools, wie sie auch in der Forschungsinitiative entwickelt werden.

Für den Ausgangszustand stammen die Energiekennwerte bei Bestandsgebäuden meist aus Messungen, bei Neubauten muss als Vergleichswert gebäudeweise die Referenzanforderung aus der Energieeinsparverordnung eingetragen werden. Da für den Bauantrag grundsätzlich ein Energieausweis berechnet werden muss, liegt ein maximal zulässiger Primärenergiebedarf (Referenzanforderung der EnEV) zur Bewertung vor. Die meisten EnEV-Berechnungstools bieten neben der primärenergetischen Anforderung auch Informationen zu den zugrunde liegenden Endenergiekennwerten des Referenzgebäudes. Bei fehlenden Kennwerten für Bestandsgebäude müssen Durchschnittsenergieverbrauchskennwerte, z. B. aus der „Gemeinsamen Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte des Bundeswirtschafts- und des Bundesbauministeriums“, oder andere nachvollziehbare Abschätzungen eingesetzt werden.

Basierend auf den Messungen bzw. Berechnungen erfolgt die Bewertung der Quartierszustände über gebäudeweise eingetragene Endenergiekennwerte für Heizung und Warmwasser, für die der entsprechende Energieträger (z. B. Erdgas, Heizöl, Strom, Biogas, Biomasse, Fernwärme etc.) angegeben werden muss. Auch der Stromverbrauch muss für alle Gebäude angegeben werden. Daraus wird dann über die Primärenergiefaktoren der Energieträger der Primärenergiebedarf oder -verbrauch ermittelt. Bei einer quartierszentralen Nahwärmerversorgung muss dafür der entsprechende Nahwärmeprimärenergiefaktor auf Basis der DIN V 18599 ermittelt werden. Die Endenergieverbräuche der Gebäude, die an die Nahwärme angeschlossen sind, müssen dem Energieträger Nahwärme zugeordnet werden. Abbildung 3.7-1 zeigt ein Schema der Endenergiemessstellen.

Selbst erzeugter, aber eingespeicherter Strom auf dem Gebäude wird hier noch nicht berücksichtigt, weil er die eigentliche energetische Qualität des Gebäudes nicht verbessert. Er wird jedoch auf der Quartiersebene berücksichtigt.
H4: Gebäude mit einer dezentralen Wärmeversorgung als Stellvertreter von möglichen weiteren Gebäuden mit dezentraler Wärmeversorgung

Rot markiert ist der Wärmeanteil, blau markiert der Stromanteil an der Endenergie. Sollte auch eine Kälteabnahme erfolgen, muss sie je nach Art des Energieträgers (Kälte aus Wärme, Fern- oder Nahkälte oder Kälte aus Strom) berücksichtigt werden.

Die Bilanzierung auf Quartiersebene bietet die Gelegenheit, die EnEff:Stadt-Projekte nach ihrem eigentlichen Ansatz zu bewerten: der Energieversorgung eines Quartiers unter Zuhilfenahme einer Nahwärmeversorgung. Hier wird auch die Energiegewinnung aus zentralen erneuerbaren Energiesystemen in der Bilanz berücksichtigt. Besonderes Augenmerk gilt dabei der Analyse der Nahwärme. Wie effizient ist die Erzeugung, wie groß sind die Anteile der dafür genutzten erneuerbaren Energien und wie hoch sind die Verluste im Nahwärmeverteilnetz? Auch hier werden zusätzlich zu den Gesamtkennwerten eines Quartiers Einzelkennwerte ermittelt, unterteilt in Wärme, Kälte und Strom. Die endenergetische Bilanzierung auf Quartiersebene erfolgt nach Gleichung (2):

$$(2): EE_Q = \text{WMZ H4} + (\text{WMZ NW BS} * \frac{\eta_{th}}{(\eta_{th} + \eta_{el})} + \text{EZ NW A}) * \frac{\text{WMZ NW} - \text{WMZ FN}}{\text{WMZ NW}} + \sum (\text{EZ H1} \dots \text{EZ H4}) + \text{WMZ NW BS} * \frac{\eta_{el}}{(\eta_{th} + \eta_{el})} * \frac{\text{EZ NW BHKW} - \text{EZ NW BHKW ES}}{\text{EZ NW BHKW}} - (\text{EZ NW BHKW} - \text{EZ NW BHKW ES}) - (\text{EZ PVZ/WKZ} - \text{EZ PVZ/WKZ ES}) - \text{EZ PVZ/WKZ ES} - \text{EZ PV1 E} \quad [\text{MWh/a}]$$

wobei:

EEQ: Endenergie auf Quartiersebene

WMZ H4: Wärmemengenzähler an der Gebäudekante von Haus 4. Haus 4 ist im Schema als Stellvertreter für alle dezentral wärmeversorgten Gebäude eingetragen. Wenn es mehr als ein dezentral wärmeversorgtes Gebäude im Quartier gibt, müssen hier alle Wärmemengenzähler aufaddiert werden.

WMZ NW BS: (Summe der) Wärme- bzw. Energiemengenzähler der Brennstoffe, die für die Nahwärmeerzeugung eingesetzt werden.

$\frac{\eta_{th}}{(\eta_{th} + \eta_{el})}$: Anteil der Brennstoffe für die Nahwärme, der für die Wärmeerzeugung eingesetzt wird, ermittelt über die Effizienz der Wärme- und Stromerzeugung. Ohne den Einsatz eines BHKWs ist der Anteil = 1.

EZ NW A: Elektrozähler der Nahwärmeversorgung für die Antriebe (Pumpen) und die Regelung des Wärmenetzes. Dieser Strombedarf oder -Verbrauch wird hier komplett dem Wärmeanteil zugerechnet, da er mehrheitlich Pumpenstrom beinhaltet.

WMZ NW: Summe der erzeugten und ins Netz eingespeisten Nahwärme (thermische Energie) in der Nahwärmestation.

WMZ FN: Nahwärme, die in ein Fremdnetz (außerhalb des betrachteten Quartiers) eingespeist wird.

EZ H1... EZ H4: Stromabnahme der einzelnen Gebäude aus dem allgemeinen Stromnetz.

$\frac{\eta_{el}}{(\eta_{th} + \eta_{el})}$: Anteil der Brennstoffe für die Nahwärme, der für die Stromerzeugung (BHKW) eingesetzt wird, ermittelt über die Effizienz der Wärme- und Stromerzeugung.

EZ NW BHKW: Summe der Stromerzeugung durch ein BHKW als Bestandteil der Nahwärmeeinheit.

EZ NW BHKW ES: Eingespeiste Strommenge aus dem Nahwärme-BHKW in das allgemeine Stromnetz.

EZ PVZ: Strommenge, die durch ein quartierszentrales Photovoltaikfeld und/oder eine quartierszentrale Windkraftanlage erzeugt wird.

EZ PVZ ES: Strommenge, die durch ein quartierszentrales Photovoltaikfeld und/oder eine quartierszentrale Wind-

kraftanlage erzeugt und in das allgemeine Stromnetz eingespeist wird.

EZ PV1 ES: Strommenge, die durch PV auf den Gebäuden (im Schema auf Haus 1) erzeugt und in das allgemeine Stromnetz eingespeist wird. Außerdem würde hier der Stromertrag von Mikrowindkraftanlagen hinzuaddiert, die es allerdings derzeit auf den Gebäudegrundstücken der EnEff:Stadt-Quartiere noch nicht gibt.

Rot markiert ist wieder der Wärmeanteil, blau der Stromanteil an der Endenergie. Um alle nötigen Kennwerte für die Bilanzierung zu erhalten und den Projektkonsortien erste Ergebnisse der Quartiersbilanzierung an die Hand geben zu können, wurde vom Fraunhofer IBP ein Bilanzierungstool für MS Excel entwickelt, in das die Projektleiter die geforderten Kennwerte eintragen. Zentral sind darin die Datenblätter für die vier Phasen Ausgangszustand, Zielzustand, Messjahr 1 und Messjahr 2 (siehe Abbildung 3.7-2). In diese soll gebäudeweise Folgendes eingetragen werden:

1. Art der Baumaßnahme: Sanierung, Neubau oder unveränderter Bestand
2. Nutzung: Wohngebäude oder Nichtwohngebäude
3. Art des Eingabewerts: Berechnet oder gemessen
4. Bezugsfläche Heizen: für Wohngebäude Wohnfläche und für Nichtwohngebäude Nettogrundfläche
5. Endenergie Wärme: Auswahl von bis zu 5 verschiedenen Energieträgern, die die Gebäude versorgen (Erdgas, Heizöl, Strom, Fernwärme, Biogas, Biomasse, Solarthermie, sonstige erneuerbare Energieträger und – vordefiniert in Spalte 5 – Nahwärme). Der Kennwert entspricht den Messwerten der Wärmemengenzählern an der Gebäudekante aus dem Schema in Abbildung 3.7-1 (WMZ H1... WMZ H4).
6. Endenergie Strom: Hier müssen gebäudeweise der Haushaltsstrom bzw. der Nutzerstrom, der Allgemeinstrom, der Gesamtstrom sowie der gebäudeweise erzeugte PV-Strom und der davon eingespeiste Anteil eingetragen werden.
7. Endenergie Kälte: Im Fall von Kälteenergieverbrauch muss hier zunächst die Bezugsfläche Kühlung (kann ggf. kleiner sein als die beheizte Fläche) eingetragen werden und dann je nach Art der Kälteerzeugung die dafür eingesetzte Endenergie. Möglich sind hierfür Kälte aus Fernwärme, gebäudezentrale Kälte aus Strom, solare Kühlung und Fernkälte.

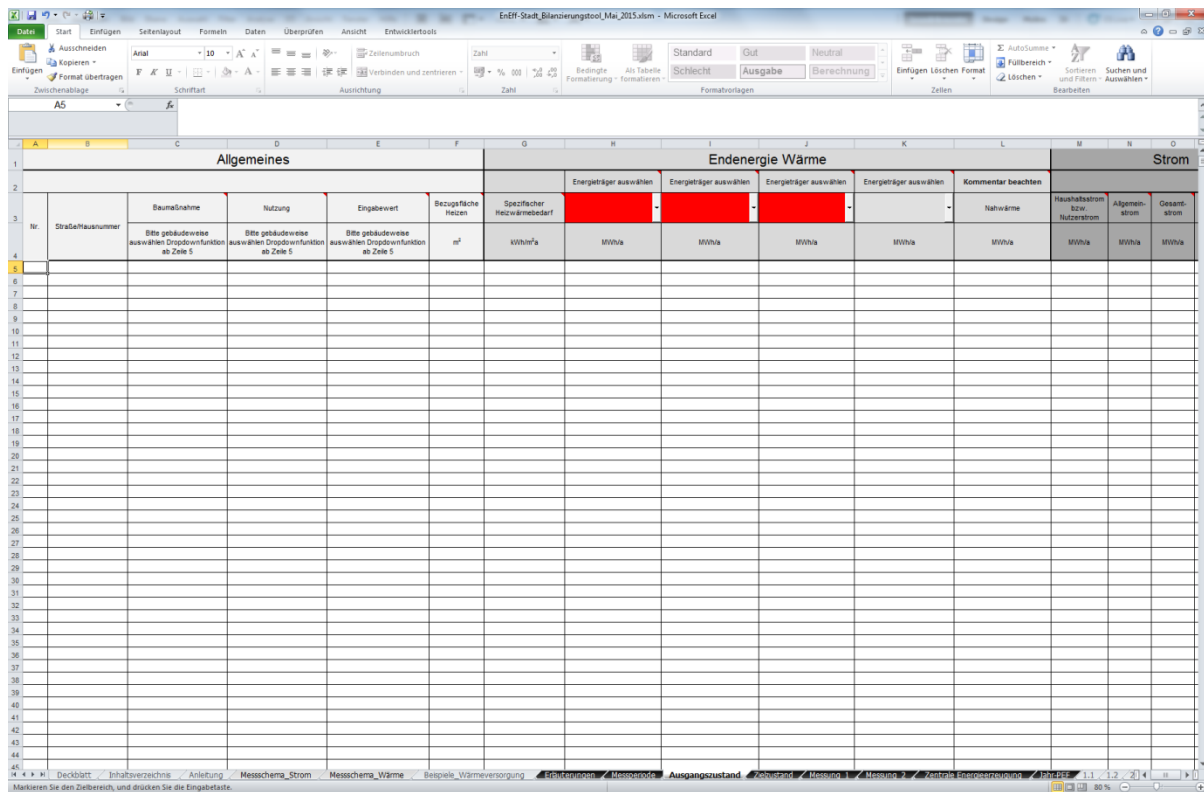


Abbildung 3.7-2: Screenshot aus dem MS-Excel-Bilanzierungstool zur Querauswertung der EnEff:Stadt-Demonstrationsvorhaben. Hier: Eingabe der Endenergie im Ausgangszustand.

Wenn mindestens eines der Gebäude einen Nahwärmeanschluss hat, müssen zusätzlich zu den vier Blättern für die vier Phasen auch noch die Nahwärmeerzeugung und die dabei entstehenden Verluste definiert werden. Dies wird im Blatt „Zentrale Energieerzeugung“ eingetragen. Es beinhaltet für alle vier Phasen Felder für folgende Kennwerte der Nahwärmeerzeugung:

1. Art des Energiesystems: Heizwerk, BHKW, Wärmepumpe, Solarthermie, Fernwärme, Abwärmenutzung
2. Energieträger: Erdgas, Heizöl, Braunkohle, Steinkohle, Strom, Fernwärme, Biogas, Biomasse, Bioöl, Sonne
3. Brennstoffeinsatz als Endenergie
4. Elektrischer Einsatz für die Pumpen und die Regelung der Nahwärme als Endenergie
5. Erzeugte thermische Energie als Endenergie und davon der Export in ein mögliches Fremdnetz
6. Leitungslänge des Nahwärmenetzes im Quartier (ohne mögliches Fremdnetz)
7. Erzeugte elektrische Energie aus einem BHKW als Endenergie und davon der Export in das allgemeine Stromnetz
8. Erzeugter Strom aus Photovoltaik oder Windkraftanlagen und davon der Export in das allgemeine Stromnetz

Im Bilanzierungstool werden dann der thermische und der elektrische Wirkungsgrad des Nahwärmeerzeugers berechnet, die Summe der abgenommenen Nahwärme der Gebäude im Quartier ausgewiesen und ein Primärenergiefaktor für die Nahwärmeversorgung auf Basis der

DIN V 18599 ermittelt. Dabei wird unter Berücksichtigung der Kennwerte aus Abbildung 3.7-1 nach Gleichung (3) vorgegangen:

$$(3) \text{ PEF NW} = \frac{(\sum (\text{WMZ NW BS} * \text{PEF BS}) + \sum (\text{EZ NW A} * \text{PEF ST}) - \sum (\text{EZ NW BHKW ES} * \text{PEF ST ES}) - \sum (\text{EZ NW BHKW} - \text{EZ NW BHKW ES}) * \text{PEF ST})}{(\sum (\text{WMZ H1} \dots \text{WMZ H3}) + \text{WMZ FN})} \quad [\text{MWh}_p/\text{MWh}_{th}] \text{ oder } [-]$$

wobei:

PEF NW: Primärenergiefaktor der Nahwärme im Quartier

WMZ NW BS: (Summe der) Wärme- bzw. Energiemengenzähler der Brennstoffe, die für die Nahwärmeerzeugung eingesetzt werden.

PEF BS: Primärenergiefaktor des jeweiligen Brennstoffs

EZ NW A: Elektrozähler der Nahwärmeversorgung für die Antriebe (Pumpen) und die Regelung. Dieser Strombedarf oder -verbrauch wird hier komplett dem Wärmeanteil zugerechnet, da er mehrheitlich Pumpenstrom beinhaltet.

PEF ST: Primärenergiefaktor des allgemeinen Stromnetzes.

EZ NW BHKW ES: Eingespeiste Strommenge aus dem Nahwärme-BHKW in das allgemeine Stromnetz.

PEF ST ES: Primärenergiefaktor für die Einspeisung ins allgemeine Stromnetz.

EZ NW BHKW: Stromerzeugung durch ein BHKW als Bestandteil der Nahwärmeeinheit.

$\sum (\text{WMZ H1} \dots \text{WMZ H3})$: Wärmemengenzähler an der Gebäudekante der Gebäude, die an die Nahwärme angeschlossen sind.

WMZ FN: Nahwärme, die in ein Fremdnetz (außerhalb des betrachteten Quartiers) eingespeist wird.

Die verwendeten Primärenergiefaktoren für die Energieträger sind der zum jeweiligen Zeitpunkt gültigen Energieeinsparverordnung entnommen, die sich ab 2007 jeweils auf die DIN V 18599 bezieht. Die Primärenergiefaktoren der allgemeinen Energieträger (z. B. Erdgas, Heizöl, Biomasse, Bioöl, Biogas, Stein- und Braunkohle etc.) sind bereits ins Bilanzierungstool eingetragen. Ebenso ist festgelegt, dass solare Energie und Geothermie einen Primärenergiefaktor von 0 erhalten. Der Primärenergiefaktor von Strom ist der Energieeinsparverordnung entsprechend abhängig vom Betrachtungsjahr. Deshalb muss das Betrachtungsjahr, ebenso wie ggf. zertifizierte Primärenergiefaktoren für die örtliche Fernwärme oder Fernkälte in das Blatt „Jahr-PEF“ eingetragen werden. Weitere Blätter im Bilanzierungstool ermöglichen es, die Dauer der Messperioden auch für einzelne Gebäude genauer zu definieren und generell Erläuterungen zu Kennwerten einzutragen. Die letzten Blätter stellen die Endenergie- und Primärenergiekennwerte für die unterschiedlichen Gebäudetypen und insgesamt für das Quartier zusammen.

Die Querauswertung beruht derzeit auf zwölf Demonstrationsprojekten, für die vollständige Angaben zu Ausgangs- und Zielzustand vorliegen. Für vier der Projekte liegen zusätzlich auch Messwerte vor:

- Demonstrationsvorhaben Bad Aibling: Eine Militärbrache auf dem Weg zur Nullenergiestadt
- Demonstrationsvorhaben Berlin Adlershof: Wärmeverbundnetz „Wohnen am Campus“
- Demonstrationsvorhaben Biberach: Niedrigenergie-Quartiersentwicklung Bürgerheim Biberach
- Demonstrationsvorhaben Braunschweig (Campus): blueMAP TU Braunschweig
- Demonstrationsvorhaben Freiburg Weingarten: Modellhafte Stadtquartierssanierung Freiburg Weingarten-West

- Demonstrationsvorhaben Karlsruhe Rintheim: Integrales Quartiers-Energiekonzept Karlsruhe Rintheim
- Demonstrationsvorhaben Landshut: Plusenergiesiedlung Ludmilla-Wohnpark Landshut
- Demonstrationsvorhaben Ludwigsburg: Integriertes Energie-Quartierskonzept Ludwigsburg Grünbühl/Sonnenberg
- Demonstrationsvorhaben Lüneburg (Campus): Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg
- Demonstrationsvorhaben München Lilienstraße: Sanierung und CO₂-neutrale Wärmeversorgung einer 50er-Jahre-Wohnanlage
- Demonstrationsvorhaben Stuttgart Neckarpark: Neues Stadtquartier "Neckarpark Stuttgart", Nahwärme und -kälte aus Abwasser
- Demonstrationsvorhaben Weimar Zöllnerviertel: Modellprojekt „Altes Zöllnerviertel“ in der Weimarer Innenstadt

Eine Beschreibung der Projekte, der verantwortlichen Projektnehmer für das Ausfüllen des Bilanzierungstools und der jeweils bilanzierten Projektphasen ist in der EnEff:Stadt-Schriftenreihenausgabe „Energetische Bilanzierung von Quartieren: Ergebnisse und Benchmarks aus Pilotprojekten – Forschung zur energieeffizienten Stadt“ [11] enthalten.

Neben Kennwerten zur insgesamt und im Mittel erreichten Energieeinsparung in den oben genannten Quartieren sollen in dieser Publikation auch erste Benchmarks aus miteinander vergleichbaren Quartieren bzw. Versorgungsarten ermittelt werden. Dafür werden alle zwölf Quartiere einander in Tabelle 3.7-1 vergleichend gegenübergestellt. Die Projekte sind in der Tabelle recht grob unterteilt nach Quartiersgröße, Projekttyp, Gebäudeart, Energieversorgung im Ausgangs- und Zielzustand sowie Einsatz von erneuerbaren Energien im Zielzustand. Doch schon diese Darstellung unterstreicht die große Bandbreite der Unterschiede zwischen den Projekten – und zeigt einmal mehr, dass diese nur schwer miteinander vergleichbar sind. Greift man jedoch einzelne Gesichtspunkte zur genaueren Betrachtung heraus, lassen sich acht interessante Vergleichsgruppen bilden:

1. Sanierung und zum Teil Nachverdichtung von Quartieren mit mehrheitlich oder ausschließlich Wohngebäuden (Mehrfamilienhäuser) und Nahwärmeversorgung im Zielzustand: Freiburg Weingarten, Karlsruhe Rintheim, München Lilienstraße
2. Universitätscampus-Projekte mit mehrheitlich zu sanierenden Bestandsgebäuden (ausschließlich Nichtwohngebäude) mit zentraler Versorgung im Ausgangs- und Zielzustand und geplantem Einsatz von erneuerbaren Energien (Photovoltaik und Biogas): Braunschweig (Campus), Lüneburg (Campus)
3. Neubauprojekte mit Wohngebäuden und mehrheitlich zentraler Energieversorgung im Zielzustand: Berlin Adlershof, Landshut, Ludwigsburg
4. Quartiere mit Wohn- und Nichtwohngebäuden, Nahwärmeversorgung im Zielzustand sowie großen Anteilen an der Energieerzeugung durch erneuerbare Energien: Bad Aibling, Biberach, Stuttgart Neckarpark, Weimar Zöllnerviertel
5. Quartiere mit Nahwärmeversorgung im Zielzustand unter Nutzung geothermischer Wärmepumpen: Landshut, Ludwigsburg, München Lilienstraße, Weimar Zöllnerviertel
6. Quartiere mit Nahwärmeversorgung im Zielzustand unter Nutzung von Solarthermie: Bad Aibling, Biberach, München Lilienstraße
7. Quartiere mit zentralen Photovoltaikfeldern: Bad Aibling, Braunschweig, Lüneburg, München Lilienstraße
8. Quartiere mit Nahwärmeversorgung im Zielzustand unter Nutzung von Biogas: Braunschweig (Campus), Landshut, Lüneburg (Campus)

Diese insgesamt acht Gruppen von Demonstrationsprojekten werden nach einer allgemeinen Auswertung über alle Quartiere in der Ausgabe der Schriftenreihe zusätzlich gesondert analysiert.

Tabelle 3.7-1 Vergleich der zwölf Quartiere

		Bad Aibling	Berlin Adlershof	Biberach	Braunschweig (Campus)	Freiburg Weingarten	Karlsruhe Rintheim	Landshut	Ludwigsburg	Lüneburg (Campus)	München Lilienstraße	Stuttgart Neckarpark	Weimar Zöllnerviertel
Wohn- und Nettogrundfläche im Zielzustand	≤ 20.000 m ²							■	■		■		
	> 20.000 m ²	■	■	■			■			■			■
	≤ 100.000 m ²												
	> 100.000 m ²				■	■						■	
Projekttyp	Sanierung				■	■	■						■
	Sanierung + Nachverdichtung	■		■						■	■		
	Neubau		■					■	■			■	
Gebäudeart	Wohngebäude		■				■	■	■		■		
	Nichtwohngebäude				■					■			
	Mix	■		■		■						■	■
Energieversorgung im Ausgangszustand	Dezentral (z.B. Kessel)		■				■	■	■		■	■	■
	Zentral (Fern- oder Nahwärme)	■			■	■							
	Mix			■						■			
Energieversorgung im Zielzustand	Dezentral (z.B. Kessel/Wärmepumpe)												
	Zentral (Nahwärme)	■	■	■	■	■			■	■	■	■	
	Mix						■	■					■
Einsatz von erneuerbaren Energien im Zielzustand	Photovoltaik	■			■			■		■	■		
	Solarthermie	■	■	■			■				■		
	Biomasse	■		■									■
	Biogas				■			■	■	■			
	Geothermie						■	■	■		■		■
	Abwasser											■	

3.7.1 Ergebnisse der energetischen Querauswertung

Die komplette energetische Querauswertung in der Schriftenreihe enthält detaillierte Ergebnisse inklusive Diagramme und Tabellen zu folgenden Auswertungsbereichen, teilweise inklusive einer Aufteilung in unterschiedliche Energiearten (Wärme/Strom/Kälte) und Gebäudetypen (Wohngebäude/Nichtwohngebäude):

- Flächen und Gebäudearten
- Endenergie an der Gebäudekante
- Endenergie des Quartiers
- Energieträger und -erzeuger
- Nahwärmeversorgung
- Anteil der erneuerbaren Energien
- Primärenergie des Quartiers
- Primärenergiefaktoren
- Mittelwerte der Endenergie und Primärenergie im Quartier
- Einordnung in den Zielkorridor aus Energieeinsparung und Erhöhung des erneuerbaren Energieanteils
- Gesonderte Untersuchung vergleichbarer Projekte

Im vorliegenden Abschlussbericht kann aus Platzgründen nur eine Auswahl der wichtigsten Ergebnisse und die ermittelten ersten Benchmarks präsentiert werden.

Querauswertung der Endenergie an der Gebäudekante

Durch die Endenergie an der Gebäudekante kann dargestellt werden, wie effizient die Gebäude mit ihrer baulichen Ausführung und der enthaltenen technischen Gebäudeausrüstung sind. Bei relativ ineffizienten Gebäuden, also solchen mit hohem Endenergiebedarf bzw. -verbrauch an der Gebäudekante, können gute Primärenergiekennwerte nur über eine Energieversorgung mit niedrigem nicht erneuerbaren Primärenergiefaktor entstehen. Das bedeutet eine Energieversorgung mit hohen Anteilen von erneuerbaren Energien: entweder dezentral über Biomassekessel, Solarthermie oder der Nutzung von Geothermie oder Umweltenergie durch Wärmepumpen oder zentral durch Nahwärmeversorgung mit Anteilen von erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung.

Bei der Endenergie an der Gebäudekante werden in der vorliegenden Auswertung folgende Energieanteile (noch) nicht berücksichtigt:

- Aufwand für die Nahwärme (Erzeugung, Speicherung, Verteilung)
- Einspeisung von selbst erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energieträgern (auf den Gebäuden und zentral im Quartier) in das allgemeine Stromnetz
- Selbstnutzung von zentral selbst erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energieträgern

Die Abbildung 3.7-3 zeigt die ermittelte gesamte Endenergie an der Gebäudekante für die zwölf Demonstrationsprojekte in ihren bis zu vier Phasen als flächenbezogene Endenergie.

Endenergie Gebäudekante gesamt

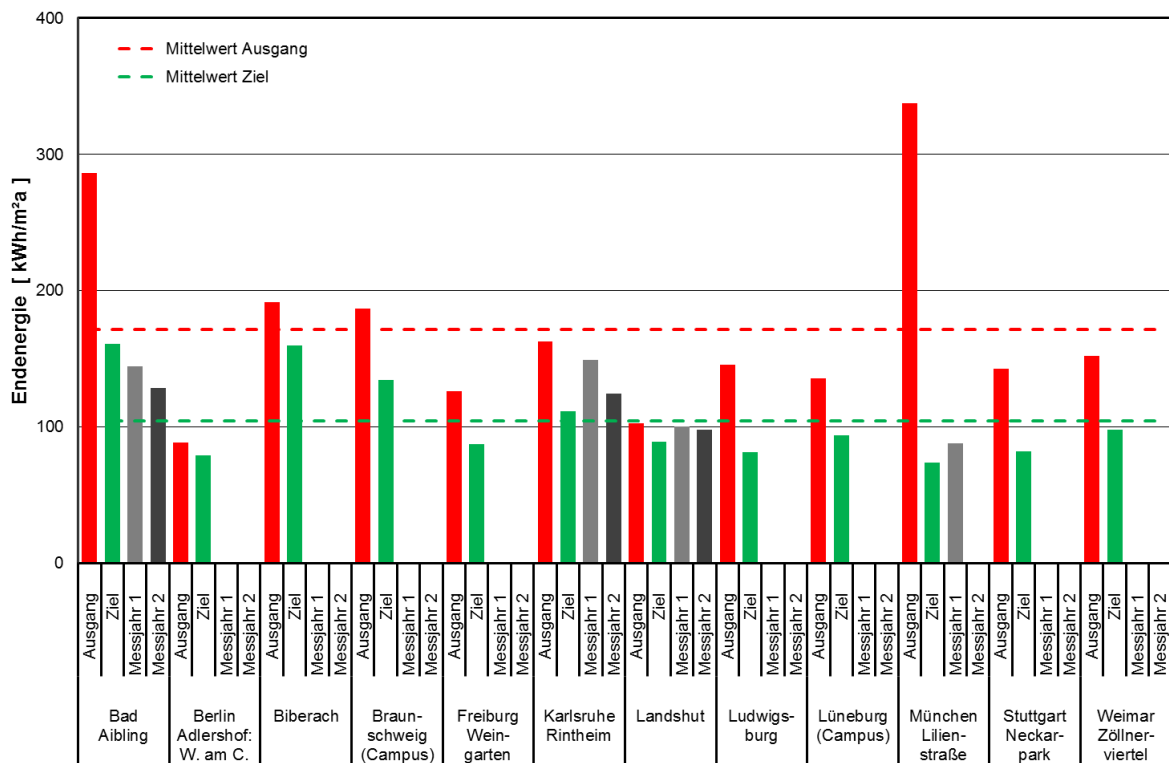


Abbildung 3.7-3: Vergleich der flächenbezogenen Endenergie an der Gebäudekante zwischen den ausgewerteten Demonstrationsprojekten.

Bezogen auf die in den Projekten vorhandenen beheizten Wohn- und Nettogrundflächen ergeben sich folgende Kennwerte: Der höchste Endenergiekennwert an der Gebäudekante entstammt dem Ausgangszustand im Projekt München Lilienstraße mit 338 kWh/m²a. Hier führt die Verbindung aus unsanierten Gebäuden und Gas-Einzelöfen zu hohen Energieverbräuchen. Den geringsten bezogenen Endenergieverbrauch an der Gebäudekante weist ebenfalls München Lilienstraße auf, mit 73 kWh/m²a im Zielzustand. Die Mittelwerte betragen für den Ausgangs- und den Zielzustand 171 kWh/m²a bzw. 104 kWh/m²a. Als mittlere Endenergieeinsparung ergeben sich somit 67 kWh/m²a bzw. in Relation zum Ausgangszustand 39 %. Diese Einsparung bezieht sich auf die wärmebezogene und die strombezogene Endenergie und umfasst auch die (geringe) kältebezogene Endenergie jeweils für ein ganzes Quartier und ist damit schon beträchtlich zu nennen.

Querauswertung der eingesetzten Energieträger für die Wärme und deren Erzeugereinheiten

Eine Analyse der eingesetzten Energieträger zeigt bei der Bilanzierung an der Gebäudekante (Abbildung 3.7-4), dass bei fast allen Demonstrationsprojekten zumindest ab dem Zielzustand die Nahwärme (eingetragen in Orange) dominiert.

Energieträger Wärme

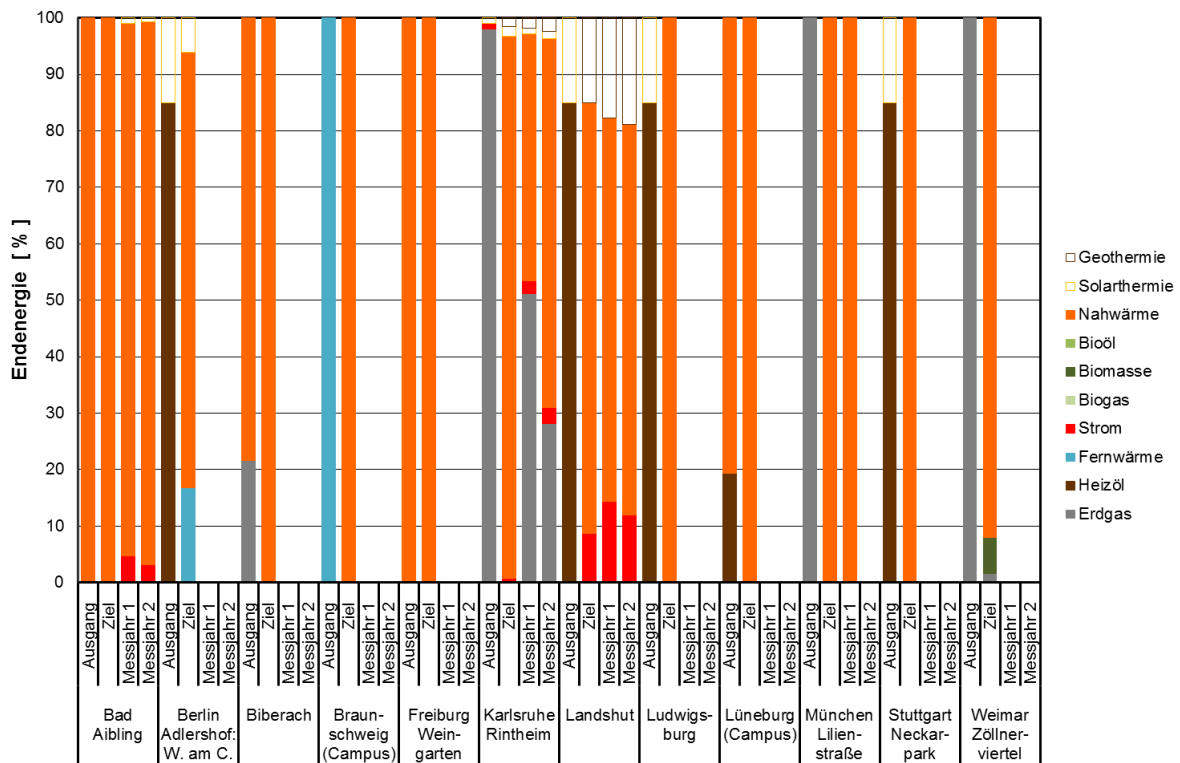


Abbildung 3.7-4: Eingesetzte Energieträger an der Gebäudekante als relative Anteile für alle zwölf Demonstrationsprojekte

Die Energieträger zur Nahwärmeerzeugung in den Quartieren werden in Abbildung 3.7-5 aufgeschlüsselt. Für die Demonstrationsvorhaben Ludwigsburg und Stuttgart Neckar-park kann die Nahwärmeerzeugung nicht anhand der Bilanzierungstools bezüglich der Energieträger analysiert werden, da sie über einen zertifizierten bzw. berechneten Primärenergiefaktor abgebildet wird. Die Energiemengen in den Projekten Bad Aibling, Freiburg Weingarten und Lüneburg beinhalten auch die Abgaben an die Fremdnetze. Viele der Projekte nutzen im Zielzustand erneuerbare Energien zur Nahwärmeerzeugung, so z. B. Bad Aibling und Biberach (Biomasse und Solarthermie), Braunschweig, Landshut und Lüneburg (Biogas) und München Lilienstraße (Geothermie und Solarthermie). In anderen Projekten wird entweder Fernwärme in das Nahwärmenetz übergeben (Berlin Adlershof, Braunschweig, Karlsruhe) oder Nahwärme mit Erdgas-Heizwerken und teilweise Erdgas-BHKWs erzeugt (Bad Aibling, Biberach, Freiburg Weingarten, Lüneburg, München Lilienstraße (Erdgasmotorwärmepumpe + Erdgaskessel) und Weimar Zöllnerviertel. Die Energieträger werden oft als Mix eingesetzt, nur in Berlin Adlershof, Freiburg Weingarten, Karlsruhe Rintheim, Landshut und Weimar ist es jeweils nur ein einziger Energieträger (neben dem Strom für Antriebe).

Energieträger zur Nahwärmeerzeugung

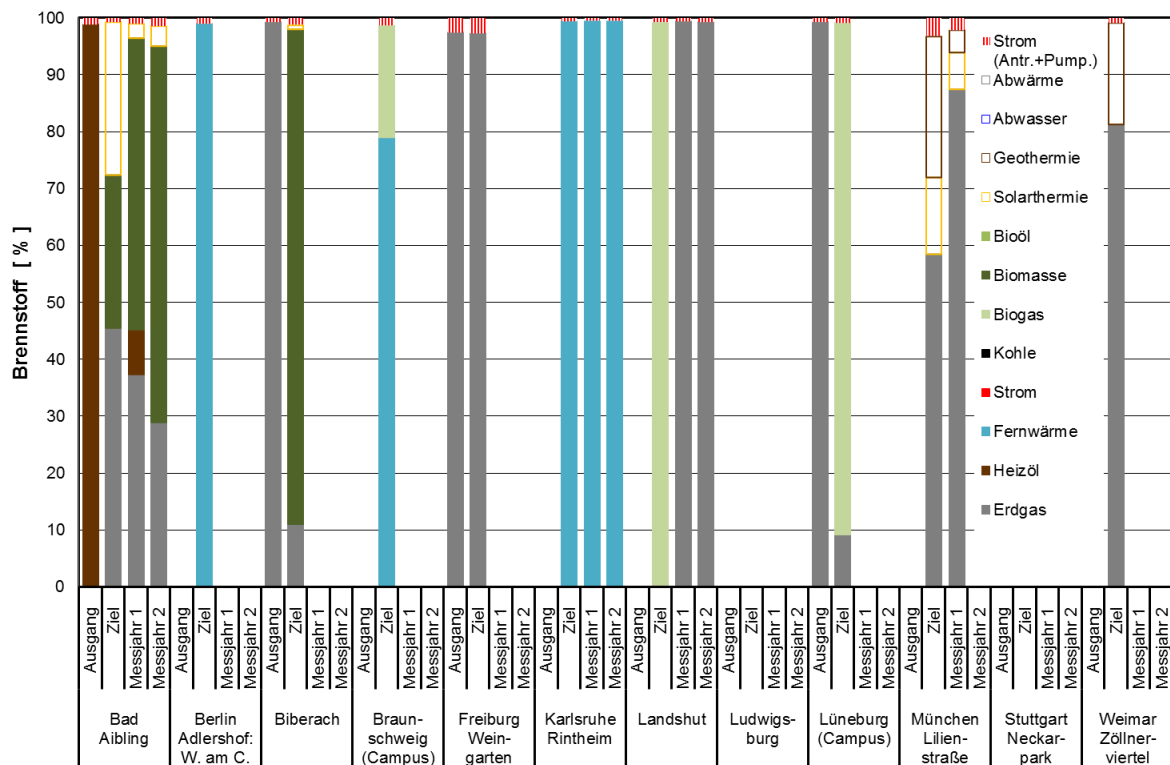


Abbildung 3.7-5: Eingesetzte Energieträger zur Nahwärmeerzeugung als relative Anteile für alle zwölf Demonstrationsprojekte.

Querauswertung der Primärenergie der Quartiere

Die Reduzierung des Primärenergieverbrauchs der Quartiere ist ein exakt quantifiziertes Ziel im Förderkonzept EnEff:Stadt. Hier heißt es unter den Auswahlkriterien für innovative Pilot- und Demonstrationsvorhaben u. a.: „Erfüllung der Anforderungen an die Primärenergieeffizienz (Reduzierung um mehr als 30 %)“. In dieser Auswertung wird neben der Analyse, welche primärenergetischen Zielwerte mit welchen Startbedingungen und Lösungsansätzen möglich sind, auch geprüft, ob die Vorhaben das vorgegebene primär-energetische Ziel des Förderkonzepts einhalten oder zumindest gemäß Zielzustand erreichen können.

Abbildung 3.7-6 stellt die Primärenergiebedarfs- bzw. -verbrauchswerte der zwölf ausgewerteten Demonstrationsvorhaben dar. Dabei sind „Gutschriften“ für ins allgemeine Stromnetz eingespeiste Strommengen berücksichtigt, die mithilfe erneuerbarer Energiesysteme (PV, ggf. auch Windenergie) erzeugt werden. Der Primärenergiefaktor der jeweiligen Nahwärme, der in wenigen Fällen sogar negative Werte erreicht (z. B. mit erneuerbaren Energieanteilen und Kraft-Wärme-Kopplung), wird gemäß DIN V 18599 berechnet und eingesetzt, wie bereits beschrieben wurde. Auch die Kälteanteile in den Projekten Campus Lüneburg und Stuttgart Neckarpark sind in der Auswertung enthalten.

Primärenergie der Quartiere

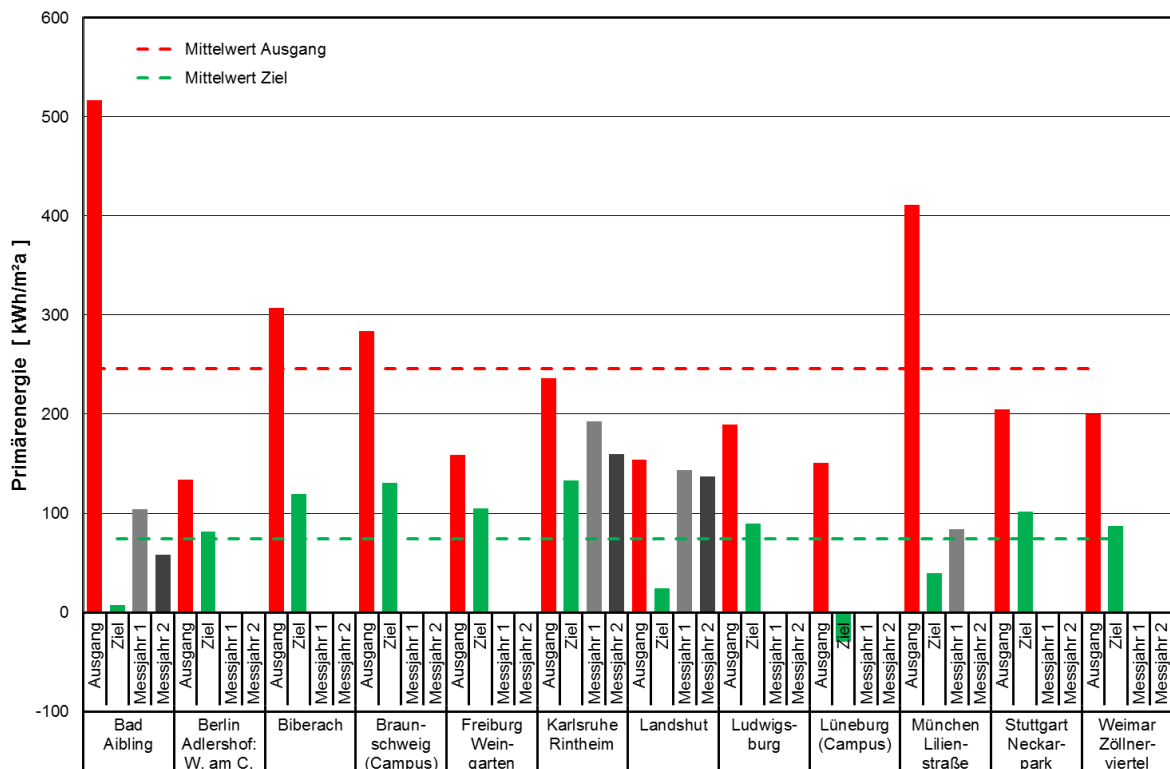


Abbildung 3.7-6: Flächenbezogene Primärenergieverbrauchs- und -bedarfswerte der zwölf ausgewerteten Demonstrationsvorhaben.

Flächenbezogen weist unter den zwölf Demonstrationsvorhaben Bad Aibling den mit 517 kWh/m²a höchsten Primärenergieverbrauch im Ausgangszustand auf. Den niedrigsten Kennwert erreicht im Ausgangszustand Berlin Adlershof mit 134 kWh/m²a. Dieser Wert wurde mit Bezug auf Referenztechnologien aus der EnEV berechnet. Der Mittelwert im Ausgangszustand beträgt 246 kWh/m²a. Im Zielzustand bewegen sich die primärenergetischen Kennwerte zwischen -29 kWh/m²a (Campus Lüneburg) und 133 kWh/m²a (Karlsruhe Rintheim). Als Mittelwert im Zielzustand ergeben sich 74 kWh/m²a. Damit reduziert sich die Primärenergie im Mittel um 172 kWh/m²a oder 70 %. Alle Projekte planen eine primärenergetische Einsparung zwischen Ausgangszustand und Zielzustand von mehr als 30 %. Die jeweiligen Einsparungen sollen zwischen 34 % (Freiburg Weingarten) und 120 % (Campus Lüneburg mit einem berechneten negativen Primärenergiebedarf für den Zielzustand) liegen, wie Abbildung 3.7-7 zeigt.

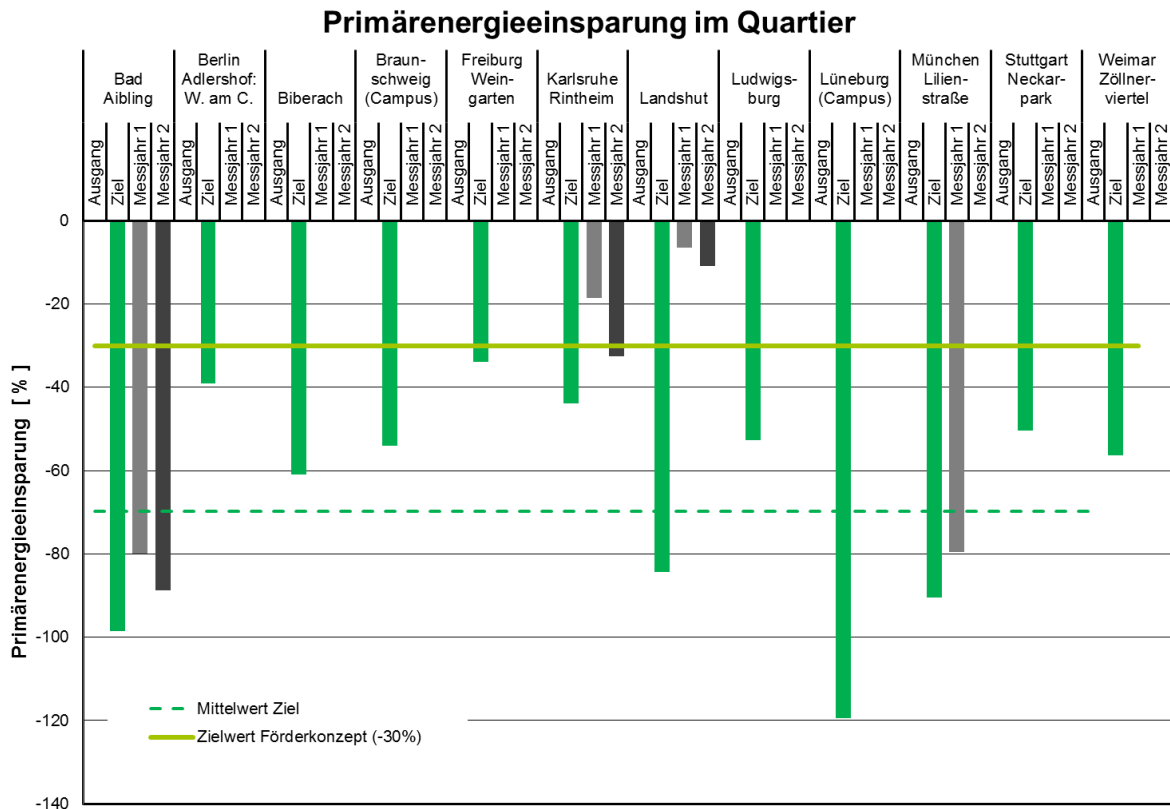


Abbildung 3.7-7: Relative Primärenergieeinsparungen, basierend auf den flächenbezogenen Primärenergieverbrauchs- bzw. -bedarfswerten im Vergleich zum Zielwert des Förderkonzepts EnEff:Stadt.

Die energetische Querauswertung erbrachte darüber hinaus folgende erste Benchmarks:

- Der Ausgangswert des Endenergieverbrauchs (Wärme plus Strom) der Wohngebäude aus den EnEff:Stadt Demonstrationsquartieren an der Gebäudekante beträgt 174 kWh/m²a und passt sehr gut zum entsprechenden Kennwert von 185 kWh/m²a, der von der BMWi-Projektgruppe Energiebilanzen ermittelt wurde.
- Der Mittelwert des geplanten Endenergiebedarfs der energetisch optimierten Wohngebäude aus den EnEff:Stadt-Demonstrationsquartieren an der Gebäudekante beträgt 93 kWh/m²a. Zielwerte für die mittlere Endenergie für Wohngebäude an der Gebäudekante von unter 100 kWh/m²a bzw. Einsparungen von 40 % können damit in den Demonstrationsquartieren angestrebt werden.
- Der mittlere Stromverbrauch der Wohngebäude ohne Berücksichtigung von Einspeisungen ins allgemeine Stromnetz ist nahezu unabhängig von der Projektphase und beträgt 28 kWh/m²a.
- Als Kennwert für den Strom-Input (Pumpenantrieb, Regelung etc.) in die Nahwärme in Abhängigkeit von der erzeugten thermischen Energie konnte 0,0132 MWh_{el} je MWh_{th} ermittelt werden.

- Die Netzverluste der gemessenen Nahwärmeversorgungen betragen zwischen 13,4 % und 18,9 % der gesamten Endenergieabnahmen durch die Gebäude. Als Benchmark können also ca. 15 % Netzverluste in Abhängigkeit von der Endenergieabnahme der Gebäude angenommen werden.
- Die angestrebte Primärenergieeinsparung von 30 % im Quartier (Förderkriterium) wird von allen Vorhaben eingehalten. Ggf. könnte die Vorgabe auf 40 bis 50 % Primärenergieeinsparung im Quartier erhöht werden.
- Die ausgewerteten Vorhaben zeigen, dass für eine Wohnquartierssanierung ein Zielwert von unter 100 kWh/m²a Endenergie (Wärme plus Strom) an der Gebäudekante angestrebt werden kann. Für ambitioniertere Maßnahmen an der Gebäudehülle kann dieser Zielwert auf 85 kWh/m²a gesenkt werden.
- Für sanierte große Wohngebäude kann ein Endenergiebedarf Wärme an der Gebäudekante von 60 kWh/m²a und ein Endenergiebedarf Strom an der Gebäudekante von 30 kWh/m²a angestrebt werden.
- Für eine Wohnquartierssanierung kann ein Zielwert von unter 120 kWh/m²a Primärenergie im Quartier angestrebt werden. Für eine Kombination aus ambitionierteren Maßnahmen an der Gebäudehülle und einer Nahwärmeversorgung mit hohen erneuerbaren Energieanteilen kann der Zielwert auch auf deutlich unter 100 kWh/m²a (bis hin zu 50 kWh/m²a, wie das Beispiel München Lilienstraße zeigt) abgesenkt werden.
- Soweit sich aus nur zwei Vorhaben ein Benchmark bilden lässt, kann für den bezogenen Endenergieverbrauch Wärme an der Gebäudekante eines Universitätscampus, der aus reinen Nichtwohngebäuden besteht, ca. 100 kWh/m²a angenommen werden. Dieser kann durch Sanierungsmaßnahmen an Teilen der Gebäude innerhalb eines Gesamtkonzepts deutlich gesenkt werden, nämlich um ca. 30 %.
- Auch bei Quartieren mit relativ hohem Stromverbrauch, wie Universitätscampus, können erneuerbare Energieanteile an der Stromversorgung von 40 % und darüber erreicht werden, zum Beispiel durch eine Kombination aus zentralen und dezentralen Photovoltaikanlagen und Stromerzeugung aus Biogas-BHKW, wie hier gezeigt wurde.
- Die Neubauwohnquartiere in EnEff:Stadt haben einen geplanten Endenergiebedarf an der Gebäudekante, der gegenüber den EnEV-Anforderungen um rund 25 % niedriger ist. Auch in Quartieren sollte also eine über die EnEV hinausgehende Gebäudeanforderung angestrebt werden.
- Auch in Mischquartieren können Endenergiekennwerte auf Gebäudeebene von deutlich unter 100 kWh/m²a im Neubaubereich und um ca. 160 kWh/m²a im Bestandsbereich geplant werden. Eines der EnEff:Stadt-Bestandsquartiere, das Zöllnerviertel in Weimar, plant einen Endenergiekennwert auf der Gebäudeebene von 98 kWh/m²a.
- Auch in Mischquartieren können erneuerbare Energieanteile an der Wärmeversorgung von 50 %, an der Stromversorgung von 30 % und an der gesamten Energieversorgung im Quartier von 40 % angestrebt werden.
- In Mischquartieren können Primärenergiekennwerte von ca. 100 kWh/m²a eingeplant und, wie das Projekt Bad Aibling zeigt, auch messtechnisch nachgewiesen werden.

- Die Nutzung von Geothermie zusammen mit anderen erneuerbaren Energieträgern führt in den EnEff:Stadt-Quartieren zu einem erneuerbaren Anteil an der Wärmeversorgung von 20 % bis 67 %.
- Die EnEff:Stadt-Pilotprojekte zeigen, dass Geothermie zusammen mit anderen erneuerbaren Energieträgern dazu beitragen kann, den Primärenergiebedarf auf deutlich unter 100 kWh/m²a und im Mittel um 75 % zu senken.
- Die bisher ausgewerteten Demonstrationsvorhaben mit solaren Anteilen an der Nahwärmeerzeugung weisen eher moderate Beiträge durch Solarthermie auf. Diese betragen in der Planung zwischen 1 % und 27 %, gemessen werden konnten bisher nur 7 %.
- Bei einem Fokus auf erneuerbare Energien inklusive Solarthermie in der Nahwärmeerzeugung kann ein Anteil von über 50 % erneuerbarer Energien in der Quartierswärmeversorgung geplant und, wie Bad Aibling zeigt, auch messtechnisch nachgewiesen werden.
- Der Einsatz von Photovoltaik kann in der Jahresbilanz zu einer (nahezu) vollständigen Abdeckung des Strombedarfs von Stadtquartieren mit vielen Wohngebäuden führen, wie die zwei Demonstrationsvorhaben Bad Aibling und München Lilienstraße zeigen.
- Der Einsatz von Photovoltaik kann zu einem erneuerbaren Energieanteil an der Stromversorgung von Quartieren von über 50 % führen.
- Der Einsatz von Biogas in der Nahwärmeerzeugung ermöglicht einen erneuerbaren Energieanteil an der Wärmeversorgung von Quartieren von 60 % bis 70 %.
- Ersetzt man aus Kosten-, Verfügbarkeits- oder anderen Gründen das geplante Biogas in der Nahwärmeerzeugung durch Erdgas, steigt der Primärenergieverbrauch um bis zu über 250 % an. Bei der Planung einer Nahwärmeversorgung mit Biogas muss unbedingt sichergestellt werden, dass das Biogas auch langfristig in der geplanten Menge zum Einsatz kommt.

Diese ersten Benchmarks sollten unbedingt mit weiteren Projektergebnissen untermauert und geschärft werden. Weitere Vorhaben könnten auch Bereiche der Siedlungstypologie oder eingesetzte Technologien abdecken, die bis jetzt nicht oder nicht ausreichend für eine gesonderte Auswertung herangezogen werden konnten.

3.8 Wirtschaftlichkeitsbewertungsmethode und Bilanzierungstool

Um die Demonstrationsprojekte nicht nur energetisch sondern auch finanziell zu bewerten, hat die Begleitforschung eine einfache Methode zur wirtschaftlichen Bewertung erarbeitet. Die Ausgangssituation war, dass die Demonstrationsvorhaben entweder keine oder aber stark unterschiedliche finanzielle Angaben zu den geplanten und umgesetzten Maßnahmen in ihren Zwischenberichten und Schlussberichten dokumentierten. Es gab z.B. einzelne Investitionskosten für Maßnahmen oder aber Wärmegestehungskosten im Vergleich mit anderen Systemen, die nicht nachvollziehbar ermittelt wurden. D.h. die verwendeten Kennwerte unterschieden sich (sofern es überhaupt Angaben gab) und auch die Berechnungsmethoden und Randbedingungen.

Die von der Begleitforschung entwickelte Wirtschaftlichkeitsmethodik lehnt sich an die Cost-Optimal-Methode der Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie [12] an, indem sie die gleichen Kosteneinheiten berücksichtigt. Es handelt sich um einen volkswirtschaftlichen Ansatz, also eine Gesamtbetrachtung von Investitions-, Planungs- und Betriebskosten die je nach Projekt bei unterschiedlichen Akteuren auflaufen. Teilweise sind die Kostenarten voneinander über Faktoren abhängig, so z.B. die Ersetzungskosten (AfA) von den Investitionskosten. Die dabei berücksichtigten Kostenarten sind:

- Investitionskosten unterteilt in Gebäude und zentrale Energieerzeugung und dabei jeweils unterteilt in die Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 [13] und in Gesamtkosten und ausschließlich Kosten für die energetisch wirksamen Maßnahmen
- Planungskosten unterteilt in Gebäude und zentrale Energieerzeugung und dabei jeweils unterteilt in die Kostengruppen 300 und 400 und in Gesamtkosten und ausschließlich Kosten für die energetisch wirksamen Maßnahmen
- Energiekosten unterteilt in Wärme, Kälte und Strom, sowie selbst generierten Strom und wo nötig unterteilt in Grundpreis und Arbeitspreis
- Instandhaltungskosten unterteilt in Gebäude und zentrale Energieversorgung
- Ersetzungskosten (AfA)

Mit der Bewertungsmethode soll der Ausgangszustand (bei Neubaugebieten ähnlich wie bei der energetischen Bilanzierung die Mindestanforderung nach der zu diesem Zeitpunkt gültigen Energieeinsparverordnung) mit dem Planungszustand bzw. nach der Realisierung des Projekts als Update mit dem umgesetzten Zustand verglichen werden. Dabei sind die entsprechenden Energiekennwerte aus der energetischen Bilanzierung zu verwenden. Abbildung 3.8-1 zeigt eine grafische Darstellung der möglichen Anwendungszeitpunkte der Bewertungsmethode für die Wirtschaftlichkeit.

Wirtschaftlichkeitsbewertung: Wann?

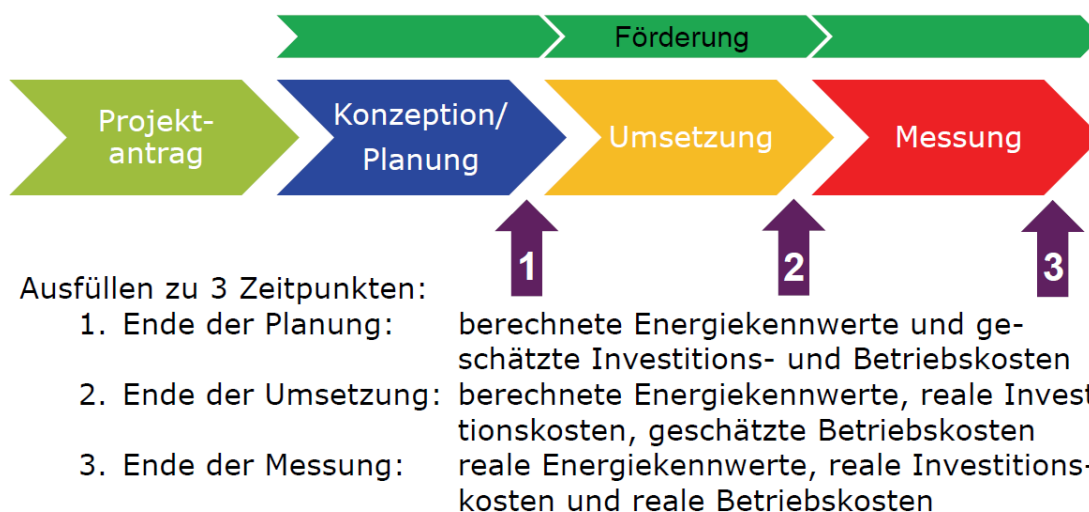


Abbildung 3.8-1: Grafische Darstellung der Zeitpunkte in einem Demonstrationsverfahren, an dem die Wirtschaftlichkeitsbewertung angewendet werden kann.

Berechnet werden folgende Ergebnisse jeweils für die Gesamtmaßnahmen und nur die energetisch wirksamen Maßnahmen:

- Statische Amortisationszeit in Jahren
- Dynamische Amortisationszeit in Jahren
- Kapitalwert (für die beiden Zustände vor und nach dem Projekt und als Differenz) in Euro
- Statische Energieeinsparkkosten in Euro/kWh
- Dynamische Energieeinsparkkosten in Euro/kWh

Die Methode, die daraus berechneten Kennwerte und die dafür benötigten Eingabekennwerte wurden von der Begleitforschung auf einem Projektleiter-Meeting vorgestellt und mit den anwesenden Projektnehmern diskutiert. Verbesserungsvorschläge und zwei weitere Ergebniskennwerte (statische und dynamische Energieeinsparkkosten) wurden eingearbeitet und ein Eingabe- und Berechnungsformular als MS Excel-Datei wurde erstellt und an die Projektleiter ausgesendet, siehe Ausschnitt aus dem Eingabefeld in Abbildung 3.8-2.

EnEff:Stadt		Bitte alle gelb markierten Felder ausfüllen			Hellgelbe Felder können für Anmerkungen und Erklärungen genutzt werden		
Querauswertung		Projekt		Bearbeiter			
Wirtschaftlichkeit		alle Kosten als Bruttokosten!!!		* bei Sanierung Vergleich mit Zustand vor der Sanierung, bei Neubau Vergleich mit Neubau nach gültiger EnEV (Kosten ggf. aus BKI oder Erfahrungen der PL)			
Gesamtprojekt		alle Kosten als Bruttokosten!!!		* bei Sanierung Vergleich mit Zustand vor der Sanierung, bei Neubau Vergleich mit Neubau nach gültiger EnEV (Kosten ggf. aus BKI oder Erfahrungen der PL)			
		Name des Energieträgers	Einheit	Vorher / EnEV	Nachher	Erläuterungen	Anmerkungen durch Projektleiter
Bezugsfläche (Summe Nettogrundfläche/Wohnfläche)			m ²			Flächen wie im Bilanzierungstool	
Investitionskosten	Gebäude	Kostengruppe 300 (Baukonstruktion)	€			bezogen auf Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		davon energetisch wirksam	€				
	zentrale Energieversorgung	Kostengruppe 400 (technische Anlagen)	€			bezogen auf Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		davon energetisch wirksam	€				
	zentrale Energieversorgung	Kostengruppe 300 (Baukonstruktion)	€			zentrale Energieversorgung (z.B. Nahwärme)	
		davon energetisch wirksam	€				
Summe Investitionskosten	Kostengruppe 400 (technische Anlagen)	€			zentrale Energieversorgung (z.B. Nahwärme)		
	davon energetisch wirksam	€					
Planungskosten							
Planungskosten	Gebäude	Kostengruppe 300 (Baukonstruktion)	€			bezogen auf Gebäude wie im Bilanzierungstool (bei reiner Sanierung: vorher = 0)	
		davon für energet. Maßnahmen	€				
	zentrale Energieversorgung	Kostengruppe 400 (technische Anlagen)	€			bezogen auf Gebäude wie im Bilanzierungstool (bei reiner Sanierung: vorher = 0)	
		davon für energet. Maßnahmen	€				
	zentrale Energieversorgung	Kostengruppe 300 (Baukonstruktion)	€			Planungskosten für zentrale Energieversorgung z.B. Nahwärme (wenn kein Neubau: vorher = 0)	
		davon für energet. Maßnahmen	€				
Summe Planungskosten	Kostengruppe 400 (technische Anlagen)	€			Planungskosten für zentrale Energieversorgung z.B. Nahwärme (wenn kein Neubau: vorher = 0)		
	davon für energet. Maßnahmen	€					
Energieverbrauch							
Energieverbrauch	Wärme	ET-W1	MWh/a			Energieträger Wärme 1: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-W2	MWh/a			Energieträger Wärme 2: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-W3	MWh/a			Energieträger Wärme 3: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-W4	MWh/a			Energieträger Wärme 4: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-W5	MWh/a			Energieträger Wärme 5: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-W6	MWh/a			Energieträger Wärme 6: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-W7 Gas	MWh/a			Energieträger Wärme 7: Gas	
		ET-W8 Fernwärme	MWh/a			Energieträger Wärme 8: Fernwärme	
	Summe Wärme	MWh/a		0	0		
	Kälte	ET-K1	MWh/a			Energieträger Kälte 1: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-K2	MWh/a			Energieträger Kälte 2: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
		ET-K3	MWh/a			Energieträger Kälte 3: Gebäude wie im Bilanzierungstool	
	Summe Kälte	MWh/a		0	0		
	Strom aus dem Netz	ET-S1 Netz: Normaltarif	MWh/a			Netzstrom (Normaltarif): Gebäude wie im Bilanzierungstool; inkl. sonstiger Strom (z.B. Haushaltsstrom), selbst erzeugter, selbstgenutzter Strom abziehen	
ET-S2 Netz: WP-Tarif		MWh/a			Netzstrom (WP-Tarif): Gebäude wie im Bilanzierungstool		
Summe Strom	MWh/a		0	0			
Strom selbst erzeugt und genutzt	ET-S3	MWh/a			nur für Verträge die selbstgenutztem Strom aus erneuerbaren Energien vergüten		
	ET-S4	MWh/a			nur für Verträge die selbstgenutztem Strom aus erneuerbaren Energien vergüten		
Summe Strom selbstgenutzt	MWh/a		0	0			
Strom selbst erzeugt und eingespeist	ET-S5	MWh/a			nur für Verträge, die Strominspeisung vergüten		
	ET-S6	MWh/a			nur für Verträge, die Strominspeisung vergüten		
Summe Strom eingespeist	MWh/a		0	0			
Summe Energieverbrauch	MWh/a		0	0			

Abbildung 3.8-2: Ausschnitt aus der MS Excel-Datei zur Wirtschaftlichkeitsbewertung der Demonstrationsvorhaben, Bereiche Investitionskosten, Planungskosten und Energieverbrauch. Die gelb markierten Felder sind von den Projektnehmern auszufüllen.

Trotz mehrmaliger Erinnerung an das Ausfüllen der Datei erfolgte kein Rücklauf. Für viele Projekte war die Abfrage sehr früh im Prozess, allerdings ist ein erstes Ausfüllen mit den Planungskosten zum Ende der Planungsphase angedacht. Mit Projektnehmern aus einem Demonstrationsvorhaben erfolgte ein gesondertes Treffen zur Wirtschaftlichkeitsbewertung. Dort wurde angemerkt, dass die Kostenermittlung für alle Projektanteile (baulich und anlagentechnisch)

nisch, zentral und dezentral) große Probleme mit sich bringt, vor allem bei Projekten in denen nicht alle Akteure Projektnehmer des Bundeswirtschaftsministeriums sind. In diesem Fall wurde eine zentrale Energieversorgung für ein gerade gebautes Neubaugebiet geplant und optimiert. Die Kosten für die Energieerzeugung wären ggf. vorhanden, die Kosten für die durch dieses Projekt nicht beeinflussten neuen Wohngebäude sind jedoch unbekannt. Die einzelnen Gebäudeeigentümer können nicht verpflichtet werden Kostenauskünfte zu geben. In diesem Fall könnten die baulichen Kosten jedoch z.B. anhand des BKI Kostenplaners [14] abgeschätzt werden. Zusätzlich erläuterten die Projektbeteiligten, dass die Volkswirtschaftliche Perspektive für die Projekte uninteressant ist. Für die Projektteilnehmer ist jeweils nur die Perspektive des Einzelakteurs (Hausbesitzer, Energieversorger, Mieter) interessant. Dabei müssen nicht nur wirkliche Kosten sondern teilweise auch Gewinne und erzielbare Preise berücksichtigt werden. Gewinne werden von den Projektpartnern ungern offengelegt. Beim Treffen wurde abgesprochen, dass die Projektnehmer eine volkswirtschaftliche Bewertung testen wollten und ggf. daraus eine Bewertung mit unterschiedlichen Perspektiven entwickeln wollten. Bis jetzt ist noch kein ausgefülltes MS Excel-File bei der Begleitforschung eingegangen.

In der nächsten Begleitforschung sollte der Ansatz der Bilanzierungsmethode überprüft und ggf. weiterentwickelt werden. Obwohl auch aus dem Bereich von EnOB, also bei den BMWi-Projekten für Einzelgebäude, von großen Schwierigkeiten beim Abfordern von finanziellen Kennwerten berichtet wurde, scheint der Quartiersansatz und die dabei viel größere Anzahl von beteiligten, aber zumeist nicht geförderten Akteuren die Problematik zu vervielfachen. Die Bewertungsmethode sollte vielleicht mehrere Perspektiven ermöglichen und berücksichtigen, welche Bereiche durch das BMWi-Vorhaben gefördert werden.

Allerdings ist die Begleitforschung weiterhin davon überzeugt, dass für eine ganzheitliche Bewertung eines Projekts nur der volkswirtschaftliche Ansatz richtig sein kann. Vielleicht können künftig auch Vorschläge der Begleitforschung für vereinfachte Kostenansätze bei fehlenden Daten auf Seiten der Projektnehmer zu ersten Ergebnissen führen.

3.9 Monitoring-Datenbank

Im Rahmen des Fachgesprächs „Systemanalyse Stadt“ Ende November 2011 in Jülich wurde evident, dass ein großes Interesse von externen Anwendern besteht, auf die in den Monitoringvorhaben erzeugten Daten zugreifen zu können, um damit Überprüfungen von Softwareentwicklungen durchführen zu können. Deshalb wurde, basierend auf einem direkten Wunsch des Bundeswirtschaftsministeriums von der Begleitforschung ein Arbeitspaket eingeplant, um die in EnEff:Stadt generierten Messdaten systematisch aufzubereiten und in einer Datenbank abzulegen und zu dokumentieren.

Als erste Abschätzung zur Größe der Messdatenbank ging man von bis zu zehn gemessenen Demonstrationsvorhaben mit jeweils zwei Jahren Messphase und ca. 500 Messaufnehmern (Sensoren) mit fünf-minütlicher Datenbereitstellung aus. Die entsprechende Datenbankgröße entspricht ungefähr 5 GB. Zur Datensicherung wurde ein spezieller Datenbankserver angelegt, auf dem die vorgehaltenen Daten aus Sicherheitsgründen redundant abgelegt wurden.

Die Aufgabe bestand also darin, eine gemeinsame Datenbankstruktur zu entwickeln, die gemessenen Daten von den Projektnehmern abzufordern, in die Datenbank einzupflegen, zu prüfen und bei Messausfällen wenn möglich zu harmonisieren, um einen durchgängigen Datensatz bereitstellen zu können, die Daten zu dokumentieren, eine Anfrage für mögliche Anwender zu ermöglichen und nach Prüfung der Anfrage in Rücksprache mit dem Projektträger die Daten zu Verfügung zu stellen.

Die dafür nötigen Arbeitsschritte waren:

- Einrichten der vorhabensübergreifenden Datenbankstruktur für Mess- und Metadaten,
- Einpflegen der Messwerte und kontinuierliche Pflege der Datenbank
- abschließende Dokumentation für die externe Anwendung

Während der Bearbeitung ergab sich aus anderen Hintergründen ein weiterer Schwerpunkt bei der Umsetzung der Datenbank – die Lösung der Datenschutzproblematik. Hier wurde vom PtJ gefordert, dass die Daten anonymisiert und pseudonymisiert werden und damit auf keinen Fall Rückschlüsse auf das Verhalten eines einzelnen Nutzers zulassen. Die Auswirkung auf die Messdatenbank EnEff:Stadt waren gravierend, umso mehr als bis zum Ende der Begleitforschungsarbeiten leider nicht genau festgelegt werden konnte, welcher Grad der Anonymisierung auch bei eindeutigen Forschungsprojekten erforderlich ist. Eine Anonymisierung steht einer einfachen Anwendung der Daten zum Abgleich von Simulationen oder weitergehenden Auswertungen entgegen, da hierfür eine bessere Kenntnis der Nutzer (d.h. Nutzungsart, etc.) hilfreich wäre. Um aber auf jeden Fall die noch zu definierenden Datenschutzauflagen einzuhalten, wurde der Fokus der EnEff:Stadt-Messdatenbank auf die zentrale Energieversorgung gelegt und die Gebäude vorwiegend nur als Gesamtabnehmer betrachtet. Die Nahwärmeversorgung jedoch kann detailliert und in kurzen Zeitschritten anhand der Messungen nachgebildet werden.

3.9.1 Struktur der Messdatenbank

Die EnEff:Stadt-Messdatenbank besteht demgemäß aus anonymisierten Messdaten, die in zwei Varianten abgelegt sind:

1. Als unveränderte Originalwerte, die von den Projektnehmern zur Verfügung gestellt wurden. Dabei wurden allerdings die Sensorbezeichnungen anonymisiert.
2. Als harmonisierte Daten, also Daten bei denen Messfehlstellen soweit möglich durch Harmonisierungsprozeduren überbrückt wurden (siehe Kapitel 3.9.6)

Für alle Projekte wurden als Grundlage für die Auswahl und zur Verständlichkeit für die Anwender Messschemen und Messfühlerlisten erarbeitet und hinterlegt. Diese sind auf der Website www.ibp-eneff-stadt-messdaten.de einsehbar. Dort ist auch eine vorbereitete E-Mail-Anfrage zu den Messdaten vorhanden. Nach Prüfung einer solchen Anfrage können die Messdaten projektweise den zukünftigen Anwendern entweder per Server oder über einen zu versendenden Datenträger zur Verfügung gestellt werden.

Da die Messdatenbank nicht zuletzt aufgrund der ungeklärten Datenschutzproblematik erst am Ende der Begleitforschungsphase fertiggestellt werden konnte, ist die Webseite mit den Informationen zur Messdatenbank zwar fertiggestellt und einsehbar, wurde aber außerhalb des Projektteams und dem Projektträger noch nicht bekannt gemacht. Entsprechend gab es auch noch keine Anfragen zur Nutzung der Daten. Die EnEff:Stadt-Messdatenbank soll wie die Messdatenbanken aus EnOB und EnEff:Schule auf eine gemeinsame Datenbank beim Projektträger Jülich übersiedeln. Von Seiten der Begleitforschung ist hierfür alles bereit.

3.9.2 Projekte in der Messdatenbank

Bis zum Ende des EnEff:Stadt-Begleitforschungsprojekts hatten folgende Demonstrationsvorhaben zumindest ein Messjahr abgeschlossen:

- Bad Aibling
- Karlsruhe-Rintheim
- Landshut
- München Lilienstraße

Die Messdaten dieser Projekte sind auch auf der Messdatenplattform verfügbar. Zusätzlich gibt es Messdaten aus dem Messprojekt IBA Hamburg. Diese wurden aber nicht innerhalb des Begleitforschungsprojekts an die Begleitforschung übergeben. Gemäß den Projektnehmern gibt es hier das Problem, dass auch die Messungen der zentralen Energieversorgung nicht weitergegeben werden können, da der beteiligte Energieversorger die Details der Energieversorgung nicht offenlegen möchte. Der Energieversorger ist kein Projektnehmer im EnEff:Stadt-Projekt.

3.9.3 Messdaten

Die Messdaten der verschiedenen Projekte wurden in einer einheitlichen Struktur in projektspezifischen Datenbanken abgelegt. Da das primäre Ziel ist, Vergleichsdaten für Simulationsrechnungen zur Verfügung zu stellen, ist zum einen eine einheitliche Strukturierung der Daten an sich sowie eine Beschreibung der Daten, aber letztlich auch eine Einschätzung der Datenqualität und Datenherkunft bei Daten essentiell.

Jede Datenbank setzt sich hauptsächlich aus drei Tabellen zusammen:

- der Messprojekt-Informationstabelle
- der Sensorbeschreibungstabelle
- der Messpunktstabelle

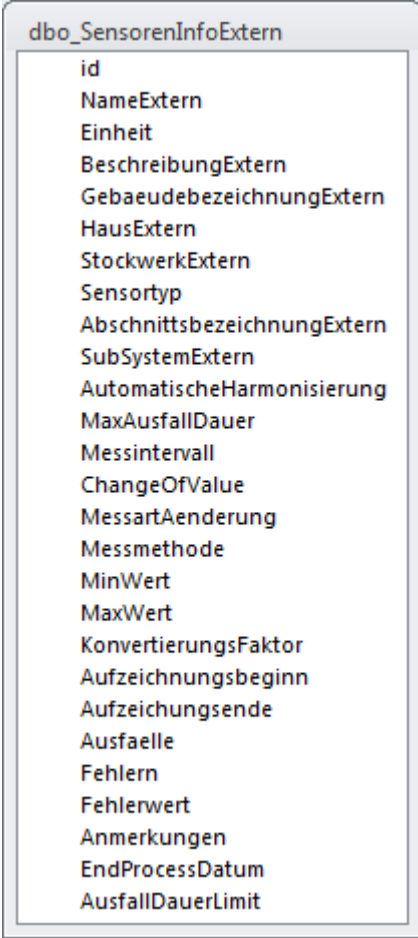
Darüber hinaus gibt es noch weitere Hilfstabellen, die unter anderem die Rohdaten enthalten. Diese sind aber nicht für die Weitergabe, sondern für interne Dokumentationszwecke angelegt.

Die Messprojekt-Informationstabelle enthält eine einheitliche Beschreibung der verschiedenen Messprojekte. Diese kann folgende Daten enthalten:

- Name des Messprojekts
- Anschrift
- Bearbeiter
- Anschrift
- E-Mail
- Beschreibung des Messschemas
- Bild Messschema
- Förderung

Die Messdaten wurden direkt durch die beteiligten Projektpartner aus deren proprietären Messdatenerfassungssystemen geliefert. Dies wurde in zwei Schritten durchgeführt. Zuerst wurden aus den übermittelten Sensorlisten die gewünschten Sensoren ausgewählt. Die aus-

gewählten Sensoren wurden in einer Sensorenbeschreibungstabelle abgelegt, deren Schema in Abbildung 3.9-1 zu sehen ist



dbo_SensorenInfoExtern
id
NameExtern
Einheit
BeschreibungExtern
GebaeudebezeichnungExtern
HausExtern
StockwerkExtern
Sensortyp
AbschnittsbezeichnungExtern
SubSystemExtern
AutomatischeHarmonisierung
MaxAusfallDauer
Messintervall
ChangeOfValue
MessartAenderung
Messmethode
MinWert
MaxWert
KonvertierungsFaktor
Aufzeichnungsbeginn
Aufzeichnungsende
Ausfaelle
Fehlern
Fehlerwert
Anmerkungen
EndProcessDatum
AusfallDauerLimit

Abbildung 3.9-1: Schema der Sensorbeschreibungstabelle

Diese Sensorenbeschreibungen enthalten alle relevanten Informationen für einen Sensor. Dies sind neben den reinen Messparametern auch Informationen zu den Harmonisierungsprozeduren.

Die tatsächlichen Messdaten wurden dann in einem zweiten Schritt eingelesen. Dazu wurde eine Vorgabe durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik über das genaue Format erstellt. In diesem Format sollten die Daten übermittelt werden. Die Daten wurden als CSV-Dateien angefordert, in denen jeweils alle Werte für einen Sensor in einer Datei stehen. Aufgrund bereits vorhandener verschiedener Importroutinen wurden in der Datenübertragung auch abweichende Formate akzeptiert. Tatsächlich stellen aber verschiedene Formate einen Mehraufwand bei den Einlesevorgängen dar. Die CSV-Dateien lagen wie in Abbildung 3.9-2 und Abbildung 3.9-3 zu sehen in verschiedenen Formaten und mit unterschiedlichen Eigenschaften (Spalten- bzw. Zeilenformat sowie Datumsformate, Messfühler-Bezeichnungen) vor.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	magicCode:	0x00000007												
2	version:	0x0000												
3	headerSize:	0x0000												
4	loggerSize:	0x0000												
5	deviceId:	0000												
6	instNumber:	0000												
7	refObjType:	0												
8	refObjInst:	00000000												
9	refObjProp:	00												
10	refObjIdx:	000000000000												
11	refObjDev:	00												
12	minValue:	0.0												
13	maxValue:	70.0												
14	sequenceNu	date:	time:	status:	type:	value:								
15	00000	13.12.2013	06:07:34.255	0	2	54.7								
16	00000	13.12.2013	06:37:34.255	0	2	56,00								
17	00000	13.12.2013	07:07:34.255	0	2	56,00								
18	00000	13.12.2013	07:37:34.255	0	2	54.2								
19	00000	13.12.2013	08:07:34.255	0	2	56.4								
20	00000	13.12.2013	08:37:34.255	0	2	56.4								
21	00000	13.12.2013	09:07:34.255	0	2	57.2								
22	00000	13.12.2013	09:37:34.255	0	2	55.6								
23	00000	13.12.2013	10:07:34.255	0	2	55.6								
24	00000	13.12.2013	10:37:34.255	0	2	55.8								
25	00000	13.12.2013	11:07:34.255	0	2	56,00								
26	00000	13.12.2013	11:37:34.255	0	2	56,00								
27	00000	13.12.2013	12:07:34.255	0	2	56,00								

Abbildung 3.9-2: Beispiel einer erhaltenen Messdatendatei im csv-Format.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Zaehlernummer	Messgroesse	Einheit	Datum	0	15	30	45	100	115	130	145	200	215	230	245	300	R
2	400007	volume.main	m³	30.12.2014	14,778				14,778				14,778				14,778	
3	400010	volume.main	m³	30.12.2014	10,172				10,172				10,172				10,172	
4	400014	volume.main	m³	30.12.2014	3,728				3,728				3,728				3,728	
5	400015	volume.main	m³	30.12.2014	32,485				32,485				32,485				32,485	
6	400016	volume.main	m³	30.12.2014	67,007				67,007				67,007				67,007	
7	400017	volume.main	m³	30.12.2014	102,539				102,539				102,539				102,539	
8	400018	volume.main	m³	30.12.2014	90,603				90,607				90,607				90,607	
9	400019	volume.main	m³	30.12.2014	154,368				154,368				154,368				154,368	
10	400020	volume.main	m³	30.12.2014	151,247				151,247				151,247				151,247	
11	400021	volume.main	m³	30.12.2014	27,555				27,555				27,555				27,555	
12	400023	volume.main	m³	30.12.2014	30,736				30,736				30,736				30,736	
13	400026	volume.main	m³	30.12.2014	37,962				37,964				37,964				37,964	
14	400027	volume.main	m³	30.12.2014	85,12				85,123				85,123				85,123	
15	400028	volume.main	m³	30.12.2014	25,159				25,159				25,159				25,159	
16	400029	volume.main	m³	30.12.2014	62,751				62,751				62,751				62,751	
17	400030	volume.main	m³	30.12.2014	113,376				113,382				113,382				113,382	
18	400031	volume.main	m³	30.12.2014	24,536				24,536				24,536				24,536	
19	400032	volume.main	m³	30.12.2014	176,459				176,459				176,459				176,459	
20	400033	volume.main	m³	30.12.2014	147,066				147,066				147,066				147,066	
21	400034	volume.main	m³	30.12.2014	152,811				152,811				152,811				152,811	
22	400035	volume.main	m³	30.12.2014	20,37				20,37				20,37				20,37	
23	400036	volume.main	m³	30.12.2014	44,262				44,262				44,262				44,262	
24	400037	volume.main	m³	30.12.2014	54,391				54,391				54,391				54,391	
25	400038	volume.main	m³	30.12.2014	88,245				88,245				88,245				88,245	
26	400039	volume.main	m³	30.12.2014														
27	400040	volume.main	m³	30.12.2014														
28	400041	volume.main	m³	30.12.2014														
29	400042	volume.main	m³	30.12.2014														
30	400043	volume.main	m³	30.12.2014														
31	400044	volume.main	m³	30.12.2014														
32	400045	volume.main	m³	30.12.2014														
33	400046	volume.main	m³	30.12.2014														
34	400047	volume.main	m³	30.12.2014														
35	400048	volume.main	m³	30.12.2014														
36	400049	volume.main	m³	30.12.2014														
37	400050	volume.main	m³	30.12.2014														
38	400051	volume.main	m³	30.12.2014	82,057				82,057				82,067				82,067	
39	400052	volume.main	m³	30.12.2014	114,441				114,441				114,441				114,441	
40	400053	volume.main	m³	30.12.2014	114,685				114,688				114,689				114,689	

Abbildung 3.9-3: Weiteres Beispiel einer erhaltenen Messdatendatei im csv-Format.

Daher wurde die in Abbildung 3.9-4 und Tabelle 3.9-1 abgebildete Softwarelösung „EnEff:Importer“ entwickelt, mit der die Messdaten eingelesen und in die Messdatenbanken

importiert werden können. Die Softwarelösung „EnEff:Importer“ wurde mit der Programmiersprache C# entwickelt.

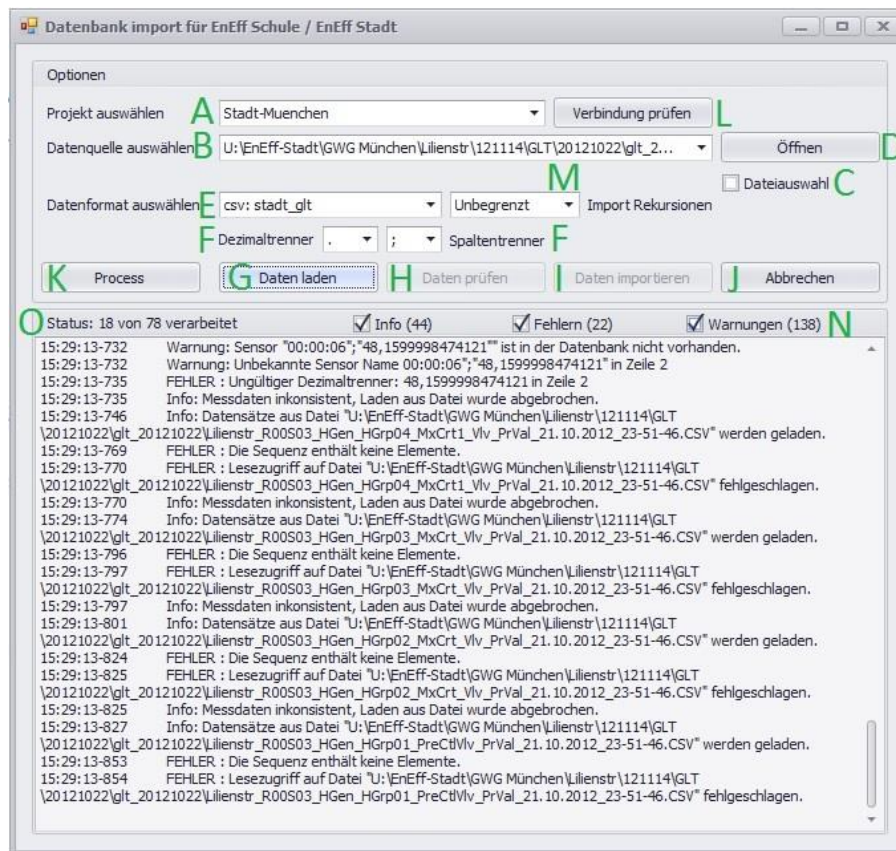


Abbildung 3.9-4: Layout des EnEff:Importer.

Tabelle 3.9-1: Funktionen des EnEff:Importer

A	Projektauswahl
B	Vorkonfigurierter Pfad zur Datenquelle
C	Auswahl ob eine einzelne Datei oder alle CSV-Dateien aus einem Verzeichnis importiert werden sollen
D	Öffnet den Dialog zur Auswahl von Dateien mit Messdaten
E	Auswahl der Formatierung der Messdaten
F	Auswahl des Dezimal- und Spaltentrenners
G	Lädt die Messdaten aus den angegebenen Dateien
H	Öffnet einen Dialog, in dem die importierten Datensätze geprüft werden können

I	Startet den Datenimport in die Projekt-Datenbank
J	Bricht den aktuellen Vorgang ab
K	Startet den Prozessor des Projektes
L	Prüft, ob die Verbindung mit der Datenbank funktioniert
M	Eingabemöglichkeit für Anzahl der erlaubten Datenkonflikte beim Importieren
N	Sollen Infomeldungen, Fehler und/oder Warnungen angezeigt werden
O	Fortschrittsanzeige

Der Ablauf des Programms ist in Abbildung 3.9-5 zu sehen. Dieser automatisiert den Einleseprozess und fungiert als die Schnittstelle für die Kommunikation mit den SQL Datenbanken. Dieses Vorgehen hat zwei wesentliche Vorteile:

- Es kann bereits beim Importieren eine erste Aussage über die Datenqualität getroffen werden und gegebenenfalls der Importvorgang abgebrochen werden
- Somit ist sichergestellt, dass nur geprüfte Daten in die Datenbank kommen. Aufgrund der Zugriffs- und Projektstruktur waren daher keine weiteren Prüfungen auf Konformität und Validität in der Datenbank selbst notwendig, da nur geprüfte Daten in die Datenbank gelangen.

Somit wurde eine klare, einheitliche und leicht bedienbare Datenstruktur der Messdaten für jedes Projekt realisiert. Diese Datenstrukturierung ist in Abbildung 3.9-6 zu sehen.

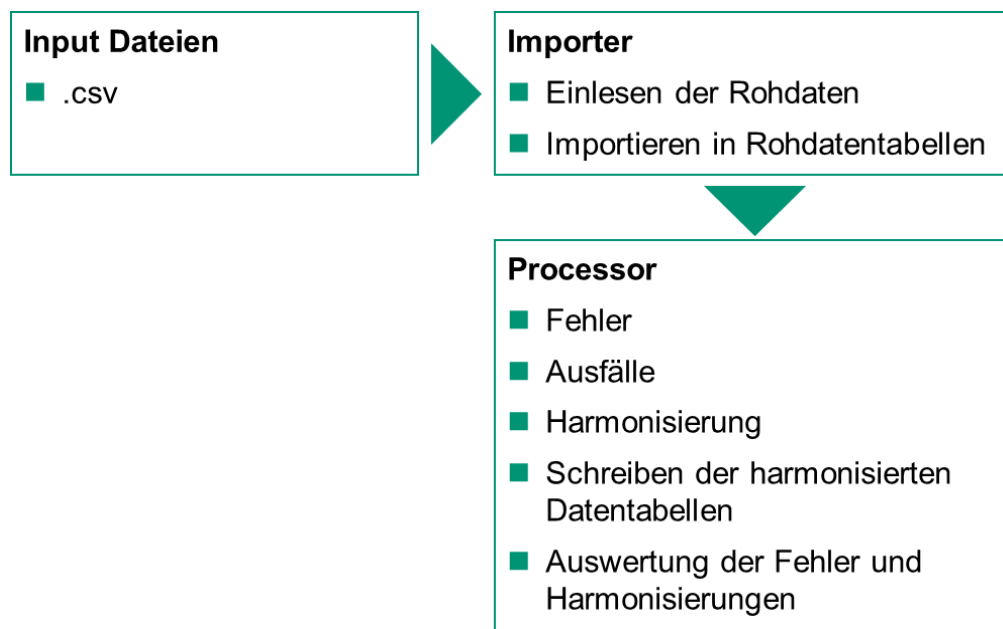


Abbildung 3.9-5: Bearbeitungsschritte im EnEff:Importer

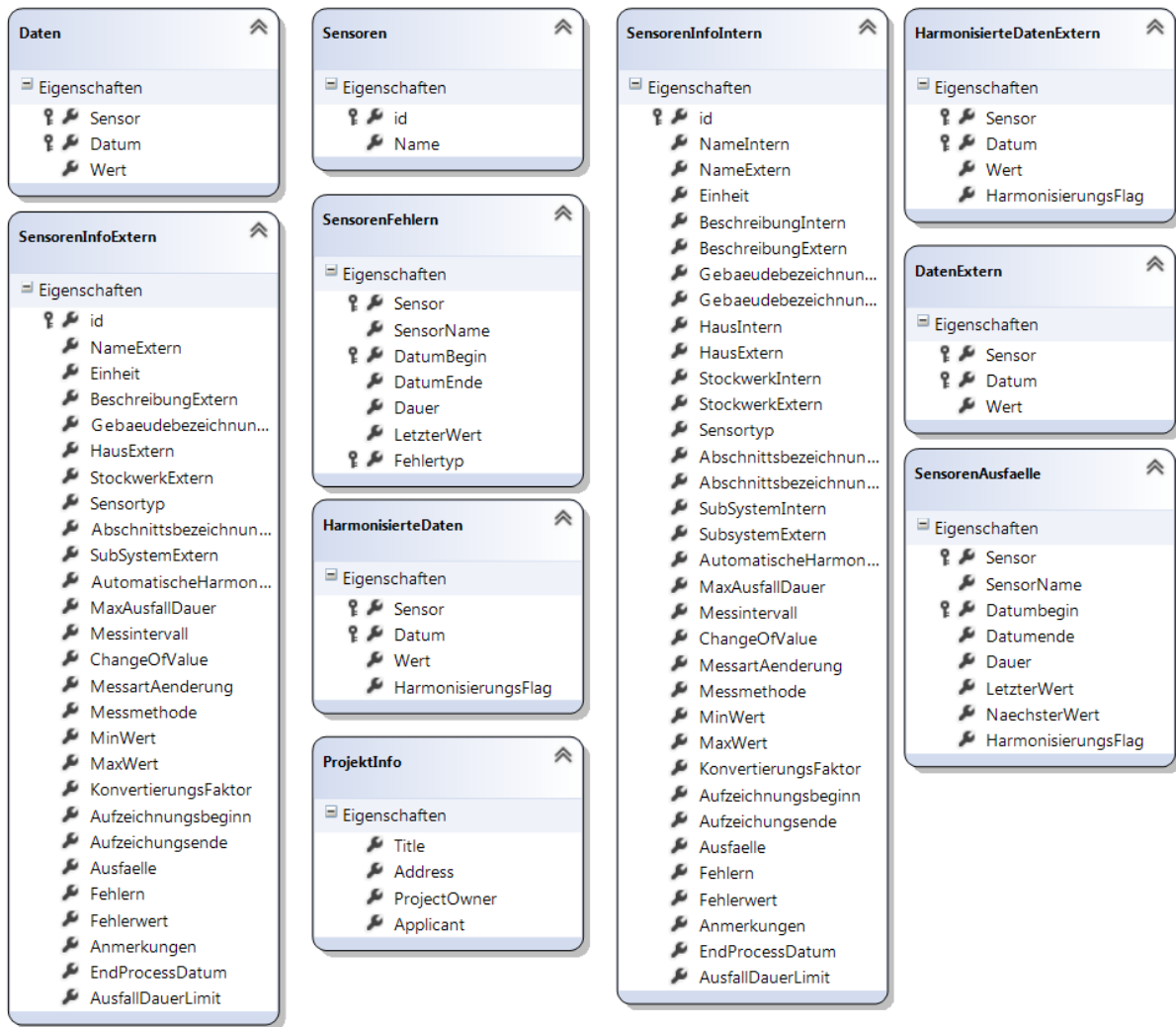


Abbildung 3.9-6: Aufbau der SQL-Datenbank für ein EnEff:Stadt-Projekt.

Letztlich verfügt der EnEff:Importer noch eine Exportfunktion, in der die harmonisierten Daten, wie in Abbildung 3.9-7 abgebildet, ausgegeben werden können.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Sensor	Datum	Wert													
2	477	15.10.2012 05:58	0													
3	477	15.10.2012 06:28	0													
4	477	15.10.2012 06:58	0													
5	477	15.10.2012 07:28	0													
6	477	15.10.2012 07:58	0													
7	477	15.10.2012 08:28	0													
8	477	15.10.2012 08:58	0													
9	477	15.10.2012 09:28	0													
10	477	15.10.2012 09:58	0													
11	477	15.10.2012 10:28	0													
12	477	15.10.2012 10:58	0													
13	477	15.10.2012 11:28	0													
14	477	15.10.2012 11:58	0													
15	477	15.10.2012 12:28	0													
16	477	15.10.2012 12:58	0													
17	477	15.10.2012 13:28	0													
18	477	15.10.2012 13:58	0													
19	477	15.10.2012 14:28	0													
20	477	15.10.2012 14:58	0													
21	477	15.10.2012 15:28	0													
22	477	15.10.2012 15:58	0													
23	477	15.10.2012 16:28	0													
24	477	15.10.2012 16:58	0													
25	477	15.10.2012 17:28	0													
26	477	15.10.2012 17:58	0													
27	477	15.10.2012 18:28	0													
28	477	15.10.2012 18:58	0													
29	477	15.10.2012 19:28	0													
30	477	15.10.2012 19:58	0													
31	477	15.10.2012 20:28	0													
32	477	15.10.2012 20:58	0													
33	477	15.10.2012 21:28	0													
34	477	15.10.2012 21:58	0													
35	477	15.10.2012 22:28	0													
36	477	15.10.2012 22:58	0													
37	477	15.10.2012 23:28	0													
38	477	15.10.2012 23:58	0													
39	477	16.10.2012 00:28	0													
40	477	16.10.2012 00:58	0													

Abbildung 3.9-7: Beispiel wie die dem Datenbank-Nutzer zur Verfügung gestellten Messdaten ausgegeben werden.

3.9.4 Anonymisierung und Pseudonymisierung

Aus Datenschutzgründen war es wichtig, dass die Messdaten keine Rückschlüsse auf das Verhalten von Personen oder scharf abzugrenzenden Personengruppen erlauben. Deshalb wurden die Daten in zwei Schritten anonymisiert und pseudonymisiert.

Um keine Rückschlüsse auf Einzelnutzer zuzulassen wurden, sofern möglich, nur kumulierte Werte von den in den Projektgebieten gemessenen Mehrfamilienhäusern in der Datenbank zur Verfügung gestellt. Dies unterbindet die direkte Reanonymisierung auf Personen oder definierte Personengruppen. Dabei wurde versucht die Einheiten möglichst groß zu fassen z.B. ein gesamtes Mehrfamilienhaus oder ein Hauseingang (Treppenaufgang) für mehrere Wohneinheiten.

Die weitergehende Pseudonymisierung bezieht sich auf die Bezeichnung der in der Datenbank vorliegenden Sensoren sowie deren Funktions- und Lagebeschreibung. Um weitergehend Rückschlüsse durch die Auswertung der Messdaten auf das Verhalten von großen Personengruppen und insbesondere das Verhalten von ganzen Hausgemeinschaften in Mehrfamilienhäusern zu unterbinden, wurden die Gebäudebezeichnungen der Mehrfamiliengebäude ebenfalls anonymisiert. Dazu wurden die bestehenden Gebäudebezeichnungen in zufälliger Folge durch Gebäudenummern ersetzt. Sofern innerhalb der Gebäude Unterteilungen oder Separationen (Stockwerke, Eingänge oder Ähnliches) vorlagen, wurden diese ebenfalls durch die Vergabe zufälliger Bezeichnungen anonymisiert. War die Datenweitergabe auf Basis von Wohnungen notwendig, so wurde die Lokalisierung der Wohnung innerhalb der übergeordneten Lage ebenfalls durch die zufällige Vergabe von Bezeichnungen pseudonymisiert. Durch

diese verschachtelte Anonymisierung auf mehreren Ebenen und die im Vorfeld getroffene und zumeist umgesetzte Einschränkung auf Summenzähler für die Mehrfamilienhäuser ist die Anonymität der Nutzer so weit wie möglich gesichert.

Um die Nutzbarkeit der vorliegenden Datenbank aber weiterhin zu gewähren, wurde die Lage und Orientierung des jeweiligen Gebäudes nicht anonymisiert, da ansonsten die im Gebäude auftretenden Lastprofile sich nicht mittels simulationsgestützter Rechenmodelle nachbilden lassen würden und damit auch nur eine sehr eingeschränkte Möglichkeit der Nutzung der Datenbank bestehen würde.

3.9.5 Harmonisierte Daten

Die Harmonisierung von Messdaten wird umgesetzt, wenn aufgrund von Messausfällen oder Störungen kein Messwert aufgezeichnet oder wenn aufgrund von Messbereichsüber- oder Unterschreitungen sowie Messfehlerindikatoren (z.B. die Ausgabe von spezifischen Fehlercodes oder Fehlerzeichen) ein nicht plausibler Messwert erfasst wird. Die Harmonisierung erfolgt durch eine lineare Interpolation zwischen dem letzten Messwert vor und dem ersten plausiblen Messwert nach der Fehlerstelle. Für die Harmonisierung der Messdaten wurde je nach Art des Messensors auf Basis der Messerfahrungen am Fraunhofer IBP eine maximale Dauer definiert (vgl. Tabelle 3.9-2), für die eine Fehlerstelle harmonisiert wird.

Tabelle 3.9-2: Maximale Dauer von Messausfällen oder fehlerhaften Werten, für die eine Harmonisierung durchgeführt wurde.

Sensortyp	Maximale Harmonisierungsdauer [h]
Durchflussmenge (kumuliert)	24
Elektrozähler (kumuliert)	24
Wärmemengenzähler (kumuliert)	24
Gaszähler (kumuliert)	24
Temperatursensor (innen & außen)	3
Pyranometer (Bestrahlungsstärke außen)	3
Luftfeuchtigkeit (innen & außen)	3

Nicht harmonisiert werden Messsensoren, die ein stark fluktuierendes Charakteristikum aufweisen, wie beispielsweise Steuerungssignale und Statusmelder, Leistungsmessungen, Windgeschwindigkeit und deren Richtung usw. Hier würde eine lineare Interpolation keinen Sinn machen, da sie die Messungen in der Regel nicht korrekt abbilden kann.

Für die Automatisierung des ganzen Verfahrens wurde eine zusätzliche Software-Funktionalität, der sogenannte Prozessor im Programm „EnEff:Importer“, entwickelt. Dieser fügt sich nach dem Import der Rohdaten in den Workflow ein. Mit dem Prozessor werden die Rohdaten gelesen und die harmonisierten Daten in die eine separate Tabelle geschrieben. Die

Harmonisierungsroutinen entsprechend den Einstellungen aus der Sensorbeschreibungstabelle. Zur Bewertung der Datenqualität und zur Identifikation, ob es sich um originale Daten handelt, wird das Harmonisierungs-Flag gesetzt. Identifizierte Fehler und Datenausfälle werden zudem in zwei weiteren Tabellen abgelegt. Protokolliert werden diese Harmonisierungen in den Tabellen gemäß Abbildung 3.9-8.

Sensor	SensorName	Datumbegin	Datumende	Dauer	LetzterWert	NaechsterW	Harmonisier
1	G08_1_0_WMZ	08.11.2012 16:45:00	08.11.2012 16:55:00	600	10	20	-1
1	G08_1_0_WMZ	08.11.2012 17:00:00	08.11.2012 17:10:00	600	20	30	-1
1	G08_1_0_WMZ	08.11.2012 17:35:00	08.11.2012 17:45:00	600	30	40	-1
1	G08_1_0_WMZ	08.11.2012 17:45:00	08.11.2012 17:55:00	600	40	50	-1
1	G08_1_0_WMZ	09.11.2012 12:25:00	09.11.2012 12:45:00	1200	740	740	-1
1	G08_1_0_WMZ	10.11.2012 05:55:00	10.11.2012 06:15:00	1200	1070	1080	-1
1	G08_1_0_WMZ	12.11.2012 03:10:00	12.11.2012 03:30:00	1200	2470	2470	-1
1	G08_1_0_WMZ	12.11.2012 22:25:00	12.11.2012 22:45:00	1200	3630	3660	-1
1	G08_1_0_WMZ	13.11.2012 18:55:00	13.11.2012 19:15:00	1200	7380	7520	-1
1	G08_1_0_WMZ	14.11.2012 23:10:00	14.11.2012 23:30:00	1200	15770	15780	-1
1	G08_1_0_WMZ	16.11.2012 11:55:00	16.11.2012 12:15:00	1200	26740	26740	-1
1	G08_1_0_WMZ	17.11.2012 05:25:00	17.11.2012 05:45:00	1200	26980	26980	-1
1	G08_1_0_WMZ	17.11.2012 23:10:00	17.11.2012 23:30:00	1200	27170	27200	-1
1	G08_1_0_WMZ	18.11.2012 18:10:00	18.11.2012 18:45:00	2100	27740	27750	-1
1	G08_1_0_WMZ	20.11.2012 04:10:00	20.11.2012 04:45:00	2100	29340	29340	-1
1	G08_1_0_WMZ	20.11.2012 14:10:00	20.11.2012 14:45:00	2100	29790	29810	-1
1	G08_1_0_WMZ	22.11.2012 11:55:00	22.11.2012 12:15:00	1200	32790	32790	-1
1	G08_1_0_WMZ	22.11.2012 22:25:00	22.11.2012 22:45:00	1200	33240	33260	-1
1	G08_1_0_WMZ	23.11.2012 19:40:00	23.11.2012 20:00:00	1200	33980	33990	-1
1	G08_1_0_WMZ	24.11.2012 14:25:00	24.11.2012 15:00:00	2100	34810	34820	-1
1	G08_1_0_WMZ	26.11.2012 02:55:00	26.11.2012 03:30:00	2100	37170	37180	-1
1	G08_1_0_WMZ	27.11.2012 14:55:00	27.11.2012 15:15:00	1200	37900	37900	-1
1	G08_1_0_WMZ	29.11.2012 14:10:00	29.11.2012 14:30:00	1200	38820	38820	-1
1	G08_1_0_WMZ	29.11.2012 23:55:00	30.11.2012 00:15:00	1200	39270	39290	-1
1	G08_1_0_WMZ	30.11.2012 09:25:00	30.11.2012 09:45:00	1200	39540	39560	-1
1	G08_1_0_WMZ	30.11.2012 20:10:00	30.11.2012 20:30:00	1200	39920	39930	-1
1	G08_1_0_WMZ	01.12.2012 23:55:00	02.12.2012 00:15:00	1200	47690	47800	-1
1	G08_1_0_WMZ	02.12.2012 08:00:00	03.12.2012 08:05:00	86700	50630	60610	0
1	G08_1_0_WMZ	04.12.2012 08:00:00	05.12.2012 20:05:00	129900	70810	73190	0
1	G08_1_0_WMZ	05.12.2012 22:25:00	05.12.2012 22:45:00	1200	73290	73290	-1

Abbildung 3.9-8: Auflistung harmonisierter Sensorausfälle

Insgesamt bietet sich dadurch die Möglichkeit, eine Aussage zur Qualität der abgelegten und der harmonisierten Daten zu treffen.

3.9.6 Messschemata

Für die einzelnen Projekte wurden von der Seite der Projektteams Anlagenschemata für die Wärme- und teilweise auch für die Trinkwarmwasserbereitstellung zur Verfügung gestellt. Diese wurden für alle Projekte einheitlich aufbereitet, da die einzelnen Schemata teilweise sogar innerhalb desselben Projektes stark variierten und partiell von eingeschränkter grafischer Qualität waren. In den nicht aufbereiteten Planunterlagen war außerdem der Anbringungsort sowie die Bezeichnung der vorhandenen Sensoren teilweise schwer zu erkennen oder nicht vorhanden. Deshalb wurden auch die Sensorpositionen mit den neuen, anonymisierten Bezeichnungen in die vereinheitlichten und auf die relevanten Anlagenteile reduzierten Anlagenschemata

eingefügt. Dadurch steht dem Nutzer der Datenbank die Möglichkeit offen, sich nach einer kurzen Einarbeitung in allen Anlagenschemata der zur Verfügung gestellten Projekte zurechtzufinden.

In Abbildung 3.9-9 ist ein beispielhaftes Anlagenschema eines Gebäudes aus dem Projekt Bad Aibling dargestellt. Es zeigt die anonymisierte Gebäude- und Sensorenbezeichnung sowie die verwendete einheitliche Darstellung. Durch die Überarbeitung und Vereinheitlichung der Anlagenschemata kann auch mit der eventuellen Kenntnis von speziellen hydraulischen Gegebenheiten des Gebäudes keine Reanonymisierung der Gebäude stattfinden.

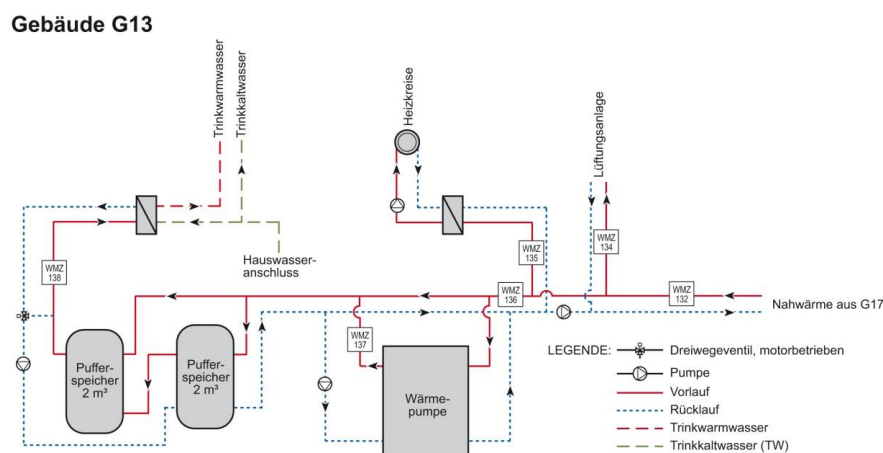


Abbildung 3.9-9: Beispielhaftes Anlagenschema eines Gebäudes aus dem Projekt in Bad Aibling.

Zusätzlich zu den Anlagenschemata wurden auch Lagepläne der Gebäude zu den Projekten zur Verfügung gestellt, aus denen sofern vorhanden, wie in Abbildung 3.9-10 dargestellt, auch die Leitungslängen von Nahwärmenetzen sowie deren Rohrdurchmesser zu erkennen sind.

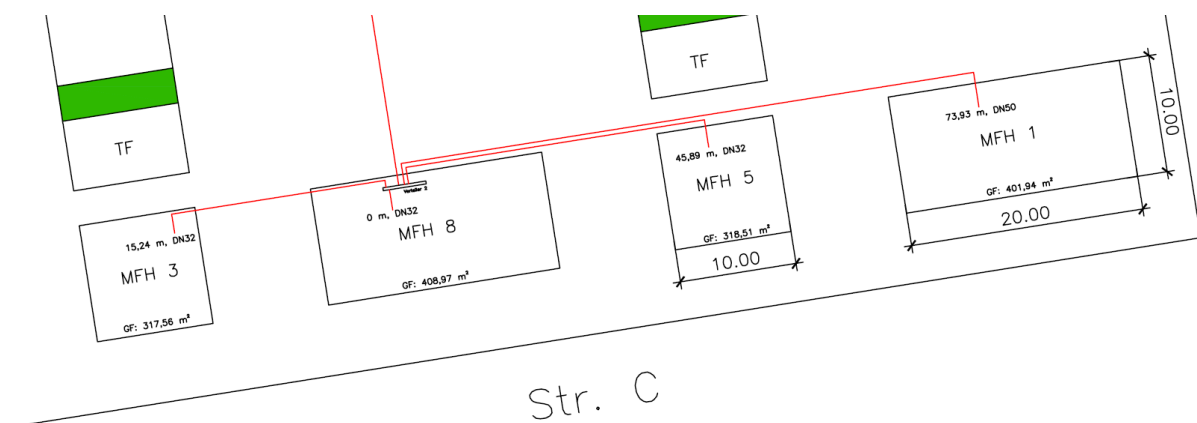


Abbildung 3.9-10: Auszug aus dem Lageplan des Ludmilla Wohnpark Landshut.

3.9.7 Messfühlerliste

Durch die überarbeiteten und vereinheitlichten Messfühlerlisten wird dem Nutzer eine umfangreiche Dokumentation zu den erfassten Messstellen geliefert, welche eine Vielzahl an relevanten Informationen enthält. So gibt die Messfühlerliste zusammen mit den Anlagenschemata Auskunft über den gesamten Messumfang und für jeden einzelnen Messfühler über den Einbaort, die Messgröße und Funktionsbeschreibung des Sensors. Darüber hinaus liefert die Messfühlerliste noch Informationen über eventuell vorhandene Konvertierungsfaktoren und das Messintervall. Durch die durchgeführte Bearbeitung, Kontrolle und Harmonisierung der von den Sensoren gemessenen Messdaten konnte zudem die Anzahl der Messausfälle, deren maximale Dauer sowie deren Aufzeichnungsbeginn und -ende in der Messfühlerliste dokumentiert werden. Abbildung 3.9-11 zeigt einen Auszug aus der Messfühlerliste des Projekts in Bad Aibling.

Sensorenliste EnEff:Stadt - Bad Aibling		
Sensorenname (anonymisiert)	Einheit	Beschreibung (anonymisiert)
G08_1_0_WMZ_W	kWh	Netzzähler 01 Fernleitung (Moosbach)
G08_2_SN_WMZ_W	kWh	Wärmemenge zwischen Nordnetz und Heizzentrale Geb. 7 Flussrichtung Norden (vom Südnetz zu 3) Fernleitung Geb. 3
		Wärmemenge zwischen Nordnetz und Heizzentrale Geb. 7 Flussrichtung Süden (von 3 zum Süden) Fernleitung Geb. 3
G08_3_NS_WMZ_W	kWh	
G05_0_0_EZ_W	Wh	Gesamtstromverbrauch
G05_0_0_WMZ_W	kWh	Gebäudegesamtbedarf (dirket nach Verteiler)
G05_0_HS_EZ_W	Wh	Hilfsstrom Heizungspumpe
G02_0_0_EZ_W	Wh	Gesamtstromverbrauch
G02_0_0_WMZ_W	Wh	Gebäudegesamtbedarf (dirket nach Verteiler)
G02_0_HS_EZ_W	Wh	Hilfsstrom Heizungspumpe
G02_0_HW-P-WMZ_W	Wh	HKM Heizwärme primär, Heizraum/Keller
G02_0_PL-Netz_WMZ_W	Wh	Puffer Ladung Netzseitig, Heizung/Keller
G02_0_TW-W-P-WMZ_W	Wh	Trinkwarmwasser primär (vor PM wegen Verluste), Heizraum/Keller
G02A_0_0_WMZ_W	kWh	Vor Übergabestation
G02A_0_Decker_WMZ_W	kWh	COW2 Decker-Bauten
G02A_0_HS_EZ_W	Wh	Hilfsstrom Heizungspumpe
G02A_PL-Netz_WMZ_W	kWh	Puffer Ladung Netzseitig, nach Übergabestation 2
G02A_0_PL-WP1_WMZ_W	kWh	Puffer Ladung Wärmepumpe 1 links Heizung
G02A_0_PL-WP2_WMZ_W	kWh	Puffer Ladung Wärmepumpe 2 rechts Heizung
G02A_0_WP1_EZ_W	Wh	Wärmepumpe 1 (links)
G02A_0_WP1-Sole_WMZ_W	kWh	Wärmepumpe Sole links (Netzseitig)
G02A_0_WP2_EZ_W	Wh	Wärmepumpe 2 (rechts)
G02A_0_WP2-Sole_WMZ_W	kWh	Wärmepumpe Sole rechts (Netzseitig)

Abbildung 3.9-11: Auszug aus der Sensorenliste von Bad Aibling zur Verdeutlichung des Aufbaus.

In der öffentlich zugänglichen Messfühlerliste sind nur anonymisierte Informationen enthalten. Eine nicht anonymisierte Variante liegt dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik vor, so dass bei speziellen und wohlbegründeten Anfragen dem Datenbanknutzer Hilfestellung geleistet werden könnte, wenn ein genauerer Informationsbedarf besteht.

3.9.8 Website

Auf der Website <http://www.ibp-eneff-stadt-messdaten.de> werden mögliche Nutzer der Messdaten über die zur Verfügung stehenden Daten informiert. Neben einer Einführung in die Plattform werden zu jedem Projekt ein Link zum Projektsteckbrief, die Messschemata und die Liste der Messfühler angeboten. Eine vorgefertigte E-Mail-Anfrage zu den Messdaten rundet das Angebot ab. Abbildung 3.9-12 zeigt einen Screenshot der Einführungswebsite.

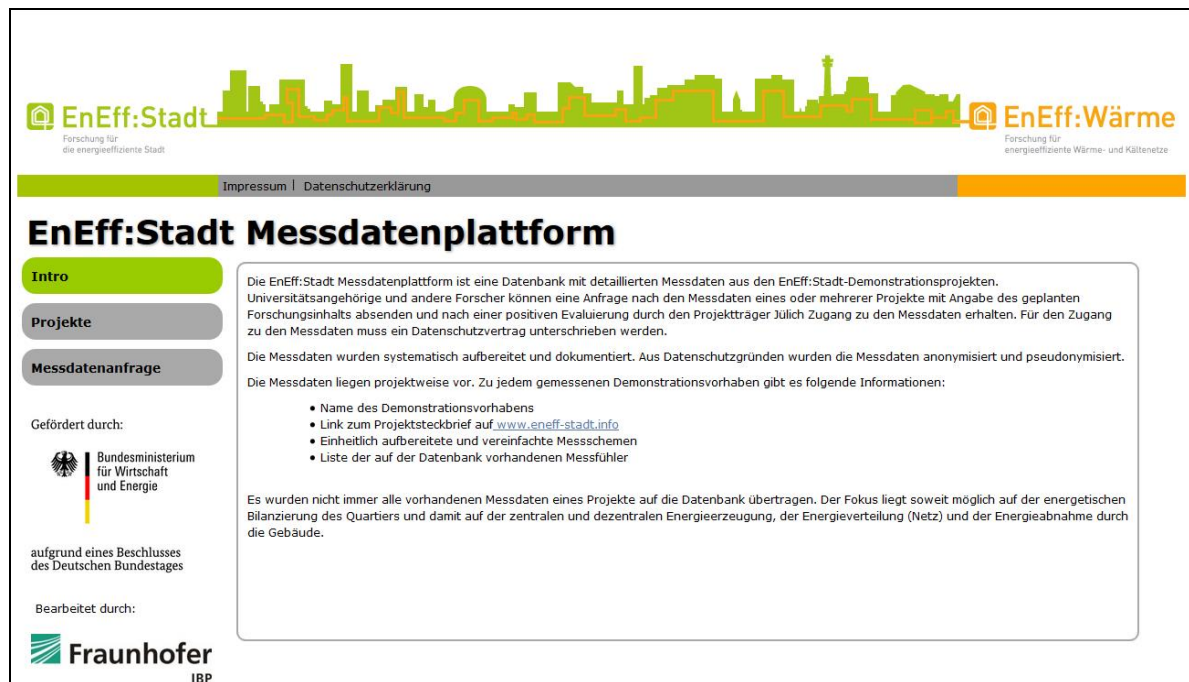


Abbildung 3.9-12: Erläuterungsseite der Website zur EnEff:Stadt Messdatenplattform.

3.9.9 Ausblick

Die Datenbank mit den anonymisierten Datenbeständen (Rohdaten und harmonisierte Daten) sowie den ergänzenden Tabellen (Messfühlerliste, Ausfalltabellen, Fehlertabellen) werden dem PtJ projektspezifisch im csv-Dateiformat sowie insgesamt als SQL-Datenbank zur Verfügung gestellt. Die gesamte Datenbank weist dabei in komprimierter Version eine Größe von 1,42 GB auf. Diese wird dem PtJ auf einem Datenträger zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen der neuen zentralen Begleitforschung (Projekt BF2016) wird der Projektträger Jülich dabei beraten, wie all Messdatenbanken auf ein gemeinsames System zusammengeführt werden können.

3.10 Monitoring – Ergebnisse Praxisworkshop, Projekterfahrungen

Im Rahmen der Projekte von EnOB und EnEff:Stadt wurde eine Reihe von ausgeführten Projekten messtechnisch begleitet. Bei den installierten technischen Komponenten handelte es sich nicht um Neuentwicklungen, sondern um „am Markt“ grundsätzlich verfügbare Techniken, wie Wärmepumpen, Solarkollektoren oder Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Die Auswertung der Messungen ergab eine sehr unterschiedliche „Performance“ der installierten Systeme. In allen Fällen war eine intensive Nachbetreuung (Datenmonitoring, Fehleranalyse, Betriebsänderungen ...) von bis zu 2 Jahren erforderlich, um die Anlagen zu optimieren – und auch dies gelang nicht immer erfolgreich. Diese Erfahrungen zeigen, dass neue Techniken verfügbar und deren energetische Potenziale hoch sind (und nach wie vor auch deren Kosten), die jeweils erreichte oder nicht erreichte System-Performance aber eher zufällig ist.

Dieser Zustand ist sehr unbefriedigend. Die mit jeder neuen EnEV steigenden Anforderungen an die Energietechnik setzen voraus, dass diese Techniken auch eine robuste Performance aufweisen und die gesetzten energetischen Ziele sicher erreicht werden. Dies ist heute in der Praxis nicht der Fall – und es wird auch nicht „von selbst“ erreichbar sein, d.h. ohne gezielte Anstrengungen zur Verbesserung dieses Zustandes.

Die Sicherstellung der gewünschten Performance setzt zunächst die Verfügbarkeit von aussagefähigen Betriebsdaten (Wärmemengen, Temperaturen, Drücke) voraus. Da die Messung dieser Daten Mehrkosten bedeutet, werden in konventionellen Heizzentralen in der Regel nur wenige Messdaten erfasst. Seit der Heizkostenverordnung 2011 werden in Heizzentralen von Mehrfamilienhäusern ein Primärzähler zur Erfassung der Endenergie und zwei Sekundärzähler für Heizwärme und WW-Abgabe vorgeschrieben. Diese verfügen in der Regel nicht über eine Fernauslesung. Zur Beurteilung komplexerer Systeme werden mehr Messdaten benötigt, und diese sollten auch auswertbar sein, d.h. sie müssen gespeichert und über einen Datenlogger zur weiteren Verarbeitung abrufbar sein. Die Erkenntnis, dass solche Messungen und die damit einhergehenden zusätzlichen Investitionen für einen kontrollierten Anlagenbetrieb notwendig sind, verbreitet sich erst allmählich.

Dieses Monitoring ist notwendig, aber nicht hinreichend. Zur Optimierung von „komplexen“ Anlagen (Anlagen, die über einen konventionellen Heizkessel hinausgehen, z.B. mit Solaranlage, muss man in der Heizungstechnik bereits als „komplex“ ansehen) sind detaillierte Kenntnisse über die Anlagenschaltung und die jeweiligen Soll-Zustände erforderlich, die beim Betreiber, etwa eine Wohnungsgesellschaft, normalerweise nicht vorhanden sind. Selbst eine Nachbetreuung durch den Planer oder die ausführende Firma muss nicht zum Erfolg führen, weil diese meist unsystematisch mit der Methode „Trial and Error“ (und ohne Messdatenunterstützung) arbeiten, was sich in der Regel über längere Zeit hinzieht und keine Garantie für eine erfolgreiche Optimierung darstellt.

In großen, komplexen und entsprechend teuren Anlagen ist eine Gebäudeleittechnik (GLT) verfügbar (z.B. im Projekt München Lilienstraße), mit der zumindest ein rasches Bild des aktuellen Betriebszustandes der Anlage möglich ist. In Mehrfamilienhaus-Heizzentralen ist eine GLT jedoch heute normalerweise nicht vorhanden. Dennoch ist auch hier die Kenntnis von Daten der installierten Anlagen (etwa Solaranlage, Speicher etc.) erforderlich, um die Anlagenperformance grundsätzlich beurteilen zu können – und eine Fachperson, die zur Beurteilung bzw. zur Anlagenoptimierung fähig ist. Hier liegt das entscheidende Hemmnis einer effektiven Anlagenoptimierung: eine solche Fachperson ist nach Inbetriebnahme der Anlagen in der Regel nicht mehr verfügbar, mit dem Ergebnis, dass Anlagen lange oder auf Dauer suboptimal arbeiten und die erhoffte Wirtschaftlichkeit niemals erreichen. Dabei ist ein energetischer „Zu viel-Aufwand“ von 50 % und mehr – mit entsprechenden Mehrkosten – möglich.

Vorhandene Modelle zur Simulation von Gebäuden und deren Heizanlagen bieten die Möglichkeit einer messdatenbasierten betrieblichen Optimierung bisher nicht. Sie zielen in der Regel auf die Simulation eines komplexen Gesamtsystems, einschließlich des Gebäudes, z.B. über eine ganze Heizperiode, ab. Sie sind zu aufwendig und für die hier erforderliche Anwen-

dung nicht sinnvoll. Die Nutzung neuer Simulationstools, früher mit Matlab, heute zunehmend mit Modelica als „Modellgenerator“ mit einer geeigneten graphischen Oberfläche zur Definition von Schaltungen, wie Dymola, sollte die Entwicklung eines solchen flexiblen Modells stark erleichtern und es insbesondere ermöglichen, dass es - mit einer geeigneten Nutzeroberfläche - auch in der Praxis, und nicht nur in Hochschulen, zum Einsatz kommt. Dort können anspruchsvollere Tools, wie das auf TRNSYS basierende Modell der TU Dresden oder die Simulationssoftware „Insel“ der HFT Stuttgart, eingesetzt werden, um das „Einfach-Modell“, z.B. zur Simulation des Verhaltens von Pufferspeichern oder des Betriebs einer Wärmepumpe, zu verifizieren und so die Einsetzbarkeit des Einfach-Modells sicherzustellen.

Diese Monitoring-Themen bzw. die Aufgabe der betrieblichen Optimierung unter Nutzung von Monitoring-Daten wurden zunächst im Februar 2014 in einem internen Workshop der vier EnEff:Stadt-Projekte, in denen ein gezieltes Anlagenmonitoring Teil des Projektes war und die Messungen bereits liefen, diskutiert und ein weiteres Mal in einer Arbeitsgruppe „Monitoring“ im Rahmen eines Projektleiter-Meetings im Juli 2014 in Hamburg vertieft. In dieser Arbeitsgruppe wurden ausgewählte Ergebnisse der vier Umsetzungsprojekte (Landshut, Bad Aibling, München-Lilienstraße, Karlsruhe-Rintheim) vorgestellt. Generell wurde in allen vier Projekten festgestellt, dass komplexe Energieversorgungsprojekte bzw. komplexere TGA-Komponenten in aller Regel nicht optimal funktionieren, wenn nicht ein detailliertes Monitoring bzw. eine längere Optimierungsphase (1 bis 2 Jahre) erfolgt. Das Problem dabei ist, dass

- die Notwendigkeit für eine solche Betriebsoptimierung (mit den entsprechenden Kosten) meist nicht erkannt wird, weil von den Investoren oder Projektentscheidungsträgern angenommen wird, dass die neu installierten Anlagen „automatisch“ funktionieren wie geplant,
- die Ausstattung mit den notwendigen Messgeräten inklusive DFÜ-Fähigkeit und Auswertungssoftware meist nicht ausreichend ist bzw. dafür kein geeignetes Konzept entwickelt wird,
- das Know-how (und die Kapazitäten) für deren sachgerechte Nutzung oft unzureichend ist.

Darüber hinaus werden oft schon bei der Abnahme der installierten Anlagen Fehler durch unzureichende Funktionsverifizierung und Dokumentation gemacht. Alle diese Maßnahmen müssen bei komplexen Energieprojekten als unbedingte Voraussetzung für einen erfolgreichen Betrieb (d.h. für das Erreichen der gesteckten energetischen Ziele) angesehen werden.

Die Schlussfolgerung hinsichtlich EnEff:Stadt ist, dass die dort gemachten Erfahrungen unbedingt für weitere EnEff:Stadt-Projekte verfügbar und nutzbar gemacht werden sollten. Ferner sollten auch die Ergebnisse zum Thema Betriebsoptimierung aus anderen Programmen (EnOB, EnTool, ModQS) für künftige EnEff:Stadt-Projekte ausgewertet werden. Ein Ergebnis aus den vorgestellten vier Projekten ist, dass in der Praxis die Notwendigkeit weniger für umfassende wissenschaftliche Projekte bzw. hochintegrierte Modelle, sondern eher für praktisch anwendbare Einzelmodelle besteht, die auf einfache Weise für konkrete Anlagen eingesetzt werden können. Hier sollte ein Erfahrungsaustausch zwischen Modellentwicklern und Anwendern stattfinden.

3.11 Lessons Learned zu Technologien

Um die gemachten Erfahrungen der Projektleiter und anderer Projektbeteiligten herauszuarbeiten wurden zunächst die Zwischen- und Abschlussberichte der EnEff:Stadt-Demonstrationsvorhaben analysiert. Dabei lag das Hauptaugenmerk auf den Erfahrungen mit den eingesetzten Effizienz- und erneuerbaren Energietechnologien, aber auch dokumentierte Lessons Learned zu den Nutzererfahrungen, Messungen und zur Wirtschaftlichkeit wurden herausgearbeitet. Die Textbausteine wurden in einer filterbaren MS-Excel-Datei (Datenbank) hinterlegt. Die von der Begleitforschung vorgegebene Struktur der Zwischenberichte erwies sich auch hier als hilfreich. Um einzelne Erfahrungen mit anderen Projektleitern zu spiegeln, wurden je Technologie oder anderem Schwerpunkt ein Poster erarbeitet und in den Projektleiter-Meetings in insgesamt drei Workshops mit den Projektleitern diskutiert. Dabei ergaben sich lebhafte Diskussionen, die auf teils unterschiedlichen Erfahrungen, aber auch oft auf gleichartigen Erkenntnissen beruhten. Besonders begrüßt wurde diese Art der Workshops, weil sie von den teilnehmenden Projektleitern keine Vorbereitung erfordern und auch interessante Informationen für Verantwortliche von neuen Projekten zur Verfügung stellt. Die auf den Postern festgehaltenen Lessons Learned wurden in den Workshops ergänzt, es wurde unter anderem bestehender Forschungsbedarf zu den einzelnen Technologien ermittelt. Abbildung 3.11-1 zeigt ein Foto aus einem der Workshops; zusätzlich ist eine Auswahl von bearbeiteten Postern zu sehen.



Abbildung 3.11-1: Foto aus dem Projektleiter-Workshop „Lessons Learned“ in Wüstenrot und Teile der bearbeiteten Poster im Projektleiter-Meeting in Aachen.

Die Workshop-Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst:

Vakuumdämmung (VIP): Insgesamt 3 verschiedene Systeme werden in den EnEff:Stadt-Projekten München-Lilienstraße, Karlsruhe-Rintheim und Campus Lüneburg eingesetzt. Im Projekt Campus Potsdam ist die Verwendung von Vakuumdämmung von der Bauaufsicht wegen brandschutzrechtlichen Bedenken abgelehnt worden. Generell gibt es VIP-Systeme, die eine Systemzulassung haben und andere, die eine Zulassung im Einzelfall benötigen. Bei den Projekten in München und Karlsruhe ergab sich grob eine doppelte Arbeitszeit und doppelte Kosten für die VIP-Dämmung im Vergleich zu einer gewöhnlichen (dickeren) Dämmung mit gleichem resultierenden U-Wert. Die bisher gemachten Langzeiterfahrung (Karlsruhe-Rintheim und externe Projekte) zeigen, dass beim U-Wert der Dämmung keine Alterung erkennbar ist. Bei einigen Projekten gab es Bedenken der Nutzer, vor allem wegen Schäden an der Dämmung durch Bohrungen/Nägeln an der Außenwand. Während die Teilnehmer keinen weiteren

Forschungsbedarf sahen, könnte eine Handwerkerschulung zu einer Zeitminimierung bei der Verarbeitung und entsprechend leicht geringeren Kosten führen. Das Produkt bietet sich vor allem zur Anwendung bei Platzproblemen an (Außenwand direkt am Gehweg/Straße, Deckendämmung bei geringen lichten Höhen).

Lüftungsanlagen/Lüftungsklappen: Der gemessene Stromaufwand der Lüftungsanlagen im Projekt Karlsruhe-Rintheim weist eine starke Streuung auf. Die Probleme sind auf eine nicht optimale Leitungsführung und deshalb erhöhten Strömungswiderstand zurückzuführen. Es wurde angemerkt, dass der Projektplaner die Vorgaben des Bauherrn zur Leitungsführung nicht hinterfragt hat, bzw. dem Bauherrn nicht verdeutlicht hat, welche Auswirkung die vorgeschlagene Leitungsführung auf den Stromverbrauch hat. Auch andere Projektleiter bestätigten, dass Projektanten oftmals nicht hinterfragen sondern nur abarbeiten. Zusätzlich beobachtet man auch „festgefahrene“ Linien, die zu gleicher Umsetzung wie in früheren Projekten führen. Eine integrale Planung ist dadurch schwierig, ebenso ist die Akzeptanz der Forschungspartner im Planungsprozess häufig nicht gegeben (bzw. eher störend). Die höchsten Stromaufwände wurden bei den komplexen Lüftungsanlagen gemessen. Die höchste Nutzerzufriedenheit gab es bei den Anlagen mit wohnungsweiser (nicht zentraler) Wärmerückgewinnung. Dort hat die RWTH Aachen auch die geringsten Fensteröffnungszeiten gemessen. In Freiburg wurde in einer Studie ein primärenergetischer Vergleich zwischen Fernwärme und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung durchgeführt. Basierend auf den Primärenergiefaktor (PEF) der Wärmezeugung zeigt sich, dass bei dem sinkenden PEF für Strom durch die vermehrte Einbindung von erneuerbaren Energieträgern in der Zukunft die Lüftungsanlage auch bei relativ günstigem PEF der Fernwärme primärenergetisch günstiger ist. In wieweit das auch auf die Wirtschaftlichkeit zutrifft muss ggf. noch geklärt werden. Eine weitere Anmerkung aus Freiburg war, dass die komplexe Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung ein vermehrter Wartungsaufwand anfällt. Ideal wäre es, wenn die Wartung an der Wohnungsgrenze aufhört, d.h. wenn keine Termine mit den Mietern zur Begehung der Wohnung nötig sind. Ein ähnliches Feedback kam auch aus dem Projekt in München. Bei komplexen Lüftungssystemen (z.B. Luftheizung) wird ein Monitoring empfohlen. Beim Thema Lüftungsklappen (als Nachströmungsöffnungen für Abluftanlagen) kamen die Teilnehmer überein, dass diese nach einiger Zeit undicht werden können und dann für die Nutzer zu unangenehmen Zuglufterscheinungen führen können. Forschungsbedarf besteht nach Meinung der Diskussionsgruppe in der Analyse des Wartungsaufwandes bei unterschiedlichen Lüftungsanlagen. Benötigt wird ein Leitfaden „Lüftung im Wohnungsbau“.

Sommerlicher Wärmeschutz: Bei der Nutzerbefragung im Projekt Berlin-Adlershof gab es Kritik an den eingesetzten Sonnenschutzmaßnahmen. Die außenliegenden Rollos fahren bei Wind automatisch hoch und dann sind die Nutzer direkter Lichteinstrahlung und Blendung ausgesetzt. Ein ähnliches Problem gibt es in einem Dresdner Krankenhaus, dass von der TU Dresden außerhalb von EnEff:Stadt untersucht wurde. In einem anderen Gebäude in Berlin wurden innenliegende Sonnenschutzrollos angebracht. Diese schützen nach Meinung der Befragten nicht vor Hitze, führen aber zu einer Verdunkelung der Räume und so zur erhöhten Nutzung von elektrischer Beleuchtung auch über den Tag. Auch in Freiburg-Weingarten gab es Nutzer, die die Wohnungen im Sommer als zu warm wahrnehmen. Messungen bestätigen, dass in Schönwetterperioden die Raumlufttemperaturen teilweise außerhalb des Komfortbereiches liegen. In München wurde aufgrund der zu hohen Unterhaltungskosten der Sonnenschutz statt wie geplant außenliegend auf innenliegend umgeändert. Karlsruhe-Rintheim berichtet von außenliegendem Sonnenschutz mit Lichtlenkung im oberen Bereich, der bisher keine Probleme verursacht. Generell wurde angemerkt, dass Überhitzung (oftmals ausgedrückt in der Anzahl der Stunden > 26 °C Raumlufttemperatur) nicht nur vom Sonnenschutz sondern auch vom Nutzerverhalten (z.B. vom Fensteröffnen zum falschen Zeitpunkt) abhängig ist. Weitere Einflussgrößen sind Fenstergrößen, Gebäudemasse und Pufferräume. Der Nach-

weis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108 wurde kontrovers diskutiert. Während die neue Nachweismethode generell schärfer als früher ist, scheint die Alternative, die Ermittlung der Überhitzungsstunden durch Simulation nicht genau genug definiert zu sein. Hier wird die Qualität des verwendeten Simulationswerkzeugs nicht geprüft, es muss nur benannt werden. Als Forschungsbedarf wird hier die Qualitätssicherung der zulässigen Simulationstools gesehen.

Fenster: Im Bereich Fenster ging es um folgende Lessons Learned: Ideale Einbausituation, Wirtschaftlichkeit des Fensteraustausches und Qualität und Marktreife von Vakuumverglasung. Im Schlussbericht des Projekts Freiburg Weingarten wird als ideale Einbausituation ein an die Rohbaukonstruktion außen aufmontierter Fensterrahmen angegeben, der vom Wärmedämmverbundsystem (WDVS) möglichst vollständig überdämmt werden sollte. Neben geringeren Wärmebrücken am Übergang Fenster/Wand kann auch die leicht höhere Tageslichtausbeute von Vorteil sein. Andere Teilnehmer merkten an, dass für die Statik dieser Anbringungsart große Stahlwinkel (Wärmebrücke) aufgrund des hohen Gewichts der meist 3-fachverglasten Fenster nötig sind. Ein späterer Austausch der Fenster ist schwierig, weil der Rahmen ja in das WDVS eingebracht ist. Ein Rückbau ohne die Wärmedämmung zu beschädigen, scheint nicht möglich. Ggf. kann es auch Probleme mit der Zulassung des WDVS geben, weil der Kleber jetzt auf der Dichtbahn und dem Fensterrahmen haften muss und nicht wie im Zulassungsfall auf der Rohbaukonstruktion. Beim Projekt Karlsruhe-Rintheim wurde herausgestellt, dass der Fensteraustausch vom 2-Scheiben-Verbundfenster hin zu 2- oder 3 Scheiben Wärmeschutzverglasung in aktuellen Rahmen rein auf Basis der Energie nicht wirtschaftlich ist. Die Erfahrung zum Thema Wirtschaftlichkeit wurde von vielen anderen Teilnehmern geteilt. Bei einer integralen Sanierung ist ein Fensteraustausch meistens erforderlich, nicht zuletzt aufgrund der angestrebten Dichtheit der Gebäudehülle. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit kann ggf. bei gleichzeitigem Austausch der Heizungsanlage eine reduzierte Heizlast angerechnet werden. Auch der erhöhte Nutzerkomfort (wärmere Fensteroberflächen) sollte erwähnt werden. Sowohl im Projekt Lüneburg, als auch im Projekt Potsdam wird die geplante Vakuumverglasung nicht umgesetzt. Während die Partner aus Lüneburg berichten, dass das einzige derzeit auf dem deutschen Markt verfügbare Produkt Spacia von Pilkington einen nicht sehr niedrigen U-Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ aufweist, und damit nicht besser als eine hochwertige 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ist, bestand das Problem in Potsdam aus der fehlenden Zulassung für den Brandschutz. Die Teilnehmer kamen überein, dass Vakuumverglasung in absehbarer Zeit kein Ersatz für 3-fach-Wärmeschutzverglasung ist. Es gibt allerdings ein neues Gebäude in Stuttgart (genannt B10) indem eine Vakuumverglasung eines chinesischen Herstellers eingesetzt wurde mit besserem U-Wert als $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ (angegeben wurde $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$). Die Verglasung wurde direkt vom Hersteller in China gekauft und ist in Deutschland (noch) nicht marktgängig. Abschließend wurde diskutiert, ob bei den schwereren 3-fachverglasungen ein Nachjustierbedarf der Fensterscharniere entsteht. Dies konnte von keinem der Teilnehmer bestätigt werden.

Dezentrale Heizungsanlagen: Die Erfahrungen zu den dezentralen Heizungsanlagen stammen aus den Projekten Karlsruhe-Rintheim (22 Wohneinheiten) und München Lilienstraße (150 Wohneinheiten). Zum Erreichen der Wirtschaftlichkeit sind die dezentralen Heizungsanlagen derzeit noch ca. 60% zu teuer. Pro Wohnung entsteht ein finanzieller Mehraufwand von 1200 – 2000 € je nach Wohnungsgröße bzw. Anzahl der Heizkörper. Sie sparen relativ gesehen zwar viel Strom ein, absolut gesehen aber nicht, da eine konventionelle zentrale Heizungsanlage eben auch nicht viel Strom verbraucht. Die detaillierten Messungen in Karlsruhe ergaben, dass in der ersten Serie das Rückschlagventil in den Pumpen fehlte. Dieses wird jetzt vom Hersteller standardmäßig eingebaut. Die dezentralen Heizungsanlagen werden vom Nutzer über ein elektronisches Tableau gesteuert, es gibt keine einfache Thermostatlösung oder ähnliches. Viele Bewohner sind dadurch überfordert. Die Schnittstelle Technik/Mensch

muss verbessert werden. In Karlsruhe wurde ein Standardprofil voreingestellt, das durch die Nutzer geändert werden kann. Es wurde zumeist jedoch nicht angepasst. Als Forschungsbedarf wurde ermittelt: Wie können die dezentralen Heizungspumpen investiv günstiger werden? Wie kann das Regelsystem vereinfacht werden? Welche Interaktionen gibt es mit anderen Systemen (z.B. geringere Taktung des Wärmeerzeugers)?

Wärmepumpen: Wärmepumpen kommen unter anderem in den Projekten Karlsruhe-Rintheim (Luft/Wasser, Abluft/Wasser und Erdreich/Wasser), München-Lilienstraße (Gasmotor-WP), Hamburg-Jenfeld und Ludmillapark Landshut zum Einsatz. Die Luft/Wasser-WP sind bei niedrigen Außentemperaturen energetisch als kritisch einzustufen. Die eingestellte Trinkwarmwassertemperatur hat großen Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpe. In fast allen Projekten gab es Beschwerden oder zumindest Wünsche der Nutzer nach höheren Trinkwarmwassertemperaturen (z.B. zum Abspülen), die dazu führten, dass die Einstellung nach oben reguliert wurde. Hier sollte ggf. versucht werden, zunächst darauf nicht einzugehen oder die Einregulierung über eine optimierte Hydraulik und nicht über eine höhere Vorlauftemperatur durchzuführen. Als Forschungsbedarf wurde festgestellt: Sind die Designwerte der Wärmepumpen praxistauglich? Welche Trinkwarmwassererzeugung passt optimal zu einer Wärmepumpenlösung (zentral, dezentral, hybrid)? Im 2. Bauabschnitt im Ludmillapark Landshut wird eine elektrische Nacherhitzung für die Trinkwarmwassererzeugung eingesetzt.

Warmwasserbereitung: Generell werden unterschiedliche Warmwasserbereitungs- und -Verteilssysteme in den EnEff:Stadt-Projekten eingesetzt, von dezentralen Trinkwarmwasserstationen, über eine zentrale Warmwasserbereitung mit Zirkulation je Gebäude bis hin zu einer zentralen Warmwasserbereitung mit von der Nahwärme getrennter Verteilung. Die wohnungsweisen Trinkwarmwasserstationen in Karlsruhe scheinen keinen Beitrag zur Reduzierung des Energieaufwandes geleistet zu haben. Die erzielten geringeren Wärmeverteilungsverluste wurden durch einen Zuwachs beim Stromverbrauch der Umwälzpumpen überkompensiert. Hier sollte ggf. wie in einem externen Projekt in Mannheim mit reduzierten Pumpenleistungen geplant werden. Der gemessene Warmwasserbedarf beträgt in Karlsruhe 12-15 kWh/m²a und in Landshut 10 kWh/m²a. Die in München eingesetzte anodische Oxidation zur Legionellenbekämpfung war teuer. Ob das Ziel einer höheren Solarnutzungsrate erreicht wurde, muss noch ausgewertet werden. Grundsätzlich findet in Mehrfamilienwohngebäuden einmal pro Jahr eine Legionellenmessung statt. Wenn Legionellen gefunden werden, wird die Frequenz auf monatlich erhöht. In 2 Projekten wird in den Solaranlagen statt dem Einsatz von Frostschutzmittel als Übertragungsmedium reines Wasser verwendet, das bei Frost dann erwärmt und durch den Kollektor geleitet wird, damit die Rohre und Kollektoren nicht einfrieren und beschädigt werden. Hiermit soll ein höherer Solargewinn erzielt werden. Dies muss anhand der Messungen noch geprüft werden. Folgender Forschungsbedarf wurde von den Teilnehmern gesehen: Ist der Gleichzeitigkeitsfaktor bei der Warmwasserbereitung zu hoch (mit Berücksichtigung der immer größer werdenden Fläche je Bewohner)? Ist generell die Auslegung nach Zapfstellenanzahl falsch? Sind dezentrale Frischwasserstationen sinnvoll?

Blockheizkraftwerke (BHKW): Im Projekt Berlin Adlershof wurde in einer Studie analysiert ob BHKWs mit unterschiedlichen Energieträgern und in unterschiedlichen Größen einerseits den bestehenden niedrigen Primärenergiefaktor der Fernwärmeversorgung weiter verbessern können und andererseits wirtschaftlich sind. Die bestehende Fernwärme, die mittels einem Holzhackschnitzel-Heizwerk, einem Gas-BHKW und einem kleinen Anteil aus einem Öl-Heizwerk erzeugt wird, hat einen PEF von 0,16. Die Einbindung weiterer Erdgas-BHKWs kann diesen PEF nicht verbessern sondern eher verschlechtern. Für die Studie wurde eine Ziela-mortisationszeit von 3 bis 5 Jahren angesetzt. Es wurde diskutiert, ob nicht eine etwas längere Amortisationszeit angemessen wäre (10 Jahre). Allerdings benötigt ein BHKW gemäß Abschätzung durch die Projektbearbeiter nach ca. 40.000 Betriebsstunden einen neuen Motor.

Beim Einsatz eines Biomethan-BHKW sind 6 von 44 betrachteten Anlagen potentiell wirtschaftlich. Die meisten erreichten das Amortisationsziel von 5 Jahren aber nicht. Im Projektgebiet Berlin-Adlershof besteht keine Möglichkeit der investiven Förderung für die BHKWs, da diese abhängig von der zu verdrängenden Energieversorgung ist. Freiburg Weingarten berichtet, dass durch die erhöhte Anzahl der jetzt sechs Motoren die Betriebssicherheit und die Verfügbarkeit der Kraft-Wärmekopplung deutlich verbessert wurden. Dadurch ergibt sich für die Anwohner zusätzlich der Vorteil der gesunkenen Betriebsgeräusche. Es wurde diskutiert, ob die generelle primärenergetische Betrachtungsweise problematisch ist, weil sie Lösungen, die an der Endenergie ansetzen, behindert und fernwärmeversorgte Gebäude (bei niedrigem PEF) dadurch unsaniert bleiben. Allerdings fallen die Entscheidungen über Sanierungen meist über die Wirtschaftlichkeit und diese wird auf Basis des Endenergiebedarfs ermittelt. Die Teilnehmer sehen die Rolle der BHKWs für die Energiewende unterschiedlich, d.h. zum Teil nicht unbedingt als Brückentechnologie. BHKWs sind ihrer Meinung nach geeignet für Nischenanwendungen, gerade bei Quartieren auch als Back-up geeignet und gut in Kombination mit Speichern. Für Wohnbauunternehmen besteht ein Problem bei der Umsetzung der Konzepte durch die Verträge mit den Endnutzern. Hier muss oftmals ein Dienstleister die zugehörigen Abrechnungsmodalitäten übernehmen. Ein Teilnehmer warf ein, dass ein „Anschlusszwang“ für BHKW-Strom aus dem Quartier hilfreich wäre (ähnlich zum Fernwärmeanschlusszwang). Die Ansichten der Teilnehmer dazu waren aber gespalten. Damit die Wärmeproduktion des BHKWs im Sommer keine Energievernichtung ist wurden mehrere Lösungsansätze vorgeschlagen: Kälte aus Wärme und eine gestaffelte Produktion (z.B. 2 BHKWs von denen eins nur im Winter läuft). Der Forschungsbedarf wird eher regulatorisch und nicht technisch gesehen. Allerdings sollte auch darüber nachgedacht werden, wie Wärme effizient rückverstromt werden kann. Die Technologie Organic Rankine Cycle (ORC) ist im Temperaturbereich der BHKW-Wärme ineffizient.

Niedertemperatur-Netz, Einspeisung in das Fernwärmenetz: Die Verlustanteile der Wärmenetze in Bad Aibling und in Ludwigsburg (Berechnung für eine klassische Erweiterung des bestehenden Fernwärmenetzes ungleich dem wirklich umgesetzten Konzept) betragen 30-35%. In beiden Fällen handelt es sich um Bestandsnetze mit jetzt geringer Wärmeabnahme. Die Teilnehmer kamen überein, dass ein prozentualer Wärmeverlust des Netzes (in Abhängigkeit der gesamten erzeugten Wärme) nicht der richtige Maßstab ist, sondern die absoluten Verluste über die Länge des Wärmenetzes berücksichtigt werden müssen. In der Planungsphase dürfen die Verluste der Wärmenetze nicht pauschal mit Verlustraten aus der Literatur geschätzt werden, sondern müssen über die Netzlänge, die Temperatur und die Dämmqualität der Leitungen berechnet werden. In München wurde die Erfahrung gemacht, dass eine niedrigere Vorlauftemperatur im Netz die Laufzeiten der Heizungspumpen und der Gasmotorwärmepumpe anheben konnte und die Netzverluste reduziert werden konnten. Aus dem Projekt Berlin-Adlershof, bei dem die WISTA die Gewerbeansiedlung berät, wurde eine Liste mit Hemmnissen für offene Wärmenetze zusammengetragen, die von mangelndem Interesse des Netzbetreibers (kein wirtschaftlicher Gewinn), über hohe Netzkomplexität und damit hohe Ansprüche an die Regelungstechnik und Kompatibilität der Einspeiser, langfristige Verpflichtungen der Einspeiser, dem Problem dass Angebot und Nachfrage zeitlich nicht übereinstimmen, hohe Amortisationserwartungen und Investitionsunsicherheiten, fehlende Information und Knowhow und bau- und privatrechtlichen Problemstellungen reicht. Diese gehobenen vor allem technischen Anforderungen führen zu mangelndem Interesse der lokalen Endverbraucher an systemkompatiblen Wärmeanlagen. Das Energiekonzept in Adlershof ist deshalb auf eine solare Einspeisung in den Rücklauf des Niedertemperaturnetzes reduziert worden. Als Forschungsbedarf werden Konzepte/Stufen der Niedertemperatur-Nahwärme und kalte Fernwärme in Abhängigkeit der Fernwärmeerzeugung (z.B.: 20 °C Netztemperatur plus eine Wärmepumpe je Gebäude) gesehen.

PV-Anlagen: In Berlin Adlershof gab es wirtschaftliche Vorteile für kleinere PV-Anlagen, solange die Einspeisevergütung attraktiv war. Nach Reduzierung der Vergütung ist die Größe der Einzelanlage nicht mehr von Bedeutung für die spezifischen Mehrkosten. Das Projekt in Potsdam wies auf eine schnelle Amortisation der PV-Anlage durch eine 24-h-Abnahme des Großrechners hin. Hierdurch konnte ein 100%-iger Eigennutzungsgrad erreicht werden. Die Prüfung der Nutzung von Fassadenflächen für PV-Anlagen in Freiburg Weingarten erwies sich aufgrund Verschattung durch die Balkone und hoher Kosten als unwirtschaftlich. Verschattung durch Bäume führt in München zu einem leicht reduzierten PV-Ertrag gegenüber der Planung. Generell sollte der stetig reduzierte Ertrag durch Baumwachstum über die Jahre mit angesetzt werden. Die Kollegen aus Lüneburg versprachen für das nächste Projektleiter-Meeting die Bilanz ihrer 640 kWp-Anlage bei kompletter Eigennutzung darzustellen. Ähnlich wie bei den BHKWs wurde auch hier die Idee eines „Anschlusszwangs“ oder günstiger steuerrechtlicher Rahmenbedingungen geäußert, um die Eigennutzung von PV-Anlagen zu erhöhen. Man kam aber überein, dass nur wirtschaftliche und energieeffiziente Konkurrenz für Bewegung beim Energieversorger sorgt. Beim Plusenergieansatz für Gebäude erhöhen elektrische Speicher den Selbstnutzungsanteil. Hier könnte auch das Quartier ansetzen mit zentralen ggf. geförderten Speichern und zusätzlichem Ausgleich durch unterschiedliche Lastgänge. Als Forschungsbedarf wurden die Integration von Speichern und die Weiterentwicklung von Simulationsmodellen gesehen.

Messung: Es bestand eine große Einigkeit darüber, dass der Arbeitsaufwand für die Messungen von den Projekten unterschätzt wurde. Dabei wurde sowohl eine Vorsicht vor einem „Übermonitoring“ angesprochen, als auch darauf hingewiesen, die Messungen und die Datenstruktur so einfach wie möglich zu gestalten. Andererseits ist zu beachten, dass wenn alles perfekt funktioniert zwar wenige Wärmemengenzähler genügen um die Energieeffizienz des Projekts zu bewerten, bei Problemen aber weitere detaillierte Messfühler nötig sind um die Gründe für die Abweichungen festzustellen. Messtechnik nachzuzustallieren ist schwierig, da dadurch die Hydraulik verändert wird. Ein Beispiel für den Nutzen einer detaillierten Messung ist, dass in Karlsruhe-Rintheim festgestellt wurde, dass Teile der eingesetzten Geniax-Pumpen kein Rückschlagventil hatten. Eine kontinuierliche Messauswertung ist wichtig. Die Messanforderungen aus dem Messleitfaden EnEff:Stadt sind Mindestanforderungen, genauere Messungen sind natürlich zulässig und vielerorts auch notwendig, um die eingesetzten und geförderten Technologien bewerten zu können. Vielleicht sollten die Messungen in 2 Detaillevel geplant werden: 1. Das Gesamtquartier, 2. Die Anlagentechnik. In der demnächst erscheinenden VDI 6041 wird auf das technische Anlagenmonitoring eingegangen. Dieses entspricht aber nicht einer Messung in einem Forschungsvorhaben.

Nutzer-Feedback: Beschwerden der Nutzer beziehen sich vorrangig auf drei verschiedene Bereiche: Zugerscheinungen in Nachströmbereichen für mechanische Lüftungseinrichtungen, zu niedrige Raumtemperaturen und zu niedrige Warmwassertemperaturen. Es beschwerten sich immer nur Teile der Nutzer. Das Nutzer-Feedback wird entweder über Beschwerden oder Rückmeldung der Gebäudeeigentümer oder Facility-Manager gesammelt oder über soziologische Erhebungen. Es wurde diskutiert, ob soziologische Erhebungen auf Ebene des Einzelgebäudes bleiben sollten oder auch eine Aussage zum Quartier hier sinnvoll sein kann. Einige EnEff:Stadt-Projekte beinhalten Beteiligungskonzepte, die hängt aber stark von der Eigentümerstruktur der Gebäude ab. Es ist zu bedenken, dass eine Umfrage oder auch eine Information zum Projekt eine Erwartungshaltung erzeugen kann. Sollte ein Gebäude/eine Gebäudezone nur auf 20°C oder gar noch tiefer ausgelegt werden, muss dies vom Eigentümer/Mieter unterschrieben werden.

3.12 Querauswertung Campus-Projekte

Die Querauswertung der Campus-Projekte aus EnEff:Stadt erfolgte in drei Stufen. Zunächst wurden die Projektanträge der vier EnEff:Stadt-Projekte mit 3 weiteren Campus-Projekten aus dem Forschungsbereichen EnBop und EnOB verglichen bzgl. der Projektinhalte, Projektphasen, der Projektschwerpunkte (Planung / Simulation / Umsetzung / Messung), der geplanten Verwertungsmaßnahmen, dem geplanten Technologieeinsatz, dem angestrebten Ziel, der Campusgröße und der Campusart, bevor eine kurze Einordnung der Projekte durchgeführt wurde:

- **Campus Aachen/Jülich (EnEff:Stadt):** Betriebsoptimierung der zentralen Energieversorgung über Netzkopplung, Erzeugeroptimierung und Nutzung von Abwärme. Weiterentwicklung eines Simulationstools (Modelica). Betroffen sind zwei große Campus-Areale.
- **Campus TU Braunschweig (EnEff:Stadt):** Dezentrale und erneuerbare Energieversorgung mit 2 Zielzuständen (2020 und 2050) unter Berücksichtigung der demographischen Entwicklung und Einbindung in die Lehre. 1 großer Campus.
- **Campus Leuphana Universität Lüneburg (EnEff:Stadt):** Zentrale Energieversorgung mit Umstellung des BHKWs auf erneuerbare Energien, Abwärmenutzung und saisonale Wärmespeicherung. 1 kleiner Campus
- **Campus Potsdam (EnEff:Stadt):** Abwärmenutzung im Gebäude und Konzept für ein (neues) Verbundnetz mit Abwärmenutzung und Speicherung. 1 kleiner Wissenschaftscampus.
- **HoEff / HoEff-CIM Ludwig-Maximilians-Universität München (EnBop):** Hochschulspezifische Energievergleichskennwerte auf Basis von Raumklassen. Entwicklung von angepassten Verfahrensweisen und Hilfsmitteln für die energetische Beurteilung von Gebäudetypen. Entwicklung eines Energiemasterplans für die LMU. Kein Demonstrationsprojekt. 70 verschiedene Standorte.
- **Neubau der Hochschule Ruhr-West (EnBop):** Energetische Optimierung und Konzept zur Validierung eines Einzelgebäudes.
- **Neubau FH Erfurt „Grüner Campus“ (EnOB):** Schwerpunkt auf innovativen Technologien. Das Projekt selbst beinhaltet Simulationen, Monitoring und Kalibrierung der Simulationen. 1 Neubaugebäude.

Als zweite Stufe wurden die zwei EnEff:Stadt-Campus-Projekte, Campus Braunschweig und Campus Lüneburg als gesonderte Gruppe innerhalb der energetischen Querauswertung miteinander verglichen. Die ausführlichen Ergebnisse sind dem Kapitel 4.11.2 "Universitätscampus-Projekte mit mehrheitlich zu sanierenden Bestandsgebäuden (ausschließlich Nichtwohngebäude) mit zentraler Versorgung im Ausgangs- und Zielzustand und geplantem Einsatz von erneuerbaren Energien (Photovoltaik und Biogas" in der Schriftenreihe „Energetische Bilanzierung von Quartieren“ [11] zu entnehmen. Auszüge aus den Grafiken sind in Abbildung 3.12-1, Abbildung 3.12-2 und Abbildung 3.12-3 dargestellt.

Endenergie der Gebäude: Wärme/Strom/Kälte BS - LG

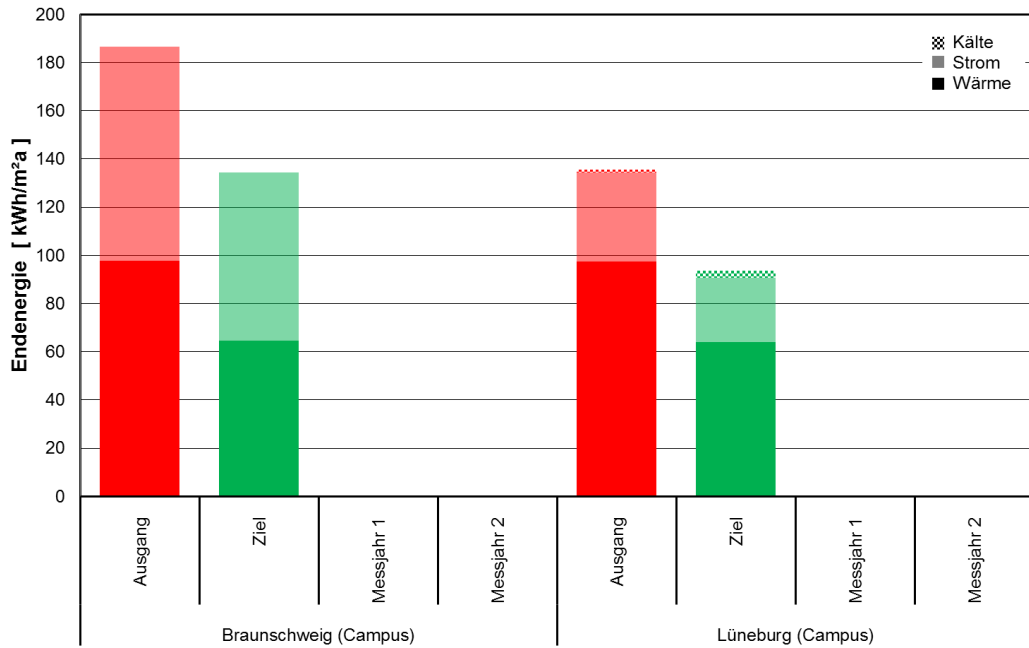


Abbildung 3.12-1: Darstellung der Endenergie an der Gebäudekante in den Campus-Projekten Braunschweig und Lüneburg.

Energieträger zur Nahwärmeerzeugung BS - LG

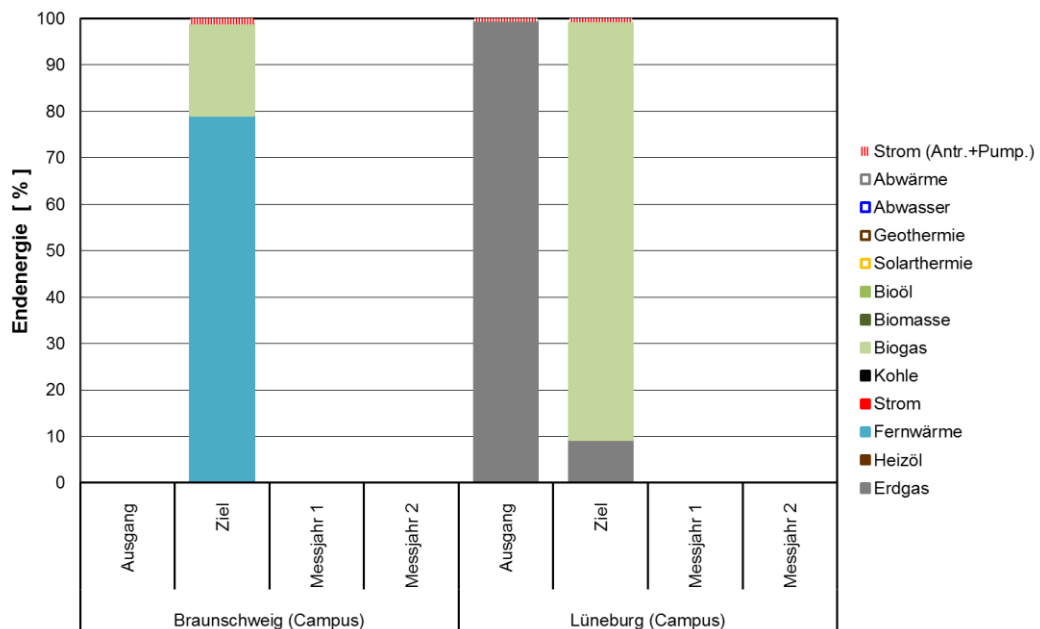


Abbildung 3.12-2: Energieträgeranteile an der Nahwärmeerzeugung in den Campus-Projekten Braunschweig und Lüneburg.

Primärenergie der Quartiere BS - LG

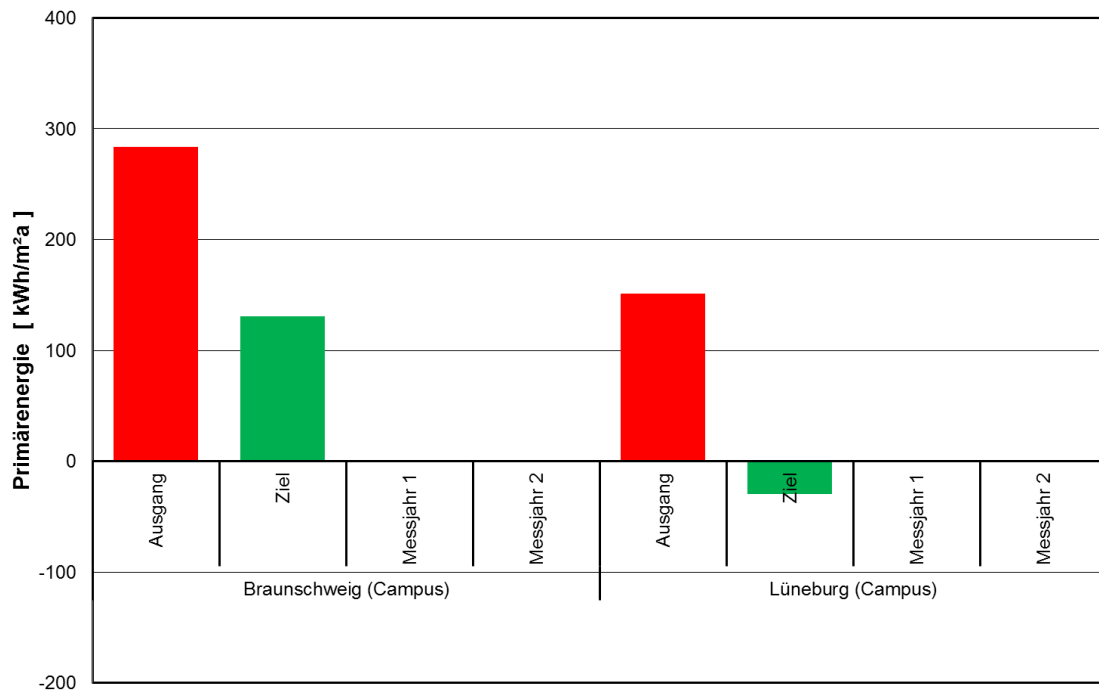


Abbildung 3.12-3: Primärenergie der Campus-Projekte Braunschweig und Lüneburg.

Bei der Analyse konnten auch zwei erste Benchmarks zum Bereich Universitätsgebäude ermittelt werden:

- Soweit sich aus nur zwei Vorhaben ein Benchmark bilden lässt, kann für den bezogenen Endenergieverbrauch Wärme an der Gebäudekante eines Universitätscampus, der aus reinen Nichtwohngebäuden besteht, ca. 100 kWh/m²a angenommen werden. Dieser kann durch Sanierungsmaßnahmen an Teilen der Gebäude innerhalb eines Gesamtkonzepts deutlich gesenkt werden, nämlich um ca. 30 %.
- Auch bei Quartieren mit relativ hohem Stromverbrauch, wie Universitätscampus, können erneuerbare Energieanteile an der Stromversorgung von 40 % und darüber erreicht werden, zum Beispiel durch eine Kombination aus zentralen und dezentralen Photovoltaikanlagen und Stromerzeugung aus Biogas-BHKW.

Der dritte Bereich der Campusauswertung ist eine gesonderte Ausgabe der Schriftenreihe mit dem Namen „Der energieeffiziente Universitätscampus: Pilotprojekte der Forschungsinitiative EnEff:Stadt“ [15]. Darin werden generelle Besonderheiten von Universitätskomplexen (Universitätsstatistik in Deutschland, die Campusgeschichte, Gebäudetypen von Universitäten, der Finanzierungshintergrund, Akteure und Prozesse in energieeffizienten Campusprojekten, die Energieversorgung, Roadmaps zur Verbesserung der Energieeffizienz) beschrieben bevor die 4 Campusvorhaben aus EnEff:Stadt in einer gleichartigen Struktur detailliert vorgestellt werden. Dieser Bereich wurde von den Projektteams an den einzelnen Standorten erarbeitet. Er enthält einen kurzen Projektsteckbrief und eine textliche Projektbeschreibung. Der darauffolgende Quervergleich der vier Projekte ist in der nachfolgenden Tabelle 3.12-1 enthalten.

Tabelle 3.12-1: Gegenüberstellung der vier Campus-Projekte innerhalb der Forschungsinitiative EnEff:Stadt.

Projektmerkmal		RoadMap RWTH Aachen	blueMap TU Braunschweig	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam								
Projektgröße	Anzahl Gebäude	321 (+ 100 energetisch irrelevante)	136	25	56								
	Beheizte Netto-grundfläche	457.600 m ² (638.000 m ² elektrisch versorgt)	330.000 m ² (345.000 m ² nach Projekt)	56.148 m ² (80.581 m ² nach Projekt)	45.225 m ² GF (50.670 m ² nach Projekt)								
Haupt-nutzungen	Gebäudeanteil	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch
	Verwaltung				nicht unterteilt								
	Institutsgebäude				nicht unterteilt			nicht unterteilt					
	Forschung												
	Unterricht												
	Wohnen												
	Technik												
	Sport												
	Lager/Werkstätten												
Sonstiges													
Alter	Bestand: Bauperioden	1861 bis 2015	vor 1918 bis 2008	1936/1990/1996	1832 bis 2015 (teilweise Denkmalschutz)								
	Neubau	ja	3 Gebäude	1 Zentralgebäude	1 Forschungsneubau								
Bauliche Sanierungen/Schäden		Bereits einige Sanierungen durchgeführt	Gebäudekomponenten teilweise am Ende der Lebensdauer	Dach- und Heizungs-sanierungen, Nah-wärmesystem seit 2010	teilweise energetisch saniert								
Energie-versorgung im Bestand	Zentral	Wärme: eigenes Nah-wärmenetz (KWK), Fernwärme (Low-Ex) Kälte: 3 Kältenetze (AKM/KKM) Strom: externer Versorger/KWK	Wärme: Fernwärme (Pool-Ausschreibung alle 2 Jahre) Strom: Pool-Ausschreibung	Wärme: externer Versorger (Erdgas-KWK + Kessel) Strom: externer Versorger	Strom: externer Versorger								

Projektmerkmal		RoadMap RWTH Aachen	blueMap TU Braunschweig	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam
	Dezentral	Wärme: 14 Gebäude mit Erdgaskesseln, zus. Wärmepumpen und Ölkessel Kälte: dezentrale Anlagen in Einzelgebäuden	Wärme: vereinzelt Erdgaskessel, auch für BHKW und Dampferzeugung	-	Wärme: 25 Erdgas-Brennwertkessel, 2 Erdgas-BHKWs, Wärmepumpen
Projektlaufzeit		10/2014 – 09/2016	01/2012 – 03/2015	10/2010 – 12/2016	07/2011 – 12/2015
Projektart	Planung				
	Simulation				
	Umsetzung				
	Messung				
Energetische Projektziele		Reduzierung Primärenergieverbrauch um 50 % bis 2025	Mittelfristig (2020): Reduzierung Primärenergieverbrauch um 40 % Langfristig (2050): Versorgung des Campus mit regenerativer Energie	Klimaneutrale Energieversorgung Einsparung von 30 % Endenergie und 50 % Primärenergie im Bestand Neubau: <100 kWh/m²a Endenergie	Neubau: 50 % besser als EnEV-Anforderungen Abwärmenutzung des Hochleistungsrechners, ggf. Anschluss an Campusnahwärmenetz

Projektmerkmal		RoadMap RWTH Aachen	blueMap TU Braunschweig	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam
Projekthalt		Gesamtkonzept für energetische Sanierung Datensammlung und Building Information Modeling Dynamische Simulation der Energieversorgungskette Einzelmaßnahmen und Optimierungsstrategien GIS-basiertes 3-D-Modell des Campus Leitfaden	Evaluierte Ausgangssituation Szenarien zu Gebäude-Energieverbrauchsreduzierung rationellem Energieeinsatz Nutzung erneuerbarer Energie Ökologische und ökonomische Randbedingungen	Neubau: energetisches Konzept, Planung, dynam. Modellierung Monitoring und Nutzereinbindung Campus: Energieeinspar- und -liefer-Contracting dynam. Modellierung Energiesystem: exergetische Varianten Modellierung Wirtschaftlichkeit Nachhaltigkeit	Neubau: innovative Dämmung und Verglasung Innenraumkomfort Nutzung der Abwärme des Hochleistungsrechners für Beheizung Kaltgangeinhausung im Rechenzentrum Campus: Konzept für ein Nahwärmenetz
Eingesetzte Technologien	Gebäude	Da es sich bei dem Projekt um ein Simulations- und Planungsprojekt handelt, finden keine Maßnahmen an Ge-	Dämmung von Dachflächen und Fassaden Beleuchtungsaustausch Erhöhung der Flächeneffizienz	LED-Beleuchtung und Einzelraumregelung Schaltbare Verglasung PCM-Kühldecken Vakuumdämmung	Vakuumdämmung Vakuumverglasung Raumklimaaktive Wandmaterialien Kaltgangeinhausung

Projektmerkmal		RoadMap RWTH Aachen	blueMap TU Braunschweig	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam
	Versorgung	bäuden und der Energieversorgung im Rahmen des Projekts statt.	Austausch techn. Ausstattung Betriebsoptimierung RLT-Anlagen 2 Biomethan-BHKWs Photovoltaik-Anlagen	Optimierung Heizkreise Effizienzpumpen Deckenstrahlplatten Wärmenutzung auf zwei Temperaturniveaus, interne Kaskadierung Intelligente Gebäudetechnik mit Nutzereinbindung Energieliefercontracting Modernisierung BHKWs und Umstellung auf Biomethan Photovoltaik Aquiferspeicher (Option)	Warmwasserkühlung für Hochleistungsrechner Wärmepumpe zur Abwärmennutzung Heizungsanbindung von Nachbargebäuden
Endenergieverbrauch vorher	Wärme	237 kWh/m ² a *	105 kWh/m ² a	107 kWh/m ² a	110 kWh/m ² a
	Kälte	73 kWh/m ² a *	-	-	31 kWh/m ² a
	Strom	238 kWh/m ² a *	89 kWh/m ² a	41 kWh/m ² a	267 kWh/m ² a
	Summe	548 kWh/m ² a *	194 kWh/m ² a	148 kWh/m ² a	378 kWh/m ² a
Energieverbrauch nachher	Wärme	Simulation noch nicht abgeschlossen	62 kWh/m ² a **	66 kWh/m ² a ***	Berechnung noch nicht abgeschlossen
	Kälte		-	3 kWh/m ² a ***	
	Strom		52 kWh/m ² a **	27 kWh/m ² a ***	
	Summe		114 kWh/m ² a **	96 kWh/m ² a ***	
Bereits erhältliche Projektergebnisse		Veröffentlichungen Planungshilfsmittel aus Vorgängerprojekt	Betriebsoptimierende Maßnahmen Austausch Beleuchtung und technische Geräte Veröffentlichungen	Neubau im Rohbau Contracting 1. Jahr Speichereinbindung Veröffentlichungen	Planung und Bau PIK Forschungsneubau Fenster mit Vakuumverglasung LED-Beleuchtung Heizungsanbindung Nachbargebäude

Projektmerkmal		RoadMap RWTH Aachen	blueMap TU Braunschweig	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam
Umsetzung in die Lehre		Besichtigung der Versorgungsanlagen Studentische Abschlussarbeiten	Entwürfe, Seminar-, Bachelor-, Masterarbeiten	Veranstaltungsreihe im Studium Generale, im Komplementärstudium und im Master Nachhaltigkeitswissenschaften Bachelor-, Masterarbeiten	Projekt ist Bestandteil in Vorlesungen und Seminaren (Gebäudeenergie-management, Architektur) Projekt-, Diplomarbeiten
Lessons Learned	Entscheidungsprozesse	Noch keine	Noch keine	Hohes Maß an Kommunikation, Steuerungs-runden Verbindliche Förderziele wichtig als Durchsetzungsinstrumente Contracting gut geeignet für öffentliche Liegenschaften Schnittstelle Betrieb/Instandhaltung (Universität) und Wartung/Reparatur (Contractor) muss ausgestaltet werden	Hoher Abstimmungs- und Kommunikationsaufwand, da viele Eigentümer und Nutzer Bereitschaft zu Innovationen (Mehraufwand und wirtschaftlichem Risiko notwendig) Simulationsberechnungen brauchen teilweise mehr Zeit, als im Planungs- und Bauablaufprozess zur Verfügung steht
	Hemmnisse	Verständlichkeit von Begriffen muss geklärt werden. Regelmäßige Treffen sind wichtig.	Datenschutz: Trennung in freiwillige Umfrage und personenbezogenen TU-Daten. Erläuterung zum Projekt wichtig.	Frühzeitige Einbindung von Nutzern/techn. Personal, sonst Energiesparmaßnahmen als Einschränkung/Belastung Verbindliche, kommunizierte Ziele und „klären, wer was macht“	Budget für Monitoring sollte beim Eigentümer der Immobilie liegen (Haftungs- und Bauablaufgründe)

Projektmerkmal		RoadMap RWTH Aachen	blueMap TU Braunschweig	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam
	Energetische Benchmarks	Noch keine	Noch keine	Strombedarf von Geräten Messdaten für den Campus Messwerte 2014 zeigen fast ausgeglichene Primärenergiebilanz bei Biogasanrechnung Auslastung und Nutzerverhalten größte Einflussfaktoren	Noch keine
	Technologien	Noch keine	Noch keine	Photovoltaik im Eigenverbrauch auch in Ost-/West-Ausrichtung effektiv zur Fremdstromverringerung KWK komplementär zu dezentraler Energieerzeugung in effizienten Gebäuden Biomethan-KWK hat hohen CO ₂ -Reduktionseffekt	Vakuumdämmung nicht umgesetzt wegen Lärchenholzfassade; weitere Brandlast durch Folien der Vakuumdämmung nicht zulässig Geplante Vakuumverglasung aus ProVIG-Projekt nicht marktreif, stattdessen Vakuumverglasung mit weiterer Scheibe kombiniert (Piloteinsatz)

Projektmerkmal		RoadMap RWTH Aachen	blueMap TU Braunschweig	Klimaneutraler Campus Leuphana Universität Lüneburg	Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam
	Planungshilfsmittel	Cloud-basierte Lösungen und Versionierungssoftware hilfreich gegen redundante Daten Integrales Tool aus dem Vorläuferprojekt konnte gut integriert werden	CAD-Daten der universitären Anlagen wurden aufbereitet zur Nutzung aller Partner DIN V 18599-Berechnungen Eigene Berechnungsprogramme auf Excel-Basis (Gebäude und Energieversorgung) Quartiers-ECA für benötigten Detaillierungsgrad nicht anwendbar Weitere Programme noch in Entwicklungsphase SunArea und PV-Sol für Photovoltaik	Dynamische Modellierung aufwendig, jedoch für Speicherauslegung und Kältebereitstellung unerlässlich Eingabe der Gebäudehülle ist fehlerunanfällig Realitätsnahe Nutzungsszenarien und Haustechnikmodellierung verursachen Aufwand und haben starken Einfluss Risiko der Fehleinschätzung steigt mit Komplexität der Technik und Nutzungsarten	Konvertierungssoftware programmiert zwischen Designbuilder, EnergyPlus, TRNSYS-TUD und STEFan Einheitlicher Datenfluss wünschenswert

* auf die beheizte Nettogrundfläche bezogen: 457.600 m²

** Planung für 2020

*** auf die beheizte Nettogrundfläche bezogen: 56.148 m² / 80.581 m²

Nach einem Ausblick auf weitere vom BMWi geförderte Campusprojekte kommen die Autoren zu folgenden Schlussfolgerungen.

Pilot- und Demonstrationsvorhaben an Hochschulen bieten herausragende Möglichkeiten, Forschung im Bereich von Gebäuden, Anlagentechnik und zentraler Energieversorgung direkt in die Ausbildung von Studierenden einfließen zu lassen. Viele der in dieser Veröffentlichung beschriebenen Projekte nutzen dies in hohem Maße. Teilweise dienen die Gebäude sogar als „lebendes Labor“ (Living Lab). Im Rahmen der Forschungsinitiative EnEff:Stadt werden derzeit vier Pilotprojekte durchgeführt, die nicht nur die Optimierung einzelner Universitätsgebäude, sondern auch die Effizienzsteigerung eines gesamten Hochschulcampus zum Ziel haben. Die Vorhaben sind unterschiedlich konzipiert. Während bei der RWTH Aachen die detaillierte Simulation als auf einem Geoinformationssystem (GIS) basiertes 3D-Modell im Fokus steht, wird für die TU Braunschweig eine Roadmap zur Energieeffizienzsteigerung bis 2050 geplant. An der Leuphana Universität Lüneburg und am Wissenschaftspark Telegrafenberg Potsdam bestehen die Projekte aus jeweils zwei Bereichen, einem energieoptimierten Neubau und einem Konzept für eine energieeffiziente Nahwärmeversorgung.

Die Ziele sind in allen vier Vorhaben sehr anspruchsvoll. Dies gilt umso mehr, wenn man bedenkt, dass die Hochschulen über eine große Zahl von Gebäuden verfügen, die stark unterschiedliche Nutzungen und hohe Ausgangsverbräuche aufweisen und deren Sanierung nicht zuletzt oft komplexe Entscheidungsprozesse notwendig macht. Auch Finanzierungsmöglichkeiten sind eher aufwendig zu erschließen. So ist es nicht verwunderlich, dass im Hochschulbereich ein Sanierungsstau besteht und die Vorhaben oft viele unterschiedliche Finanzierungsarten bündeln müssen, um Maßnahmen umsetzen zu können. Trotzdem werden mittelfristig Energieeinsparungen zwischen 40 und 50 % im Bestandsbereich angestrebt, und auch die Neubauten sollen energetisch weit besser gebaut werden, als es die Anforderungen der gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) verlangen. Langfristig wollen einige Projekte sogar eine CO₂-neutrale bzw. rein erneuerbare Versorgung erreichen.

Durch die an den Hochschulen vorhandene, aber auch in den Projekten extern eingeholte Expertise werden auch viele innovative Maßnahmen eingesetzt, z. B. schaltbare Verglasungen, Phase-Change-Material (PCM) in Kühldecken, Vakuumdämmung, Vakuumverglasung, intelligente Gebäudetechnik mit Nutzereinbindung, Abwärmennutzung aus Rechenzentren und Warmwasserkühlung für Hochleistungsrechner. Maßnahmen an zentralen Energieerzeugungseinheiten wie die Modernisierung von BHKWs und deren Umstellung auf Biomethan, Speichereinbindungen und Photovoltaikflächen zur Eigennutzung des Stroms ergänzen die Energiekonzepte sinnvoll.

Die in den Projekten entwickelten Planungs- und Simulationstools legen einerseits ihren Fokus auf die integrale Planung und den Datenaustausch zwischen der Vielzahl von Planern, andererseits dienen sie dazu, komplexe, meist zentrale Energieversorgungskonzepte abzubilden und zu optimieren. Weitere Entwicklungen im allgemein anwendbaren Bereich (auch für andere, nicht direkt am Projekt beteiligte Hochschulen) sowie die Verbindung von Einzeltools werden von den Projektarbeitern angeregt.

Lessons Learned umfassen neben den Erfahrungen mit Planungshilfsmitteln auch solche mit den eingesetzten Technologien, erste energetische Benchmarks und praxisnahe Vorschläge, um Hemmnisse bei der Planung und in Entscheidungsprozessen zu überwinden.

Da die ersten Projekte nunmehr die Umsetzungsphase erreicht haben oder teilweise bereits in die Messphase einsteigen, bleibt es spannend zu beobachten, ob die angestrebten Ziele erreicht werden können. Aber hier ist, wie schon angemerkt, der Weg bereits das Ziel, da die

Betriebsoptimierung, gestützt durch die detaillierten Messungen, Bestandteil der Vorhaben ist und wichtige Beiträge zur Ausbildung der Studierenden ermöglicht. Sehr interessant wäre auf der Grundlage der gemachten Erfahrungen auch der Vergleich mit anderen Ländern innerhalb der EU oder mit den Ländern, die in der Internationalen Energie Agentur vertreten sind. Auch dort werden Roadmaps für die Weiterentwicklung von Universitätscampus erarbeitet. Es wäre wünschenswert, dass die Erkenntnisse durch weitere nationale Pilotvorhaben vertieft werden, in denen auch bereits vorhandene Werkzeuge angewendet und weiter verbessert werden können.

3.13 Querauswertung Cluster-Projekte

Da bisher mit Ausnahme von Berlin–Adlershof keine Clusterprojekte zustande gekommen sind, konnte auch keine Querauswertung vorgenommen werden. Die hierfür vorgesehenen Personalaufwendungen wurden in Abstimmung mit dem Projektträger für die intensive Querauswertung von Einzelprojekten verwendet.

Lediglich in Berlin–Adlershof führte die Auswertung der Ergebnisse des Vorläuferprojektes sowie intensive Gespräche mit den Akteuren (z.B. WISTA, Senatsverwaltung, BTB) zu den angesprochenen Folgeprojekten, die im Verlauf der nächsten Jahre zu verallgemeinerungsfähigen Erkenntnissen für vergleichbare Wissenschaftsquartiere führen sollen.

3.14 Auswertung Treffen vor Ort

Mit den Vor-Ort-Besuchen der Projekte wurde erst im Rahmen der BF 2 begonnen. Aufgrund der fortgeschrittenen Projektrealisierung wurden diese Termine im Rahmen der BF 3 intensiviert.

Folgende Termine, welche in Tabelle 3.14-1 aufgeführt sind, wurden wahrgenommen:

Tabelle 3.14-1: Vor-Ort-Besuche der Projekte

Projekt	Durchführung	Anwesende Projekte/ weitere Akteure	Datum
Ludmilla Wohnpark Landshut	pro:21	Volker Stockinger (HS München)	27.10.2014
IBA Hamburg	pro:21	Jan Gerbitz (IBA) Gerti Theis (IBA)	30.10.2014
Klimaneutraler Campus Lüneburg	pro:21	Dr. Oliver Opel (Leuphana Uni) Karl Werner (Leuphana Uni)	31.10.2014
Bottrop Welheimer Mark	pro:21	Stadt Bottrop infas enermetric IMTECH RWTH Aachen	31.04.2015
Ludwigsburg Grünbühl Sonnenberg	pro:21	Sandra Bühler-Kölmel/Avni Veselaj (Stadt Ludwigsburg)	

Vision 2020 Wüstenrot	pro:21	Thomas Löffelhardt, Herr Wolf (Gemeinde Wüstenrot) Herr Blume	
	pro:21 Fraunhofer IOSB-AST	Gemeinde Wüstenrot HfT Stuttgart UBP consulting IFK ZSW Liacon Solidsmart ads-tec die Erneuerbaren	14.10.2015
BlueMap TU Braunschweig	pro:21 Fraunhofer IOSB-AST	Tanja Beier Stephan Schulze Thomas Wilken Esther Beyer Sandra Wöhrer Oliver Rosebrock (alle TU Braunschweig)	06.11.2015
Wolfsburg	pro:21 Fraunhofer IOSB-AST	Tanja Beier Stephan Schulze Thomas Wilken Esther Beyer Sandra Wöhrer Oliver Rosebrock (alle TU Braunschweig)	06.11.2015
SWIVT	pro:21 Fraunhofer UMSICHT	TU Darmstadt Uni Stuttgart Akasol	30.11.2015
Energienetz Berlin Adlershof	pro:21 Fraunhofer UMSICHT		09.12.2015

Die Vor-Ort-Besuche der Begleitforschung in ausgewählte Umsetzungsprojekte werden durch die Projekte durchweg als sehr positiv bewertet. Durch die Besuche erfahren nicht nur die Projekte eine ganz andere Wahrnehmung und Darstellbarkeit sondern es bietet sich auch die Möglichkeit, konkrete Fragestellungen und Probleme mit der Begleitforschung zu diskutieren und im Sinne der Förderinitiative zu entwickeln. Impulse von außen sind enorm wichtig für die Projekte. Gerade in eher kritischen Fragen wird in Zwischenberichten sonst eher Zurückhaltung geübt. Genau diese Punkte wiederum sind jedoch wichtig, um eine Übertragbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen. Über die vor-Ort-Besuche wird zugleich eine Vertrauensbasis geschaffen auf deren Grundlage über solche Themen gesprochen werden kann. Auf dieser Ebene entstehen wechselseitig wertvolle Impulse - auch für die Weiterentwicklung der Förderinitiative. Es wurde der Wunsch geäußert, dass diese Besuche regelmäßig erfolgen sollten, mindestens einmal jährlich.

Im Folgenden werden einige Beispiele für die von allen Beteiligten als sehr hilfreich empfundenen Projekttreffen näher erläutert.

EnVisaGe (10/2015)

Das Treffen fand als reguläres Projekttreffen statt, nicht als reiner Besuch der Begleitforschung. Es wurde verschiedene Punkte diskutiert:

- Projektüberblick
- Referat Wärmenetze/Biomasse
- Referat Finanzierungsmodelle
- Referat AP 5-Netzanalyse, Netzausbau
- Referat Intelligente Steuerung
- Diskussion AP 7 Planung zeitlicher Ablauf
- Liacon-Wiedereinstieg ins Projekt
- Messdatenerfassung und -verwaltung
- Stand bauliche Umsetzung
- Kollektorverlegung & Monitoring
- Infos zur Publikation
- Planungsleitfaden
- Projektverlängerung

Fazit Begleitforschung:

Es hat sich im Projekt viel getan, und es ist interessant zu sehen, wie die die Akteure mitgenommen werden. Als besonders spannend wurde die Umsetzungsplanung des „SmartGrid“ Wüstenrot wahrgenommen. Besonders der Strombereich ist gut aufbereitet. Die Arbeit des Projektteams wurde gelobt. Verzögerungen sind erklärbar, z. B. durch Grundstücksverhandlungen.

SWIVT Treffen (11/2015)

Am 30.11.2015 fand in Darmstadt das erste vor-Ort Treffen der Begleitforschung im EnEff:Stadt Vorhaben SWIVT statt. Organisiert durch die Projektleitung (Mira Conci) waren alle Projektpartner und beteiligten Institutionen vertreten und stellten Ihre Themenschwerpunkte im Projekt anhand eines kurzen Vortrags dar, der im Anschluss inhaltlich diskutiert wurde.

Seitens der bauverein AG gab es einen Personalwechsel, sodass am vor Ort-Treffen erstmalig der nun neue Ansprechpartner teilnahm und die Projektbeteiligten kennenlernte. Gerade im

Hinblick auf die spätere Umsetzung des Vorhabens ist es essenziell, die Wohnungsbaugesellschaft als aktiven Partner auch schon in der Planung mit im Boot zu haben bzw. zu behalten. Nach einem solchen personellen Wechsel des Hauptansprechpartners ist daher eine schnelle und gute Integration des neuen Zuständigen in das Forschungsvorhaben wesentlich für das Gesamtprojekt. Diese konnte im Rahmen des vor Ort-Treffens durch die Erläuterung der Begleitforschung der verschiedenen Rollen sowie insbesondere des wechselseitigen Nutzens der involvierten Partner aus Forschung und Praxis unterstützt werden.

Auch durch die Erfahrung mit einer Bürgerinitiative, welche sich im Zuge der geplanten Sanierungsarbeiten in der Postsiedlung gründete, ist die bauverein AG für das Thema Kommunikation zur Akzeptanzschaffung sensibilisiert. Es wurde eine externe Firma beauftragt, um die Kommunikation mit den Bewohnern professionell zu organisieren. Insbesondere im Wechsel vom Einzelofen z.B. zum Contracting sieht die bauverein AG aufgrund des Verlustes an Freiheitsgraden für den Mieter ein Akzeptanzhemmnis. Für diese Umstellung ist jedoch aus rechtlichen Gründen (geltender Mietvertrag/Verbraucherschutz) die aktive Zustimmung der Bestandmieter erforderlich. Hier gilt es gemeinsam mit dem Energieversorger entega attraktive Lösungen und Geschäftsmodelle zu entwickeln, die für alle Seiten attraktiv bzw. akzeptabel sind, ansonsten kann im schlimmsten Fall (Widerstand der Mieter) nicht wie geplant saniert werden. Das Interesse der bauverein AG liegt insbesondere darin, einen möglichst niedrigen Primärenergiefaktor vorweisen zu können, ein gutes Angebot von der entega zu erhalten und dort einen, in Bezug auf die verbaute Technik, firmen Ansprechpartner zu haben.

Es wird eine warmmietneutrale Sanierung angestrebt. Ein Anstieg der Kaltmiete könnte bei den Mietern trotzdem einen negativen psychologischen Effekt auslösen. Aufgrund von sehr unterschiedlichen Sanierungszuständen der Gebäude und einem hohen zu erwartendem Aufwand wurde jedoch auf eine Mieterbefragung zur Zufriedenheit mit der Wohnqualität verzichtet. Für einen späteren Vergleich (vorher/nachher) und eine kombinierte Betrachtung zur Kostenentwicklung wäre dies jedoch sehr interessant und womöglich aussagekräftig gewesen.

Auch das Thema Vernetzung zwecks Erfahrungsaustauschs wurde diskutiert. So berichtete der Vertreter der bauverein AG davon, dass seine Wohnungsbaugesellschaft auch in ein KfW Projekt involviert sei und er hier gerne einen Austausch anbieten möchte, da diverse Lehren und Erfahrungen auch für das EnEff:Stadt Projekt relevant sein könnten. Die Projektbeteiligten sehen daneben direkte Anknüpfungspunkte zu den EnEff:Stadt Vorhaben Karlsruhe-Rintheim, Modellstadt 25+ Lampertheim, dem Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere und Urban-ReNet.

Das Treffen vor Ort wurde seitens der Beteiligten als sehr positiv empfunden. Durch die Begleitforschung konnten einige Tipps aus den Erfahrungen anderer EnEff:Stadt-Vorhaben vermittelt werden. Im Gegenzug erhielt die Begleitforschung wertvolle Impulse für die Querauswertung. Außerdem wurde geäußert, dass man sich zwar auch so regelmäßig im Projektteam trifft und sich gegenseitig die Zwischenstände präsentiert, dass ein Treffen mit der Begleitforschung dem Ganzen aber dennoch zusätzlichen Schwung und Motivation verleiht. Grundsätzlich besteht der Wunsch, solche Diskussionsrunden regelmäßig, etwa in jährlichen Abständen durchzuführen.

blueMAP TU Braunschweig (EnEff:Campus, 11/2015)

Ziel des Gesamtvorhabens ist die Erstellung und Umsetzung eines integralen energetischen Masterplans 2020/2050. Die erste Förderphase (Konzeption, Planung) ist abgeschlossen, die Umsetzungsphase läuft seit 9/2015. Es wurden jedoch nicht alle Elemente der ersten Planungsphase in die Umsetzungsphase übertragen (Verkehr/Mobilität ist nicht mehr Förderbe-

standteil, an der TU besteht aber Interesse, diesen Bereich dennoch voranzutreiben). Als Ergebnis der ersten Phase ergeben sich Einsparungsmöglichkeiten von 30 % bis über 50 % (30 % allein über kurzfristige Maßnahmen). Eine Übertragung erster Ergebnisse (Erfassung/Klassifizierung der Gebäude) findet bereits in Zusammenarbeit mit der Universität Gießen statt. Zudem soll das bestehende Energiecoaching ins Weiterbildungsprogramm für Studenten sowie für wissenschaftliches und technisches Personal aufgenommen werden.

Besonderheiten an der TU Braunschweig sind unter anderem das eigene Stromnetz (Zahlung der EEG-Umlage ist noch zu klären) und die zwei Energieberater sowie je ein Energiekoordinator für jedes Institut, der auch das eigene Energiebudget verwaltet. Die Finanzierung der PV-Anlage erfolgte über eigene Rücklagen. Es bestehen auch Ideen zu einem Beteiligungsmodell für die Mitarbeiter.

Überschaubare Hürden gab es im Verhältnis zwischen Institut (Projektleitung) und Gebäudemanagement. Der „Verleih“ von Personal (vom Institut bezahlte Stelle mit Arbeitsplatz beim Gebäudemanagement) hat die Zusammenarbeit jedoch stark verbessert. Auch ist das Interesse der Stadt aus unbekanntem Gründen verhalten; dies scheint jedoch nichts mit dem Projekt selbst zu tun zu haben. Unklarheiten gab es darüber hinaus bei Datenschutzfragen für eine Mitarbeiterbefragung zur Mobilität. Von den Projektverantwortlichen wurde der Wunsch geäußert, diesen Bereich von Seiten des Fördermittelgebers besser zu regeln und hierzu ggf. auch einen Austausch der Projekte im Rahmen der Begleitforschung zu initiieren. Viele Probleme bzw. Barrieren konnten durch frühzeitige Einbeziehung und Information der Akteure von vornherein vermieden werden.

Die Beteiligten sehen das Projekt insgesamt sehr positiv, da die Zusammenarbeit gut funktioniert, die ersten Ergebnisse und die weitere Umsetzung als sehr zufriedenstellend beurteilt werden, das Thema an der Uni sehr ernst genommen wird und das Projekt einen Beitrag zu diesem Interesse bzw. Bewusstsein leisten konnte. Das EnEff:Stadt-Projekt war darüber hinaus Auslöser für eine generelle Zusammenarbeit zum Thema Energieeffizienz an der TU Braunschweig, die auch von oben getragen wird.

Vernetzte Quartiere für den Zukunftsraum Wolfsburg (EnEff:Stadt, 11/2015)

Ziel des Projektes war es, dem erheblichen Pendleraufkommen in Wolfsburg (70.000 Pendler pro Tag) entgegenzuwirken, indem mehr Wohnraum zur Verfügung gestellt wird, da die Nachfrage nach Wohnraum das Angebot seit längerem weit übersteigt. Ein überregionales Mobilitätskonzept ist jedoch nicht Bestandteil des Projektes. Innerstädtische liegt der Fokus eher auf Elektromobilität statt auf der grundsätzlichen Änderung des Modal Splits.

Das Projekt befindet sich noch in der Startphase, derzeit zwischen Planungsphase und Investorenauswahl. Bis 2020 sollen auf verschiedenen, bereits ausgewählten Flächen noch weitere 5500 Wohneinheiten entstehen. Das Interesse der Stadt ist sehr groß und die Zusammenarbeit gut. Der Automobilkonzern VW ist der größte Wirtschaftsfaktor in der Region und allgemein ein finanzkräftiger und aktiver Akteur. Die aktuellen Ereignisse im VW-Konzern werden für das Projekt von den Beteiligten aber zunächst nicht als hinderlich angesehen, sondern eher als Chance, der Stadt mehr Raum zu geben sich gegenüber VW als gleichberechtigter Partner zu positionieren.

Das Interesse aller Akteure (teilweise auch proaktiv) ist vorhanden, es müssen nun aber erstmal alle dort abgeholt werden, wo sie gerade stehen. Zudem greifen in Wolfsburg aktuell Informationen aus mehreren sich ergänzenden Projekten (der Stadt und von der DBU gefördert) ineinander. Dies ist eine zeitlich sehr glückliche Situation, weil vorhandene Informationen

bestmöglich genutzt werden können und die Kommunikation und Zusammenarbeit aller Akteure unterstützt wird.

3.15 Konzept zur Querauswertung elektrische Energieversorgung und –netze

Mit dem von der Bundesregierung angestrebten Ausbau Erneuerbarer Energien wird der Anteil fluktuierender elektrischer Einspeisungen an der Stromerzeugung deutlich zunehmen. Damit werden neben dem Ausbau der elektrischen Netze auch vermehrt Möglichkeiten zur Stromspeicherung sowie zum Ausgleich von Stromerzeugung und Stromverbrauch notwendig, um jederzeit eine stabile elektrische Energieversorgung mit dem permanenten Gleichgewicht von Erzeugung und Verbrauch zu gewährleisten. Vor diesem Hintergrund wird die Betrachtung der Stromversorgung und Stromspeicheroptionen bei der Entwicklung von energieeffizienten Stadtquartieren an Bedeutung gewinnen, da durch die Verbindung von Strom- und Wärmeversorgung kostengünstige oder bereits vorhandene thermische Systemkomponenten wie Warmwasserspeicher oder Wärme- und Gasnetze zum Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch im Mittel- und Niederspannungsnetz, wo die Quartiere angesiedelt sind, genutzt werden können. Der Ausbau Erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen (EEA) und die Hinzunahme neuer Lasten wie z.B. elektrische Wärmepumpen und Power-to-Heat-Anwendungen stellen die Betreiber der Mittel- und Niederspannungsnetze bereits heutzutage vor erhebliche neue Herausforderungen. Das Verhalten von Erzeugung und Last ist künftig dynamischer und infolgedessen wird die Prognose der täglichen Leistungsprofile schwieriger. Des Weiteren ist festzuhalten, dass in der Niederspannung die messtechnische Erfassung von z.B. Strom und Spannung häufig unzureichend ist, so dass i.d.R. Verletzungen von Netzqualitätskriterien nach EN 50160 (vgl. Abbildung 3.15-1) oder der Betriebsmittelbelastungsgrenzen ohne direkte Auswirkungen unerkant bleiben.

Merkmale	Werte/Wertebereich		Mess- und Auswerteparameter		
	Niederspannung	Mittelspannung	Basisgröße	Integrationsintervall	Kontrollintervall
Frequenz (Verbindung zu Verbundnetz)	50 Hz +/- 1% (-6% bis +4%)		0,95 · Mittelwert 1,00 · Mittelwert	10 s	Woche
Langsame Spannungsänderungen	0,9 p.u. – 1,1 p.u.	0,9 p.u. – 1,1 p.u.	0,95 · Effektivwert	10 min.	Woche
Schnelle Spannungsänderungen	5% bis 10%	4% (bis 6%)	1,00 · Effektivwert	10 ms	Tag
Spannungseinbrüche (<1 min)	einige 10 bis 1.000 je Jahr (>-15% U _N)		1,00 · Effektivwert	10 ms	Jahr
Versorgungsunterbrechungen (<3 min)	einige 10 bis mehrere 100 je Jahr (<1% U _N)		1,00 · Effektivwert	10 ms	Jahr
Versorgungsunterbrechungen (>3 min)	einige 10 bis mehrere 50 je Jahr (<1% U _N)		1,00 · Effektivwert	10 ms	Jahr
Belastungsgrenzen der Betriebsmittel nach netzplanerischen Restriktionen					
Transformatoren	0,7 · S _{Nenn}	0,7 · S _{Nenn}	-	-	-
Elektrische Leitungen	0,5 · I _{Nenn}	0,5 · I _{Nenn}	-	-	-
Belastungsgrenzen der Betriebsmittel bei 100 % Auslastung					
Transformatoren	1,0 · S _{Nenn}	1,0 · S _{Nenn}	-	-	-
Elektrische Leitungen	1,0 · I _{Nenn}	1,0 · I _{Nenn}	-	-	-

Abbildung 3.15-1: Normung der Spannungsqualität nach DIN EN 50160

Ein weiteres wichtiges Thema ist die statische Spannungshaltung in den Mittel- und Niederspannungsnetzen. Dieses Problem wurde bisher durch konventionellen Netzausbau gelöst, indem bspw. ein Niederspannungsnetz aufgetrennt wurde. Inzwischen sind alternative Lösun-

gen wie z.B. der regelbare Ortsnetztransformator (RONT) oder elektrische Energiespeicher verfügbar, die einen konventionellen Ausbau vermeiden lassen. Insbesondere die elektrischen Energiespeicher können bei entsprechender Umrichtertechnik Wirk- und Blindleistung bereitstellen und neben dem Beitrag zur Spannungshaltung auch weitere Aufgaben zur Netzstabilisierung übernehmen. Die Untersuchung derartiger Ansätze, insbesondere die Ermittlung der damit verbundenen Vorteile, erfolgt sehr häufig mittels einer dynamischen Netzsimulation. Hierzu ist es erforderlich, neben der genauen Modellierung des konkreten elektrischen Verteilnetzes auch über exakte Messwerte zu den elektrischen Einspeisungen und Entnahmen des zu untersuchenden Netzes über einen längeren Zeitraum zu verfügen, um unterschiedliche Einspeise- / Lastverhältnisse im Rahmen der simulativen Untersuchung erfassen und bewerten zu können.

Vor dem Hintergrund der obigen Ausführungen wurde von der Begleitforschung analysiert, ob sich einzelne EnEff:Stadt-Projekte Forschungsthemen der elektrischen Energienetze widmen und welche konkreten Ergebnisse erzielt werden konnten. Zunächst wurde, wie in nachfolgender Tabelle dargestellt, eine Zuordnung von insgesamt 34 Projekten nach ihrem Themenschwerpunkt vorgenommen (vgl. Tabelle 3.15-1).

Tabelle 3.15-1: Einordnung der EnEff:Stadt-Projekte nach ihrem Themenschwerpunkt

Themenschwerpunkt	Anzahl der Projekte
Planungshilfsmittel	5
Internationale Projekte	2
Netzprojekte - Strom	2
Netzprojekte - Fernwärme/Fernkälte	2
Detaillierte Messprogramme	2
Campusprojekte	5
EnEff:Stadt Demonstrationsquartiere	14
Szenarien für Städte, Umsetzung in Quartieren	2
Summe	34

Im Ergebnis konnten mit „Smart Power Hamburg“ und „Netze Smart Area Aachen“ zwei Projekte identifiziert werden, die sich mit Forschungsfragen zu den elektrischen Netzen befassen.

Der Forschungsgegenstand des Projektes „Smart Power Hamburg“, welches 2014 fertiggestellt wurde, umfasste im Kern:

- die Vernetzung bestehender Stadtinfrastruktur in Bezug auf Energieerzeuger, Verbraucher und Speicher,
- die Realisierung eines intelligenten Energieverbunds für öffentliche Liegenschaften, Gewerbe und Industrie mit der Erschließung potentieller Energiespeicher und KWK-Anlagen sowie

- die Entwicklung und Demonstration einer Plattform zum Austausch von Energiedienstleistungen.

Das Forschungsprojekt „Netze Smart Area Aachen“ mit einer Laufzeit bis 2016 untersucht und erprobt verschiedene Aspekte zu intelligenten Verteilnetzen mit den Schwerpunkten:

- Ortsnetzstationen mit intelligenter Fehlererkennung,
- Regelbare Ortsnetztransformatoren,
- IKT zur Verknüpfung intelligenter Betriebsmittel,
- Netzzustandsschätzung in Verteilungsnetzen sowie
- Netzplanung und Instandhaltung von Smart Grids.

Aufgrund der spezifischen Projektausprägung und der äußerst geringen Projektanzahl wurde von einer Verallgemeinerung und Zusammenstellung der Projektergebnisse abgesehen. Um die Anzahl der Projekte, die zur Auswertung von netzrelevanten Fragestellungen genutzt werden können, zu erhöhen, wurde in einem nächsten Schritt versucht, eine Ausweitung der bisherigen Querauswertung der EnEff:Stadt-Projekte, basierend auf der erarbeiteten Technologiematrix (vgl. Kapitel 3.3, Abbildung 3.3-2), auf die Aspekte der elektrischen Energieversorgung und elektrischen Energienetze vorzunehmen. Anhand der Übersicht konnten mehr als zehn Projekte ermittelt werden, deren eingesetzten Technologien wie z.B. PV-Anlagen, BHKW, Speicher, Wärmepumpen und Smart Grid-Technologien auch einen Einfluss auf das elektrische Energiesystem haben.

Für die Erarbeitung einer Systematik zur Querauswertung von Verteilnetzprojekten wurde im nächsten Schritt ein Fragenkatalog erstellt und im Workshop „Elektrische Netze“ im Rahmen des Projektleiter-Meetings 2014 in Wüstenrot besprochen. Folgende Fragen wurden mit den Projektleitern diskutiert:

1. Welche Aspekte zum Thema „Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung sind aus Sicht der Projekte von Interesse?
2. Welche Informationen wünschen sich die Projekte in Bezug auf die elektrischen Netze /elektrische Energieversorgung?
3. Welche Probleme traten in den Projekten in Bezug auf die elektrischen Netze /elektrische Energieversorgung auf?
4. Werden Ansätze verfolgt, die eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgen?
5. Sind Einspeisemanagementmaßnahmen des Netzbetreibers umzusetzen?
6. Bestanden Hemmnisse bei der Umsetzung (Technik/Geschäftsmodell)?
7. Welche Methoden und/oder Werkzeuge könnten die Projekte ggf. in der Planungs- und Umsetzungsphase unterstützen?
8. Unterstützt der lokale Netzbetreiber / Energieversorger das Projekt?
9. Welche Daten können die Projekte bereitstellen?
10. Welche Punkte bezüglich des Themas „Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung“ wurden nicht adressiert?

Die Ergebnisse des Workshops wurden aufbereitet und ausgewertet sowie allen Projektleitern zur Verfügung gestellt (s. Anhang 2). Ein wesentliches Resultat war, dass i.d.R. an den Projekten keine Verteilnetzbetreiber beteiligt sind und somit auch keine Untersuchungen und Ergebnisse zu relevanten Netzfragestellungen aufgrund der fehlenden Informationen zur Netztopologie und zu den elektrischen Einspeisungen und Entnahmen möglich sind. Ferner wurde deutlich, dass die Projekte neben Technologien zur lokalen Erzeugung auch Technologien zur lokalen Bereitstellung elektrischer Flexibilitäten verfügen, jedoch hierfür noch keine richtige Nachfrage aufgrund fehlender Geschäftsmodelle zu verzeichnen ist.

Im Weiteren wurde ein Workshop zum Thema „Elektrische Energiesysteme: Markt- und Netzaspekte“ im Rahmen des Projektleiter-Meeting 2015 in Aachen durchgeführt. Mit den Teilnehmern wurden die Ergebnisse aus dem Workshop in Wüstenrot diskutiert und evaluiert sowie neben den technischen Randbedingungen und Potenzialen auch die Aspekte zu geeigneten Geschäftsmodellen beraten.

Im Nachgang des Projektleiter-Meetings wurden die Antworten zusammengetragen und erste Forschungsbedarfe abgeleitet (vgl. Anhang 3, Arbeitsgruppe „Workshop Elektrische Energiesysteme: Markt- und Netzaspekte“). Folgende Forschungsbedarfe wurden ermittelt:

- Verfügbarkeit allgemeingültiger Referenzszenarien („Musterszenarien“, „Benchmark-Szenarien“) und Word-Case-Szenarien,
- Verfügbarkeit allgemeingültiger Messkampagnen hinsichtlich Einspeise- und Lastzeitreihen,
- Verfügbarkeit allgemeingültiger Netzmodelle für die Niederspannungsebene,
- Methoden und Werkzeuge für die Planung und Simulation hybrider Netze,
- Verfügbarkeit von Informationen zu Modellen betrachteter Komponenten sowie Abgleich und Konsolidierung der Annahmen,
- Gegenüberstellung der unterschiedlichen Simulations- und Modellierungsansätze mit Bewertung der Vor- und Nachteile und
- Identifikation neuer Geschäftsmodelle z.B. für die Bereitstellung von „elektrischen“ Flexibilitäten.

Basierend auf den ermittelten Ergebnissen und einem methodischen Abgleich mit der Auswertung der EnEff:Wärme-Projekte und der bisherigen Querauswertung der Energieversorgung in den EnEff:Stadt-Projekten wurde ein Ansatz zur Querauswertung der elektrischen Energieversorgung und -netze konzipiert.

Der erarbeitete Ansatz beinhaltet zunächst eine Übersicht über alle Projekte zu folgenden Punkten:

1. Energiewirtschaftliche Geschäftsmodelle

- Erlöse für EEG-Strom über EEG
- Erlöse für EEG-Strom Direkt-Vermarktung
- Bürgerenergiegenossenschaft
- Contracting-Modelle
- Mieterstrommodell
- Vermarktung elektrischer Flexibilitäten (elektrische Speicher)
- Tarif- / Preismodelle?
 - o Demand Side Management
 - o Demand Response

2. Anlagentechnische Aspekte

- Elektrische Erzeugungsanlagen
 - o PV-Anlage
 - o Windkraftanlage
 - o BHKW
- Elektrische Speicher
 - o Blei-Batterien
 - o Li-Ionen-Speicher
 - o Redox-Flow-Batterie
 - o Sonstige
- Elektrische Verbrauchseinrichtungen
 - o Elektrische Wärmepumpen
 - o Power-to-Heat-Systeme (Strom-Wärme-Speicher)
 - o Dezentrale elektrische Wärmeerzeugung
 - o Elektrofahrzeuge

3. Netztechnische Aspekte (Betriebsführung, Steuerung und Regelung)

- Smart Grid-Applikationen
- Einsatz Regelbarer Ortsnetztransformator (RONT)
- Einsatz von Umrichtertechnik mit Vier-Quadranten-Betrieb
- P-Q-Regelung
- Einspeisemanagement
- Speicherbetriebsführung

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der jeweiligen Projekte und der i.d.R. geringen Verfügbarkeit von netzrelevanten Untersuchungsergebnissen wird eine sich anschließende vertiefende Querauswertung thesenorientiert anhand der verfügbaren Projektergebnisse fortgeführt.

3.16 Konzept zur Bewertung der Auswirkungen auf die lokale Wertschöpfung

Quartiersansätze haben, genau wie andere Erneuerbare Energie-, Effizienz- und Städtebauprojekte, einen Einfluss auf die (lokale) Wertschöpfung. Wie groß dieser Einfluss ist, wurde bisher im Rahmen von EnEff-Förderprojekten jedoch nicht vergleichbar ermittelt. An dieser Stelle erfolgt daher ein Überblick, welche Aspekte zur Beurteilung der lokalen Wertschöpfung im Rahmen der Auswertung der EnEff-Projekte berücksichtigt werden sollten und welche Informationen hierfür verfügbar sein bzw. ermittelt werden müssten.

Definition

Der Begriff der Wertschöpfung ist nicht überall einheitlich definiert. Im Rahmen der Querauswertung wird grundsätzlich erbrachte Leistungen im Rahmen eines Projektes und deren Beitrag zur Volkswirtschaft (Dienstleistungen, Produkte, Einkommen) abzüglich der Leistungen, die hierfür von Akteuren von außerhalb bezogen wurden, berücksichtigt. Dazu kommen durch die jeweiligen Projekte generierten Steuern, Abgaben und ggf. Pachteinahmen als weitere Einnahme sowie vermiedene Kosten (für Energie und Importe) (vgl. [16] und [17], siehe auch Abbildung 3.16-1).

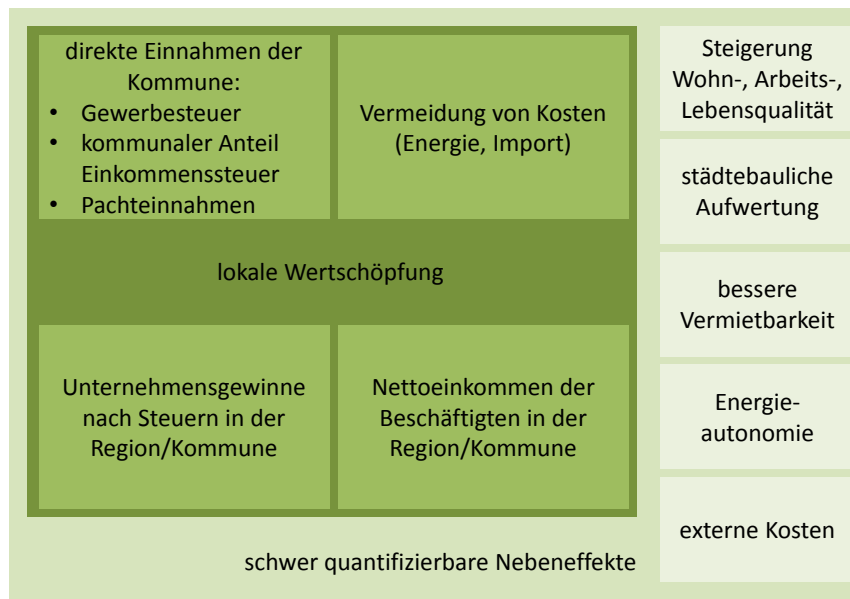


Abbildung 3.16-1: Elemente der lokalen Wertschöpfung und Nebeneffekte (eigene Darstellung in Anlehnung an [16] , [18])

Grundsätzlich kann eine räumliche Eingrenzung auf das gesamte Bundesgebiet, auf eine Region oder eine einzelne Kommune erfolgen. In den meisten Fällen wird eine kommunale oder regionale Betrachtung sinnvoll sein. Sie gibt Aufschluss über den wirtschaftlichen Nutzen, den ein Projekt vor Ort generiert, lässt aber möglicherweise einige Aspekte außer Acht (nationale Steueranteile und Beschäftigungseffekte, internationale Auswirkungen, weitere Vorteile durch Übertragbarkeit auf andere Standorte, etc.).

Bei verschiedenen Arten von Projekten können sich zudem unterschiedliche Schwerpunkte in der Wertschöpfung ergeben, je nachdem, ob z. B. der Schwerpunkt auf der Erzeugung/Nutzung von regenerativen Energien oder der Effizienzsteigerung neuer oder bestehender Gebäude oder Prozesse liegt. Während die Ermittlung der Wertschöpfung bei erneuerbaren-Energien-Projekten bereits gängige Praxis ist, ist dies bei Effizienzprojekten oder komplexen Systemen, wie z. B. einem Quartier, bisher selten.

Wertschöpfungskette

Die Wertschöpfung beginnt bereits bei der Initiierung bzw. Planung des Projektes, z. B. wenn ein Planungsbüro beauftragt wird (siehe Abbildung 4.1-1). Bei der Entwicklung bzw. Produktion werden Bauteile oder Anlagen produziert oder Software entwickelt. Bei der Errichtung bzw. Umsetzung sind weitere Unternehmen beteiligt, in der Regel Bauunternehmen und Handwerksbetriebe. Während Nutzung, Betrieb und Wartung sind z. B. Mieter, Anlagenbetreiber und Handwerksbetriebe die Hauptakteure.

Während all dieser Phasen müssen Daten von allen beteiligten Akteuren erhoben und zur Verfügung gestellt werden, um ein vollständiges Bild zu erhalten.

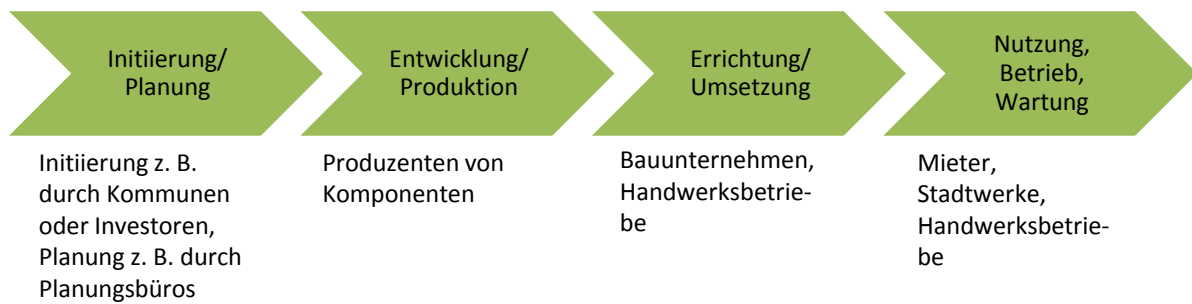


Abbildung 3.16-2: Wertschöpfungskette (eigene Darstellung nach [16])

Erforderliche Informationen und Daten zur Ermittlung der Wertschöpfung

Da z. B. ein neu gebautes Quartier eine völlig andere Struktur aufweist als ein sanierter Gebäudekomplex oder ein Projekt zur Veränderung des Nutzerverhaltens kann eine pauschale Methode oder Liste zur Erfassung der Wertschöpfung nicht erfolgen ([17], [18]). Es gibt jedoch bestimmte Aspekte, die in jedem Projekt abgefragt werden und an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden können (siehe Tabelle 3.16-1).

Tabelle 3.16-1: Informationen und Daten zur Ermittlung der Wertschöpfung

Was?	Wer kann die Informationen liefern?	Welche Information wird benötigt?
Auswahl der Projekte	Begleitforschung	Auswahl der Projekte, bei denen eine Wertschöpfungsanalyse (nicht) sinnvoll ist
Festlegung der räumlichen Systemgrenze	Begleitforschung	Vorab Festlegung der Systemgrenze, z. B. kommunal, regional oder national
Struktur der betrachteten Projekte	Begleitforschung	Identifikation und Clusterbildung der verschiedenen Strukturen der Projekte (z. B. Sanierung, Neubau, Energieeffizienzprojekte, erneuerbare Energien)
Datenverfügbarkeit	Projektleitung	Mit den Verantwortlichen klären, ob die gewünschten Daten verfügbar sind

Was?	Wer kann die Informationen liefern?	Welche Information wird benötigt?
Gesamtkosten des Projekts	Projektleitung in Kooperation mit allen Projektpartnern	Alle direkten Einnahmen und Ausgaben der Antragsteller im Zusammenhang mit dem jeweiligen Projekt
Zusätzliche Einnahmen der Kommune	Kommune, Stadtwerke (städt. Tochtergesellschaft)	Gewerbesteuer, kommunaler Anteil Einkommenssteuer, Pachteinnahmen, Konzessionseinnahmen, Durchleitungsgebühren, Einspeisevergütung
Unternehmensgewinne	beteiligte Unternehmen (Eigentümer, Bauunternehmen, Zulieferer, Handwerksbetriebe, Anlagenbetreiber, weitere lokale Energieversorger) und Nachunternehmen	Unternehmensgewinne und (zusätzliche) Beschäftigung durch Bereitstellung von Dienstleistungen (z. B. Beratung, Wartung), Produkten (z. B. Bauteile) und Energie (für Strom und Wärme)
Vermiedene Kosten	Eigentümer, Betreiber	Laufzeiten/Lebensdauer, Vergleichspreise (z. B. fiktive Weiternutzung des alten Energie-Systems)
Effekte deren positive oder negative Einflüsse nicht direkt monetär oder außerhalb des betrachteten Systems anfallen	Projektleitung, Begleitforschung	externe Effekte

Nächste Schritte

Auf Basis der oben genannten Punkte sollte eine detaillierte Entwicklung von Berechnungsvorschriften und Datenanforderung erfolgen. Bei neuen Förderprojekten sollte der zusätzliche Aufwand für eine solche Auswertung auf Seiten der Antragsteller berücksichtigt werden (vor allem auch nach Beendigung des Förderzeitraumes, da unter Umständen sonst kein Budget mehr vorhanden ist oder Verantwortliche nicht mehr verfügbar sind.)

Mehrwert des Wertschöpfungs-Ansatzes

Indem die Förderung (evtl. auch die Gesamtkosten des Projektes) und die Wertschöpfung ins Verhältnis gesetzt werden, ist rückwirkend erkennbar, wie effizient und ggf. sinnvoll die Fördergelder im Rahmen des Förderprojektes eingesetzt wurden. Sie trägt auch zur Auskunft darüber bei, welchen Anteil an der Wirtschaftsleistung der Energiewende beiträgt. Zu klären

bleibt, ob dies für alle Projekte möglich ist und sinnvolle Ergebnisse liefert und ob damit darüber hinaus auch Aussagen zur Förderung zukünftiger Projekte getroffen werden sollten.

Die Rolle von Kommunen in den bisherigen Projekten ist sehr unterschiedlich. Fehlendes kommunales Engagement ist jedoch in der Regel eher ein Hemmnis bei der Projektausführung. Aussagen über eine hohe Wertschöpfung können daher ggf. auch gezielt als Anreiz für Kommunen genutzt werden, sich bei weiteren Projekten aktiver einzubringen.

Grenzen des Wertschöpfungs-Ansatzes

Die Wertschöpfungsberechnung kann sinnvoll zur wirtschaftlichen Bewertung von Projekten beitragen. Sie hat jedoch auch ihre Grenzen. So sind räumliche Grenzen nicht immer klar zu ziehen. Produktion von Bauteilen oder Beratung durch ein Planungsbüro finden oft außerhalb einer Kommune statt. Zudem sind die Akteure auch außerhalb einer Kommune aktiv, so dass eine klare Zuschreibung von Mehrwerten kompliziert werden kann.

Eine Bewertung von positiven und negativen Effekten ist nicht immer eindeutig. So kann z. B. die Wertsteigerung eines Quartiers ein finanzieller Mehrwert für die Kommune sein, während sie auf die Mieten der Umgebung in Zukunft einen steigernden Effekt hat und damit auch Nachteile für die Mieter mit sich bringt.

Generell können im Vorfeld nicht alle Effekte quantifiziert werden, auch wenn sie sich früher oder später monetär bemerkbar machen. Bei einer rein monetären und ggf. lokalen Betrachtung bleiben so viele positive und negative externe Effekte unberücksichtigt.

Während die Wertschöpfung von klar abgrenzbaren Prozessen (z. B. Errichtung und Betrieb von Windanlagen) schon länger durchgeführt wird, ist die Bewertung komplexer Systeme (z.B. eines ganzen Quartiers) bisher kaum üblich und durch die höhere Anzahl an Akteuren, Technologien und Interaktionen ungleich aufwändiger und die Ergebnisse unter Umständen damit auch weniger belastbar.

4 Öffentlichkeitsarbeit, Erfahrungsaustausch und Vernetzung

4.1 Einführung

Die Förderinitiative EnEff:Stadt ist im Rahmen der diversen Förderprogramme des Bundeswirtschaftsministeriums eher untypisch. Untypisch sowohl hinsichtlich des kommunalen Praxisbezugs, der Beteiligung zahlreicher bisher nicht in dem Maße an der Forschung beteiligten Akteure wie z.B. Wohnungsbaugesellschaften, Energieversorgungsunternehmen, Stadtverwaltungen, Planer und Architekten als auch hinsichtlich der intensiven Betrachtung von Umsetzungswegen und -hemmnissen einschließlich der Entwicklung von geeigneten Planungshilfsmitteln und Prozessen, um diese Hemmnisse zu überwinden.

Dieser untypische Charakter der Förderinitiative sowie die Vielzahl der anzusprechenden Akteure verlangt nach einer innovativen und breiten Öffentlichkeitsarbeit, die die Interessen und die Sprache der beteiligten Akteure trifft und nach einem intensiven Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis. Nur so können praktische Bedürfnisse und Erfahrungen Eingang in die Ausrichtung der Initiative finden und nur so können die Ergebnisse der geförderten Projekte zielgerichtet an die verschiedenen für die breite Umsetzung der Erkenntnisse relevanten Akteursgruppen herangetragen werden. Der innovative Charakter der geförderten Modellprojekte und die oft vor Ort auftretenden Umsetzungsprobleme erfordern darüber hinaus einen engen Erfahrungsaustausch der Projekte untereinander. Nur so können die verantwortlichen Projektleiter von den Erfahrungen anderer lernen und ihre Projektarbeit dadurch gezielt verbessern.

Die Begleitforschung hat diese speziellen Anforderungen an die Öffentlichkeitsarbeit und den Praxisdialog bereits früh aufgegriffen und hierfür geeignete Formate neu geschaffen oder bestehende Formate weiterentwickelt. Hieraus entstand ein aufeinander abgestimmtes System der internen und externen Kommunikation, welches wegweisend für vergleichbare Programme sein kann (siehe Abbildung 4.1-1).

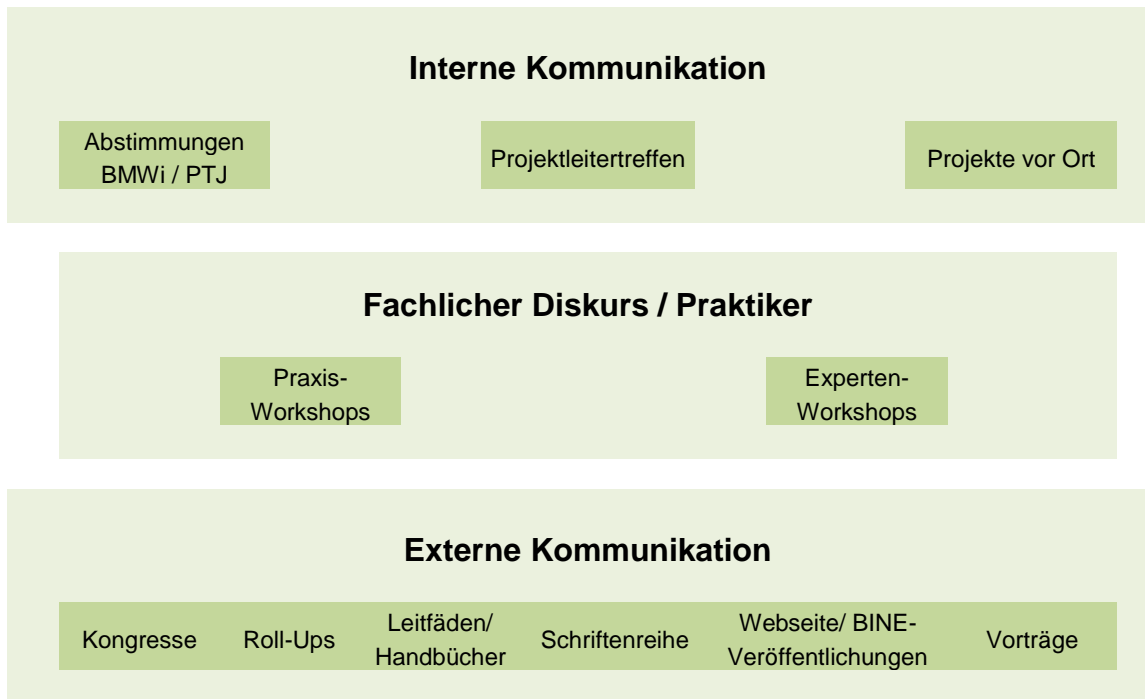


Abbildung 4.1-1: Formate der internen und externen Kommunikation

Der Kommunikationsansatz geht von der Grundprämisse aus, dass sich die Förderinitiative an dem Leitsatz „aus der Praxis für die Praxis“ orientieren muss. Dies bedeutet, dass die

- Ergebnisse aus den Förderprojekten und der Querauswertung gezielt und effizient in die Praxis transportiert werden. Hierfür muss man die Sprache und Interessenslage der Adressaten treffen. Dies geschieht durch:
 - o Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Webseite, Veröffentlichungen, Kongresse)
 - o Kooperation mit Multiplikatoren und Stakeholdern (z.B. Verbänden)
 - o Diskussion der Ergebnisse mit anderen Initiativen und Programmen (z.B. Zukunftstadt des BMBF, im Rahmen des Forschungsnetzwerks)
- Anregungen von Praktikern für die Ausrichtung der Förderinitiative genutzt werden und in die zukünftige Planung mit einfließen (nur so ist gewährleistet, dass nicht am Bedarf vorbeigeforscht wird). Hierdurch erfolgt eine „Eichung“ der Förderinhalte, die Anforderungen der Praxis an Planungshilfsmittel und Tools werden berücksichtigt (damit diese auch nachher Anwendung in der Praxis finden), es werden Defizite zu wichtigen Fragestellungen und wichtige Problemstellungen anhand konkreter Siedlungs- und Versorgungsstrukturen und den daraus resultierenden Fragestellungen abgeleitet. Dies geschieht durch:
 - o Praxis-Workshops
 - o Projektleiter-Meetings, in denen die konkreten Umsetzungsprobleme der Projekte vor Ort diskutiert werden
 - o Intensive Gespräche mit den Projektverantwortlichen „vor Ort“
 - o Internationalen Austausch mit ausländischen Experten
 - o Querauswertung zu „soften“ Instrumenten und Rahmenbedingungen.

Die interne und externe Kommunikation, d.h. innerhalb der Teilnehmer an der Förderinitiative untereinander und wirksam nach außen in die Praxis und die Fachöffentlichkeit, hat sich als ein wesentliches Element der Begleitforschung zur wirksamen Umsetzung der Forschungsergebnisse herausgestellt.

Art und Qualität der Kommunikation haben sich dabei im Laufe der Jahre erheblich verändert und intensiviert. Während in der ersten Zeit der Initiative die Information der Projekte für eine zielgerichtete Projektabwicklung und zu den Anforderungen der Begleitforschung für Querauswertungen im Vordergrund stand, entwickelte sich die Kommunikationsstrategie immer stärker zu einem intensiven fachlichen Austausch der Projekte untereinander, mit externen Experten aus der Praxis und der Forschung sowie kommunal Verantwortlichen.

Auch das Konzept des Kongresses wurde deutlich von der früher praktizierten Struktur des Statusseminars hin zu einem Fachkongress verbunden mit einem intensiven Austausch der Projekte untereinander und mit externen Kongressteilnehmern weiterentwickelt (u.a. durch eine groß angelegte Roll-Up-Show).

All diese neu entwickelten bzw. weiterentwickelten Formate dienen dem Zweck des internen Erfahrungsaustauschs der Projekte untereinander und mit der Begleitforschung zur Ausarbeitung übergreifender Querschnittsthemen, zum Dialog mit der Praxis in beide Richtungen und letztlich der breiten Darstellung und Umsetzung der Erfahrungen und Ergebnisse für Anwender und Akteure im kommunalen Bereich sowie der Fachöffentlichkeit.

Interne Kommunikation

Die verschiedenen im Laufe der Zeit entwickelten Formate dienen der Intensivierung bzw. Mobilisierung des Dialogs zwischen den Projektbeteiligten, der Begleitforschung, dem Projektträger und dem Ministerium.

Abstimmungen mit BMWi und PtJ

In mehreren Abstimmungsrunden wurden die Ziele des Ministeriums, die sich verändernden Rahmenbedingungen und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Begleitforschung diskutiert. Auf die Entwicklung des Forschungsnetzwerks sowie die Veränderungen hinsichtlich der nächsten Begleitforschungsphase musste die Begleitforschung dabei in ihrer Arbeit flexibel reagieren.

4.2 Projektleitertreffen

Neben den zahlreichen Abstimmungsgesprächen zwischen Ministerium, Projektträger und Begleitforschung nahmen die insgesamt 10 Projektleiter-Meetings (davon 7 im Rahmen der BF 3 in Weimar, Karlsruhe, Landshut, Hamburg, Wüstenrot, Aachen und Lüneburg) eine entscheidende Rolle in der internen Kommunikation zwischen Begleitforschung und den Projektleitern/innen sowie zwischen den Projekten untereinander ein. Im Laufe der Jahre entwickelten sich die Treffen immer mehr zu einem echten fachlichen Dialog der Projekte untereinander unter der Moderation der Begleitforschung. Während in den ersten Jahren die Diskussion des Projektablaufs, die formalen Modalitäten, die durch die Begleitforschung zur Verfügung gestellten Hilfsmittel zur Berichterstattung und zum Monitoring und damit für die Querauswertungen durch die Begleitforschung geschaffen wurden, nahmen fachlich orientiert Workshops im Laufe der Zeit immer breiteren Raum ein. Beispiele für solche Workshop-Themen waren u.a.:

- Planungshilfsmittel - Auswertung und Erfahrungen
- Erfolgsfaktoren in Projekten – Strukturen, Beteiligung, Mehrwerte
- Lessons Learned
- Elektrische Netze
- Ergebnisse IEA Annex 51: Leitfaden Energieeffiziente Stadt und Zusammenhang mit Quartierskonzepten

Dies mündete schließlich beim 10. Projektleiter-Meeting in Lüneburg in mehrere durch einzelne Projektleiter vorgeschlagene und durch diese moderierte Workshops zu Schwerpunktthemen, die sich aus der Projektbearbeitung als besonders drängend herauskristallisiert hatten:

- Contracting als Umsetzungsinstrument (Dr. Oliver Opel/Leuphana Uni Lüneburg)
- Nutzer (Dr. Volker Stockinger/HS München)
- Energiemonitoring im Energiesystem durch virtuelle Kraftwerke am Beispiel SMART POWER HAMBURG (Onnen Heitmann/Hamburg Energie)
- Welchen Beitrag liefern Plusenergiequartiere zum Energiesystem der Zukunft? (Dr. Dirk Pietruschka/HfT Stuttgart)

Die Rolle und Aufgabe der Begleitforschung war einigen Projekten anfangs nicht klar bzw. wurde nicht eindeutig genug kommuniziert. In Teilen wurde die Begleitforschung als „natürlicher Feind“ wahrgenommen (Abliefern von Zwischenberichten, Daten, Bildrechten etc.) und Projektleiter-Meetings eher als notwendige Pflicht bezeichnet (ermüdende Frontalveranstaltung). Mit der verstärkten Interaktion und dem intensivierten Austausch durch Workshops hat sich sowohl das Verhältnis zwischen der Begleitforschung und den Projektleitern als auch die Bedeutung der Projektleiter-Meetings als Veranstaltung mit einem echten Mehrwert und als passendes Format für den Austausch und die Vernetzung gewandelt.

Das Format des Projektleiter-Meetings wird von den Projektleitern als essenziell eingestuft, denn nur hier besteht die Möglichkeit, sich mit anderen Projekten zu vernetzen sowie auf Augenhöhe mit der Begleitforschung und dem Projektträger zu diskutieren.

Die Projektleiter-Meetings wurden immer am Ort eines Projektes durchgeführt, so dass eine Besichtigung realisierter oder im Bau befindlicher Objekte möglich war. Abbildung 4.2-1 zeigt die Arbeitsgruppe „Erfolgsfaktoren in Projekten“ auf dem Projektleiter-Meeting in Wüstenrot sowie die Projektbesichtigung des Zentralgebäudeneubaus in Lüneburg auf dem Projektleiter-Meeting in Lüneburg.



Abbildung 4.2-1: links: AG Erfolgsfaktoren in Projekten (Projektleiter-Meeting Wüstenrot); rechts: Projektbesichtigung Zentralgebäudeneubau in Lüneburg (Projektleiter-Meeting Lüneburg)

Fachlicher Diskurs und Rückkopplung zur Planungspraxis

Neben den mehr programminternen Projektleitertreffen wurde der Dialog mit Experten und Praktikern durch die Formate „Experten-Workshops“ und „Praxis-Workshops“ weiter geöffnet und durch zusätzliche Fachleute außerhalb der eigentlichen Förderinitiative erweitert.

Berichte aus den Projektleiter-Meetings

4. Projektleiter-Meeting in Weimar

Vom 22. bis 23. November 2012 fand in Weimar das 4. EnEff:Stadt Projektleiter-Meeting statt. Insgesamt nahmen knapp 50 Personen an der Veranstaltung teil – darunter neben den Projektleitern die Begleitforschung, Vertreter vom PtJ und der Redaktion EnEff:Stadt.

Vor dem Beginn des Meetings stand für alle Frühangereisten optional eine Exkursion auf dem Programm. Diesem Angebot folgten rund 20 Teilnehmer und begaben sich für etwa 1,5 Stunden auf einen „Bauhaus-Rundgang“.

Im Anschluss begann die Veranstaltung zunächst mit einer Übersicht über die aktuellen EnEff:Stadt-Projekte. Im Einzelnen wurde das Projekt „Altes Zöllnerviertel Weimar“ durch den Projektleiter Herrn Mölders vorgestellt, das auf die energetische Sanierung von Altbauten (Denkmalschutz) im innerstädtischen Bereich mit dezentraler, weitgehend autarker Versorgung unter Nutzung eines hohen Anteils regenerativer Energien zielt. In seinem Vortrag ging Herr Mölders ebenfalls auf die Entstehungsgeschichte und die Hintergründe der Max-Zöllner-Stiftung ein.

Im Nachmittag fanden, erstmalig in diesem Rahmen, Arbeitsgruppen zu drei Schwerpunkten statt:

1. Innendämmung in Bestandsgebäuden
2. Von der Planung zur Umsetzung: Auswirkungen von Verwaltungsstrukturen und Prozessen
3. Einbindung und Rückwirkungen der Integration dezentraler Anlagen auf Fernwärmesysteme/Aspekte einer energieeffizienten Wärmeversorgung am Beispiel Adlershof

Im Vorfeld wurden diese drei Themen aus einer Vielzahl eingereicherter Vorschläge von der Begleitforschung ausgewählt. Die Arbeitsgruppen wurden jeweils durch einen oder mehrere Impulsvorträge eröffnet und die darauf folgende Diskussion durch ein Mitglied der Begleitforschung moderiert. Zum Abschluss des ersten Tages fand ein Site-Visit durch das „Alte Zöllnerviertel“ statt, bevor der Tag beim gemeinsamen Abendessen ausklang.

Der zweite Tag wurde eröffnet durch eine anschauliche Präsentation des Projektes „Energetische Optimierung des Hamburg Water Cycle im Stadtquartier Jenfelder Au“. Im Zuge des Demonstrationsvorhabens wird das neue Quartier auf einem ehemaligen Kasernengelände entstehen. Frau Schönfelder legte den Schwerpunkt auf das technische Konzept des Hamburg Water Cycle, welches u.a. eine getrennte Ableitung von Schwarz- und Grauwasser vorsieht. Das Schwarzwasser wird mithilfe von Unterdruck konzentriert erfasst, in einer Biogasanlage verwertet und in einem BHKW in Strom und Wärme transformiert.

Im Anschluss erhielten die Teilnehmer durch die Vorstellung des „Leitfadens für Projektleiter“ umfangreiche Informationen zu inhaltlichen und administrativen Fragestellungen der Projektentwicklung.

5. Projektleiter-Meeting in Karlsruhe

Am 17. und 18. Juni 2013 trafen sich in Karlsruhe zum fünften Mal die Projektleiter der Forschungsinitiative, um Erfahrungen auszutauschen und u.a. über die Nutzung neu entwickelter Planungstools zu diskutieren. Insgesamt nahmen knapp 50 Personen an der Veranstaltung teil – darunter auch das Begleitforschungsteam sowie Vertreter des Projektträgers Jülich und der Redaktion EnEff:Stadt. Gastgeber war die Volkswohnung Karlsruhe.

Zum Auftakt stellten Dr. Reinhard Jank und Carsten Beier die bisherigen und künftigen Aktivitäten der Begleitforschung vor, ergänzt durch eine Übersicht über die ca. 40 laufenden EnEff:Stadt-Projekte. Diese widmen sich unterschiedlichsten Themen wie Quartiers-Energiekonzepten vom Baublock bis zur Gesamtstadt, Plusenergie-Siedlungen, Konversionsprojekten, Gewerbe und Wohnen, der Strom- und Wärmeversorgung, Speicherkonzepten, der Entwicklung von Campus-Arealen, Projekt-Clustern sowie umfangreichen Monitoring-Programmen. Im Rahmen der Begleitforschung wurden mit der Entwicklung einer Siedlungstypologie und einer Bewertungsmatrix für Planungshilfsmittel erste Querschnittsauswertungen in Angriff genommen. In der folgenden Phase der Begleitforschung bildeten solche wissenschaftlichen Auswertungen den Schwerpunkt - sowohl für die EnEff:Stadt als auch für EnEff:Wärme-Vorhaben. Dies betrifft auch die Verbreitung der Ergebnisse und intensivere Vernetzung mit weiteren stadtrelevanten Forschungsinitiativen wie EnOB, Speicher/Netze sowie internationalen Programmen, z.B. im Rahmen des IEA-ECBCS.

Highlight des ersten Veranstaltungstages war die Präsentation des Quartiers-Energiekonzepts für Karlsruhe-Rintheim und seine Umsetzung durch die Volkswohnung GmbH. Die Besichtigung des Wohngebiets unter fachkundiger Leitung Dr. Reinhard Janks vermittelte den Teilnehmern einen guten Eindruck von der Komplexität des Sanierungsprogramms, das noch bis 2014 messtechnisch begleitet wird, sowie vom aktuellen Stand der Arbeiten.

Zu Beginn des zweiten Tages erläuterten Oliver Opel und Karl Werner den Teilnehmern das Nachhaltigkeitskonzept der Universität Lüneburg, dessen Umsetzung eng mit dem EnEff:Stadt-Pilotprojekt "Klimaneutraler Campus Leuphana Universität" verknüpft ist. Erste Ergebnisse einer energetischen Bilanzierung der Campus-Entwicklung sowie eine Netzsimulation liegen vor. Aktuell geht es um die Auswahl von Netzvarianten für die künftige Wärmeversorgung des Campus und des angrenzenden Wohngebiets Scharnhorststraße.

Die Möglichkeit, einige in den Forschungsprojekten entwickelte Planungstools kennenzulernen, boten rotierende Kurzpräsentationen. Gegenstand der Diskussion war u.a. die Anwendung solcher Tools in unterschiedlichen Projekt- und Planungskontexten:

- Heike Erhorn-Kluttig vom Fraunhofer IBP stellte den Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere (D-ECA) vor. Er ermittelt die Energieeffizienz eines Quartiers und zeigt die Potenziale verschiedener baulicher Strategien und Versorgungsoptionen auf. Ein breiterer Anwendungstest mit Kenndaten aus EnEff:Stadt-Quartieren ist geplant.
- Thomas Meinberg, TU Darmstadt, präsentierte das Projekt UrbanReNet, das die Entwicklung eines Softwaretools zur Planung integrativer Energieversorgungskonzepte auf Quartiersebene zum Ziel hat. Dazu werden Energieerzeugungs-, Speicher- und Vernetzungspotenziale von Bestandsgebäuden und urbanen Freiflächen im Siedlungsverbund systematisch untersucht.
- Werkzeuge für die Energieleitplanung waren das Thema von Oliver Zadow von der TU München, die für die Gemeinde Ismaning einen sog. Energienutzungsplan erstellte. Im Zuge dieser Arbeiten entstand ein Planungstool mit neuen Möglichkeiten zur Wärmebedarfsermittlung.

In der abschließenden Diskussion wurde der Bedarf deutlich, weiterhin Erfahrungen über projektübergreifend nutzbare Entwicklungen und Erkenntnisse auszutauschen.

6. Projektleiter-Meeting in Landshut

Am 21./22. November 2013 trafen sich die EnEff:Stadt-Projektleiter zu ihrem 6. Meeting in Landshut, um das dortige Pilotprojekt „Plusenergie-Siedlung Ludmilla-Wohnpark“ näher kennenzulernen und sich über gemeinsame Erfahrungen auszutauschen. Der zweite Tag des Treffens widmete sich ersten projektübergreifenden Querschnittsauswertungen der EnEff:Stadt-Begleitforschung. Gut 50 Teilnehmer folgten der Einladung in die niederbayerische Mittelstadt.

Nach Begrüßung durch den Projektträger Jülich sowie die Gastgeber Anna-Maria und Dieter Hanke (Ludmilla Wohnbau GmbH) gab Carsten Beier vom Begleitforschungsteam einen kurzen Überblick über den Stand der aktuell laufenden und bereits abgeschlossenen Projekte. Nach einer fachlichen Einführung in das Landshuter Pilotvorhaben durch den Projektleiter Volker Stockinger (Hochschule München) folgte am Nachmittag eine geführte Tour durch die Plusenergiesiedlung im Ludmilla-Wohnpark. Dabei wurden vor allem die Heizzentralen in Bauabschnitt I-II und in Bauabschnitt III besichtigt. Für Fachfragen standen neben Herrn Stockinger auch Herr Hanke von der Ludmilla Wohnbau GmbH sowie Herr Grünleitner von B & G Zentralheizungsbau GmbH zur Verfügung.

Den letzten Programmpunkt des Tages bildeten Diskussionen in Arbeitsgruppen:

- AG 1 "Datenerfassung – vom messtechnischen Konzept zur Datenbank" (Markus Mentele, GSG Geologie-Service GmbH)
- AG 2 "Datenauswertung & Nutzung - vom Umgang mit großen Datenmengen" (Rafael Botsch, Hochschule Rosenheim)
- AG 3 "Bilanzierung von Plusenergiesiedlungen" (Volker Stockinger, Hochschule München).

Der zweite Tag des Meetings widmete sich den projektübergreifenden Querschnittsauswertungen der Begleitforschung. Erkenntnisse und Erfahrungen aus den EnEff:Stadt-Demonstrationsprojekten wurden in drei parallelen Arbeitsgruppen ausgetauscht - zu den Themen „Versorgung“ (Moderation Carsten Beier, Fraunhofer UMSICHT), „Wirtschaftlichkeit und Kosten“ (Hans Erhorn, Fraunhofer IBP) sowie „Prozesse, Einfluss- und Erfolgsfaktoren“ (Dr. Armand Dütz, pro:21 GmbH). Der Synopse aller Arbeitsgruppen-Ergebnisse folgte eine Präsentation des EnEff:Stadt-Projekts „Integriertes Energie-Quartierskonzept Ludwigsburg Grünbühl/Sonnenberg“ durch Dr. Dirk Pietruschka von der HfT Stuttgart.

In der abschließenden Diskussion wurde der erneute Bedarf deutlich, weiterhin Erfahrungen über projektübergreifend nutzbare Entwicklungen und Erkenntnisse auszutauschen. Neben den weiteren Projektleiter-Meetings bot vor allem der nächste EnEff:Stadt-Kongress am 14./15. Januar 2014 dazu die Möglichkeit.

7. Projektleiter-Meeting in Hamburg

Das 7. Projektleiter-Meeting fand am 1./2. Juli 2014 in Hamburg statt, an welchem Projektleiter und -beteiligte, das Begleitforschungsteam sowie Vertreter des Projektträgers Jülich teilnahmen. Insgesamt 65 Teilnehmer besuchten die Veranstaltung im Hamburger Wälder Haus. Der Fokus des ersten Tags lag neben der Vorstellung und Besichtigung der Hamburger EnEff:Stadt-Projekte erstmalig auf der Präsentation einiger Projekte aus der Zwillinginitiative

EnEff:Wärme. Ziel war es, die Vernetzung unter den Forschern beider Initiativen zu fördern und Erfahrungen auszutauschen. Zudem präsentierte Herr Jank Ergebnisse des Erfahrungsaustauschs zum Thema Monitoring in den Umsetzungsprojekten. Der zweite Tag des Treffens stand ganz im Zeichen der Arbeitsgruppen-Diskussion zu den Themen „Monitoring und Betriebsoptimierung“ sowie „Planungshilfsmittel“.

8. Projektleiter-Meeting in Wüstenrot

Am 25./26. November 2014 trafen sich Projektleiter und -beteiligte, das Begleitforschungsteam sowie Vertreter des Projektträgers Jülich zum 8. EnEff:Stadt Projektleiter-Meeting in Wüstenrot. Den über 50 Teilnehmern wurden neben dem Gastgeber-Projekt „Gemeinde Wüstenrot - Energieautark bis 2020“ zwei weitere laufende Projekte der Forschungsinitiative vorgestellt: Das Vorhaben "Optimierung von Mikro KWK-Systemen" (TU München) und ein Kurzvortrag zur Modellstadt 25+ Lampertheim "Modelle und Szenarien zur integrierten Betrachtung von Energiesystemen" (RWTH Aachen). Im Zentrum stand jedoch der Erfahrungsaustausch zu Querschnittsthemen in parallelen Arbeitsgruppen. Sie behandelten elektrische Netze, Erfolgsfaktoren für die Umsetzung und Lessons Learned zum Technologie-Einsatz in den EnEff:Stadt-Projekten.

Nutzung der elektrischen Infrastruktur: In der Arbeitsgruppe "Elektrische Netze" ging es unter anderem darum, welche Aspekte der elektrischen Energieversorgung aus Sicht der Projekte von Interesse sind, welche Informationen dazu benötigt werden und ob Ansätze für eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgt werden. Die Diskussion befasste sich daneben mit dem Einspeisemanagement, mit unterstützenden Kooperationen, Methoden und Softwaretools sowie Hemmnissen bei der Umsetzung. Für die Begleitforschung war von Interesse, welche Daten die Projekte bereitstellen können.

Erfolgsfaktoren in Projekten: Strukturen, Beteiligung, Mehrwert: Die Auswertung der EnEff:Stadt-Projekte zeigt, dass ihr Erfolg auf Quartiersebene mit dem Grad ihrer Komplexität immer mehr von strukturellen und kommunikativen Prozessen abhängig ist. Dies beginnt schon bei der Entwicklung der Projektidee, geht weiter über das interne Projektmanagement und die Akteursbeteiligung bis hin zur Erfolgskontrolle und Verstetigung. In der zweiten Arbeitsgruppe wurden die Erkenntnisse aus einzelnen Projekten reflektiert und um die Erfahrungen anderer Vorhaben ergänzt. Dazu dienten drei Impulsvorträge: Zu interner Organisation und Strukturen in der Stadtverwaltung - am Beispiel der Stadt Ludwigsburg, zu externer Kommunikation und Beteiligungsprozessen - am Beispiel der IBA Hamburg und seiner Monitoring-Projekte sowie zum Mehrwert der Projekte für die Kommune - am Beispiel der Leuphana Campusentwicklung in Lüneburg.

Lessons Learned zum Technologie-Einsatz: Die Begleitforschung hat aus den bereits vorhandenen Zwischenberichten der Demonstrationsprojekte die enthaltenen Lessons Learned zusammengestellt. Dabei wurden sowohl Aussagen zu einzelnen Technologien als auch zur Wirtschaftlichkeit, zu Messungen und zum Nutzerfeedback getroffen. Mit Hilfe von Poster-Präsentationen wurden in der dritten Arbeitsgruppe die Erfahrungen der jeweiligen Projektleiter erläutert und zur Diskussion gestellt. Sie umfassen die Themen Vakuumdämmung, Wärmepumpen, Warmwasserbereitung, Lüftungsanlagen, Wirtschaftlichkeit, Messungen und Nutzer-Feedback.

9. Projektleiter-Meeting in Aachen

Am 11./12. Mai 2015 trafen sich Projektleiter und -beteiligte, das Begleitforschungsteam, VertreterInnen des Projektträgers Jülich sowie Frau Dr. Tryfonidou als Vertreterin des BMWi zum

9. EnEff:Stadt Projektleiter-Meeting in Aachen. Den rund 70 Teilnehmern wurden neben den verschiedenen Forschungsprojekten, an denen die RWTH Aachen beteiligt ist, das Thema "Abwasserwärmenutzung" am Beispiel des Stuttgarter Neckarparks vorgestellt. Im Zentrum stand jedoch der Erfahrungsaustausch zu Querschnittsthemen in parallelen Arbeitsgruppen, die teilweise auf den Diskussionen des Wüstenroter Projektleiter-Meetings im November aufbauten. Sie behandelten elektrische Energiesysteme, den Projekterfolg beeinträchtigende Hemmnisse, die Querauswertung der EnEff:Wärme Vorhaben sowie Lessons Learned zu Technologien und Wirtschaftlichkeit von Effizienzmaßnahmen in den EnEff:Stadt-Projekten.

Nach der Begrüßung durch den Gastgeber, das E.ON Energy Research Center der RWTH Aachen, wurden die Aktivitäten und Planungen des neuen Forschungsnetzwerks "Energie in Gebäuden und Quartieren" vorgestellt. Es soll als transparente Schnittstelle zwischen Forschung, Praxis und Politik neue Forschungsstrategien und künftige Forschungswettbewerbe beratend vorbereiten. Dazu wurden im Rahmen der Jahreskonferenz Ende März thematische Arbeitsgruppen gebildet. Ein erster Impuls wird die ab 2016 geplante neue Förderinitiative „Solares Bauen / Energieeffiziente Stadt“ sein. Sie soll systemorientierte Forschungsansätze, eine technologieübergreifende Kopplung von Themen und die interdisziplinäre Zusammenarbeit forcieren.

Erfahrungsaustausch in Arbeitsgruppen - von elektrischen Netzen bis zum Stakeholder-Management

In der Arbeitsgruppe "Elektrische Energiesysteme" wurde die grundlegende Diskussion des Wüstenroter Meetings darüber, welche Aspekte der elektrischen Energieversorgung aus Sicht der Projekte von Interesse sind und welche Informationen dazu benötigt werden, fortgeführt und konkretisiert. Nun ging es vor allem um Markt- und Netzaspekte: Welche Geschäftsmodelle werden erwartet? Wie ist die künftige Rolle der Netzbetreiber definiert? Und welche Eingangsdaten, Modelle und Szenarien sind für orts- und nutzerangepasste Smart Grids erforderlich?

Die zweite Arbeitsgruppe drehte sich um die Schlussfolgerungen aus anlagen- und bautechnischen Maßnahmen in den EnEff:Stadt-Projekten ("Lessons Learned II: Technologien und Wirtschaftlichkeit"). Die aus den Projekt-Zwischenberichten extrahierten 14 Energietechniken wurden hinsichtlich Planungs- und Installationsaufwand, Betriebserfahrungen sowie Kosten und Ertrag kritisch diskutiert. Breiten Raum nahm das Thema "BHKW und Netze" ein: Ist der KWK-Einsatz nur Übergangslösung oder eine langfristige Option? Auch wurde dringender Bedarf an einem Leitfaden "Lüftung im Wohnungsbau" deutlich.

Eine weitere Arbeitsgruppe widmete sich der ersten Querauswertung von EnEff:Wärme-Projekten. Diese vermittelte einen Überblick über deren Ziele und Vorgehen sowie über die Integration neuer Technologien und technischer Detaillösungen in Netzstrategien und Stadtentwicklungskonzepte. Thema war auch der Bezug zur Partnerinitiative EnEff:Stadt bzw. der Nutzen für Stadtenergieprojekte. Klar wurde, dass die Querauswertung durchaus Hilfestellung für EnEff:Stadt-Projekte geben kann. Voraussetzung dabei ist allerdings eine integrale Planung von Wärmenetzen, die in kommunale Planungsprozesse einbezogen ist.

In der Arbeitsgruppe "Hemmnisse und Erfolgsfaktoren" - bereits in Wüstenrot aktiv - wurden Erfahrungen im Umgang mit Hemmnissen in Planung, Umsetzung und Verstetigung von Effizienzmaßnahmen aufgearbeitet und Lösungsansätze aus den Projekten vorgestellt. Als Leitsatz wurde offenkundig: Energieeffizienz funktioniert nur, wenn der Mensch mitmacht. Schon in der Phase der Projektskizze sollten potenzielle Akteure eingebunden und vorhandene Motivation genutzt werden. Neben der Veröffentlichung sollten wichtige Projektergebnisse und Er-

fahrungen in die Lehre einfließen, damit künftige Planer und Architekten lernen, integral zu denken und zu handeln. Und nicht zuletzt: Es ist "einfache", nachvollziehbare Technik erforderlich, die vom Nutzer akzeptiert wird. Hierbei kann Visualisierung helfen.

10. Projektleiter-Meeting in Lüneburg

Am 10. Projektleitertreffen vom 10. bis 11. November 2015 in Lüneburg nahmen Projektleiter und -beteiligte, das Begleitforschungsteam sowie Vertreter des Projektträgers Jülich teil. Das Treffen diente dem Informationsaustausch sowie der Vorstellung neuer Projekte und Analysen. Durch Workshops und Arbeitsgruppen konnte ein themenfokussierter Austausch über aktuelle Fragestellungen und Projekterfahrungen erfolgen. Eine Kurzzusammenfassung sowie die Folien und Ergebnisse der Arbeitsgruppen ist auf der EnEff:Stadt-Webseite www.eneff-stadt.info zu finden.

Zu Beginn wurden die Ergebnisse des EnEff:Stadt Praxis-Workshops "Geschäftsmodell Energiewende" vom 21./22. Oktober in Oberhausen zusammengefasst. Neben Forschern waren dort vor allem Vertreter von Kommunen, Stadtwerken, Energiegenossenschaften und Beratungsunternehmen eingeladen, Wege zu einem "Geschäftsmodell Energiewende" zu diskutieren. Schwerpunkt des ersten Tages war allerdings die Präsentation des Gastgeber-Projekts "Klimaneutraler Campus Leuphana Uni Lüneburg" mit anschließendem Site-Visit. Daneben wurde ein neues EnEff:Stadt-Pilotprojekt, das Vorhaben „Energienetz Berlin Adlershof“, kurz vorgestellt. Das Energienetz soll einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, das Ziel einer Primärenergiebedarfssenkung um mindestens 30 Prozent am Wissenschafts- und Technologiestandort Adlershof bis 2020 tatsächlich zu erreichen.

Bereits im Vorfeld des Meetings hatten die Projektleiter die Möglichkeit, ihre spezifischen Diskussionsbedarfe anzumelden. Diese wurden nun in vier selbst organisierten Arbeitsgruppen diskutiert.

Fragestellungen der Arbeitsgruppen:

- Welche Vor- und Nachteile haben Umsetzungsinstrumente wie Contracting, Intracting und Energiekosten-Budgetierung?
- Wie kann umfangreiches Daten-Monitoring über die Projekte hinaus genutzt werden? Wie kann ein Erfahrungsaustausch zu Software-Tools und weiteren Anwendungen wie Simulationen, Prognosen, Energieleitplanung etc. initiiert werden?
- Nutzen oder belasten Plusenergiesiedlungen das Energiesystem? Wie sehen künftige Abrechnungsmodelle mit Energieversorgern aus?
- Welche Rolle spielt der Nutzer/Endkunde? Wie kann er zum lokalen Innovationstreiber werden? Hat er einen ausreichenden Stellenwert in der Forschung - auch in EnEff:Stadt? Und wie muss Technik vermittelt werden bzw. auf Nutzerbedürfnisse hin angepasst sein?

Zu Beginn des zweiten Tages zog das Begleitforschungsteam eine komprimierte Bilanz seiner Arbeiten seit dem Start der Förderinitiative 2007. Hintergrund ist die Neuausschreibung der Begleitforschung ab Januar 2016 mit einem neuen Team, das die Projekte und Forschungsarbeiten sowohl im Bereich des "Energieoptimierten Bauens" (EnOB) als auch aus EnEff:Stadt und EnEff:Wärme betreut. Die Themen der abschließenden vier Workshops waren somit Spiegelbild der Arbeit der bisherigen Begleitforschung:

- Ergebnisse des IEA Annex 51 "Energy efficient communities": Der Leitfaden Kommunale Energieplanung

- Interne & externe Kommunikation
- Energietechnische und -wirtschaftliche Aspekte sowie regulatorische Rahmenbedingungen für Strom und Wärme
- Energetische Bewertung, Messungen, Technologien und Wirtschaftlichkeit: Beiträge der Projekte, Bilanzierungsmethoden, Ergebnisse.

4.3 Praxis-Workshops & Ergebnisveröffentlichung

Im Laufe der BF 1 bis 3 wurden vier sogenannte Praxis-Workshops (zwei bei UMSICHT in Oberhausen, einer bei der AGFW in Frankfurt und einer bei der Stadt Ludwigsburg) durchgeführt. Mit diesem Format wurden gleich mehrere Ziele verfolgt.

Einerseits wurden ausgewählte Projektergebnisse, aber auch Probleme bei der Umsetzung von Projekten mit erfahrenen Praktikern aus Kommunen, Stadtwerken, Ingenieurunternehmen und sonstigen Experten (z.B. zu Rechts- und Wirtschaftlichkeitsfragen) diskutiert. Hieraus wurden Vorschläge für eine Problemlösung, für weitere notwendige Forschungsthemen und für eine breitere Umsetzung von Erkenntnissen aus der Förderinitiative erarbeitet. Die Praxis-Workshops gaben wichtige Anregungen für die Weiterentwicklung der Förderinitiative und die Arbeit in einzelnen Arbeitsgruppen des Forschungsnetzwerks.

Nach kurzen Impulsvorträgen stand bei den Praxis-Workshops die intensive Diskussion zu bestimmten Themenschwerpunkten im Vordergrund. Beispiele hierfür sind u.a.

- Geschäftsmodell Energiewende – erfolgreiche Umsetzung auf Quartiersebene (Prof. Jörg Probst/GERTEC)
- Wie lassen sich komplexe Projekte handhabbar machen? (Simon Hamperl/WISTA MANAGEMENT)
- Energieeffiziente Stadtquartiere: (Nah-)Wärmenetze und dezentrale Einspeisung - Rechtliche Rahmenbedingungen, Geschäfts- und Betreibermodelle (Dr. Sabine Schulte-Beckhausen/GÖRG Rechtsanwälte)
(siehe auch Abbildung 4.3-1)



Abbildung 4.3-1: links: Praxis-Workshop "Geschäftsmodell Energiewende" in Oberhausen; rechts: aus dem Impulsvortrag von Simon Hamperl/WISTA MANAGEMENT GMBH beim Praxis-Workshop in Oberhausen ("Geschäftsmodell Energiewende")

Neben der intensiven fachlichen Diskussion dienten die Praxisworkshops auch einer „Eichung“ der Programmschwerpunkte der Förderinitiative. Die Anregungen aus der Praxis, die Beschäftigung der für die Praktiker vor Ort entscheidenden Probleme dienten der Ausarbeitung von Vorschlägen zur künftigen Ausrichtung der Förderinitiative, ihrer Weiterentwicklung, den Zuarbeiten für das 6.Forschungsrahmenprogramm sowie für das Forschungsnetzwerk. In den Praxis-Workshops wurde bestätigt, dass man in Teilen bereits auf dem richtigen Weg, in anderen Schwerpunkten aber noch ein deutlicher Nachholbedarf zu verzeichnen war.

Die Diskussion wurde in diesem Format sehr offen geführt, d.h. es konnte sehr gut über Probleme, Hemmnisse und Mängel in der Durchführung, hinsichtlich der Ausgestaltung von Planungshilfsmitteln, hinsichtlich finanzieller und personeller Ressourcen und der gesamten Ausrichtung der Förderinitiative diskutiert werden. Auch rechtliche, planungsrechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen (die durch die Förderinitiative selbst kaum zu beeinflussen sind, aber ihrerseits große Auswirkungen auf die Umsetzung von Maßnahmen haben können, wie z.B. KWK-Gesetz) wurden analysiert und Vorschläge an den Gesetzgeber formuliert.

Da die Ergebnisse von hohem Interesse für die Fachöffentlichkeit, für die Politik, die Praktiker vor Ort sowie für die Projektleiter/innen der geförderten Projekte sind, wurde entschieden, den 4. Praxis-Workshop ausführlich zu dokumentieren und auf der Webseite allen Interessenten zur Verfügung zu stellen. Dies sollte bei künftigen Praxis-Workshops beibehalten werden, wenn man dieses Format auch in Zukunft fortführen will, was dringend zu empfehlen ist.

Externe Kommunikation

Die verschiedenen Formate zur externen Kommunikation dienen in erster Linie dazu, die Fachöffentlichkeit und die verschiedenen kommunalen Akteure, aber auch die Politik über die Ergebnisse der innerhalb der Förderinitiative geförderten Projekte zu informieren. Auch hier hat die Begleitforschung von Anfang an besonderen Wert auf den Dialog mit Akteuren aus der Praxis, aber auch mit Multiplikatoren wie z.B. Verbänden, die eine größere Verbreitung der Ergebnisse befördern können, gelegt. Neben den Kongressen und Vorträgen standen die verschiedenen schriftlichen Formate bei der Ergebnisvermittlung im Vordergrund.

4.4 Kongresse

Bedauerlicherweise konnten aus Gründen der Umorientierung der Förderinitiative im Jahr 2015 im Verlauf der Begleitforschung nur zwei Kongresse (im Jahr 2012 in Hamburg und im Jahr 2014 in Berlin mit jeweils mehr als 200 Teilnehmern) durchgeführt werden.

Auch bei diesen Kongressen wurde dem Ziel eines intensiven Dialogs Rechnung getragen. Sie wichen dabei in ihrer Struktur und in den Inhalten stark von den bisher präferierten Statusseminaren ab. Vorträge und Podiumsdiskussionen wurden in erster Linie zu übergreifenden Themen von externen Experten und Praktikern eingeplant. Einen breiten – auch zeitlichen – Rahmen nahm die Diskussion in einer groß angelegten Roll-Up-Präsentation ein. Hier bestand ausreichend Gelegenheit für die Projekte untereinander und mit den Kongressbesuchern in den Dialog zu treten. Die Kongresse wurden stets durch Besichtigungstouren vor Ort ergänzt.

Zu den Kongressen wurden gezielt auch kommunale Praktiker und Experten außerhalb der Förderinitiative eingeladen. Hierfür wurden eigene Platzkontingente geschaffen, damit die Umsetzung der Ergebnisse aus den geförderten Projekten in die breite Praxis erreicht werden konnte (siehe auch Abbildung 4.4-1)



Abbildung 4.4-1: Posterausstellung und Plenum beim 2. EnEff:Stadt Kongress in Berlin

Roll-Ups

Wie bereits erwähnt, wurden für die Poster-Sessions im Rahmen der Kongresse einheitliche Roll-Ups der geförderten Projekte erstellt. Sie dienen daneben aber auch der Präsentation einzelner Projekte auf Veranstaltungen des Ministeriums und des Projektträgers, bei Projektleiter-Meetings und bei Aktivitäten der einzelnen Projekte selbst (siehe auch Abbildung 4.4-2).

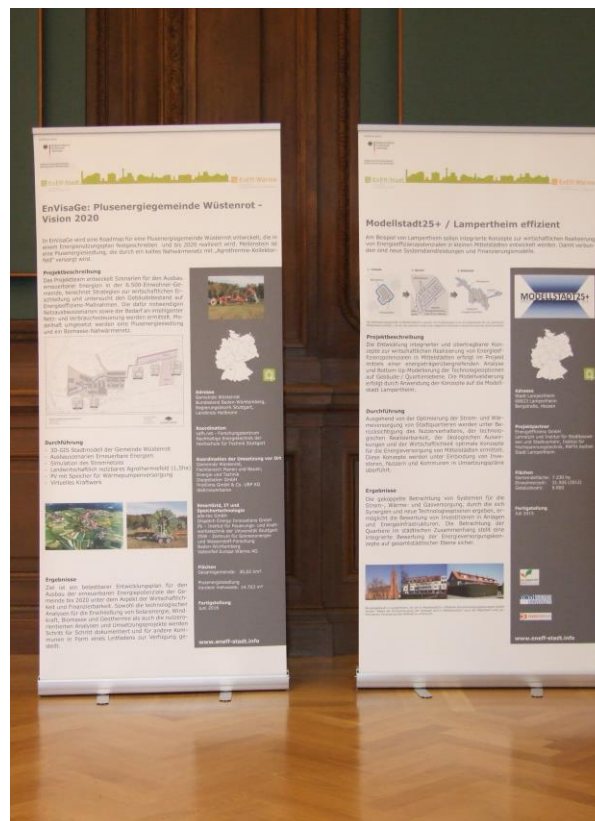


Abbildung 4.4-2: Roll-Ups der EnEff:Stadt Projekte

4.5 Vernetzung anderer stadtrelevanter Programme

Die Wechselwirkungen von Quartier und Stadt mit kommunalen Funktionen und Strukturen werden in Förderprogrammen und –initiativen adressiert. Die dort untersuchten Themen sind für die Planung von energieeffizienten Quartieren ebenfalls relevant. Ziel war es, eine Vernetzung zu anderen BMWi-Programmen wie EnEff:Wärme, Energiespeicher, EnOB, sowie zu BMUB Klimaschutzinitiative und Smart City herzustellen. Es sollten ein Ergebnisaustausch zwischen den Initiativen hergestellt und relevante Ergebnisse der anderen Initiativen für die Planung von Stadtquartieren berücksichtigt werden.

Der Ergebnisaustausch fand durch Teilnahme an Treffen und Veranstaltungen anderer Begleitforschungen statt. Im Folgenden werden die Themen und Ergebnisse der Vernetzung mit den einzelnen Förderinitiativen kurz erläutert.

EnOB

Die Vernetzung mit der Begleitforschung der Förderinitiative „Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) fand überwiegend über gemeinsame Treffen statt. So wurden bei den jeweiligen Treffen aktuelle Projekte und Schwerpunkte vorgestellt und diskutiert. Themen und Ergebnisse der Treffen sind nachfolgend aufgeführt.

1/2012

Bei dem Vernetzungstreffen im ersten Halbjahr 2012 wurden Messvorgaben aus EnEff:Stadt präsentiert sowie die zu diesem Zeitpunkt in Planung befindliche Messdatenbank vorgestellt. Weiterhin war die energetische Bilanzierung in EnEff:Stadt ein Thema des Treffens.

2/2012

Beim Vernetzungstreffen am 14.06.2012 wurde das Konzept zur Kooperation zwischen EnOB und EnEff:Stadt sowie dessen praktische Umsetzung diskutiert. Weiterhin wurden die Themen Datenerfassung, Datenaufbereitung und Kennwertbildung diskutiert. Ein weiteres Thema des Treffens war die Skizze für eine abgestimmte Kommunikationsstrategie der Förderlinien.

2/2013

Bei diesem Treffen am 30.07.2013 in Jülich wurden zum Thema Planen – Messen – Rebound Projektergebnisse aus dem Projekt Karlsruhe-Rintheim vorgestellt. Zudem wurden die Themen Daten sammeln, Kennwerte generieren und Datenbanken diskutiert. Des Weiteren erfolgte ein Erfahrungsaustausch zur energetischen Betriebsoptimierung, zu Workshops und zur Ergebnisverbreitung.

Vereinbart wurde die Absicht das Kooperationskonzept beider Initiativen zu aktualisieren, eine gemeinsame Präsentation zu erstellen und im Bereich „Summer School“ eine Kooperation anzustreben. Auch ein gemeinsamer Auftritt auf einer geeigneten Messe wurde als sinnvoll erachtet. Zudem wurde ein gemeinsames Handbuch für Bauherren über das Thema Messtechnik und Auswertung diskutiert. Für die energetische Betriebsoptimierung wird das Einsparpotential bei konsequenter Umsetzung auf 10 % geschätzt.

1/2014

In diesem Zeitraum hat die Begleitforschung von EnEff:Stadt am EnOB-Symposium mit dem Titel „Energieinnovationen in Neubau und Sanierung“ teilgenommen – dieses fand am 21./22.03.2014 in Essen statt.

Zudem wurden die bisherigen Ergebnisse aus „ModQ“, „EnBop“ und „EnTool“ hinsichtlich Nutzbarkeit für die aktuellen EnEff:Stadt-Umsetzungsprojekte ausgewertet.

2/2014

Ein Thema des Vernetzungstreffens am 28.11.2014 in Stuttgart war Datenqualität und Datenschutz. Diesbezüglich wurde für die weitere Zusammenarbeit von den Fraunhofer-Instituten IBP und ISE eine Unterstützung des Datenschutzbeauftragten vom PtJ zur die Erstellung eines Konzepts für eine Datenschutzregelung angestrebt. Dafür wurde auch der Datenschutzbeauftragten der Fraunhofer-Gesellschaft miteinbezogen. Weiterhin erfolgte ein Austausch zur Wirtschaftlichkeit. Insbesondere Lebenszykluskosten, Wirtschaftlichkeitsrechnung und die Querauswertung der EnEff:Stadt Projekte hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit waren dabei im Fokus. Auch Hemmnisse bei der Projektumsetzung wurden thematisiert. Hierfür wurde zwischen pro:21 als Vertreter der Begleitforschung EnEff:Stadt und EnOB ein Erfahrungsaustausch vereinbart.

1/2015

Dieses Treffen war als Abschlusskolloquium der laufenden Begleitforschungen konzipiert und fand am 12.05.2015 in Aachen statt. Es waren folgende Begleitforschungen vertreten: Energieoptimiertes Bauen - EnOB, Energetische Betriebsoptimierung - EnBop, Energieeffiziente Schulen - EnEff:Schule sowie Energieeffiziente Stadt - EnEff:Stadt. Ziel der Veranstaltung war die Vorstellung der inhaltlichen Schwerpunkte sowie eine qualitative Bewertung inklusive einem Zwischenfazit der bisherigen Arbeiten der jeweiligen Begleitforschung.

Bei dem EnOB-Monitoring-Workshop „Wissenschaftliches Monitoring energieoptimierter Gebäude“ am 26./27.02.2015 in Kassel wurde durch Dr. Jank ein Vortrag über vorläufige Ergebnisse der messtechnischen Begleitung und des Energie-Monitorings im Quartiersprojekt Rintheim gehalten.

Energiespeicher

1/2015

Fraunhofer UMSICHT nahm als Vertreter der Begleitforschung am 2. Statusseminar Energiespeicher am 22./23. April 2015 in Berlin teil. Kernthemen des Statusseminars waren der Beitrag von Energiespeichern zur Energiewende, der wirtschaftliche Einsatz von Energiespeichern sowie die Schwerpunkte zukünftiger Forschung. Die Fachsessions waren thematisch in folgende Bereiche unterteilt:

- Batteriespeicher und energiewirtschaftliche Aspekte
- Technologien und Anwendungen von Power-to-Gas sowie
- thermische Energiespeicher.

Als stadtrelevant in Bezug auf eine zukünftige Anwendung in Quartiers-Demonstrationsprojekten konnten folgende Projekte identifiziert werden:

- „StoEx“
- „Aquifer Campus TU Berlin“,
- „OBSERW“ und
- „PV-Nutzen“

EnEff:Wärme

1/2014

Beim EnEff:Wärme-Statusseminar am 07./08.05.2014 in Köln mit dem Titel „Forschung für energieeffiziente Wärme- und Kältenetze“ erfolgte eine Mitarbeit bei der Konzepterstellung und Moderation durch Dr. Bretschneider und Herrn Beier. Ein weiterer Beitrag zum Statusseminar war der Vortrag von Herrn Beier zum Thema „Innovative Speicher- und Versorgungstechnologien im Kontext der energieeffizienten Stadt“.

Für eine weitere Vernetzung von EnEff:Stadt und den technologieorientierten Forschungsprojekten von EnEff:Wärme wurden in Absprache mit dem PtJ geeignete EnEff:Wärme-Projekte für eine Vorstellung der Projektinhalte und der aktuellen Ergebnisse auf dem Projektleitertreffen am 01./02.07. 2014 in Hamburg ausgewählt und eingeladen.

1/2015

Auf dem EnEff:Stadt Projektleiter-Meeting in Aachen am 11./12.05.2015 wurden zur Vernetzung mit der Forschungsinitiative EnEff:Wärme ausgewählte Projekte eingeladen. Im Rahmen der Veranstaltung wurde weiterhin ein Workshop zu Themen aus EnEff:Wärme durchgeführt. Ergebnisse aus diesem Workshop sind in Kapitel 4.7.1 zu finden.

Smart City

Dr. Jank nahm an 2 „Smart City Week“-Kongressen, veranstaltet vom BMVIT und dem österreichischen Klimaschutz-Fonds, am 27.-29.11.2013 in Wien und am 4.-6.3.2015 in Salzburg mit Vorträgen über Ergebnisse der EnEff:Stadt-Initiative teil. Hier wurde klar, dass „Smart City“ ein Begriff mit hohen Erwartungen hinsichtlich Beiträgen zum Klimaschutz in Städten ist, jedoch mit sehr diffusen Inhalten, die sich von „Smart Metering / Smart Grids“ über smarte Mobilität in der Stadt, „Smart (Local) Government“ (d.h. vernetzte Bürokratie als Serviceangebot an Bürger) bis zu einer (zu entwickelnden) interaktiven Datenbank, in der alle für Bürger lokal wichtigen Daten, von aktuellen Verkehrsdaten bis Katastrophenplänen, vorgehalten werden. Einer Vielzahl an (meist akademischen) Forschungsprojekten stehen bisher nur wenige Praxisprojekte gegenüber, und insbesondere kaum konkrete Vorstellungen über wirtschaftliche Anwendungen. Ein kurzfristig bedeutsamer Schwerpunkt von „smarten“ Ideen dürfte jedoch in der netzübergreifenden „smarten“ Regelung von Verbrauch, Erzeugung und Speicherung von elektrischer und thermischer Energie auf dezentraler Ebene, gegebenenfalls mit Schnittstellen zur vorgelagerten Netzregelung zum Zweck der Netzstabilisierung, liegen.

Weitere Vernetzungsaktivitäten

1/2014

Teilnahme am Workshop zu **IEA-Städtebauvorhaben** an der Universität Wuppertal: Die Universität Wuppertal hatte zu einem Austausch zwischen unterschiedlichen IEA und nationalen Vorhaben im Bereich des Städtebaus, unter anderem auch von Toolentwicklern eingeladen. Das Fraunhofer IBP hat als Vertreter der Begleitforschung EnEff:Stadt am Workshop teilgenommen.

1/2015

Teilnahme von Fraunhofer UMSICHT, als Vertreter der Begleitforschung, an der Vortragsreihe des **Wettbewerbs „Energieeffiziente Stadt“: Städte Energieeffizient gestalten**. Die Vortragsreihe wurde vom Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft (LEE, Prof. Dr.-Ing. H.-J. Wagner, Ruhr-Universität Bochum) veranstaltet und fand an vier Terminen im April und Mai 2015 in Bochum statt.

Im Oktober 2014 fand die Gründungsveranstaltung des **Forschungsnetzwerks Energie in Gebäuden und Quartieren** statt. Im Januar 2015 hat der Projektträger Jülich zur Vorbereitung der 1. Jahreskonferenz einen Workshop durchgeführt, um Inhalte, Ziele und Struktur der Jahreskonferenz zu diskutieren. Herr Beier und Herr Erhorn haben an dem Vorbereitungs-Workshop teilgenommen. Darüber hinaus haben die Mitglieder der Begleitforschung am 26. und 27. März 2015 an der 1. Jahreskonferenz des Forschungsnetzwerk Energie in Gebäuden und Quartieren" in Berlin teilgenommen und sich aktiv an der Diskussion im Rahmen der Thementische beteiligt. Auf Basis der Ergebnisse der Thementische wurden erste Arbeitsgruppen definiert. Für folgende Arbeitsgruppen haben sich Mitglieder der BF als AG-Sprecher registrieren lassen:

- AG 2 „Urbane Energieinfrastruktur“ – Carsten Beier
- AG 8 „Neue Förderformate und Wettbewerbe“ – Hans Erhorn

Weitere BF-Mitglieder nahmen an Arbeitsgruppen teil und lieferten Arbeitsbeiträge zu den gesammelten Forschungsbedarfen.

Auf der Veranstaltung **Fachforum Effizienzhaus Plus** am 14./15.07.2015 in Hamburg wurden Projekte aus den Forschungsbereichen Effizienzhaus Plus dem BMUB und EnEff:Stadt des BMWi vorgetragen und diskutiert. Das Fraunhofer IBP hat aus dem Bereich EnEff:Stadt die Zwischenergebnisse und Perspektiven aus der Begleitforschung und den Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere vorgestellt.

Dr. Dütz unterstützte das **ThEGA-Forum** am 20.04.2015 in Weimar mit einem Vortrag zur Forschungsinitiative EnEff:Stadt. Die Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur (ThEGA) berät im Auftrag der Thüringer Landesregierung Unternehmen, Kommunen und Bürgerenergieinitiativen zu allen Fragen rund um die Energiewende. Das ThEGA-Forum ist die Leitveranstaltung der ThEGA, fand in diesem Jahr zum Thema „Thüringer Energie- und Klimaschutzstrategie“ statt und wurde von rund 350 Teilnehmern besucht. Die Veranstaltung gliederte sich in drei thematische Blöcke (Vortrag Dr. Dütz im Rahmen der 2. Session)

1. Erneuerbare Energien in Thüringen – 100 Prozent bis 2040?
2. Vom Gebäude zum Quartier: Konzepte für mehr Energieeffizienz
3. Zukunftsfähige Infrastrukturen für die Energiewende

Unter dem Titel „Kommunen aktiv für den Klimaschutz“ fand am 24. Februar 2015 die 8. Fachkonferenz des **Deutschen Städte und Gemeindebundes** in Bonn statt bei der Vertreter der Begleitforschung EnEff:Stadt teilgenommen haben. Themen der Veranstaltung waren u.a.: Klimafolgenanpassung, Hochwasserschutz, kommunale Kooperationen und Infobörse, energetische Stadtsanierung, Bike-Sharing, eMobilität, Modernisierung der kommunalen Straßenbeleuchtung sowie Speicherung von Solarwärme.

2/2015

In der zweiten Jahreshälfte 2015 wurde weitere Vernetzung betrieben, diese ist nachfolgend aufgeführt.

14./15.07.2015: **Fachforum Effizienzhaus-Plus** in Hamburg: Gemeinsame Veranstaltung zwischen der BMUB Initiative Effizienzhaus-Plus und der BMWi Initiative EnEff:Stadt organisiert durch das Fraunhofer IBP mit drei Vorträgen aus dem Bereich EnEff:Stadt.

21./22.09.2015: Treffen mit der Arbeitsgruppe von **Annex 61 und 63** zwecks Austausch von Ergebnissen aus EnEff:Stadt – Projekten.

30.09./01.10.2015: Austausch im Rahmen eines „**Urban Europe – Strategic Energy Research Group**“ Workshops in Brüssel.

02.10.2015: Expertenworkshop Quartiersbilanzierung in Darmstadt: Diskussion von Bilanzierungsansätzen und Bilanzierungstools aus den Initiativen **Energieeffiziente Quartiere (ExWoSt, BBSR), EnEff:Stadt (BMWi)** und mit weiteren Experten unter Teilnahme des Fraunhofer IBP. Daraus hervorgehend wurde für das BBSR ein kleiner Bericht [19] über die derzeit eingesetzten Methoden und Tools erarbeitet, zu dem das Fraunhofer IBP beigetragen hat. Im März 2016 fand die Vernetzung mit ExWost eine Fortsetzung durch einen Fachaus-tausch der energetischen Quartiersansätze Transstadt, Sandy, EnEff:Stadt und Ensa-Q in Berlin auf dem das Fraunhofer IBP die Arbeiten der EnEff:Stadt-Begleitforschung präsentierte.

03.11.2015: Austausch mit der **ERA-NET Smart Cities and Communities – Smart Cities Member State Initiative** im BMVIT in Wien.

Die Erfahrungen aus der EnEff:Stadt – Initiative wurden von Dr. Jank mit den Initiatoren der **EU-JI „Urban Europe“**, Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek und FFG Österreich, in Wien und Bukarest ausgetauscht.

4.6 Auswertung EnEff:Wärme- und Verteilnetz-Projekte

4.6.1 Auswertung der EnEff:Wärme-Projekte

Die Förderinitiative EnEff:Wärme umfasst Planungskonzepte und Komponentenentwicklungen für die Wärmeversorgung von Gebäuden und Quartieren. Im Bereich der Wärmenetze ist es ein Ziel, den Anteil der Wärmeversorgung über Nah- und Fernwärme zu steigern. Des Weiteren soll die Einbindung erneuerbarer Energien in Wärmenetze ermöglicht werden. Die Entwicklung von Gebäude- und Verteiltechnik sowie weiterer Systemkomponenten wie Rege-lungs- und Messtechnik unterstützen und ergänzen Planungskonzepte im Bereich der Wär-meversorgung. Durch die Entwicklung von Planungshilfsmitteln sollen beteiligte Akteure im Planungsprozess unterstützt werden.

Die wissenschaftliche Querauswertung der EnEff:Wärme-Projekte sollte die für Konzeption, Planung und Umsetzung von energieeffizienten Stadtquartieren relevanten Faktoren identifizieren. Dabei standen die direkte Anwendbarkeit und der Bezug zu Stadtquartieren im Fokus. Sofern energetische und wirtschaftliche Kennwerte, welche für eine breite Zielgruppe interessant sind, verfügbar waren, wurden diese herausgestellt.

Die EnEff:Wärme-Projekte weisen thematisch eine hohe Vielfalt an Themen auf, wodurch ein direkter Vergleich von Projekten untereinander nur eingeschränkt erfolgen konnte. Zudem gibt es, im Gegensatz zu den EnEff:Stadt-Projekten, keine einheitliche Zwischenberichtsstruktur. Daher wurde zunächst eine Übersicht über alle Projekte in Form einer Basis-Matrix und einer Erweiterung zur Basis-Matrix erstellt - beispielhafte Ausschnitte sind in Anhang 4 und Anhang 5 dargestellt. Die Grundlage dafür bildeten Projektsteckbriefe der EnEff:Stadt-Webseite sowie weitere projektbezogenen Webseiten. Den Projekten wurden Projektthemen und eine Projektphase zugeordnet. Zudem wurde für jedes Projekt eine kurze Projektbeschreibung erstellt. Die Basis-Matrix enthält alle direkt stadtrelevanten Projekte, die Erweiterungsmatrix alle weiteren Projekte.

Für die Darstellungen in der Basis-Matrix wurden, sofern verfügbar, zudem weitere auf der EnEff:Stadt-Webseite veröffentlichte Projektinformationen sowie Abschlussberichte herangezogen. Für die ausgewerteten Projekte sind die Technologien für Erzeugung, Verteilung und Speicherung aufgeführt sowie in „Konzept“ und „Einsatz“ unterschieden. Oft erfolgt keine klare Abgrenzung zwischen Planungs- und Konzeptphase, somit deckt die Kategorie „Konzept“ beide Phasen ab. Weiterhin wurde aus diesen Informationen eine Technologie-Matrix erstellt, mit der ein Überblick über die Technologien in den Projekten gegeben wird. Eine beispielhafte Darstellung ist in Anhang 6 zu finden. Des Weiteren ist in der Basis-Matrix erfasst, welche Objekte oder Quartiere im Projekt betrachtet werden und sofern vorhanden, welche Kennwerte oder projektspezifischen Potentiale verfügbar sind. Zudem werden eingesetzte Planungshilfsmittel genannt. Falls die Entwicklung eines Planungshilfsmittels ein zentrales Thema des Projektes war, wurde eine weitergehende Beschreibung vorgenommen. In der Kategorie „Übertragbarkeit“ sind kurz Möglichkeiten zur weiteren Anwendung der im Projekt untersuchten Themen umrissen.

Viele Projekte befanden sich in der Phase der Querschnittsauswertung innerhalb der Projektlaufzeit, wodurch Ergebnisse nur eingeschränkt vorhanden und z. T. noch nicht verfügbar waren. Eine Detailauswertung wurde nur für die Projekte durchgeführt, bei denen Abschlussberichte und ggf. Leitfäden verfügbar waren. Leitfäden sind in der Basis-Matrix gesondert aufgeführt. Die Detailauswertung erfolgte durch Extrahieren von relevanten Informationen aus dem jeweiligen Abschlussbericht des ausgewerteten Projekts. Projektübergreifend werden allgemeine Informationen zum Projekt aufgeführt, und es wird sofern im Bericht vorhanden eine Zusammenfassung erstellt. Des Weiteren sind relevante Kernaussagen zusammengestellt. Diese umfassen stadtrelevante Projektthemen, Faktoren für Konzepte, Planung oder Umsetzung energieeffizienter Stadtquartiere, Erfolgsfaktoren, Chancen, Hemmnisse, Aspekte der Wirtschaftlichkeit sowie eine mögliche Übertragbarkeit auf andere Projekte. Technologien, welche in der Konzept oder Einsatzphase im Projekt berücksichtigt werden, sind ebenfalls erfasst. Dabei liegt der Fokus auf Erzeugungstechnologien sowie auf Wärmenetzen. Weitere Kategorien zur Zusammenstellung von projektseitigen Kennzahlen und Kennwerten sowie für im Projekt entwickelte bzw. eingesetzte Planungshilfsmittel ergänzen die jeweilige Auswertung. Abschließend wurde der im Projekt adressierte weitere Forschungsbedarf erfasst.

Die Darstellungen der Basis-Matrix und der Erweiterung der Basismatrix ermöglichen einen schnellen Überblick über die thematische Ausrichtung der EnEff:Wärme-Projekte. Die thematischen Schwerpunkte der Projekte der Basis-Matrix lassen sich in Haupt- und Unterkategorien

wie in Abbildung 4.6-1 dargestellt einteilen. Jedem Projekt wurde in ein Hauptthema und bis zu drei weitere Themen zugeteilt. Verbundprojekte wurden in diesem Kontext als ein Projekt ausgewertet.

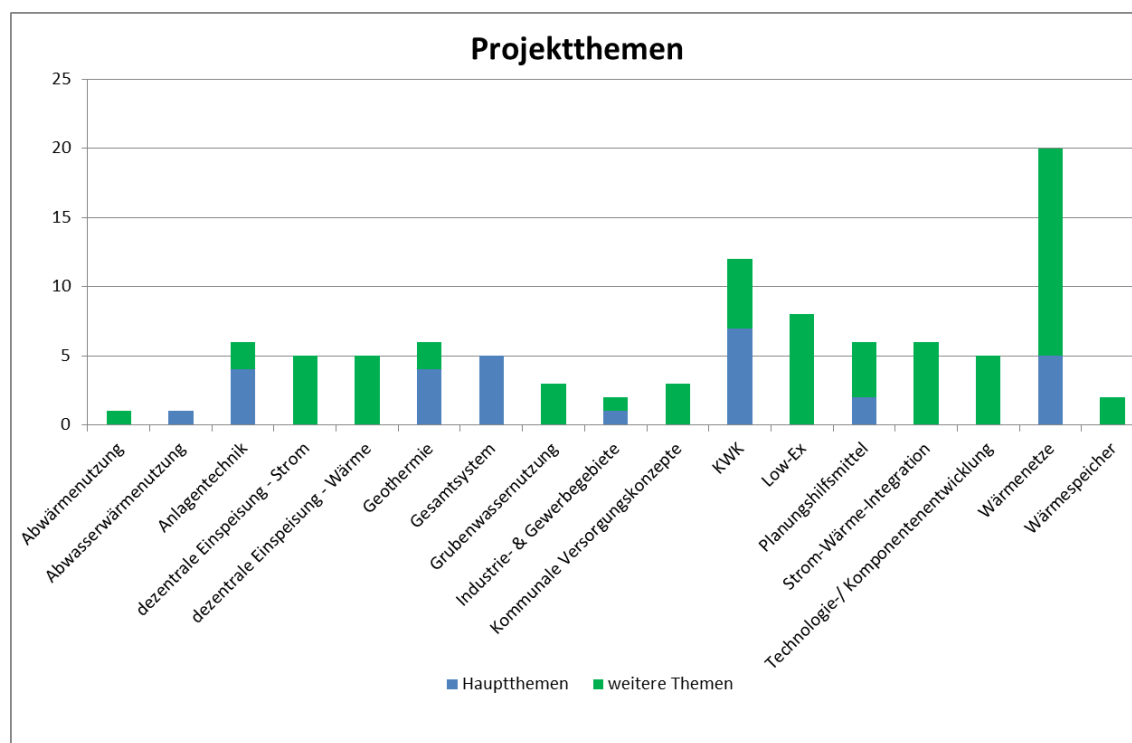


Abbildung 4.6-1: Projektthemen der ausgewerteten EnEff:Wärme-Projekte

Für die ausgewerteten EnEff:Wärme-Projekte liegen die Schwerpunktthemen im Bereich der Wärmenetze und der KWK, die für alle bzw. die meisten EnEff:Stadt-Projekte von Interesse sind. Zudem werden in den ausgewerteten EnEff:Wärme-Projekten die Themenbereiche Anlagentechnik, Geothermie, Low-Ex, Planungshilfsmittel und die Strom-Wärme-Integration häufig adressiert. Abwärmenutzung, Abwasserwärmenutzung sowie Industrie- & Gewerbegebiete sind thematisch weniger im Fokus. Wärmespeicher werden in vielen Projekten eingesetzt, sind aber selten ein zentrales Thema in den Projekten, siehe hierzu auch Abbildung 4.6-2.

Zur weiteren Auswertung relevanter Technologien in den Projekten wurde aus den Informationen der Basis-Matrix eine Technologie-Matrix erstellt, siehe Anhang 6. In der Matrix wird unterschieden, ob eine Technologie im Projekt in der Konzept-/ Planungsphase berücksichtigt wird, ob die Technologie eingesetzt wird oder ob sie im Projekt mitbetrachtet wird, aber dem Bestand zuzuordnen ist. Zudem wird sofern möglich unterschieden, inwiefern die Technologie in „zentral“ oder „dezentral“ eingestuft werden kann. Die Technologien sind teilweise weiter in Unterkategorien unterteilt. Falls keine genaueren Angaben verfügbar waren, wurde die Technologie der übergeordneten Kategorie zugeteilt.

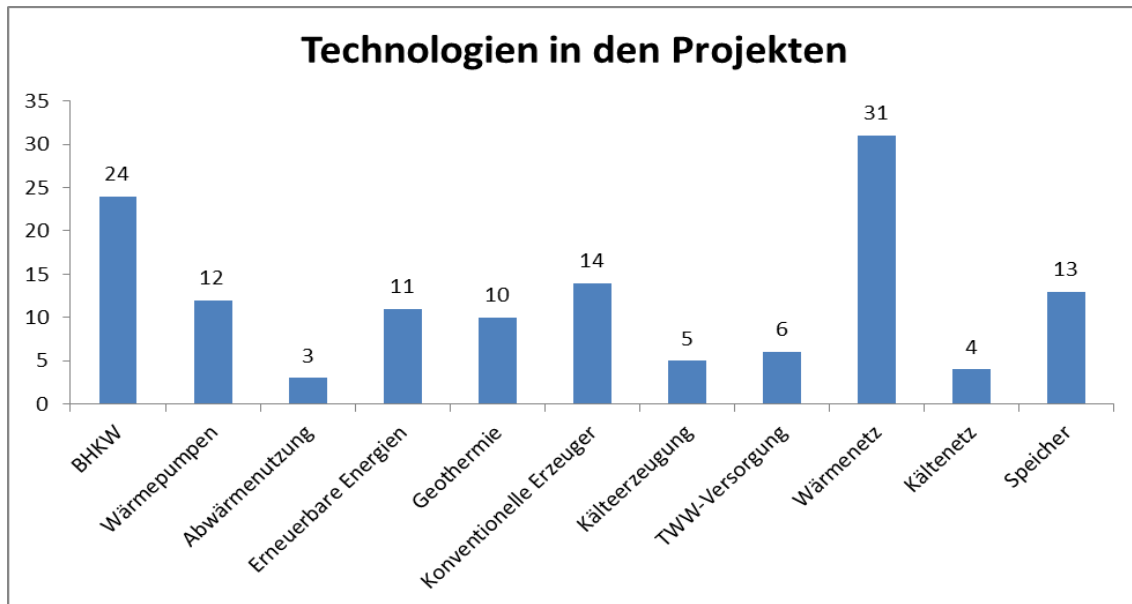


Abbildung 4.6-2: Verteilung der Technologien in den EnEff:Wärme-Projekten (Konzept, Planung, Einsatz und Bestand)

In Abbildung 4.6-2 ist die Verteilung der betrachteten Technologien in den EnEff:Wärme-Projekten dargestellt. Hierbei sind alle Betrachtungen von Technologien in Projekten für Konzept, Planung, Einsatz oder Bestand aggregiert dargestellt. Insgesamt zeigt die Auswertung eine hohe Bandbreite an Technologien auf. Analog zu den Schwerpunkten in den Projektkategorien kann bei der Verteilung der Technologien festgestellt werden, dass Wärmenetze sowie BHKW am häufigsten betrachtet werden. Konventionelle Erzeuger werden oft als Spitzenlasterzeuger betrachtet oder stellen den Bestand dar. In beiden Fällen werden Kombinationen mit anderen Technologien untersucht. Speicher sind bei den Projektkategorien eher unterrepräsentiert, werden als Technologie jedoch trotzdem häufig mit betrachtet. Technologien zur Abwärmenutzung oder Kälteerzeugung und Verteilung werden selten betrachtet. Dies spiegeln auch die Schwerpunkte der Projektkategorien wieder.

Eine weitere Aufschlüsselung der Technologien nach Betrachtung in Konzepten, Einsatz der Technologie im Projekt oder Bestandsanlagen wird in Abbildung 4.6-3 dargestellt.

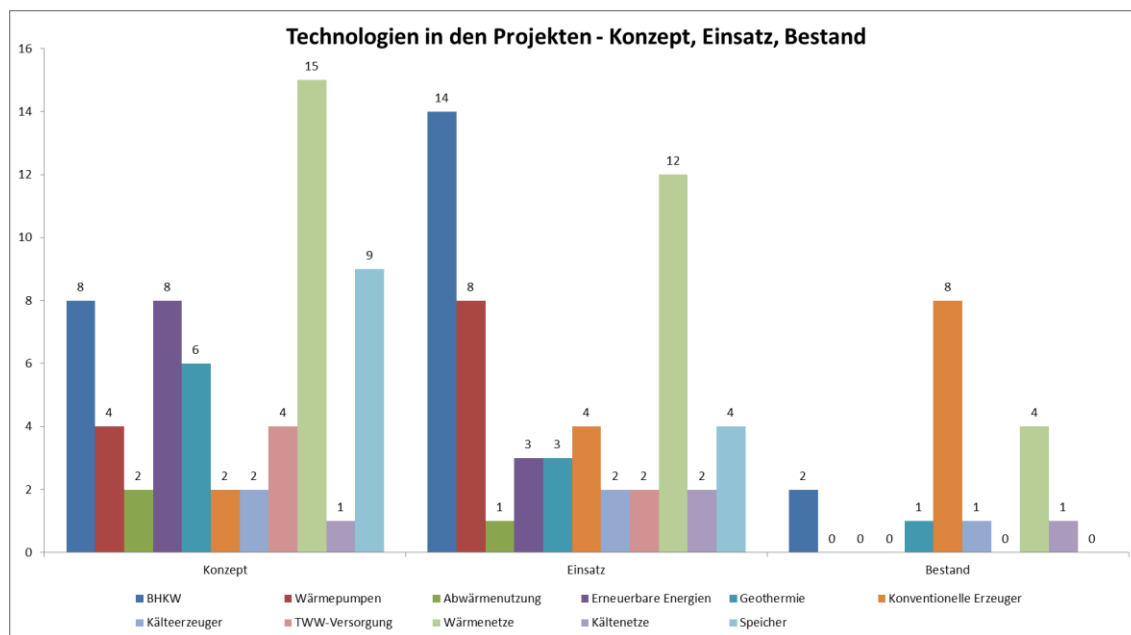


Abbildung 4.6-3: Technologien in den Projekten – Konzept, Einsatz, Bestand

Anteilig werden mehr Anlagen in Konzepten bzw. beim Einsatz berücksichtigt. Bestandsanlagen werden für Betrachtung in Projekten in geringem Ausmaß mit einbezogen. In Konzepten werden besonders häufig Wärmenetze betrachtet. Auch Systemlösungen mit Speichern, Erneuerbaren Energien und BHKW finden häufig Eingang in die Konzepte bzw. Planungen der Projekte. An Technologien, die in den Projekten zum Einsatz kommen, sind besonders Erneuerbare Energien, Wärmenetze sowie Wärmepumpen zu nennen. Im Bestand, sofern er in den Projekten mit einbezogen wird, kommen überwiegend konventionelle Erzeuger zum Einsatz, aber auch Wärmenetze sind vereinzelt zu finden.

Im Rahmen des 9. EnEff:Stadt-Projektleiter-Meetings in Aachen wurde ein Workshop zur Querauswertung der EnEff:Wärme-Projekte durchgeführt. Ziel war es, die Themen und Thesen der Querauswertung zu diskutieren. Zudem sollte ein Austausch von Erfahrungswerten aus den Projekten stattfinden. Analog zur der zentralen Fragestellung der Querauswertung sollte ein Bezug zu den EnEff:Stadt-Projekten hergestellt werden. Der Fokus des Workshops lag auf der effizienten (leitungsgebundenen) Wärmeversorgung von Stadtquartieren sowie deren Planung, Umsetzung und Betrieb. Nachfolgend werden zentrale Aspekte, Thesen und Fragestellungen aus dem Workshop dargestellt:

- Für die integrale Planung der **Wärmeversorgung von Quartieren und Städten** werden Vorgehensweisen benötigt. Ziel dieser Vorgehensweisen soll die breite Anwendung, insbesondere für den Gebäudebestand sein.
- **Wärmenetze** werden bisher vorrangig nach der Wirtschaftlichkeit bewertet. Der systemische Einfluss von Wärmenetzen wird hingegen nicht betrachtet. Wärmenetze haben einen Mehrwert, der über die reine Wirtschaftlichkeit hinausgeht, dieser sollte mit einbezogen werden.
- Derzeit werden **Wärmenetze** auf eine Lebensdauer von 50 Jahren ausgelegt. Ist ggf. eine Auslegung von Wärmenetzen auf eine geringere Lebensdauer zeitgemäßer?
- Für den Einsatz von **Wärmenetzen** für die Versorgung von Quartieren ist die Kenntnis von günstigen Standorten hilfreich.

- Im Fall von **Einzeltechnologien** sind Erkenntnisse zu praktischen Anwendungen - wie z.B. Voraussetzungen, Kriterien, technische Varianten, Kosten - interessant.

Hinsichtlich technischer Lösungen der Wärmeversorgung konnten weitere Fragestellungen und Aspekte identifiziert werden, diese sind in Tabelle 4.6-1 zu finden.

Tabelle 4.6-1: Technische Fragestellungen und Aspekte aus dem Workshop zum Thema der EnEff:Wärme-Projekte

Technologie	Fragestellung/Aspekt
Wärmeerzeugung	Der Ausbau der Solarthermie ist zu gering. PV-Anlagen in Kombination mit Wärmepumpen stellen eine Alternative dar.
	Solarthermie: Großanlagen sind für Neubaugebiete günstiger, in Bestandsquartieren müssen vorhandene Dachflächen genutzt werden.
Wärmenetz	Abschaltung im Sommer zur Reduzierung der Netzverluste
	Erforderliche Vor- und Rücklauftemperaturen
	Wechselwirkungen Übergabestation – Netz (Hydraulik, Temperaturen, Dynamik, Verluste, Versorgungsengpässe)
	Niedertemperaturnetze: Einbindung Niedertemperaturwärme (Vergütung, Bewertung), Netztemperaturen, Absenkung von Netztemperaturen
Übergabestation	Systeme außerhalb von Forschungsprojekten müssen entweder robust sein oder durch Wärmemengenmessungen optimiert werden, um ineffizienten Betrieb zu vermeiden.
	Exemplarische und optimale Betriebskonzepte aus bisherigen Forschungsprojekten wären hilfreich.
	Im Fall von dezentral, durch die Verbraucher gespeiste Wärmenetze ist es eine mögliche Lösung, die Vergütung, der im Sommer in das Netz eingespeisten Wärmemenge, durch die kostenneutrale Entnahme der gleichen Wärmemenge im Winter zu realisieren.
Frischwasserstation	Mitteltemperaturnutzung, Erfahrungen, Leistung, Kosten
Speicher	Power-to-Heat als Geschäftsmodell für Speicher zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.

4.6.2 Auswertung der Verteilnetzprojekte-Projekte

Aufgrund der geringen Anzahl von insgesamt zwei Verteilnetzprojekten wurde auf eine projektbezogene Auswertung verzichtet und vielmehr die Auswertung und Aufbereitung der Workshops zum Thema „Elektrische Energieversorgung und elektrische Netze“, vorgestellt im Rahmen des PL-Meetings 2015 in Lüneburg (vgl. Anhang 7), mit folgenden Ergebnissen durchgeführt:

- Analyse- und Planungswerkzeuge

- Keine zur Gesamtbetrachtung des Energieversorgungssystems eines Einzelgebäudes und eines Stadtquartiers ausreichende Methodik (Gesamtbetrachtung bedeutet hierbei die Inklusion folgender Punkte: CO₂-Beitrag / -Reduzierung, Energiekosten, Entlastung der Energienetze / Infrastruktur);
- Potenziale zur Speicherung, Flexibilität und Energieeffizienz auf Quartiersebene z.B. dezentrale Speicher (einschließlich orts- und zeitvolatil), Power-to-Heat, ...;
- Auswirkungen des Ausbaus von EE, Wärmepumpen, E-Mobilität, ... auf die Netze;
- Wieviel Erneuerbare Energie wird zugebaut? Was sind die energetischen Potenziale Erneuerbarer Energie auf Quartiersebene?
- Identifikation und Bewertung der einsetzbaren Technologien einschließlich Erarbeitung von Migrations- /Umsetzungspfaden;
- Bedarf an Werkzeugen für die hybride Netzplanung (Strom, Wärme, Gas, ...) für die Bewertung unterschiedlicher Ausbauszenarien;
- Untersuchung der strategischen Ausrichtung der Energieversorgung auf Quartiersebene zur Ermittlung robuster Lösungen anhand definierter Szenarien;
- Wunsch an die Begleitforschung:
 - Beitrag zur Gesamtbetrachtung des Energieversorgungssystems in Einzelgebäuden und Stadtquartieren;
 - Beitrag zur Zusammenführung der verschiedenen verfügbaren Modelle (Abgleich der Vorgaben und Annahmen, Abgleich der Vorgehensweise und der Verfahren, Validierung der Eingangsdaten);

- Monitoring, Betriebsführung, Regelung

- Messdatenerfassung
 - Analysen zur Energieeffizienz
 - Identifikation von Einspar- und Optimierungsmöglichkeiten
- Betriebsführung
 - Lokale Betriebsführung von Erzeugung und Verbrauch für netzdienliche und energiewirtschaftliche Anwendungen (dezentrale Speicher, Wärmepumpen, Power-to-Heat, Mikro-BHKW, ...) zur Vermeidung lokaler Netzengpässe;
 - DSM-Lösungen für Mini-BHKW, Wärmepumpen, Power-to-Heat, E-Mobilität und steuerbaren Haushaltsgeräte;
 - Fahrweise der Anlagen werden nach Marktanreizen hin optimiert (keine oder geringe Verfügbarkeit von Netzexperten, Bedarf an einfachen Netzplanungstools);
- Steuerung
 - Algorithmen zur Blindleistungsregelung unter Einbeziehung der im betreffenden Netz verfügbaren und geeigneten Wechselrichter und/oder Speicher Q(U);
 - Einsatz von RONT zur Einhaltung von Spannungsbändern;

- **Geschäftsmodelle**

- Welche Tarif- / Preismodelle sind erforderlich?
 - Demand Side Management
 - Demand Response
 - ...
- Lokale Regelenergie
 - Ist das überhaupt zulässig / sinnvoll für Quartiere?
 - MRL-Ansätze
 - SRL-Ansätze
- Pachtmodelle
- Contracting-Modelle
- Bürgergenossenschaften
- Umsetzung eines Quartiersstromspeichers mit Stadtwerk als Betreiber aufgrund undurchsichtiger Situation und regulatorischen Rahmenbedingungen gescheitert.
- Netzdienliches Verhalten von Mikro-KWK wird derzeit nicht honoriert. Infolgedessen ist Fokus die Optimierung der Eigenstromversorgung.
- Wunsch an die Begleitforschung: Organisation eines Planspiels zu möglichen Geschäftsmodellen sowie zum Bedarf an elektrischer Flexibilität aus Sicht der jeweiligen Akteure.

- **Daten und Informationen**

- Verfügbarkeit repräsentativer Netzmodelle (Mittel- und Niederspannungsebene);
- Verfügbarkeit repräsentativer Messdaten für elektrische Verbräuche und Einspeisungen in Quartieren mit Beachtung der Aspekte Übertragbarkeit, Vertraulichkeit, Wertigkeit der Daten für Dritte;
- Verfügbarkeit von Referenzszenarien zur Planung von energieeffizienten Quartieren („Musterszenarien“, Benchmark-Szenarien);
- Verfügbarkeit von Worst-Case-Szenarien zum erwarteten Flexibilitätsbedarf;
- Wieviel Erneuerbare Energie wird zugebaut? Was sind die energetischen Potenziale Erneuerbarer Energie auf Quartiersebene?
- Entwicklung vollständiger abgesicherter Zukunftsszenarien als valider Input für Simulationsuntersuchungen;
- Verfügbarkeit von abgestimmten, validierten Komponentendaten für Simulationsrechnungen;
- Wunsch an die Begleitforschung: Detailinformationen zu betrachteten Komponenten und deren Modellierung, existierende Expertenmeinung, Gegenüberstellung der unterschiedlichen Annahmen.

- **Hemmnisse**

- Kompensation fehlender Messdaten durch Messkampagnen (Aufwand der Messkampagnen, Repräsentativität, Verfügbarkeit von Messdaten, Verarbeitung von Messdaten, Datenschutz);
- Geringes Interesse der Netzbetreiber an der Erschließung von energetischen Flexibilitätspotenzialen (regulatorischen Vorgaben, ökonomischen Anreize, kein Thema bei ausreichend dimensionierten Netzen);
- Netzbetreiber bauen eher ihre Netze aus, als intelligente Steuerungslösungen zu implementieren. Dies führt zu konventionellen Lösungen (Netzausbau), die einfacher beherrschbar sind (technologisch, prozessual, regulatorisch);

- Unzureichende messtechnische Erfassung der Niederspannungsnetze und infolgedessen Unkenntnis über das Auftreten von Phänomenen in den Niederspannungsnetzen;
- Flexibilitätspotenziale sind aufgrund der regulatorischen Rahmenbedingungen eher für die Erzeugung oder für das Bilanzkreismanagement von Interesse.

4.7 Webseite und Flyer

Die Website www.eneff-stadt.info beinhaltet alle grundlegenden Informationen rund um die Förderinitiativen EnEff:Stadt und EnEff:Wärme. Unter den Navigationspunkten „Pilotprojekte“, „Wärme und Kältenetze“, „neue Technologien“ sowie „Planungshilfsmittel“ führen einheitliche und regelmäßig aktualisierte Projektvisitenkarten aller Vorhaben die wesentlichen Eckdaten und Inhalte sowie einige Bilder zur Veranschaulichung auf. Auch die relevanten Ansprechpartner werden hier genannt, damit interessierte Nutzer der Website bei Interesse Kontakt zu den Projekten aufnehmen können. Je nach Verfügbarkeit werden des Weiteren ergänzende Dateien aus den Projekten wie PDF der Roll-Ups, Vorträge, Berichte oder Kurzfilme angefügt.

Eine weitere wesentliche Funktion der Website liegt in der Dokumentation und Ergebnisverbreitung der Veranstaltungen. Zu jedem der Formate Projektleiter-Meeting, Praxis-Workshop und Kongress werden Nachberichte erstellt und durch alle verfügbaren Präsentationen und Ergebnisberichte ergänzt. Da der EnEff:Stadt Praxis-Workshop durch die Diskussion aktueller Fragestellungen für eine besonders breite, insbesondere auch externe Zielgruppe interessant ist, wurde zum 4. Praxis-Workshop mit dem Titel „Geschäftsmodell Energiewende“ eine umfangreiche Dokumentation erstellt und über die Website verfügbar gemacht.

Im Bereich Publikationen werden alle Veröffentlichungen aus EnEff:Stadt beworben. Um mit der EnEff:Stadt Schriftenreihe möglichst viele Akteure zu erreichen und in Folge dessen die Breitenwirksamkeit der Ergebnisse und Erfahrungen aus der Förderinitiative zu erhöhen, werden alle im Rahmen dieser Reihe erscheinenden Bände als kostenloses E-Book über die Website zur Verfügung gestellt.

Noch im Rahmen der Begleitforschungsphase 2 wurde ein gemeinsamer Imageflyer zu den Förderinitiativen EnEff:Stadt und EnEff:Wärme erstellt und wird seither bei Veranstaltungen über den BINE Informationsdienst ausgegeben.

4.8 Schriftliche Ausarbeitungen und Druckerzeugnisse

Neben den Veranstaltungen und kleineren Treffen sowie den laufenden Informationen über die Initiative über die Webseite nahmen Buch- und Broschüren-Veröffentlichungen einen breiten Raum in der Arbeit der Begleitforschung ein. Dabei stand - wie bei den Veranstaltungen – die zielgerichtete Information der Praktiker im Vordergrund.

In der ersten Phase wurde ein Leitfaden mit dem Titel „Energetische Quartiersplanung – Methoden, Technologien, Praxisbeispiele“ durch die Begleitforschung erstellt. Dieser baute auf den Erkenntnissen der ersten angelaufenen Projekte, aber auch auf dem Erfahrungshintergrund der Begleitforschung und vorliegenden Erkenntnissen zum Thema auf.

Die Ergebnisse des IEA-Annex 51 wurden unter dem Titel „Case Studies and Guidelines for Energy Efficient Communities“ in englischer Sprache als weiteres Handbuch veröffentlicht. Hier wurden die Erfahrungen und die Planungspraxis aus den verschiedenen teilnehmenden

Ländern gegenübergestellt sowie Übertragungsmöglichkeiten der verschiedenen Erfahrungen und Strukturen ausgelotet. Das Guidebook wurde im Auftrag der GIZ inzwischen ins Chinesische übersetzt, weil aus China großes Interesse an den Ergebnissen angemeldet worden war.

Aufgrund der hohen Verkaufszahlen für den Leitfaden kann man von einem großen Informationsbedarf der Klientel ausgehen. Gerade im Planerbereich scheint allerdings die englische Sprache ein Hemmnis zu sein, denn ansonsten sind die schleppenden Verkäufe des Guidebooks nicht zu erklären.

Da sich das Konzept umfassender Leitfäden auf die Dauer aufgrund des laufenden Aktualisierungsbedarfs, aber auch wegen der stark unterschiedlichen Informationsbedarfe der verschiedenen Zielgruppen (der kommunale Praktiker interessiert sich z.B. nur begrenzt für komplexe Planungs- und Simulationsmodelle, es bestehen deutliche Unterschiede zwischen Experten, Forschern und Praktikern) als nicht ideal erwiesen hat, wurde mit der BF3 der Schwerpunkt der Veröffentlichungsarbeit auf die neu konzipierte Schriftenreihe gelegt. In dieser sollen sowohl einzelne Projektergebnisse besonders wichtiger und beispielhafter Projekte als auch Querschnittsauswertungen zu bestimmten Themen durch die Begleitforschung im Vordergrund stehen. Insgesamt wurden 10 Bände der Schriftenreihe realisiert.

Bände zu Ergebnissen einzelner Projekte

- Integrales Quartiers-Energiekonzept Karlsruhe Rintheim
- Energetischer Stadtumbau. Energieleitplanung und Wärmenetze für neue Nachbarschaften in Ludwigsburg Grünbühl-Sonnenberg
- Vision 2020. Die Plusenergiegemeinde Wüstenrot
- Energieeinsparpotenzial sanierter Wohngebäude unter Berücksichtigung realer Nutzungsbedingungen

Bände zu Planungstools

- Der Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere
- Energetische Stadtraumtypen

Bände zu Querschnittsauswertungen durch die Begleitforschung

- Nicht-technische Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklung
- Planungshilfsmittel: Praxiserfahrungen aus der energetischen Quartiersplanung
- Energetische Bilanzierung von Quartieren. Ergebnisse und Benchmarks aus Pilotprojekten - Forschung zur Energieeffizienten Stadt
- Der energieeffiziente Universitätscampus: Pilotprojekte der Forschungsinitiative EnEff:Stadt

Die Bände wurden sprachlich, didaktisch und grafisch durch eine Agentur begleitet, damit die jeweiligen Zielgruppen auf optimale Art und Weise adressiert werden konnten. Die Bände werden im IRB-Verlag veröffentlicht und zusätzlich kostenlos als Download zur Verfügung gestellt.

5 Internationale Aktivitäten

5.1 Einführung

Deutschland ist in internationale Forschungsaktivitäten der Energieforschung mit Schwerpunkt „energieeffiziente Stadt“ auf drei Ebenen eingebunden:

(1) Internationale Energieagentur: Hier läuft seit Ende der 70er Jahre eine etablierte internationale Zusammenarbeit im Bereich der OECD-Länder, organisiert durch das IEA Sekretariat in Paris. Die Forschungsthemen bilden das gesamte Energiespektrum ab und sind in Schwerpunkt-Themen eingeteilt. Im Rahmen dieser Themen wird die Zusammenarbeit durch spezielle Verträge („Implementing Agreements“) geregelt. Kooperationsprojekte, auch „Annexe“ oder „Tasks“ genannt, bestehen in der Regel aus einer Kooperation im Rahmen laufender nationaler (und auch national finanzierter) Projekte, die sich thematisch überschneiden und bei denen ein Erfahrungsaustausch oder eine tiefer gehende Kooperation, wie Evaluierung von Monitoring-Projekten oder Erprobung von Energiemodellen, sinnvoll ist.

Die für EnEff:Stadt interessanten Schwerpunkt -Themen der IEA sind

- Energy Conservation in Buildings and Community Systems (ECBCS)
- District Heating and Cooling (DHC)
- Solar Heating & Cooling (SH&C)
- Energy Conservation through Energy Storage (ECES).

In allen vier Implementing Agreements war und ist Deutschland mit eigenen Projekten, z.T. auch als „Lead Country“, beteiligt.

(2) EU Energieforschungs-Programme (SET Plan, Horizon 2020)

(3) DACH-Projekte (Kooperation der drei Länder Deutschland, Österreich und Schweiz im Rahmen von laufenden kommunalen Energie-Forschungsprojekten mit der Zielsetzung Erfahrungsaustausch und gegebenenfalls durch Beteiligung von Herstellern an definierten Investitionsprojekten).

Im Rahmen von (1) und (3) gab es im Berichtszeitraum mehrere gemeinsame Projekte. Aktive Projekte, die von der EU gefördert wurden, waren nicht in die EnEff:Stadt – Initiative involviert. In der Regel haben diese EU-Projekte einen eher geringen Forschungsanspruch und weisen daher eine geringe inhaltliche Überlappung mit EnEff:Stadt – Projekten auf. Umgekehrt war die Expertise von Mitgliedern der Begleitforschung zur Bewertung von Projekten, die im Rahmen von EU-Calls eingereicht wurden, gefragt.

5.2 Auswertung internationaler Projekte

Der mit Abstand wichtigste Schwerpunkt der Auswertung internationaler Projekte lag bei IEA-Projekten aus dem ECBCS Implementing Agreement. Kooperationen im Rahmen des ECES Agreements werden unter 5.6 und 5.7 behandelt.

IEA Projekte haben in der Regel eine Laufzeit von mehreren Jahren und müssen in diesem Zeitraum zweimal jährlich Zwischenergebnisse an das jeweilige Implementing Agreement zuständige „Executive Committee“ berichten. Die Entwürfe der Schlussberichte werden von Mit-

gliedern des Executive Committees, zu denen auch die „Operating Agents“ (die für das Management der einzelnen Annexes oder Task verantwortlichen Projektleiter) gehören, ausgewertet. Die Reviewer sprechen auch eine Empfehlung für einen Projektabschluss, eine Veröffentlichung oder auch für die Vorlage weiterer Arbeitsergebnisse aus.

In seiner Funktion als Operating Agent für Annex 51, „Energy Efficient Communities“, hat Dr. Jank die Schlussberichte oder Teile von Schlussberichten der Annexe

- Annex 49: Low Exergy Systems for High Performance Buildings and Communities
- Annex 52: Towards Net Zero Energy Solar Buildings
- Annex 54: Integration of Micro-Generation & Related Energy Technologies in Buildings

kritisch reviewed. Ferner kam es Annex-übergreifend zu einem Erfahrungsaustausch von Annex 51 (hier war die „Case Study Karlsruhe-Rintheim“ Teil des Annex) mit Annex 53, „Total Energy Use in Buildings: Analysis and Evaluation Methods“ und, ebenfalls mit Erfahrungen aus der Case Study Karlsruhe-Rintheim, mit Annex 56: „Cost Effective Energy and CO₂ Emissions Optimization in Residential Building Renovation“.

Im Nachgang zum Abschluss von Annex 51 stellte sich die Frage nach einer Fortführung von F&E-Arbeiten der IEA zum Thema Energy Efficient Communities. Hier war Dr. Jank im Rahmen von inoffiziellen Workshops in Dänemark und Frankfurt in die inhaltliche Vorbereitung eingebunden, die mit der Formulierung von zwei neuen Annexes endeten, nämlich Annex 61, „Development and Demonstration of Financial and Technical Concepts for Deep Energy Retrofit of Public Buildings“ und Annex 63, „Implementation of Energy Strategies in Communities“. Beide Annexe laufen noch, beide mit deutscher Mitwirkung (B&SU für Annex 63, Operating Agent SIR Salzburg, und KEA für Annex 61).

Für Annex 61 ist die KEA Co-Operating Agent (zusammen mit den US Army Corps of Engineers). Annex 61 schließt inhaltlich zu einem erheblichen Teil an Case Studies an, die von den 10 Participating Countries in Annex 51 vorgelegt wurden (siehe 5.3). An Annex 61 sind die US Army (Operating Agent) und die dänische Marine, die ja auch über „public buildings“ verfügen, beteiligt. Diese organisierten eine Erweiterung der Zielsetzung von Annex 61 auf weitere NATO-Mitgliedsländer, für die im Frühjahr 2015 in Sønderborg, Dänemark, ein größerer Workshop organisiert wurde, um die Ergebnisse von Annex 61 vorzustellen und mögliche Anwendungen in militärischen „Installations“ zu diskutieren. Hierbei wurden auch die Ergebnisse von Annex 51 im Detail von Dr. Jank vorgestellt. Als Ergebnis wurden die vorgelegten Vorträge schriftlich ausgeführt und ein Nato-Buch über „Zero Energy Installations“ im Springer Verlag herausgegeben (2016). Hier finden sich, neben Annex 61 Inhalten, viele Ergebnisse wieder, die in Annex 51 erarbeitet wurden. Diese NATO-Kooperation wurde im April 2016 mit einem weiteren NATO-Workshop über „Zero Energy“ in Wiesbaden fortgeführt, das auf noch breiteres Interesse von Nato Staaten, diesmal auch von Seiten des deutschen Verteidigungsministeriums, stieß. Hier gab es auch eine Industriebeteiligung, die von der KEA organisiert wurde.

Annex 63 hat als deutsche Beteiligte hauptsächlich die B&SU Berlin (Frau U. Lynar), die für ihre Beiträge mit dem Deutschen Verband für Wohnungswesen kooperiert und die Ergebnisse bzw. Erfahrungen mit den Case Studies Aachen und Ludwigsburg zum Thema „Organisation und Umsetzungsprozesse“ einbringen. Weiterer deutscher Teilnehmer ist Fraunhofer ISE, Dr. Stryi-Hipp, der das Thema „Methodik zur Community Energy Strategy Development“ einbringt. Zusätzlich sind noch RWTH Aachen / ERC sowie IREES im Team zur deutschen Beteiligung an Annex 63, allerdings sind die Themen dieser Partner bisher anscheinend noch nicht klar spezifiziert. Mit Ausnahme von IREES, das im Rahmen seiner DACH-II - Aktivitäten am

Annex teilnimmt, sind alle weiteren Aktivitäten von deutscher Seite nicht der EnEff:Stadt – Initiative zuzuordnen. Annex 63 läuft seit Herbst 2014 bis 2018.

Da in Deutschland, der Schweiz und Österreich seit Jahren Projekte im Bereich energieeffiziente Kommunen durchgeführt werden und hier auch Förderprogramme bestehen, sowie eine inoffizielle Kooperation im Rahmen des European Energy Award, entschieden das BMWi, das BMVIT in Wien sowie das Schweizer Bundesamt für Energie im Sommer 2013, eine Rahmenvereinbarung namens „DACH-Kooperation“ zur Unterstützung von Kooperationsprojekten zu schließen. Dabei sollen keine Projekte gefördert werden, sondern der Aufwand für den Erfahrungsaustausch über F&E-Projekte, die unabhängig davon finanziert werden. Als erstes und bisher einziges Projekt wurde im Herbst 2013 das DACH-Projekt Karlsruhe/Salzburg/Winterthur begonnen, das von deutscher Seite durch die IREES Karlsruhe (Prof. Jochem/Fr. Roser) geleitet wird. An der Einbindung der Partner in Österreich und der Schweiz wirkte Dr. Jank mit, der über Annex 51 bereits zu potentiellen Partnern in beiden Ländern Kontakt hatte. Das Projekt wurde 2015 mit der Festlegung mehrerer potentieller Projekte beendet, die in einer zweiten Phase in eine engere Kooperation einsteigen könnten. Diese zweite Phase wurde in 2016 begonnen, von deutscher Seite wiederum geleitet von IREES. Im Rahmen dieser Kooperation ist eine Erweiterung des Karlsruhe-Rintheim-Projektes in ein „Smart City“ – Projekt (in Karlsruhe-Durlach) in Kooperation mit Salzburg und Winterthur in Vorbereitung.

DACH-Projekte scheinen auf den ersten Blick eine sehr erfolgversprechende Art der Zusammenarbeit zu sein, da die Themen und Rahmenbedingungen, etwa der Planungsrahmen in Städten, sowie die technischen Traditionen in den drei Ländern ähnlicher sind als sonst in den IEA Ländern. Dazu kommt die noch (fast) gleiche Sprache. Allerdings stellt die mangelnde zeitliche Synchronität von Projektfinanzierungen oder Antragsbewilligungen ein erhebliches Hemmnis dar, das bisher verhindert hat, dass über das Projekt in Karlsruhe hinaus weitere DACH-Projekte realisiert werden konnten. Dies ist sehr bedauerlich, da gerade im Umfeld des neuen Themas „Smart City“ eine technische bzw. F&E-orientierte Kooperation sehr sinnvoll sein könnte, idealerweise unter Einbeziehung der Industrie, anders als bei den meisten IEA-Projekten. Aus Sicht der Begleitforschung wäre daher zu empfehlen, seitens der beteiligten Ministerien eine pro-aktivere Haltung zu suchen, d.h. nicht auf geeignete Anträge zu warten und diese der normalen Bewilligungsdynamik zu unterwerfen, sondern aktiv Themen und laufende Projekte im Hinblick auf den möglichen Nutzen einer übergreifenden Zusammenarbeit zu prüfen und eine solche gegebenenfalls aktiv herbeizuführen.

Im Rahmen der Vorbereitung von DACH-Aktivitäten in Karlsruhe wurde Dr. Jank auch in die Vorbereitung einer Beteiligung der Stadt Karlsruhe an einem EU-Projekt im Rahmen der Horizon 2020 Ausschreibung 2014 einbezogen. Nach längeren Vorbereitungen hinsichtlich Quartiers-Auswahl und Charakterisierung, sowie Abstimmung mit anderen Städten als Mit Antragsteller, stellte sich heraus, dass die EU-Anforderungen im Rahmen dieses Calls so wirklichkeitsfremd und unattraktiv waren (sehr hohe CO₂-Einsparung bei niedriger Förderung, dafür hohe Anforderungen an Partner und verwaltungstechnische Abwicklung), dass am Ende von einer Antragstellung Abstand genommen wurde. Die Ankündigung günstiger EU-Förderprojekte mit deutlich reduzierter Bürokratie für das H2020-Programm konnte in der praktischen Umsetzung bisher nicht verifiziert werden.

Horizon 2020 ermöglicht auch die Entwicklung eigener Programmansätze durch einen Zusammenschluss einzelner EU Mitgliedsländer im Rahmen von „Joint Partner Initiatives“, die aus H2020-Mitteln cofinanziert werden. Eine solche Initiative wurde 2012/2013 von einigen EU Staaten, darunter nicht Deutschland, entwickelt und zwei Calls unter dem Titel JPI Urban Europe veröffentlicht, die im wesentlichen energieeffiziente und smarte Städte zum Gegenstand hatten. Da Deutschland nicht teilnahm wurde Dr. Jank gebeten als Gutachter – mit vielen an-

deren – für eine Teilmenge der ca. 70 bzw. 80 eingereichten Förderanträge zu fungieren, über die nach inhaltlicher Vorauswahl in Meetings in Bukarest und Wien entschieden wurden. Die am Ende über 30 geförderten Projekte wurden Ende 2015 / Anfang 2016 begonnen. Die Erfahrungen mit der Antragsauswertung haben gezeigt, dass die eingereichten Anträge sehr akademisch orientiert sind und eine industrielle Beteiligung kaum vorkommt. Auch erscheint das jeweilige Projektvolumen, angesichts vieler Beteiligter aus mehreren Ländern (in der Regel zwischen 1 und 2 Mio. €) eher gering. Da es ja eigentlich um technische Entwicklung und praktische Anwendungen geht wären weniger Gießkanne und dafür größere Einzelprojekte mit Industriebeteiligungen einschließlich gezielter Auswertungen und Verbreitung der Ergebnisse der effizientere Weg um spürbare Fortschritte in Richtung „Smart City“ zu erreichen.

Die geförderten Projekte haben Laufzeiten von 2,5 bis 4 Jahren. Es wäre sinnvoll, sich ab 2018 darum zu bemühen Projektergebnisse zu erhalten und auszuwerten, auch für das bevorstehende Programm „Solares Bauen – energieeffiziente Stadt“.

Unter dem Titel „SPRINKLE“ führte das Land Salzburg ein Projekt zu „Smart City Governanceprozessen“ in kleinen und mittleren Städten durch. Die pro:21 vertrat die BF bei Workshops und bei Ausarbeitungen für das Projekt sowie bei der Abschlusskonferenz am 15.11.2015 in Wien, um einerseits Erkenntnisse aus dem EnEff:Stadt-Programm in das SPRINKLE-Projekt einfließen zu lassen, andererseits aber auch Erkenntnisse aus den österreichischen Smart Cities–Ansätzen für das EnEff:Stadt Programm zu gewinnen.

Der Fokus des SPRINKLE-Projekts lag auf Ansätzen für die Koordination und Steuerung einer Smart City-Entwicklung in kleinen und mittleren Städten.

Dabei wurden in der Bearbeitung unterschiedliche Perspektiven eingenommen:

- Eine energiebezogen-planerische (Ausrichtung der Umsetzung)
- Eine organisatorisch-institutionelle (Kompetenzen, Steuerungsinstrumente, Ressourcenverteilung) und
- Eine handlungsorientiert-prozessuale Perspektive (Akteurskonstellationen, Prozesse der Entscheidungsfindung)

Die Ergebnisse des Projektes sollen dazu beitragen, Einblick in die aktuelle Smart City Umsetzung zu erhalten und Optionen für die Weiterentwicklung aus Sicht von kleinen und mittleren Städten zu formulieren.

Die Abschlusskonferenz des Projekts in Wien war zugleich ein „Stadt der Zukunft“- Themen-Workshop. Ergebnisse mehrerer „Stadt der Zukunft“- Projekte zur Koordination und Steuerung von Smart Cities sowie konkrete Erfahrungen aus der Umsetzungspraxis in Städten wurden vorgestellt, ebenso konkrete Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen gegeben. Unter anderem standen Berichte zu Forschungsprojekten aus Österreich sowie zu Modellprojekten aus der deutschen EnEff:Stadt-Initiative auf dem Programm. Die abschließende Podiumsdiskussion mit Beteiligung der pro:21 brachte Einblicke in die aktuellen Herausforderungen und künftigen Umsetzungspläne für Städte, Länder, den Städtebund wie auch die für Smart City Agenden relevanten Fördergeber, das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie bmvit sowie der Klima- und Energiefonds.

Herr Bloch von der pro:21 steuerte einen Vortrag zu „Nicht-technische Erfolgsfaktoren der Quartiersentwicklung – Erfahrungen aus den Demonstrationsvorhaben der Förderinitiative EnEff:Stadt – Forschung für die energieeffiziente Stadt“ auf der Konferenz bei.

5.3 ECBCS und Annex51

Annex 51, „Case Studies and Guidelines for Energy Efficient Communities“, war ein wesentlicher Teil der Aufgaben der Begleitforschung in den Phasen II und III, in die alle Begleitforschungsmittglieder mehr oder weniger stark involviert waren.

Der Annex 51 hatte ursprünglich 11 Participating Countries, von denen die Schweiz wegen des Wechsels von Prof. Robinson von Lausanne nach Norwich die Mitwirkung vorzeitig beenden musste. Deutschland war das „Lead Country“ und stellte den Operating Agent, Dr. Jank, sowie das Lead Country für Subtask D (durch Heike Erhorn-Kluttig vom Fraunhofer-IBP). Die 4 Subtasks von Annex 51 waren:

- Subtask A: Local Energy Planning – Bestandsaufnahme (Lead: Frankreich)
- Subtask B: Case Studies I: Quartiere (Lead: Schweden)
- Subtask C: Case Studies II: Städte (Lead: Niederlande)
- Subtask D: Guidebook and Energy Concept Adviser for Neighborhoods (Lead: Deutschland)

Im Annex wurden über 25 Case Studies ausgewertet, dazu weitere, bereits vorhandene Auswertungen sowie vorhandene Leitfäden, Guidelines etc. Die Länder Deutschland, Dänemark, Schweden, Finnland, Holland, Österreich, Frankreich, USE, Japan und Canada waren beteiligt. Der Annex lief von 2009 bis 2014.

Neben den formalen Berichten, die obligatorisch für alle Subtasks erstellt werden müssen, waren die Hauptergebnisse der „District ECA (D-ECA)“ (siehe Punkt 2.7) und das „Guidebook on Successful Urban Energy Planning“. Für diesen Leitfaden wurden die von den Teilnehmerländern eingebrachten Fallstudien für Quartiere und Städte ausgewertet hinsichtlich Planungsmethoden, genutzte Technologien und deren Praxiserfahrungen, eingesetzte Rechenmethoden und Planungsinstrumente sowie Organisation und Umsetzungsstrategien. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sowie Nutzung eigener Erfahrungen der mitarbeitenden Fachleute wurde unter der Leitung von Dr. Jank der Leitfaden erstellt. Nach Verabschiedung des vorgesehenen Inhaltsverzeichnis wurden den einzelnen Sektionen oder Sub-Sektionen verantwortliche Autoren, mit je einem Co-Autor, zugeordnet, die die jeweiligen Texte lieferten und mit den „Editors“, Prof. Kimman (NL) sowie Dr. Dütz und Dr. Jank, inhaltlich abstimmten. Am Schluss wurden alle Textbausteine von Dr. Jank zusammengefügt und inhaltlich abgeglichen sowie sprachlich überarbeitet. Um einen sprachlich gut lesbaren Leitfaden zu erhalten, wurde dieser fertige Text dann nochmals von Jessica Webster von National Resources Canada in einem zeitaufwendigen Feedback-Prozess mit Dr. Jank überarbeitet. Der fertige Text wurde im Herbst 2013 vom Fraunhofer IRB-Verlag als Buch herausgegeben. Das Buch hat 302 Seiten.

Das Buch wurde im Frühjahr ins Holländische übersetzt, im Sommer 2015 durch die GIZ unter Zustimmung des Rechteinhabers, PtJ, ins Chinesische. Ebenfalls in 2015 erfolgte eine Variation des Leitfadens für militärische Einrichtungen (die oft die Größe von Kleinstädten haben). Derzeit wird auf Veranlassung der GIZ an einem „Teil 2“ für Anwendungen in China gearbeitet, in dem zum einen die unterschiedlichen chinesischen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden sollen, hier werden Planungsfachleute der chinesischen Entwicklungskommission einbezogen, zum anderen – in einem späteren Schritt – eine Ausdehnung auf Smart City-Themen erfolgen soll. Dieser Leitfaden, der im Herbst 2016 zur Verfügung stehen wird, soll als Grundlage für die Umsetzung von „Low-Carbon Konzepten“ in der Provinz Jiangsu dienen, in denen in Pilotprojekten unter Beteiligung deutscher Planungsfachleute und deutscher Technologien nachhaltige Quartierskonzepte realisiert werden sollen.

Der Annex 51 – Leitfaden deckt die meisten Themen ab, die bei der Erstellung von städtischen Energiekonzepten bzw. von Quartierskonzepten auftreten, planerisch, technisch und hinsichtlich organisatorischer Ansätze. Daher gibt er Planern (Stadt- und Raumplaner, Energieplaner) und Entscheidungsträgern (Kommunalverwaltungen, Wohnungswirtschaft, Energieunternehmen) die Mittel an die Hand, wie sie ihr Projekt konkret strukturieren und umsetzen sollten, welche Planungsmethoden sinnvoll und welche praxistauglichen Planungswerkzeuge verfügbar sind. Vor allem ist der Leitfaden eine Fundgrube für fachliche Quellen, meist als Web-Adressen, die für ihre Fragen von Bedeutung sein können.

Zwei Felder sind im Leitfaden unbefriedigend behandelt, nämlich der

(1) Stand und die Verfügbarkeit nützlicher Planungstools. Einige sehr sinnvolle Tools wurden zwar dargestellt (neben dem D-ECA), aber die aktuelle dynamische Entwicklung auf diesem Feld spiegelt sich im Leitfaden nicht wider (die dort ausgewerteten Fallstudien stammten im Wesentlichen aus 2000 bis 2010, waren also im Hinblick auf den Einsatz von computergestützten Planungswerkzeugen bereits veraltet). Da im gerade abgeschlossenen Projekt SimStadt diese Themen in aktueller Form behandelt werden, kann dieses Projekt als Ergänzung angesehen werden – und sollte auch so kommuniziert werden.

(2) „Smart City“ – Ansätze:

Da die Ausarbeitung des Leitfadens überwiegend auf Basis der Auswertungen der ca. 25 Fallstudien beruhte, fanden diese neueren technischen Themen, wie die o.g. neueren Tools, keinen Eingang in den Leitfaden. Im Rahmen der Fortführung der Begleitforschung steht die Erarbeitung eines aktuellen deutschen Leitfadens an. Hier sollten diese beiden Themen verstärkt Eingang finden.

Der Leitfaden endet mit einem Kapitel 8, „Summary and Conclusions“ (14 Seiten), das eher als „Executive Summary“ für Entscheidungsträger gedacht ist. Diese Kapitel kann vom Leser unabhängig vom übrigen Leitfaden gelesen und gibt eine Übersicht über Planungsansätze, Strategieentwicklung und Umsetzung von kommunalen Energie- und Klimaschutz-Konzepten.

5.4 Working Group EEC

Diese Working Group wurde noch vom früheren ECBCS-Chairman, Murad Atif, NRC Canada, im Rahmen der Neuformulierung des ECBCS Strategic Plan 2012 angeregt, da er der Meinung war, man müsse die Arbeitsthemen von ECBCS stärker von Buildings auf Communities ausrichten, um zukunftsfähig zu bleiben. Als Operating Agent von Annex 51 wurde Dr. Jank gebeten, in Kooperation mit dem Chairman folgendes Hintergrundpapier auszuarbeiten:

Background of ECBCS initiative to establish a Working Group on Energy Efficient Communities for the up-coming ECBCS Strategic Plan:

The vast majority of ECBCS Annexes are aimed at buildings and have increasingly focused on academic and best examples and insufficient attention has been paid to the involvement of industry. Energy efficiency and renewable sources of energy are key issues for addressing all future challenges, and without cooperation with stakeholders the outcomes would be frightening. Design of the future energy supply of smart cities and energy efficient societies generates opportunities and successful business cases, which provides economic development while mitigating climate change.

Insufficient coverage of community needs and use of ongoing ECBCS Annexes is currently observed, e.g. perspectives of long-term urban policy making, city transformation processes, knowledge and guidelines on policy-promoting instruments and regulations to achieve energy efficiency objectives, collaboration between local governments, developers, policy makers and industry, all of which have major impact on the design of future sustainable cities.

Lack of preferences for the behavior of city residents and energy efficiency of the built environment is existing. We need to explore the saving potentials of everyday energy use which is a bottom-up policy approach for the design of future sustainable cities. The research contribution would be on innovative mitigation strategies by increasing the scientifically based knowledge of human lifestyles and creating a consistent set of tools that are easy to understand and easy to convert into action for energy and climate policy formation. To achieve this we need to address four research challenges. First, research is still scarce on the behavior and lifestyle potential leading to a more sustainable energy use. Tools need to be developed that are empirically based on new knowledge about peoples' various ways of acting in everyday life, and their lifestyle in terms of activities, energy use, housing conditions and travel. The outcome will assist in creating innovative, bottom-up policies based on everyday life of people. Second, energy and climate policies targeting stabilization below 2°C have to include policies grounded in everyday life activities. Third, the potential of sustainable everyday life activities needs to be included in knowledge support for policy makers (tools need to be developed to help clarify policy consequences in the future and when implementing more precise knowledge about life-styles). Fourth, new tools need to be developed to capture, analyze and convey the potential of everyday life activities. Visualization, simulation and scenarios on complex topics like lifestyles and energy profiles of built environment are important methods to describe and analyze factors and relations of importance for catching up with the goals of sustainable cities.

Sustainable urban development is feasible, but is hardly ever achieved. The decisive role of communities to achieve energy and GHG targets – such as reduction of fossil energy use and GHG emissions by 50-70% – is today generally acknowledged. It is also acknowledged that these targets can be achieved with already existing technologies (although new technologies, such as innovative fuel cells, low-exergy cooling systems, bio-technologies, 'smart' approaches, carbon sequestration or others, would be helpful). Reality shows that there are communities that have proven to be very successful, but these communities are rare exceptions. The prevailing opinion is still that cities are too complex to be able to organize a common effort for urban sustainability.

Most of the ECBCS Annexes address a single technology or technology category. Recognition of synergy of different technologies to develop an understanding of technology bundles applicable either to a single building or building clusters may result in more energy and cost-efficient technical solutions.

There are many but uncoordinated activities on "sustainable urban development". While there is some coordination between ECBCS and SH&C programs, there is no coordination between ECBCS and DHC, new Efficient Electrical End-use Equipment (4E), Energy Storage, Solar Heating and Cooling, District Heating and Cooling and Heat Pump programs. These programs contribute to a better understanding of the use of single building technologies or optimized bundles of these technologies. E.g., 4E program's results are critical for decisions on insulation levels and cooling equipment and use of waste energy use technologies, DHC/CHP program results can contribute to a better understanding of heating and cooling load reduction strategies. Use of low-exergy technologies and strategies shall be considered along with DHC and Heat Pump Centre activities. Ignoring these synergetic effects will result in sub-

optimization of the building-related systems and shall be considered on the scale of communities, city blocks and city clusters.

Currently there is an insufficient focus on sustainable urban modelling, advanced data processing and visualization technologies. Energy systems modelling at city level (for holistic solutions and systemic thinking approaches for effective conversion of locally produced electricity, heat and cooling as well as energy end-use efficiency measures), handling of vast amounts of data and information as well as presentation of the outcomes are vital to initiate and conduct large-scale sustainable city programs.

Decisive barriers: complex decision structures, multidisciplinary, fragmentation. Due to economic or demographic developments, substantial investments in infrastructure and the building sector take place continually in every community (town or city), which influences long-term urban development and provides a potential for changes in hoped-for directions. However, since an overarching plan for sustainable urban development is missing or is prevented by local frictions or conflicting goals, there is no concerted action in most cases. This is enhanced by the prevailing multidisciplinary in town planning, architecture, infrastructure, energy, transportation, facility management, etc., by which a holistic view of the community as a system is impeded. On the other hand, there are still no academic disciplines such as “city technologies” or “urban sustainability”, which could foster such a holistic approach. Also, a systematic transfer of existing experiences or technical innovations into a broad urban application is still missing (which was one of the reasons for creating Annex 51).

In the past the Annexes alternate between technology/ tool inventorization/ development and implementation. In this way a lot of knowledge was generated but the results did not always arrive at the right places. Now is the time to link a more integral approach to the right audience (decision makers and their advisers) addressing specific problems and exchanging new solutions without re-inventing the wheel by also making use of the results from the former Annexes in a more targeted way. What we need is an exchange of knowledge between decision makers about how to organize the process and about the spin-offs/benefits of Energy Neutral Cities in terms of local economics, sustainability, quality of life, independence, stability of prices etc. In this manner we can use “energy as a driving factor for the integral approach towards sustainable cities”. The future need is a “meta-tool” and “data-base” on a decision maker level. This tool could also include training and tailor-made advice. The integral approach uses energy as a driving force/ money generator but also addresses sustainability, quality of life, local economy, etc. In this respect we also should involve experts from other fields such as economists, financial specialists, specialists on social behavior, process experts, etc. The meta-tool addresses integral solutions on a city/regional level addressing promising ecological, economic and technological scenarios, taking into account local boundary conditions. The meta-tool should also support the organization of the (transition) process, including monitoring and steering mechanisms.

Mit diesem Papier und den dort genannten Zielen einer neuen Working Group wurde vom Executive Committee die Gründung der Working Group EEC beschlossen.

Zum selben Zeitpunkt wurde jedoch ein neuer Chairman, Andreas Eckmanns aus der Schweiz, gewählt, der zunächst an der weiteren Formulierung des neuen ECBCS-Strategie-Papiers interessiert war und dazu zusammen mit den Niederlanden für den 11.-12. April 2013 in Utrecht ein Future Buildings Forum organisierte. Die Ergebnisse dieses FBF Forums gingen schließlich in das neue Strategiepapier ein. Konkrete Aktivitäten zur Aktivierung der Working Group Energy Efficient Communities wurden in Utrecht zunächst nicht benannt. Man war der

Meinung, dass mit den neu beschlossenen Annexen, die beiden bereits erwähnten Annexe 61 und 63 sowie

- Annex 64, „LowEx-Communities – Optimized Performance of Energy Supply Systems with Exergy Principles“ und
- Annex 60, „New Generation Computational Tools for Building and Community Energy Systems based on the Modelica and Functional Mockup Unit Standards“

das „Community“-Thema in den aktuellen ECBCS-Annexen ausreichend verankert war und keine zusätzliche Working Group zur weiteren Steuerung bzw. Verstärkung benötige.

Die Ergebnisse des IEA ECBCS Future Buildings Forum im April 2013 in Utrecht, mit dem Thema „Transforming the Built Environment by 2035“ wurden von Dr. Jank auf Wunsch des PtJ wie folgt zusammengefasst:

In einer ersten Session des FBF wurden zunächst mit einer „Brainstorming-Analyse“ die Barrieren diskutiert, die bisher entscheidende Erfolge bei der notwendigen energetischen Verbesserung des Gebäudebestands verhindert haben. Auf dieser Basis sollen Handlungsschwerpunkte für den Strategic Plan abgeleitet werden.

Nach mehreren Grundsatzvorträgen zur Einkreisung des Themas wurden drei Arbeitsgruppen gebildet, die im Rahmen eines „moderierten Brainstormings“ die gewünschten Ergebnisse (in Form von „Handlungsschwerpunkten und Vorschlägen zur Umsetzung“) zu den drei vorgegebenen Themen

- „Energieeinsparung und Energieeffizienz“
- „Erneuerbare Energien bzw. Energieerzeugung“
- „Energiespeicher“

erarbeiten sollten, um „Policy-Recommendations“ zu formulieren, die auf identifizierten „Barriers“ und „Action-Points“ aufbauen.

Ergebnisse der Arbeitsgruppen:

1. Energieeinsparung und Energieeffizienz

Die gestellten Fragen wurden zunächst aus der Sicht des „Whole-Planet“ (sprich, der Regierungen), und dann aus der Sicht der Adressaten (Industrie, Investoren, Nutzer) besprochen. Dabei wurden politische und auch ökonomische Barrieren (z.B. Energiepreise, Probleme wie „Upfront-Investments“, Split-Incentives) von vornherein ausgeklammert, weil diese nicht Sache der Arbeitsgruppen seien (die sich als technische Experten und nicht als „Politiker“ verstanden). Vielmehr wollte sich die Arbeitsgruppe auf Barrieren mit technischem Hintergrund konzentrieren.

Als eines der wichtigsten Probleme wurden die immer noch hohen Technologiekosten angesprochen, während allgemein Einigkeit über bestehende Kostensenkungspotentiale bestand. In der Diskussion wurde aber als noch wichtigeres Hemmnis die schlechte Performance bzw. mangelnde Reliability von vielen technischen Innovationen im Bereich Energieeinsparung und Energieeffizienz in der Phase ihrer Markteinführung angesehen. Wesentliche Gründe dafür seien mangelnde „Metrics“ (gemeint ist i.w. „intelligentes Controlling“ kombiniert mit Betriebsoptimierungsmaßnahmen bzw. „Active-retro-Commissioning“) und unzureichende „Capacity“ (d.h. mangelnde Verfügbarkeit und mangelnde technische Kompetenz der Fachleute für komplexere Systeme). Der potentielle Investor oder Anwender sei an einer technischen

Lösung interessiert, erhalte aber nur Einzellösungen und keine funktionierenden Gesamtlösungen. Für die daraus resultierende Poor-Performance sei dann niemand zuständig.

Als Beispiele wurden real erzielte Ergebnisse von vielen Solarkollektoranlagen, Wärmepumpensystemen oder Energieeinsparinvestitionen genannt, die weit unter den Planungswerten liegen, bei denen aber die Ursachen mangels verfügbarer Messungen meist unklar seien. Daraus ergäben sich ein schlechtes Image technischer Innovationen und eine geringe Akzeptanz für neue Ansätze, die eine „Market-Adoption“ solcher Lösungen verhindern. Als Antwort auf diese Probleme wurde ein neuer Ansatz zur „Smart System Integration“ gefordert, der mit neuen Konzepten für „Business-Models“ verknüpft werden müsse (z.B. „Deep-Retrofit and Energy-Contracting“, ein Thema das mittlerweile als ECBCS-Annex 61 begonnen wurde).

Was als weniger bedeutsam angesehen wurde, war das „Nutzerverhalten“ (abgesehen von der Notwendigkeit, überhaupt ein Problembewusstsein im breiten Publikum zu entwickeln): Man könne nicht erwarten, dass Energieverbraucher daran interessiert sind, laufend ihre Verbrauchsdaten zu kontrollieren und sich dann Verbesserungsmaßnahmen zu überlegen. Dies müssten vielmehr die „Systeme“ automatisch und robust liefern.

Als Ergebnis dieser Diskussion wurden folgende Themen als Schwachstellen einer breiten Markteinführung von Energietechnologien genannt:

- System-Integration
- Capacity-Building (= „Practitioner-Skillness“ in allgemeinstem Sinn: Hersteller, Planer, Handwerker, Betreiber)
- Performance-Controlling-Strategien
- Business-Models.

2. Erneuerbare Energien bzw. Energieerzeugung

Auch hier wurden nacheinander „Barriers“ gesammelt und folgende Cluster daraus gebildet:

- Technical Barriers: system integration (design & installation), available products, system efficiency, materials use, balancing demand and supply, monitoring, cost reduction
- Economical Barriers: fossil competition, cost competitiveness, business models, implementing rate, value, financial knowledge, financing (legal, trust, price, continuity)
- Political, Legal, Social and Environmental Barriers

Nach der Sortierung wurden dann per Punktevergabe folgende Cluster als die wichtigsten identifiziert, bei denen der größte Forschungs-/Handlungsbedarf besteht:

- System Integration
- Business Models
- Decision Making Tools for Smart Cities: Tools and reference data sets for the decision making process on sustainable energy systems for neighborhoods

Dabei gab es unterschiedliche Vorstellungen zum Thema System-Integration (sowohl im Sinne von Integration verschiedener Wärme- und Stromerzeuger im Gebäude zu einem intelligenten Gesamtsystem im Gebäude als auch Integration des Gebäudes mit seinem Energiesystem in ein Quartiers-Energiesystem). Am konkretesten wurde das Thema „Decision-Making-Tools“ ausgearbeitet (durch einen Entwurf für Forschungs-Aufgabenstellungen, Hr. Stryi-Hipp).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es Einigkeit gab darüber, dass Forschungsbedarf vor allem in der Systemintegration – dem intelligenten Zusammenwirken von Strom und

Wärme/Kälte sowie dem Gebäude- mit dem Quartiers-Energiesystem – gibt sowie dass es an Unterstützung der „Stakeholder“ vor Ort bei der Identifikation der „richtigen“, also kosten- und energieeffizienten und nachhaltigen Energiesysteme für ihre Quartiere besteht.

3. Energiespeicher

Der grundsätzliche methodische Aufbau (Barrieren suchen, Lösungen suchen, Vorschläge, was IEA machen soll) waren gut organisiert, allerdings war die gewünschte strukturierte Darstellung möglicher Lösungsansätze durch die Teilnehmer eher schlecht, zumindest ist es der Gruppe nicht gelungen, die Speicherbarrieren in unterschiedliche Kategorien wie „Industriegebäude“, „Neubau“, „Renovierung“, „Einzelhaus“ zu unterteilen.

Barrieren und Lösungen gab es sowohl im Bereich der Frage dezentrale/zentrale Speicher, Kombination beider Optionen, Betrieb von großen Speichern für viele Anwender (open source) sowie Zusammenschaltung vieler Kleiner zu einem großen (Aggregation).

Weitere spannende Punkte waren unter „legal framework“ und „economy“ versammelt - wichtige Punkte, wenn auch nicht unbedingt relevant für das Thema Technologieentwicklung. Sie wurden als „eher nicht IEA konform“ zwar gesammelt aber nicht weiter bearbeitet.

Weiteres Vorgehen

Auf der Grundlage der Themenschwerpunkte aus den Arbeitsgruppen wurden in der Plenumsitzung aller Teilnehmer konkrete „Actions“ oder sogar konkrete Projektthemen formuliert, die in der anstehenden Neufassung des „Strategic Plan“ berücksichtigt werden sollten. Dies in ECBCS einzubringen sowie für die anderen „Implementing Agreements“ vorzustellen war Aufgabe des holländischen FBF-Vorsitzenden.

Mit der inhaltlichen Zuarbeit für den Chairman zur Vorbereitung des FBF durch Dr. Jank und der Vorlage der FBF-Schlussfolgerungen als Input für den ECBCS Strategic Plan durch P. Heijnen, NL, wurden die Aktivitäten im Zusammenhang mit der „Working Group Energy Efficient Communities“ abgeschlossen. Die Working Group wurde zwar vom „Executive Committee“ nie offiziell beendet, ruht aber seit dem FBF in Utrecht.

5.5 Vorbereitung ECES

Im Oktober 2011 erfolgte ein Vorschlag für den Annex 28: »Integration of Renewable Energies by distributed Energy Storage Systems« auf dem ExCo-Meeting. Im Jahr 2013 wurde ein erster „work plan“ erstellt zudem erfolgte die Teilnahme an Meetings zur Abstimmung mit den potentiellen Partnern. Zur Vorbereitung und Abstimmung der Inhalte des ECES Annex 28 erfolgten mehrere bilaterale Abstimmungen (telefonisch, elektronisch, physikalisch) zwischen den beiden Operating Agents (Christian Doetsch, UMSICHT und Andreas Hauer, ZAE Bayern). In Vorbereitung auf das Kick-off Meeting wurden die geplanten Inhalte des Annex in einer Kurzbeschreibung (Background-Dokument) zusammengefasst und ein Entwurf für einen Arbeitsplan erstellt. Der Arbeitsplan wurde den Teilnehmern im Vorfeld des Kick-off-Meetings zur Verfügung gestellt.

Am 10./11.04.2014 fand in Bad Tölz das Kick-off-Meeting (gleichzeitig das erste Expertentreffen) statt. Dabei wurde die zentrale Fragestellung diskutiert und sich darauf geeinigt, dass der Fokus der Arbeiten innerhalb des Annex 28 auf dem Beitrag dezentraler Energiespeicher zur Integration erneuerbarer Energien liegen soll. Neben der Präsentation verschiedener Projekte

zum Thema „Dezentrale Speicher“ wurden anschließend der Arbeitsplan diskutiert sowie die Subtasks präzisiert. Außerdem erfolgte eine erste Definition des Begriffs „dezentraler Speicher“, sowie darauf aufbauend der Entwurf einer Klassifizierung zur Einteilung von Speicheranwendungen abhängig von der Art des Speichers und der Position im Energiesystem. Im Nachgang zum Treffen in Bad Tölz wurden das Background-Dokument sowie der Arbeitsplan überarbeitet und am 08./09.05.2014 beim ExCo-Meeting in Amersfoort vorgestellt. Die nächsten Expertentreffen fanden am 28./29.10.2014 in Paris (Vorstellung der erarbeiteten Ergebnisse im Vortrag „Virtual Energy Storages: State-of-the-Art, applications and management systems“.), am 29./30.04.2015 in Arnheim und am 22./23.10.2015 in Paris (Thema: zukünftigen Potenziale dezentraler bzw. aggregierter Speicher) statt.

5.6 Arbeiten IEA ECES 26/28

5.6.1 IEA ECES 26

Der Annex 26 »Electric Energy Storage – Future Energy Storage Demand« im Rahmen von ECES »Energy Conservation through Energy Storage« der IEA startete im Jahr 2010 und wurde 2015 mit dem Final Report beendet.

Der Final Report ist verfügbar über <http://www.iea-eces.org/annexes/completed-annexes.html>

Die folgende Tabelle 5.6-1 zeigt eine Übersicht der ECES 26-Treffen.

Tabelle 5.6-1: Übersicht der ECES 26-Treffen

Meeting	Country	Place	Date	Participating Countries
1st Kick-off	Germany	Oberhausen	2010 Apr. 8	Germany, France, Belgium, Finland
2nd	Spain	Barcelona	2010 Oct. 25	Germany, France, Belgium, Spain (observer)
3rd	France	Le-Bourget-du-Lac	2011 Oct. 19/20	Germany, France, Belgium, Korea (observer)
4th	Spain	Lleida	2012 May 14/15	Germany, France, Belgium, Finland, Korea (observer)
5th	Belgium	Brussels, Mol	2012 Nov. 6/7	Germany, France, Belgium
6th	Germany	Stuttgart	2013 Jul. 9	Germany, France, Belgium
7 th	Germany	Berlin	2013 Nov. 19 (@IRES2013)	Germany, France, Belgium
8th (final)	France	Paris IEA HQ	2014 Mar. 18	Germany, France, Belgium

5.6.2 Operating Agent ECES 26

Die Leitung des ECES Annex 26 wurde durch Dr. Christian Doetsch durchgeführt. Der Entwurf des finalen Berichts des ECES 26 wurde auf dem 78. ExCoMeeting vom 5. bis 7.11.2014 in Dublin vorgestellt. Die finale Version des Berichts steht unter dieser Adresse zum Download bereit: www.iea-eces.org/files/a5.1.1_2015_eces_26_final_report_public_rev16_web.pdf

5.6.3 IEA Steering Committee – Energy Storage Roadmap

Die Roadmap wurde durch die IEA koordiniert sowie unter der Zuarbeit von Dr. Christian Doetsch im Jahr 2013 und Anfang des Jahres 2014 erstellt. Die Roadmap ist seit dem 19.3.2014 im Internet verfügbar. Der Download kann über folgenden Link erfolgen: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-energy-storage-.html>.

Die Mitarbeit im Steering Committee umfasste:

- Abstimmungen über Telefonkonferenzen und Webinars, physisches Treffen am 23./24.09.2013 in Paris
- Unterstützung des Roadmapping Prozesses durch interne und externe Informationen und Daten für elektrische und thermische Speicher
- Unterstützung des Simulationstools der IEA durch nationale Detaildaten

5.6.4 ECES 28 - Virtuelle Energiespeicher

Zielsetzung

Ziel der hier zusammengefassten Arbeiten war es, verschiedene Aspekte im Themenbereich von Virtuellen Energiespeichern aus vorliegenden Projekten zu extrahieren, zu ergänzen und anschließend in die internationale Diskussion des IEA Annex „ECES28“ einzubringen, welcher sich mit verteilten thermischen und elektrischen Energiespeichern auseinandersetzt. Dies wurde durch die aktive Teilnahme an den halbjährlichen Annex-Treffen sowie an weiterführenden Subtask-Workshops erreicht. Aufgrund der vorgesehenen Annexdauer bis Ende 2017 sind weitere Arbeitsaufwände zur Ergebniseinbringung zu erwarten.

Einführung in das Thema Virtuelle Energiespeicher

Aufgrund des zunehmenden Anteils von Stromerzeugern auf Basis von erneuerbaren Energieträgern mit fluktuierender Einspeisecharakteristik werden zukünftig vermehrt Flexibilitätsoptionen benötigt, die Stromerzeugung und Stromverbrauch zeitlich und räumlich miteinander in Einklang bringen. Eine Alternative zu großtechnischen Stromspeichern stellen so genannte „Virtuelle Energiespeicher“ (VE) dar, in denen dezentrale Stromerzeugungsanlagen, Stromspeicher und Stromverbraucher so aggregiert und gemeinsam gesteuert werden, dass sie gegenüber dem übergeordneten Energieversorgungssystem eine – zu einem echten Stromspeicher – analoge Speicherfunktionalität anbieten können. Für die Errichtung von VE eignen sich im Besonderen städtische Gebiete, da hier eine Vielzahl an potenziell einbindbaren Anlagen bereits existiert. Dies bietet im Gegensatz zu großtechnischen Stromspeichern den Vorteil, dass nur Investitionskosten für die informationstechnische Ertüchtigung und Anbindung der teilnehmenden Anlagen an das Managementsystem des virtuellen Speichers anfallen. Ebenso müssen keine großflächigen Eingriffe in die Natur vorgenommen werden, was sich positiv auf die Akzeptanz auswirkt.

Der Begriff des VE ist in der wissenschaftlichen Literatur noch nicht sehr weit verbreitet, im Gegensatz zu den damit verwandten Konzepten des „Virtuellen Kraftwerks“ (VK) und des „Demand Side Managements“ (DSM), bei denen ebenfalls eine Vielzahl an Stromerzeugern (im Falle des VK) oder eine Vielzahl an Stromverbrauchern (im Falle des DSM) zusammengeschlossen werden. Für die folgenden Auswertungen wird daher die nachfolgend dargestellte Begriffsabgrenzung vorgenommen:

- das VK agiert gegenüber dem Stromsystem wie ein klassisches Kraftwerk, d.h. der Betrieb kann zwischen 0 (keine Einspeisung/Stillstand) und +1 (Einspeisung von Strom in das Netz) variiert werden.
- das DSM agiert gegenüber dem Stromsystem wie ein klassischer Verbraucher, d.h. der Betrieb kann zwischen -1 (Strombezug aus dem Netz) und 0 (keine Stromentnahme) variiert werden.
- der VE agiert gegenüber dem Stromsystem wie ein klassischer Stromspeicher, d.h. der Betrieb kann zwischen -1 (Strombezug aus dem Netz) und +1 (Einspeisung von Strom in das Netz) variiert werden. Um diese Bedingung zu erfüllen, ist es erforderlich, dass entweder mehrere dezentrale Speicher aggregiert werden, oder dass zwei der drei Anlagentypen (dezentrale Erzeuger, Verbraucher, Speicher) Bestandteil der Aggregation sind.

Ziel der hier zusammengefassten Arbeiten war es, verschiedene Aspekte im Themenbereich von VE aus vorliegenden Projekten zu extrahieren, zu ergänzen und anschließend in die internationale Diskussion des IEA ECES Annex 28 einzubringen, welcher sich mit verteilten thermischen und elektrischen Energiespeichern auseinandersetzt. Dies wurde durch die aktive Teilnahme an den halbjährlichen Annex-Treffen sowie an weiterführenden Subtask-Workshops erreicht. Aufgrund der vorgesehenen Annexdauer bis Ende 2016 sind weitere Arbeitsaufwände zur Ergebniseinbringung zu erwarten.

Potenzialerhebung und Bewertung von Virtuellen Energiespeichern

Der Begriff „Potenzial“ von VE kann ganz verschiedene Ausprägungen annehmen. Daher wird zunächst ausgeführt, welche unterschiedlichen Möglichkeiten zur Ermittlung des Potenzials dezentraler Energiespeicher prinzipiell bestehen. Hierzu wird jeweils eine beispielhafte Studie benannt, die die beschriebene Methodik angewendet hat. Für weiterführende Ergebnisse sei auf diese Studien verwiesen.

Zunächst kann zwischen statischen und dynamischen Potenzialanalysen unterschieden werden. Statische Potenzialanalysen werden im Folgenden als Ansätze definiert, welche im Wesentlichen keine zeitvariablen Simulationen oder Auswertungen benötigen, sondern (in Bezug auf Energiespeicher) v.a. die Zusammenstellung von Anlagenkenndaten wie installierte Leistung, Kapazität, Anzahl der Anlagen etc. umfasst. Soll z.B. das statische Potenzial von Wärmepumpen als verteilte Energieausgleichsoption für das Jahr 2030 beschrieben werden, kann dieses vereinfachend als die zu diesem Zeitpunkt gesamte installierte elektrische Leistung der Wärmepumpen, die gesamte Größe (volumetrisch oder kapazitiv) der mit den Systemen verbundenen Speichern und ggf. noch zusätzlich mit der Anzahl der Wärmepumpen ausgedrückt werden. Ein entsprechender Ansatz erfordert in den meisten Fällen v.a. eine umfangreiche Literaturrecherche und Datenauswertung, eine komplexe Modellierung zeitabhängiger Prozesse oder Ähnliches ist nicht erforderlich. Infolgedessen sind statische Potenzialanalysen oftmals schneller und weniger zeitaufwendig durchzuführen, v.a. in Bezug auf einen so großen Bilanzraum wie Deutschland. Im vorliegenden Dokument basieren entsprechend auch die meisten Ergebnisse auf statischen Analysen. In [20] wird bspw. eine ähnliche Analyse für verschiedene Demand Response Optionen für ganz Deutschland durchgeführt, allerdings unter Berücksichtigung vergleichsweise komplexerer, zusätzlicher Randbedingungen.

Für dezidierte Energiespeicher wie Batterien sind statische Potenzialanalysen ggf. ausreichend, da deren Leistung und Kapazität oftmals durchgängig (d.h. über das ganze Jahr) verfügbar und abrufbar sind. Bei Systemen wie Wärmepumpen sind entsprechende Ergebnisse jedoch weniger aussagekräftig, da diese zusätzlich eine Versorgungsaufgabe erfüllen müssen (Deckung des Wärmebedarfs des angeschlossenen Verbrauchers), welcher bei Ermittlung des

Potenzials zur Lastverschiebung berücksichtigen sollte. Zu diesem Zweck können sogenannte dynamische Potenzialanalysen genutzt werden, welche zusätzlich die zeitliche Abhängigkeit der verfügbaren Leistung und Kapazität der einzelnen Energiespeicheroptionen darstellen können.

Eine erste Unterscheidungsmöglichkeit innerhalb der dynamischen Potenzialanalysen besteht darin, ob eine Top-Down-Modellierung oder eine Bottom-Up-Modellierung verwendet wird. Bei der Top-Down-Modellierung besteht der Anspruch, das gesamte Energiesystem mit den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr abzubilden, um in einem zweiten Schritt den Einfluss von zusätzlich installierten Energiespeichern auf das Energiesystem zu bestimmen, sowohl technisch als auch gesamtwirtschaftlich. Im Gegensatz dazu werden bei der Bottom-Up-Modellierung für das zu betrachtende Versorgungsgebiet die einzelnen, darin befindlichen Anlagen modelliert. Dynamische Potenzialanalysen auf Basis von Bottom-Up-Modellen sind in Bezug auf VE deutlich aussagekräftiger als statische Analysen, allerdings auch modellierungs- und rechenzeitintensiver. Aufgrund dessen wurden bisher keine bzw. nur wenige dynamische Potenzialanalysen von verteilten Energiespeicheroptionen für Gesamtdeutschland durchgeführt. In der Regel umfassen dynamische Modelle nur relativ kleinräumige Gebiete, bspw. einzelne Siedlungen/Quartiere/Niederspannungsnetze. Innerhalb der Bottom-Up-Modellierung können zwei weitere Berechnungsmethoden unterschieden werden: die Potenzialanalyse anhand von systemischen Kennzahlen und die Potenzialanalyse anhand von anwendungsbezogenen Kennzahlen.

Als systemische Kennzahl für die Potenzialermittlung können bspw. die virtuelle Speicherleistung und -kapazität des VE definiert werden, analog zu der installierten Leistung und Kapazität eines Großspeichers, bspw. eines Pumpspeicherkraftwerks. Beispiele hierfür stellen [21] und [22] dar. In ersterer Veröffentlichung wird eine Methode vorgestellt, bei der verschiedene Leistungs- und Kapazitätsabrufe von einem heterogenen Anlagenpool erbracht werden sollen, um die sog. Systemflexibilität zu ermitteln. Letztere Veröffentlichung stellt einen Ansatz vor, welcher es ermöglicht, den Einfluss der optimierten Fahrweise verschiedener Energieausgleichstechnologien (Erzeuger, Verbraucher, Speicher) mit dem Einfluss eines dedizierten Energiespeichers zu vergleichen.

Für anwendungsorientierte Potenzialanalysen werden in der Regel konkrete Anwendungsfälle modelliert, d.h. bspw. der Handel des VE am Strommarkt bzw. das Anbieten von Regelleistung. Ziel ist es, einen möglichst kostenminimalen bzw. erlösoptimierten Betrieb des VE zu erreichen. Die anwendungsorientierte Kennzahl könnte in diesem Fall bspw. der jährlich erzielbare Deckungsbeitrag für den VE sein. Wird die Simulation für verschiedene VE-Konstellationen (d.h. unterschiedliche Portfolios an teilnehmenden Anlagen) durchgeführt, ist über den Vergleich der Kennzahl ebenfalls eine vergleichende Aussage zu den verschiedenen Technologieportfolios möglich. Anwendungsorientierte Kennzahlen müssen jedoch nicht nur wirtschaftlicher Natur sein, sondern können auch ökologisch (bspw. CO₂-Emission) oder technisch (bspw. Minimierung Energieausgleichsbedarf) sein. Ein Beispiel für eine anwendungsorientierte Potenzialanalyse stellt [23] dar.

Das Ergebnis von statischen Potenzialanalysen kann als „theoretisches (technisches) Potenzial“ bezeichnet werden. Aufgrund der getroffenen Vereinfachungen überschätzt es in der Regel das nutzbare Potenzial deutlich. Die beschriebene Berechnungsmethode über systemische Kennzahlen führt zu einem „systemischen (technischen) Potenzial“. Dieses überschätzt das nutzbare Potenzial ebenfalls, aber nähert sich deutlich besser an dieses an als das theoretische Potenzial. Die beschriebene Berechnungsmethode über anwendungsbezogene Kennzahlen führt zu dem „nutzbaren Potenzial“ bzw. „anwendungsorientierten Potenzial“. Ein großer Unterschied zwischen dem systemischen und dem anwendungsorientierten Potenzial

besteht darin, dass für die Berechnung des anwendungsorientierten Potenzials ein konkretes Marktdesign unterstellt wurde. Dies bietet einerseits den Vorteil der Realitätsnähe (solange dieses Marktdesign unverändert bleibt), aber andererseits den Nachteil, dass bei Änderungen am Marktdesign neue Potenzialberechnungen durchgeführt werden müssen. An dieser Stelle ist das systemische Potenzial als deutlich robuster einzuschätzen.

Die erläuterte Unterscheidung der verschiedenen Potenzialbegriffe, zzgl. der jeweils geltenden Bilanzgrenzen für die Modellierung, wird nach [21] in Abbildung 5.6-1 dargestellt, wobei der darin verwendete Begriff „Flexibilität“ das Flexibilitätspotenzial meint.

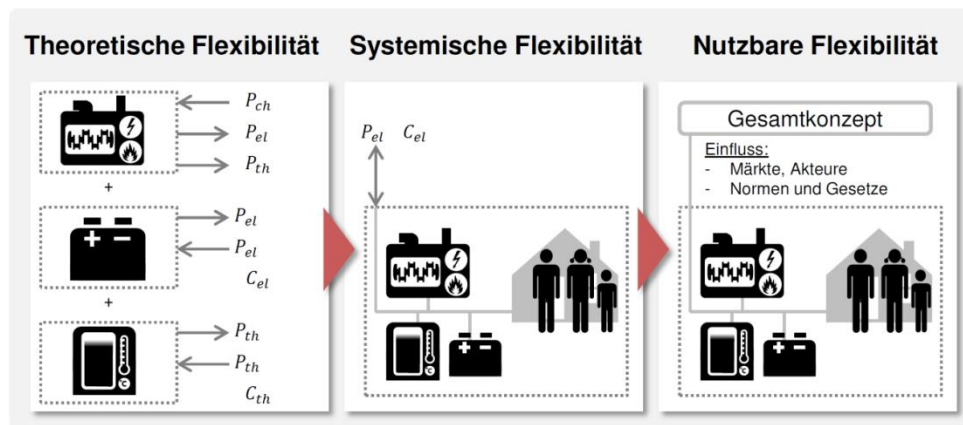


Abbildung 5.6-1: Übersicht Unterscheidung der Potenzialbegriffe, Quelle: [21]

Im Rahmen des ECES 28 wird innerhalb von Subtask 3 das Potenzial von verteilten elektrischen bzw. thermischen Energiespeichern ermittelt. Hierzu kommen mehrere der hier beschriebenen Berechnungsmethoden zum Einsatz. Die Arbeiten in Subtask 3 dauern noch an. Neben der Einbringung einer Übersicht über die verschiedenen Berechnungsmethoden ist geplant, dass Fraunhofer UMSICHT beispielhafte Ergebnisse aus verschiedenen Bottom-Up-Potenzialberechnungen beiträgt.

Anwendungen für Virtuelle Energiespeicher

Eine Übersicht über Anwendungen von Energiespeichern liefert Tabelle 5.6-2 Grundsätzlich sind die meisten Anwendungen auch für virtuelle Stromspeicher von Interesse. Eine Ausnahme bilden alle Anwendungen, die primär auf ein Objekt fokussiert sind. Die Fokussierung auf ein Objekt schließt aus, dass ein räumlich verteilter VE einen Nutzen für dieses konkrete Objekt erbringen kann. Dafür wäre ein physikalischer Stromspeicher im Objekt selbst notwendig. Die Anwendungen „Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs“, „Gewährleistung von Power Quality und Unterbrechungsfreier Stromversorgung“ sowie „Energieverschiebung zur Minimierung der Strombezugskosten“ haben in der Regel diese Objektfokussierung. Werden die Anwendungen dagegen für ein größeres Versorgungsgebiet konzipiert (bspw. Erhöhung EE-Deckungsanteil für eine bestimmte Region), sind sie prinzipiell für VE geeignet. Darüber hinaus stellt sich die Anwendung „Bereitstellung von Schwarzstartreserve“ als ungünstig dar, da im Falle eines Stromausfalls der informationstechnisch koordinierte Betrieb des VE nicht möglich ist (wenn hierfür nicht spezielle Maßnahmen vorgesehen werden). In Zukunft wird das Thema der Bereitstellung von Schwarzstartfähigkeit auch mit dezentralen Anlagen jedoch zunehmend wichtiger, weswegen in dieser Richtung aktuell Forschungsarbeiten durchgeführt werden. Darüber

hinaus ist für alle Anwendungen zu überprüfen, ob der als VE vorgesehene Anlagenpool die notwendigen technischen sowie organisatorischen Anforderungen erfüllt (bspw. hinsichtlich Mindestleistung, Anfahrzeit oder IKT-Anbindung). Insbesondere im Bereich der Regelleistung gelten sehr hohe Anforderungen. Grundsätzlich sind VE hierfür jedoch, zumindest im Bereich der Sekundär- und Tertiärregelleistung, gut geeignet.

Tabelle 5.6-2: Übersicht Speicheranwendungen für Stromspeicher, Quelle: [24]

Energieverschiebung durch Handel am Spotmarkt
Bereitstellung von Regelleistung
Bereitstellung von Schwarzstartreserve
Betriebsunterstützung konventionelles Kraftwerk
Gewährleistung von Power Quality und Unterbrechungsfreier Stromversorgung
Bereitstellung von Erzeugungsleistung
Vermeidung bzw. Verzögerung von Netz- und Betriebsmittelausbau
Bildung Hybridkraftwerk zur Direktvermarktung von Strom aus erneuerbaren Energieträgern
Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs
Energieverschiebung zur Minimierung der Strombezugskosten
Spitzenlastreduktion zur Minimierung des Netznutzungsentgeltes
Ausregelung von Prognosefehlern im Bilanzkreis
Geplanter Wirkleistungs-Bilanzausgleich

Ertragssituation für Virtuelle Energiespeicher

Sehr relevant für die Umsetzbarkeit von VE ist die Frage, wie hoch der erzielbare Deckungsbeitrag für mögliche Anwendungen ist. Hierfür wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes im ersten Schritt eine Literaturrecherche konzipiert, durchgeführt und ausgewertet. Ziel der Recherche war es, die publizierte Spannweite des jährlich erzielbaren Deckungsbeitrags für verschiedene Kombinationen aus Speicheranwendung und Speichertechnologie¹ zu ermitteln. Dies kann auch als grobe Abschätzung heran gezogen werden, wieviel ein VE in den verschiedenen Anwendungen Erlösen könnte. Es zeigte sich, dass in der Literatur insbesondere Ergebnisse für großtechnische Speicher (Pumpspeicher- und Druckluftspeicherkraftwerke) an den Spot- und Regelleistungsmärkten verfügbar waren. Die Haupt-Ergebnisse dieser Arbeiten bzw. der Arbeiten einer darauf aufbauenden weiterführenden Studie [25] werden im Folgenden genannt, für Details sei auf diese Studie verwiesen.

Für die Jahre 2002-2013 konnten Pumpspeicherkraftwerke bspw. einen Deckungsbeitrag zwischen 39 und 185 T€/MW_Ø (Median: 126 T€/MW_Ø)² erzielen, wenn sie gleichzeitig an den Spot- und Regelleistungsmärkten agieren. In den wenigen Studien, die sich mit Zukunftsprognosen beschäftigen, werden für die Zukunft Deckungsbeiträge in ähnlicher Größenordnung abgeschätzt. Dabei kam in der Vergangenheit insbesondere der Bereitstellung von sekundärer Regelleistung eine große Bedeutung für den Deckungsbeitrag zu. Hier sind jedoch seit 2014 zunehmend fallende Preise zu beobachten, da mehr Akteure in den Markt eintreten (bspw. Betreiber von Power-to-Heat-Technologien). Dagegen gehen mehrere Akteure davon aus, dass der Primärregelleistungsmarkt für Batteriespeicher eine wirtschaftliche Anwendung darstellt. Die Quellenbasis mit quantifizierenden Rechnungen hierzu ist jedoch sehr dünn. [25]

Die genannten Ergebnisse können als Abschätzung dafür dienen, was VE etwa an den Spot- und Regelleistungsmärkten verdienen können, wenn sie vergleichbar zu einem klassischen Stromspeicher agieren würden und dabei ein bestimmtes Verhältnis von installierter Kapazität zu installierter Leistung aufweisen (Pumpspeicherkraftwerke besitzen bspw. ein typisches Verhältnis von 4 bis 8 Wh/W). Bei VE variiert dieses Verhältnis je nach Zusammenstellung der teilnehmenden Anlagen und ggf. auch während des Betriebs (vgl. Abschnitt „Potenzialerhebung und Bewertung von virtuellen Energiespeichern“). Ebenso sind die technischen Charakteristika des VE entscheidend (bspw. bei der Frage, ob die bei Primär- bzw. Sekundärregelung geforderten Anfahrzeiten erreicht werden können). Letztendlich kann für VE selbst rückblickend für bekannte Marktpreise keine pauschalisierte Aussage zu erreichbaren Deckungsbeiträgen getroffen werden. Diese müssen stattdessen für jedes Anlagenportfolio individuell bestimmt werden. Prognosen für die Zukunft sind daher entsprechend schwierig und nur mit Hilfe komplexer Modelle und einer Vielzahl an Modellrechnungen zu ermitteln.

Managementsysteme für Virtuelle Energiespeicher

Ziel des VE ist es, eine Speicherdienstleistung gegenüber dem Energiesystem zu erbringen. Dies ist nur möglich, wenn die einzelnen, am VE teilnehmenden Anlagen (Erzeuger, Speicher, Verbraucher) von einem Managementsystem koordiniert werden. Die Koordination ist zum ei-

¹ Klassische Stromspeichertechnologien (bspw. Pumpspeicherkraftwerke, Batterien, etc.)

² Bei manchen Stromspeichertechnologien (u.a. bei Pumpspeicherkraftwerken) kann eine unterschiedliche Ein- und Ausspeicherleistung installiert sein. Daher wird an dieser Stelle die mittlere, installierte Leistung als Bezugsgröße zur spezifischen Angabe des erzielbaren Deckungsbeitrags gewählt. Dies wird durch den Index Ø ausgedrückt.

nen erforderlich, um im Vorfeld verbindliche Angebote abgeben zu können (bspw. ein Gebot am Day-Ahead-Spotmarkt zu platzieren oder an der Auktion für die Bereitstellung von Regelleistung teilzunehmen). Zum anderen ist nach Vertragsabschluss sicherzustellen, dass zum vereinbarten (bzw. im Falle von Regelleistungsabrufen kurzfristig bekannt gegebenen Zeitpunkt) die entsprechende Leistung in das Netz eingespeist oder aus dem Netz entnommen wird.

Es gibt drei grundlegende Typen von Managementsystemen, die für VE genutzt werden können. Diese unterscheiden sich darin, wie sie strukturiert sind und auf welchem Strukturlevel die Optimierungsintelligenz angeordnet ist (vgl. Abbildung 5.6-2).

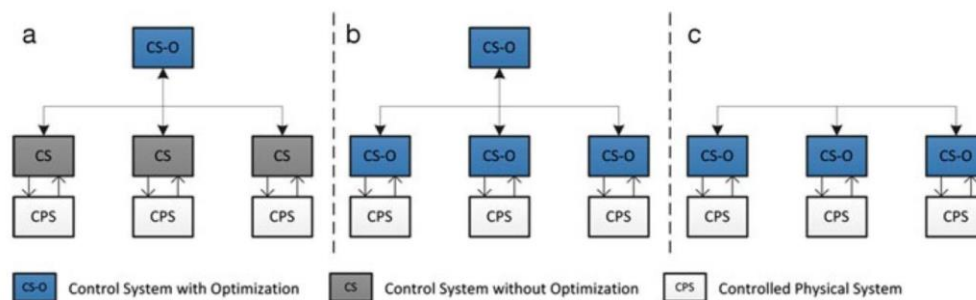


Abb. 2.3 a Zentral-hierarchische, b dezentral-hierarchische und c dezentrale Führungsstruktur

Abbildung 5.6-2: Grundlegende Typen an Managementsystemen, Quelle: [26]

Das zentral-hierarchische Managementsystem basiert auf einer zentralen Instanz mit Optimierungsintelligenz. Diese hat Kenntnis über alle für die Planung des Betriebs relevanten Informationen (sowohl technische und ökonomische Daten der teilnehmenden Anlagen als auch Informationen über die übergeordnete Anwendung bspw. Preisprognosen für Spotmarkt). Unter Berücksichtigung aller Informationen wird der optimale Fahrplan für den VE bzw. die Fahrpläne für die teilnehmenden Anlagen erstellt. Diese Fahrpläne werden an die teilnehmenden Anlagen übertragen und sind von diesen bzw. deren lokalen Steuerungssystemen umzusetzen.

Das dezentrale Managementsystem hat dagegen keinerlei zentrale Optimierungsinstanz. Stattdessen besitzt jede teilnehmende Anlage eine eigene lokale Optimierungsinstanz. Diese lokalen Agenten kommunizieren und verhandeln lediglich untereinander, um in Summe das gewünschte Verhalten für den VE zu erreichen. Dabei müssen die lokalen Agenten in irgendeiner Form eine Information zum gewünschten Verhalten erhalten (bspw. über eine Preisprognose oder die Messung der Netzfrequenz).

Der Typ des dezentral-hierarchischen Managementsystems liegt zwischen den beiden anderen Typen und kann verschiedene Ausprägungen annehmen, die mehr oder weniger stark zentralisiert bzw. dezentralisiert sind. Die Hauptcharakteristik dieses Typs besteht darin, dass es sowohl eine zentrale Optimierungsinstanz gibt, die den Einsatz des VE am Markt koordiniert, als auch hierarchisch darunter angeordnete lokale Optimierungsinstanzen. Teilweise gibt es auch Ansätze, die mehrere Zwischenebenen mit Optimierungsintelligenz vorsehen. Beim dezentral-hierarchischen Managementsystem werden nicht alle Informationen von den Einzelanlagen an die zentrale Optimierungsinstanz weitergegeben, sondern soweit möglich bereits lokal bzw. auf einer Zwischenebene verarbeitet.

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile, die mit einer höheren (De-) Zentralisierung einhergehen qualitativ dargestellt:

- Je zentralisierter ein Managementsystem ist, desto eher wird für den VE das globale Optimum erreicht, da die Optimierung auf eine vollständige Informationsbasis zurückgreifen kann. Dagegen können dezentralere Systeme – unter Umständen auf Kosten des Gesamtoptimums – ggf. für die teilnehmenden Anlagen vorteilhafter sein, da lokale Zielfunktionen stärker berücksichtigt werden.
- Dezentralisierte Managementsysteme sind besser skalierbar, d.h. ermöglichen es, größere Anzahlen an Anlagen in einem VE zu aggregieren.
- Die innerhalb eines Schrittes übertragenen Informationen hängen nicht zwangsläufig von dem Typ des Managementsystems ab, sondern von dessen konkreter Umsetzung. Trotzdem gilt, dass eine zentrale Optimierungsinstanz – allein aufgrund der Vielzahl an Anlagen, die Informationen an sie versenden – einen großzügig dimensionierte Datenschluss (bspw. DSL-Leitung) besitzen muss. Bei dezentral-hierarchischen oder dezentralen Architekturen ist die benötigte Übertragungsleistung geringer, das insgesamt ausgetauschte jedoch Datenvolumen kann dort jedoch je nach Architektur aber deutlich größer sein. Dies liegt daran, dass in dezentral-hierarchischen oder dezentralen Managementsystemen häufig eine Vielzahl an Iterationsschritten vorgesehen ist (bspw. für Verhandlungen zwischen den lokalen Agenten untereinander oder zwischen den dezentralen Optimierungsinstanzen mit der zentralen).
- Systeme mit höherer Dezentralisierung erleichtern den Datenschutz.
- Bei dezentralen Systemen existiert kein „Single Point of Failure“.
- Zentralere Systeme stimmen teilweise besser mit den heutigen, regulatorischen Anforderungen überein. Beispielweise verbieten die informationstechnischen Vorgaben der Übertragungsnetzbetreiber in Deutschland bei der Bereitstellung von Regelleistung, dass die einzelnen technischen Einheiten untereinander kommunizieren [27].

State-of-the-Art von Virtuellen Energiespeichern

Zu Beginn erfolgt ein grober Überblick über State-of-the-Art von VK, VE sowie DSM, bevor in der weiterführenden Untersuchung eine Konzentration auf VE-Projekte erfolgt. Diese werden im Hinblick auf ihren Umsetzungsstatus, ihre ECES 28-Kategorie, den Typ der Anwendung sowie den Typ des Managementsystems klassifiziert.

DSM ist seit vielen Jahren nicht nur Gegenstand von Forschungsprojekten, sondern teilweise bereits erfolgreich im kommerziellen Betrieb umgesetzt. Die kommerziellen Projektbeispiele beschränken sich in der Regel jedoch entweder auf große steuerbare Lasten (bspw. Stahlhöfen) oder auf Technologien, die in der Gruppe über einfache Steuersignale kontrollierbar sind (bspw. die Beladung von Elektrospeicherheizungen über Rundsteuersignale). Im Bereich der Forschung zu DSM wurde in den letzten Jahren der Fokus auf den Zusammenschluss einer Vielzahl an heterogenen Systemen (bspw. verschiedene Haushaltsgeräte) gelegt und dabei innovative Ansätze für Managementsysteme getestet. Dabei wurden sowohl automatisierte Managementsysteme entwickelt, als auch in mehreren Projekten erforscht, inwiefern (End-)Kunden bereit sind, ihr Verbrauchsverhalten auf ein Preissignal hin zu ändern.

Im Bereich der VK konnte in den letzten Jahren eine zunehmende Kommerzialisierung beobachtet werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht in allen Fällen bereits heute ein wirtschaftlicher Betrieb erreicht werden kann, sondern teilweise auch VK unter der Maßgabe errichtet werden, dass sie als wichtiges Zukunftselement angesehen werden und der jeweilige Akteur erste operative Erfahrungen sammeln will. In der Vergangenheit basierten VK in der

Regel auf dem Zusammenschluss vergleichsweise weniger, relativ großer und homogener Anlagen. Ein typischer Fall ist bspw. ein VK aus mehreren KWK-Anlagen, die negative Regelleistung anbieten. Im Abruffall (d.h. der Abschaltung/Runterregelung der KWK-Anlagen), würde zur Deckung der Wärmelieferverpflichtung ein Gaskessel angeschaltet. Ein weiteres Beispiel ist die Direktvermarktung von bspw. einer Vielzahl an Biogasanlagen. Heute ist zunehmend ein Trend zu stärker heterogenen VK-Portfolios und kleineren Einheiten zu beobachten. Allerdings werden nach wie vor in der Regel keine Anlagen kleiner 100 kW eingebunden, da ca. in diesem Leistungsbereich der Break-Even-Punkt unterschritten wird, bei dem die zu erwartenden Erlöse die Kosten für die informationstechnische Ertüchtigung der Anlage noch decken. Kommerzielle VK nutzen in der Regel zentral-hierarchische Managementsysteme. In der Regel sind jedoch nur wenige bzw. keine Informationen darüber bekannt, wie darin die Anlagen-einsatzplanung umgesetzt wird. Die Bandbreite kann dabei variieren zwischen detailreichen Optimierungsmodellen einerseits und einfachen heuristischen Betriebsregeln andererseits.

VE befinden sich dagegen weit überwiegend in der F&E-Phase. In den letzten Jahren wurden einige Forschungsprojekte durchgeführt, die VE in Feldtests praktisch demonstriert haben. VE haben in der Regel ein stark heterogenes Technologieportfolio und es werden – im Bereich der Forschung – Konzepte getestet, die auch sehr kleine Anlagen einbinden. Die Heterogenität des Anlagenportfolios sowie die Einbindung einer Vielzahl an Anlagen führt zu dem Bedarf an komplexen Managementsystemen. Daher lag ein wichtiger Fokus dieser Projekte auf der Entwicklung und dem Test von innovativen Managementsystemen.

Ein Ergebnis der Rechercharbeiten zum State-of-the-Art von VE stellt die in Anhang 8 befindliche Liste dar. Diese umfasst alle Projekte, bei denen die eingangs formulierte Definition für VE zutrifft³. Dabei lag der Fokus der Recherche auf Deutschland. Ziel war es eine Liste relevanter Projekte zu initiieren, die als Basis für die im Rahmen des ECES 28 angestrebte Auswertung von Best-Practice-Beispielen verteilter Energiespeicher dienen und von den Projektpartnern v.a. für den internationalen Kontext erweitert werden kann. Durch die Klassifizierung in die im Folgenden ausgewerteten Kategorien konnte zudem der aktuelle State-of-the-Art bewertet werden.

Abbildung 5.6-3 klassifiziert die Projekte nach dem Typ des Projekts hinsichtlich ihres Umsetzungsstatus. Es zeigt sich, dass die überwiegende Anzahl der Projekte zu VE Feldtests durchführen, um praktische Betriebserfahrungen zu sammeln (bspw. im Hinblick der informations- und steuerungstechnischen Ertüchtigung von Bestandsanlagen oder die Erprobung neuentwickelter Managementsysteme). Der typische Fokus der aufgeführten theoretischen Studien liegt ebenfalls auf der Neu- bzw. Weiterentwicklung von Managementsystemen⁴.

- ³ Ein Projekt wurde dann als VE-Projekt klassifiziert, wenn mindestens 2 der 3 Anlagentypen (dezentrale Erzeuger, Verbraucher, Speicher) aggregiert wurden, da dann das Kriterium des Regelbereichs zwischen -1 (Strombezug) und +1 (Stromeinspeisung) erreicht wurde. Dies kann im Einzelfall nicht ausschließen, dass das Anlagenportfolio während des Demonstrationsbetriebs im Projekt trotz dieses potenziellen Regelbereichs eher wie ein VK oder ein DSM-System betrieben wurde. Eine diesbezügliche Detailanalyse wäre über den Rahmen des vorliegenden Projektes jedoch hinausgegangen. Um zukünftige Auswertungen zu erleichtern enthält die Projektliste jeweils einen Verweis auf weiterführende Literatur zum Projekt.
- ⁴ Bewusst nicht aufgenommen in die Liste wurden dagegen theoretische Studien zu anderen – zwar wichtigen, aber hier nicht im Fokus befindlichen – Forschungsaspekten zu VE, wie bspw. Datensicherheit, IKT oder Geschäftsmodellen.

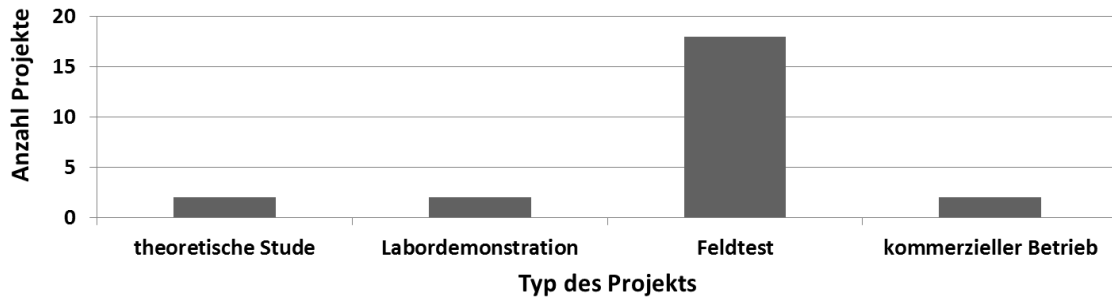


Abbildung 5.6-3: Auswertung nach Umsetzungsstatus

Im Rahmen des ECES 28 wurde für die systematische Sammlung von Best-Practice-Beispielen für verteilte Energiespeicher die in Abbildung 5.6-4 dargestellte Matrix entwickelt. Diese unterscheidet sowohl nach Energiespeichertechnologie (A – elektrischer Speicher (EES), B – elektrische und thermische Speicher (EES+TES), C – thermischer Speicher (TES) oder D – Power-to-Gas (P2G)), als auch nach Anbindungsgrad an das elektrische Netz (1 – Betrieb im Stromnetz, 2 – Netzgekoppelt aber nach lokalem Ziel betrieben, 3 – ohne Netzan-schluss).

ECES 28 DESIRE: Integration of Renewable Energies on different levels by usage of distributed thermal and/or electrical energy storage

	EES	EES + TES	TES	P2G
Electric grid operated	A-1	B-1	C-1	D-1
Electric grid connected, but local optimized	A-2	B-2	C-2	D-2
„Island“ solution	A-3	B-3	C-3	D-3

Abbildung 5.6-4: ECES 28-Kategorien [28]

Da die an einem VE teilnehmenden Anlagen, definitionsgemäß, über das Stromnetz miteinander gekoppelt sein müssen, sowie gemeinsam eine übergeordnete Anwendung (im Netz bzw. im Markt) verfolgen, sind alle Projekte der Kategorie 1 zuzuordnen. Darüber hinaus ist die Heterogenität vieler VE-Projekte zu erkennen, da die Mehrzahl der Projekte sowohl thermische als auch elektrische Speicher in den VE integriert (vgl. Abbildung 5.6-5). Am zweithäufigsten werden thermische Speicher eingesetzt. Diese werden beispielsweise benötigt, um KWK-Anlagen, Elektrospeicherheizungen oder Wärmepumpen zu flexibilisieren (Entkopplung von Stromproduktion bzw. -bezug und Wärmebedarf).

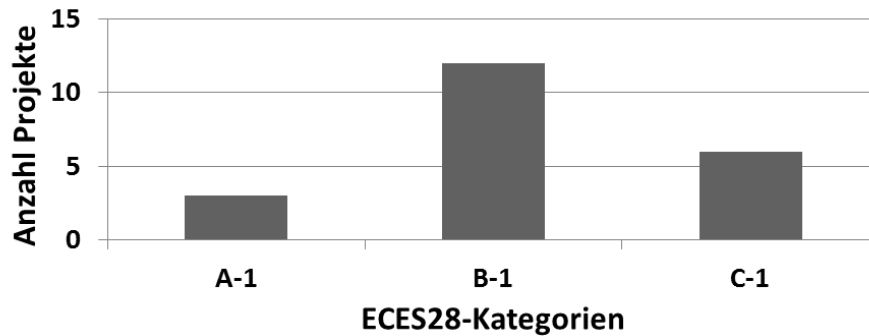


Abbildung 5.6-5: Auswertung nach ECES 28-Kategorien

Für die Auswertung nach Typ der Anwendung werden die im Abschnitt „Anwendungen für Virtuelle Energiespeicher“ ausführlicher beschriebenen Anwendungen in die folgenden Haupttypen eingeteilt:

- Marktorientierte Anwendungen (bspw. Spotmarkt, Regelleistungsmarkt)
- Netzorientierte Anwendungen (bspw. Spannungsstabilität, Leistungsflusskontrolle)
- Energieausgleich (allgemeiner Ausgleich zwischen Stromerzeugung und Verbrauch -> systemische Sichtweise)

In Abbildung 5.6-6 wird ersichtlich, dass die überwiegende Anzahl an Projekten marktorientierte Anwendungen adressiert. Einen Sonderfall stellen dabei Projekte dar – i.d.R. jüngere Projekte – die zusätzlich zu der marktorientierten Zielfunktion als Nebenbedingung den Netzzustand und daraus resultierende Restriktionen für den Betrieb des VE berücksichtigen.

Zudem ist in Abbildung 5.6-6 die Auswertung nach Typ des Managementsystems enthalten. Eine weiterführende Auswertung nach Jahr des Beginns der Projektbearbeitung und verwendetem Managementsystem ergab, dass anfangs ausschließlich zentral-hierarchische Managementsysteme verwendet wurden, analog zu den damals bereits existierenden Virtuellen Kraftwerken. Die Entwicklung des ersten dezentral-hierarchischen Managementsystems wurde im Jahr 2004 begonnen. Seit 2008/2009 hält sich die Anzahl der Projekte, welche sich für ein dezentral-hierarchisches Managementsystem entscheiden, zu denen, die ein zentral-hierarchisches Managementsystem bevorzugen, in etwa die Waage. Rein dezentrale Systeme sowie nicht-automatisierte preissignalgesteuerte Ansätze spielen dagegen eine eher untergeordnete Rolle.

Durch die Verknüpfung der beiden Auswertungen zu Typ des Managementsystems sowie Typ der Anwendung fällt zudem auf, dass die rein dezentralen Managementsysteme entweder in einer netzorientierten Anwendung oder dem Energieausgleich im Allgemeinen zum Einsatz kommen, nicht jedoch für marktorientierte Anwendungen. Die insgesamt am häufigsten umgesetzte Kombination ist analog zu Virtuellen Kraftwerken eine marktorientierte Anwendung mit zentral-hierarchischem Managementsystem.

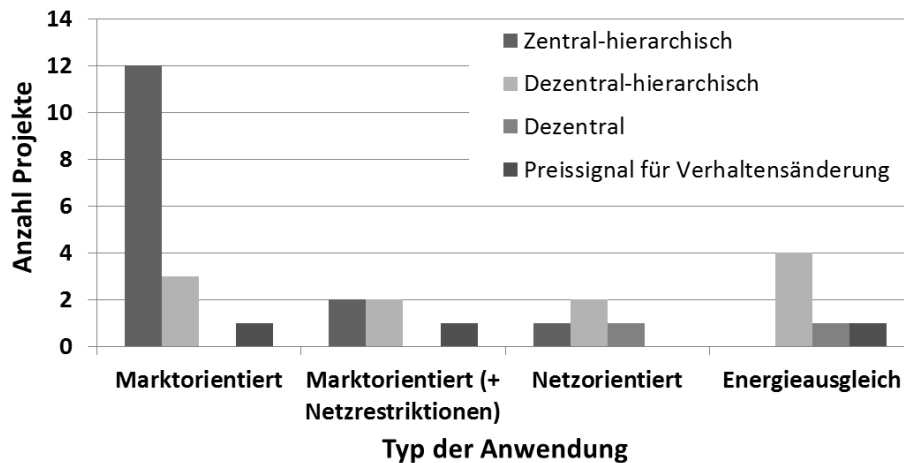


Abbildung 5.6-6: Auswertung nach Typ der Anwendung und Typ des Managementsystems

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Virtuelle Energiespeicher bilden eine technologische Alternative zu klassischen Großspeichern. Der VE agiert gegenüber dem Stromsystem wie ein klassischer Stromspeicher, d.h. der Betrieb kann zwischen -1 (Strombezug aus dem Netz) und +1 (Einspeisung von Strom in das Netz) variiert werden. Dadurch unterscheidet er sich vom Demand Side Management bzw. von Virtuellen Kraftwerken. Um diese Bedingung zu erfüllen, ist es erforderlich, dass entweder mehrere dezentrale Speicher aggregiert werden, oder dass zwei der drei Anlagentypen (dezentrale Erzeuger, Verbraucher, Speicher) Bestandteil der Aggregation sind. Diese Technologien sind in städtischen Gebieten besonders zahlreich anzutreffen, weswegen sich diese insbesondere für die Errichtung von VE eignen.

Aufgrund der besonderen Herausforderung, dass eine Vielzahl auch kleiner sehr heterogener Einheiten miteinander aggregiert werden soll, existiert insbesondere im Bereich der Managementsysteme noch ein großer Forschungsbedarf. Aufgrund der strukturellen Unterschiede zu kommerziellen DSM- bzw. VK-Systemen sind die dort verwendeten Lösungen nicht so einfach übertragbar. Es wurden in den vergangenen Jahren verschiedenste Lösungsansätze untersucht, sowohl im Rahmen von Simulationen als auch in Feldtests. In Zukunft sollte der Fokus neben der Neu-/Weiterentwicklung von Managementsystemen zunehmend auf dem Vergleich der verschiedenen Lösungen liegen, um nach und nach für verschiedene Portfolios und verschiedene Anwendungen die jeweils am besten geeigneten Systeme zu identifizieren.

Ebenso besteht weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf die technischen und wirtschaftlichen Potenziale verschiedener VE-Portfolios in verschiedenen Anwendungen. Aufgrund der hohen Individualität jedes VE kann keine pauschale Aussage über erzielbare Deckungsbeiträge getroffen werden. Hier wäre es zielführend Simulationen für besonders relevante Situationen (bspw. in typischen Siedlungstypen/Quartiersituationen anzutreffende Anlagenportfolios) durchzuführen.

Einen weiteren Aspekt stellt darüber hinaus die Entwicklung von Szenarien und Geschäftsmodellen für die Zukunft dar. Beispielsweise könnte erwartet werden, dass sich neben den heute existierenden Märkten weitere Erlösquellen etablieren, bspw. in Form von Flexibilitätssdienstleistungen.

6 Zusammenfassung

Der vierte Monitoring-Bericht zur Energiewende, der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi im November 2015 veröffentlicht wurde, zeigt erste Erfolge, aber auch Handlungsfelder. Auf der einen Seite entwickelt sich der Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung sehr positiv: bereits 30 % des Stromverbrauchs werden über erneuerbare Energien gedeckt. Auf der anderen Seite zeichnet sich ab, dass einige Ziele möglicherweise nicht erreicht werden, wie z.B. im Bereich der Energieeffizienz (v.a. Sanierungsrate) und der erneuerbaren Wärmeversorgung. Hier können energieeffiziente Stadtquartiere einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten: sie bieten die Möglichkeit, eine effiziente Wärmeversorgung auf Basis von erneuerbaren Energien mit Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfes von Gebäuden zu verknüpfen (vgl. Abbildung 5.6-1). Mit diesem integralen Ansatz können wirtschaftlich optimierte Sanierungskonzepte entwickelt und die Sanierungsrate verbessert werden.

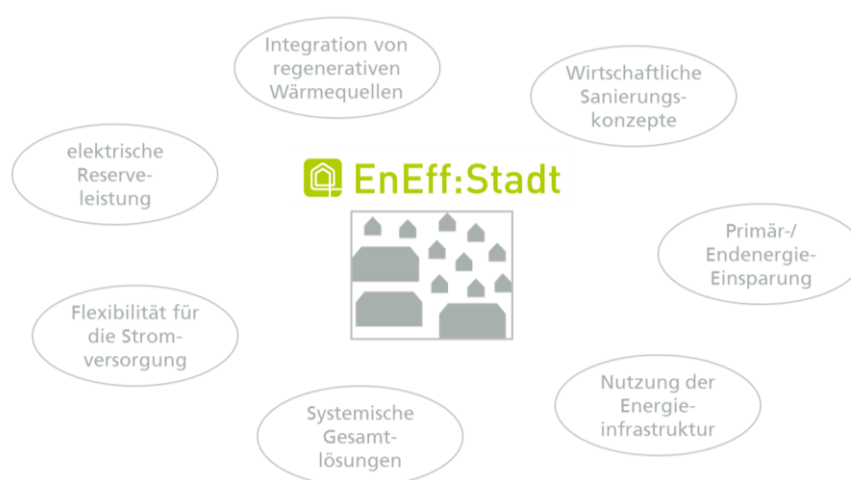


Abbildung 5.6-1: Rolle energieeffizienter Stadtquartiere in der Energiewende

Die im Rahmen der Begleitforschung durchgeführte Querauswertung der EnEff:Stadt-Projekte hat gezeigt, dass die gesteckten Ziele der Förderinitiative erreicht werden: durch die Verbindung von Maßnahmen zur Senkung des Gebäudeenergiebedarfs mit einer effizienten Energieversorgung auf Basis von regenerativen Energien beträgt die ermittelte Primärenergieeinsparung der EnEff:Stadt-Projekte rund 70 % (vgl. Abbildung 5.6-2). Der Endenergiebedarf der Wärmeversorgung konnte im Mittel um 47 % reduziert werden. Der Strombedarf der Quartiere konnte ebenfalls gesenkt werden, und wird zunehmend über regenerative Energien vor Ort gedeckt.

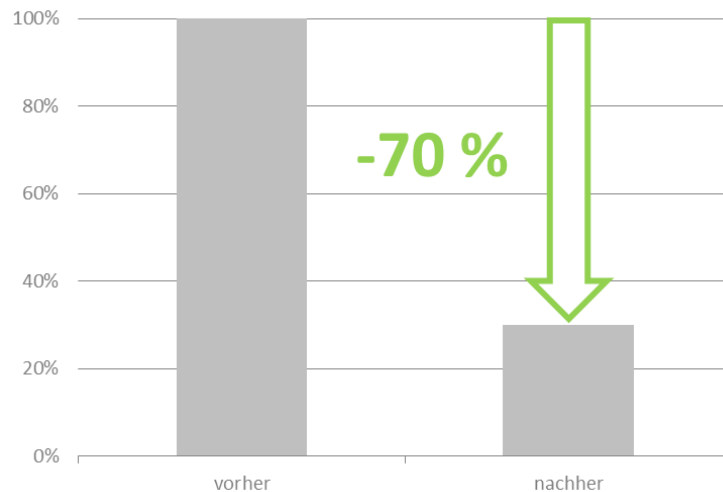


Abbildung 5.6-2: Relative Primärenergieeinsparung der EnEff:Stadt-Projekte

Aufgrund der Komplexität von Quartiersprojekten kommt der praktischen Umsetzung in Demonstrationsprojekten eine große Bedeutung zu. Nur durch ausgeführte Demonstrationsprojekte können wichtige Praxiserfahrungen von der Konzeptentwicklung über die Planung bis hin zur Umsetzung und zum Betrieb gesammelt und ausgewertet werden. Ein Schwerpunkt der Begleitforschung lag entsprechend auf der Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, um die in den Demonstrationsprojekten gesammelten Erfahrungen zu erfassen, zu diskutieren und der Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen. Es wurden ein Messleitfaden und ein Bilanzierungstool sowie eine strukturierte Projektdokumentation entwickelt, um die Projekte in der Erfassung wichtiger Projektergebnisse und –erfahrungen zu unterstützen. Gleichzeitig wurden dadurch die Vergleichbarkeit der Planungs- und Messgrößen sowie die Bewertbarkeit der Ergebnisse gewährleistet. Weiterhin wurden Methoden entwickelt, um die Kommunikation sowohl zwischen den Projekten als auch zwischen den Projekten, der Begleitforschung und dem Projektträger zu verbessern. Insbesondere das Projektleiter-Meeting hat sich als sehr effektives Werkzeug herausgestellt, um Projektergebnisse und –erfahrungen zu erfassen und zu diskutieren, die weder über Abschlussberichte noch über Messungen erfasst werden. Durch den direkten Erfahrungsaustausch zwischen den Projekten fand das Projektleiter-Meeting hohe Akzeptanz bei den Projektleitern und -bearbeitern. Gleichzeitig haben die ermittelten Hemmnisse und Forschungsbedarfe wichtige Impulse für die Querauswertung und die Weiterentwicklung der Förderinitiative gegeben.



Abbildung 5.6-3: Wichtige Elemente der Förderinitiative EnEff:Stadt: Umsetzung von Demonstrationsprojekten und Erfahrungsaustausch in Praxisworkshops und Projektleiter-Meetings

Die Erfahrungen aus den Demonstrationsprojekten zeigen, dass eine Kombination von moderaten Energieeinsparmaßnahmen am Gebäude und einer effizienten Energieversorgung zu sehr guten Ergebnissen führen. Mit diesem Ansatz lassen sich wirtschaftliche Sanierungskonzepte umsetzen. Allerdings ergaben sich Differenzen zwischen Zielwerten und Messergebnissen. Somit kommt der Betriebsoptimierung eine große Bedeutung zu, um langfristig die angestrebten Einsparungen zu erreichen. In den untersuchten Quartiersprojekten stellten Wärmenetze einen wichtigen Bestandteil dar: alle EnEff:Stadt-Projekte verfügen über ein Wärmenetz, in das im Mittel drei bis vier Wärmeerzeuger einspeisen. Ein Schwerpunkt der Untersuchungen lag dabei auf der Einbindung regenerativer Wärmequellen. Bei der Verbesserung der Gebäudeeffizienz wurde in den EnEff:Stadt-Projekten baulich eher moderat vorgegangen. Die Ergebnisse der Projekte haben gezeigt, dass mit steigender Energieeffizienz der Gebäude der relative Einfluss des Nutzerverhaltens steigt. Auch hier ist neben einer Aufklärung der Nutzer die fortlaufende Überprüfung der erzielten Einsparungen von großer Bedeutung.



Den großen Potenzialen von Quartiersprojekten zur effektiven Primärenergieeinsparung und zur Umsetzung von wirtschaftlichen Sanierungskonzepten stehen hohe Anforderungen bei Konzeptentwicklung, Planung und Umsetzung gegenüber. Zum einen liegt dies in der Vielzahl der einsetzbaren Technologien und Lösungsansätzen begründet, zum anderen müssen viele Akteure mit unterschiedlichen Zielsetzungen in das Projekt integriert werden. Daher bieten Projekte mit nur einem Gebäudeeigentümer günstige Voraussetzungen für die Umsetzung von Quartiersprojekten.

Weiterhin ist aufgrund der komplexen Umsetzungsprozesse immer ein verantwortlicher Akteur mit hohem persönlichem Engagement für erfolgreiche EnEff:Stadt-Projekte erforderlich. Der Einsatz von Planungshilfsmitteln ist von großer Bedeutung, um bei der Komplexität der Aufgabe erfolgversprechende Lösungen zu entwickeln und die gesteckten Ziele über den gesamten Planungsprozess zu verfolgen. In den EnEff:Stadt-Projekten wurde eine große Anzahl an Planungshilfsmitteln eingesetzt, allerdings fehlen Werkzeuge in einer frühen Projektphase zur

strategischen Vorplanung und zur Konzeptentwicklung. Hier stellt der Energiekonzept-Berater für Stadtquartiere ein neues Planungshilfsmittel dar, das im Rahmen der Begleitforschung entwickelt wurde und diese Lücke schließen soll. Entwicklungsbedarf im Bereich der Planungshilfsmittel besteht in der Strom-Wärme-Integration, bei praxisorientierten Optimierungstools für komplexe Systeme sowie im Bereich der Praxisdaten für Investitionskosten. Darüber hinaus liegt in der Planung ein kritischer Punkt im Übergang zwischen Konzept- und Umsetzungsphase. Dabei stellen die Überführung der Planungsergebnisse und der Datenbasis, der Übergang zu neuen Projektakteuren sowie die zeitliche Abstimmung von Projektfortschritt, -entscheidungen und -finanzierung ein Risiko für die Umsetzung komplexer Quartiersprojekte dar.

Die Ergebnisse von EnEff:Stadt und der Querauswertung der Projekte haben im Hinblick auf die Energiewende gezeigt, dass mit dem Quartiersansatz sehr effektiv Energieeinsparungen erzielt werden können. Die gute wirtschaftliche Effizienz bietet einen Ansatz zur Verbesserung der Sanierungsrate. Gleichzeitig kann mit Quartiersprojekten die erneuerbare Wärmeversorgung voran gebracht werden. Gute Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung von energieeffizienten Stadtquartieren bieten Quartiere mit einem Eigentümer und Siedlungstypen mit geringer Differenzierung. Darüber hinaus bieten Quartierskonzepte über den integralen Lösungsansatz die Möglichkeit, Technologien und Maßnahmen in geeigneter Form zu kombinieren. Zukünftig bietet sich dadurch ein großes Potenzial im Bereich der Strom-Wärme-Integration: Wärmeversorgungssysteme können kostengünstig Probleme lösen, die im Bereich der elektrischen Energieversorgung durch die steigende Fluktuation der Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie zu erwarten sind. Mit dem Ausbau der regenerativen Stromerzeugung werden sich entsprechende Energiemärkte ausbilden, so dass sich in diesem Bereich neue Erlösquellen für Quartierskonzepte ergeben.

Literatur

- [1] Roth, U.; Häubi, F.; Albrecht, J.; Bischoff, M.; Deucher, A.; Harder, L.; Langgraf, B.; Pape, G.: Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen. Schriftenreihe „Raumordnung“ / 06 ; 044 des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn, 1980.
- [2] Blesl, M.: Räumlich hoch aufgelöste Modellierung leitungsgebundener Energieversorgungssysteme zur Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2002.
- [3] Erhorn-Kluttig, H. et al.: Energetische Quartiersplanung: Methoden – Technologien – Praxisbeispiele. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2011. ISBN 978-3-8167-8411-1.
- [4] pro:21 GmbH, Projektträger Jülich (Hrsg.): Case Studies and Guidelines for Energy Efficient Communities: A Guidebook on Successful Urban Energy Planning. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2013.
- [5] Wrobel, P.; Schnier, M.; Schill, C.; Kanngießler, A.; Beier, C.: Planungshilfsmittel: Praxiserfahrungen aus der energetischen Quartiersplanung. Hrsg.: pro:21 GmbH, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2016.
- [6] Becker, J. et al. (Hrsg.): Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik: Arbeitsbericht Nr. 62 – Ein Entscheidungsmodell für die Auswahl von Standardanwendungssoftware am Beispiel von Warenwirtschaftssystemen, PDF, Institut für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 1998. Verfügbar unter: http://www.econbiz.de/archiv1/2008/26498_entscheidungsmodell_auswahl_standardanwendungssoftware.pdf, zuletzt abgerufen am 30.07.2015.
- [7] Erhorn, H.; Erhorn-Kluttig, H.; Reiß, J.: Leitfaden für Monitoringkonzepte in EnEff:Stadt. Fraunhofer IBP, Stuttgart, 2009.
- [8] Neumann, C.; Herkel, S.; Reiß, J.: Leitfaden für das Monitoring der Demonstrationsbauten im Förderkonzept EnBau und EnSan. Fraunhofer ISE, Freiburg, 2006.
- [9] DIN - Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): DIN V 18599 – Energetische Bewertung von Gebäuden: Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Ausgabe 2013. Beuth Verlag, Berlin, 2013. ISBN 978-3-410-23938-3.
- [10] Bundesregierung: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV). Nichtamtliche Lesefassung. 2009 u. 2013.
- [11] Erhorn-Kluttig, H.; Erhorn, H.: Energetische Bilanzierung von Quartieren: Ergebnisse und Benchmarks aus Pilotprojekten – Forschung zur energieeffizienten Stadt. Schriftenreihe EnEff:Stadt. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2016. ISBN 978-3-8167-9629-9.
- [12] European Parliament and the Council of the European Union: Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union, 2010.

- [13] DIN - Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): DIN 276 – Kosten im Bauwesen – Ausgabe 1993. (Neuere Ausgaben sind vorhanden. Derzeit erhältlich z.B. DIN 276-1:2008-12 (Hochbau). Beuth Verlag, Berlin, 2008.
- [14] Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI): BKI Baukosten Gebäude + Bauelemente + Positionen Neubau bzw. Altbau 2015. BKI, 2015. ISBN 978-3-941679-94-8 bzw. ISBN 978-3-945649-05-3.
- [15] Erhorn-Kluttig, H.; Doster, S.; Erhorn, H.: Der energieeffiziente Universitätscampus: Pilotprojekte der Forschungsinitiative EnEff:Stadt. Schriftenreihe EnEff:Stadt. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2016. ISBN 978-3-8167-9546-9.
- [16] Agentur für Erneuerbare Energien e.V, (Hrsg.): Regionale Wertschöpfung durch die Nutzung Erneuerbarer Energien, Hintergrundinformation, Berlin, 12/2009.
- [17] Mühlhoff, J.: Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Vorabergebnisse der Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) Renews Spezial, Ausgabe 39 / 08/2010, Hintergrundinformation der Agentur für Erneuerbare Energien, 2010.
- [18] Bernd, H.; Aretz, A.; Prah, A.; Böther, T.; Heinbach, K.; Pick, D; Funcke, S.: Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien, Schriftenreihe des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung 196/10, Berlin, 09/2010. Verfügbar unter: <https://www.unendlich-viel-energie.de>
- [19] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), (Hrsg.): EQ II – Erweiterte Bilanzierung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen auf Quartiersebene (ExWoSt-Studie). Verfügbar unter: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ExWoSt/48/exwost-48.pdf;jsessionid=30F1FFA8BE1C190E2ED44BC22C800580.live21304?_blob=publicationFile&v=2.
- [20] Stadler, I.: Demand Response. Nichtelektrische Speicher für Elektrizitätsversorgungssysteme mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Habilitation. Universität Kassel. Fachbereich Elektrotechnik. Kassel, 2006. Verfügbar unter: dissertation.de. ISBN: 9783866240926.
- [21] Metz, M.: Flexible Energieversorgung - Modellierung der Last- und Erzeugungssituation dezentraler Versorgungsgebiete zur Bestimmung der Systemflexibilität. Dissertation. Technische Universität Dortmund. Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft/ Fraunhofer UMSICHT. Dortmund, 2014. Verfügbar unter: <http://hdl.handle.net/2003/33484>
- [22] Haase, B.; Rehtanz, C.: A valuation method for demand side management with heat supply systems and the influence of optimization strategies. In: 2015 IEEE Eindhoven PowerTech. Eindhoven, Netherlands, S. 1–6, 2015
- [23] Winkel, M.: Simulation und Analyse des kombinierten Einsatzes thermischer Energieausgleichsoptionen in Wohnsiedlungen zum elektrischen Last- und Erzeugungsmanagement. Verlag Karl Maria Laufen, Oberhausen, 2016. ISBN 978-3-87468-337-1. – Zugleich: Dissertation, Ruhr-Universität-Bochum, 2015.

- [24] Kanngießer, A.: Entwicklung eines generischen Modells zur Einsatzoptimierung von Energiespeichern für die techno-ökonomische Bewertung stationärer Speicheranwendungen. Verlag Karl Maria Laufen, Oberhausen, 2014. ISBN 978-3-87468-304-3. – Zugleich: Dissertation, TU Dortmund, 2013.
- [25] Fraunhofer UMSICHT und Fraunhofer IWES: Metastudie »Energiespeicher«. Abschlussbericht, Oberhausen/Kassel, 2014.
- [26] Beck, A.; Derksen, C.; Lehnhoff, S.; Linnenberg, T.; Nieße, A.; Rohbogner, G.: Energiesysteme und das Paradigma des Agenten. Version: 2013. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-31768-2_2. In: Göhner, Peter (Hrsg.): Agentensysteme in der Automatisierungstechnik. Springer, Berlin/Heidelberg, 2013. ISBN 978–3–642–31767–5, 21–42
- [27] 50Hertz; Amprion; Tennet, TransnetBW: Mindestanforderungen an die Informationstechnik des Anbieters für die Erbringung von Regelleistung. Fassung vom 28.04.2016.
- [28] Hauer, A.; Teuffel, A.: Background DESIRE. Unveröffentlichtes Hintergrunddokument zum Annex 28 „Distributed Energy Storage for the Integration of Renewable Energies - DESIRE“, 10/2014.

Anhang

Anhang 1: Detaillierter Inhalt des strukturierten Zwischenberichts

Leitfaden für Projektleiter

10 Anlagen

Anlage 1 – Zwischenberichtsstruktur für EnEff:Stadt-Projekte

Zwischenberichtsstruktur für EnEff:Stadt-Projekte – ausführliche Fassung

Teil I: Formale Angaben

Projektname		Förderkennzeichen	
Zuwendungsempfänger		Projektleiter	
Projektlaufzeit		Berichtszeitraum	
1. Projektzielsetzung			
2. Arbeitsplan (Kurzfassung)			
3. Zeitbalkenplan			
4. Stand der Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung	4.1 Arbeitsplan:		
	4.2 Zeitplan:		
	4.3 Kostenplan: 1		
5. Für das Vorhaben relevante F&E-Ergebnisse Dritter			
6. Änderungen in der Zielsetzung			
7. Fortschreibung des Verwertungsplans			
7.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte			
7.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende			
7.3 Wissenschaftliche/technische Projektaussichten nach Projektende			
7.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit			
8. Nebenbestimmungen der Genehmigung			
9. Planungen für das nächste Halbjahr			
	..., den		
	Berichterstatter:		
		

¹ Nähere Erläuterungen in der Anlage, falls erforderlich.

Version 1

Stand 13.11.2012

Teil II: Projektdokumentation und Projektfortschritt**II.1 Projektbeschreibung:**

- Ausgangszustand
(Siedlungstypen, Quartiersgröße, Einwohnerzahl, Gebäude nach Nutzungsart und deren Nettogrundflächen, bauliche Dichte, energetischer Zustand, Energieversorgung, Änderungsbedarf; Eigentümerstruktur; Besonderheiten)
- geplante Maßnahmen
- Projektorganisation, Entscheidungsstrukturen
- Sozio-ökonomische Informationen

II.2 Realisierte Maßnahmen und deren Zielsetzung**II.3 Kostenstrukturen der Maßnahmen**

(absolute Kosten, spezifische Kosten)

II.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

- Eckdaten der Wirtschaftlichkeitsrechnung
(Zinssatz, Abschreibungszeiten, W/I, Energiepreise, Heizgradtage, ...)
- Energieeinsparkosten, Wärmegestehungskosten, CO₂-Einsparkosten bezogen auf die Einzelmaßnahmen

II.5 Konzept für die messtechnische Begleitung

Prinzipschema, Liste der Messwerte, Auswertungskonzept

II.6 Überblick über die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse

- Erfahrungen
- Probleme
- „Lessons learned“
- Vergleich Zielsetzung und erreichte Ergebnisse
- Begründung für Abweichungen

Teil III: Energiebilanzierung→ Energetische Bilanzierung: Struktur siehe Excel-Liste **Anhang 2**Anmerkung:Ansatz zur Gradtagszahlbereinigung der energetischen Bilanzierung wie Vorgehensweise Energieverbrauchsausweis: Bereinigungsfaktor $f_J = G_{0,HG}^D / G_{20,15}^J$

mit:

 $G_{0,HG}^J$... Gradtagszahl für das Messjahr J des gegebenen Standorts [Kd/a] bei einer Innentemperatur t_i von 20° C und einer Heizgrenztemperatur HG von 15° C $G_{0,HG}^D$... Gradtagszahl für ein durchschnittliches Jahr D des gegebenen Standorts [Kd/a] bei einer Innentemperatur t_i von 20° C und einer Heizgrenztemperatur HG von 15° C.

$$B_{H,D} = f_J \cdot B_{H,J} \text{ [kWh/a]}$$

mit:

 $B_{H,D}$ auf ein durchschnittliches Jahr D bereinigter Heizenergie-Verbrauchswert [kWh/a]
(am gleichen Standort) $B_{H,J}$ gemessener Heizenergie-Verbrauchswert für das Jahr J [kWh/a] f_J Faktor zur Anpassung des Jahres J an den langjährigen Durchschnitt des Standortklimas (Klimabereinigung) [-]

Version 1

Stand 13.11.2012

Teil IV: Erfahrungen mit den angewendeten Planungswerkzeugen

- Kurze textliche Beschreibung
 - Wer hat welche Hilfsmittel eingesetzt? Welches Ziel wurde damit verfolgt?
 - Welche Stärken/Schwächen haben sich beim Einsatz dieser Werkzeuge ergeben?
 - Hilfsmittel-Beispiele: EDV-Werkzeuge/-Programme, Literatur, Datenbanken, Beispielprojekte, Leitfaden, Methoden

Teil V: Akzeptanzbewertung

- Wie ist die Akzeptanz/das Feedback von:
 - Investor
 - Energieversorger
 - Nutzer
 - Lokale Entscheidungsträger
- Gibt es eine sozio-ökonomische Begleitung?

Teil VI: Verwertbare Projekt-Erfahrungen

- Was wäre sinnvoll?
- Was hätten Sie gerne gehabt?
- Was hat sehr viel Zeit gekostet?
- Was hat sich als Hemmnis herausgestellt? Was ist nicht möglich gewesen? Was war die Ursache?
- Welche Potentiale gibt es, die noch erschlossen werden können?
- Was würde die Entwicklung eines energieeffizienten Stadtquartiers deutlich verbessern oder beschleunigen?

Teil VII: Zusammenfassung

- wichtigste Ergebnisse
- Schlussfolgerungen
- Ausblick

Anhang 2: Ergebnisse des Workshops „Elektrische Netze“ im Rahmen des Projektleiter-Meetings 2014 in Wüstenrot



Diskussionsrunde zum Thema »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung«

Dr.-Ing. Peter Bretschneider
Fraunhofer IOSB-AST
08. Dezember 2014

Gefördert durch

 aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages


Tabelle 1
© 2014 Dr.-Ing. P. Bretschneider, Fraunhofer IOSB-AST



Fragenkatalog

- 1) Welche Aspekte zum Thema »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« sind aus Sicht der Projekte von Interesse?
- 2) Welche Informationen wünschen sich die Projekte in Bezug auf die elektrischen Netze / elektrische Energieversorgung?
- 3) Welche Probleme traten in den Projekten in Bezug auf die elektrischen Netze und elektrische Energieversorgung auf?
- 4) Werden Ansätze verfolgt, die eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgen?
- 5) Sind Einspeisemanagementmaßnahmen des Netzbetreibers umzusetzen?
- 6) Bestanden Hemmnisse bei der Umsetzung? (Technik / Geschäftsmodell)
- 7) Welche Methoden und/oder Werkzeuge könnten die Projekte ggf. in der Planungs- und Umsetzungsphase unterstützen?
- 8) Unterstützt der lokale Netzbetreiber / Energieversorger das Projekt?
- 9) Welche Daten können die Projekte bereitstellen?
- 10) Welche Punkte bezüglich des Themas »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« wurden nicht adressiert?

Tabelle 2
© 2014 Dr.-Ing. P. Bretschneider, Fraunhofer IOSB-AST



Übersicht

- Bezug des BMWi-Förderschwerpunktes »EnEff:Stadt« zum Thema »Elektrische Netze«
- Fragenkatalog zum Thema »Elektrische Netze«
- Anmerkungen zu den Antworten
- Zusammenfassung der Antworten

Tabelle 3
© 2014 Dr.-Ing. P. Bretschneider, Fraunhofer IOSB-AST



Anmerkungen zu den Antworten

- 1) Am Workshop nahmen Vertreter von 11 Projekten teil, die schriftlich den Fragenkatalog beantwortet haben.
- 2) Dabei war den Projektvertretern die Beantwortung der Fragen freigestellt.
- 3) Den Teilnehmern des Workshops wurde vor der Beantwortung der Fragen mitgeteilt, dass die Antworten den Teilnehmern des Projektleiter-Meetings zugänglich gemacht werden.
- 4) Die Antworten der jeweiligen Projekte sind nachfolgend, separiert mit einer Leerzeile, aufgeführt.
- 5) Bei der Aufbereitung der Antworten wurde versucht darauf zu achten, die Anonymität der Antworten zu gewährleisten.
 - Zu diesem Zweck sind die Antworten der Projekte je Frage unsortiert aufgeführt.
 - Um direkte Verweise auf ein konkretes Projekt und/oder der beteiligten Unternehmen bzw. Einrichtungen möglichst zu vermeiden, wurden vereinzelte Antworten entsprechend verallgemeinert.

Tabelle 4
© 2014 Dr.-Ing. P. Bretschneider, Fraunhofer IOSB-AST



BMW-Förderschwerpunkt »EnEff:Stadt«

Ziele des BMW-Förderschwerpunktes

- Technisch und ökonomisch sinnvolle Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz für den breiten Einsatz innovativer Energieeffizienztechnologien im Gebäudebestand
- Transformation kommunaler Energieversorgungssysteme hin zu dezentralen Systemen mit hohem KWK-Anteil und flexibler Anpassung an wechselnde Nachfrage zur Vermeidung eines unwirtschaftlichen Betriebs der leistungsbundenen Energieversorgung infolge der Senkung des Gebäudeenergiebedarfs

Bezug zu den elektrischen Netzen / zur elektrischen Energieversorgung

- Auswirkungen auf elektrische Netze? (Spannungshaltung, Betriebsmittelauslastung, Power Quality)
- Auswirkungen auf die angeschlossenen Haushalte (Einhaltung der DIN-Norm Norm DIN 50160)
- Beiträge für die elektrischen Netze / elektrische Energieversorgung? (Lokale Erzeugung- und Flexibilitätspotentiale, PV, BHKW, Energiespeicher, ...)
- Herausforderungen quartiersbezogener elektrischer Versorgungsansätze unter Verwendung des öffentlichen Netzes (freie Lieferantwahl, Geschäftsmodelle, ...)

© 2014 Dr.-Ing. P. Bretschneider, Fraunhofer IOSB-AST



Zusammenfassung der Antworten

- 1) Welche Aspekte zum Thema »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« sind aus Sicht der Projekte von Interesse?

Zusammenfassung

- GF-Modelle und Fördermodelle
- Modelle für typische Netzstrukturen der Mittel- und Niederspannungsebene (kommunale Netzstrukturen)
- Ermittlung des Potentials (Speicherung / Flexibilisierung) von Gebäudeenergiesystemen
- Betriebsführung von Erzeugung und Verbrauch einschließlich dezentraler elektrischer Speicher, Wärmepumpen, Power to Heat, MikroBHKW, ... einerseits für netzdienliche Anwendungen und andererseits energiewirtschaftliche Anwendungen (Energietechnik / Energiewirtschaft)
- Netzdienliche Betriebsführung (Smart Grid) von Erzeugung und Verbrauch auf der Mittel- und Niederspannungsebene zur Vermeidung (Bewirtschaftung) lokaler Netzengpässe

Tabelle 5
© 2014 Dr.-Ing. P. Bretschneider, Fraunhofer IOSB-AST

Zusammenfassung der Antworten

- 2) Welche Informationen wünschen sich die Projekte in Bezug auf die elektrischen Netze / elektrische Energieversorgung?

Zusammenfassung

- Informationen zu typischen Netzstrukturen und verwendeten Betriebsmitteln in der Mittel- und Niederspannungsebene inklusive Bebauungsstruktur
- Informationen zu regulatorischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen in Bezug auf
 - Stromspeicher
 - Power to Heat (PtH)
 - Eigenstromnutzung
 - Direktvermarktung
 - Einspeisemanagement
- Informationen zur technischen Betriebsführung elektrischer Netze
- Informationen zu eingesetzten Technologien (wärmeseitig)
- Lastprofile für Mischnutzungen z.B. Innenstadtbauung GHD-Sektor und Blockrandbebauung

Seite 7
 © 2015/16, Dr. Ing. F. Bredenkamp, Fraunhofer IEE/IEE-ET

Zusammenfassung der Antworten

- 5) Sind Einspeisemanagementmaßnahmen des Netzbetreibers umzusetzen?

Zusammenfassung

- Welche Konzepte bzgl. des Einspeisemanagements werden bevorzugt (70%-Regelung oder vollständige Regelung in den Stufen 0%, 30%, 60% und 100%)?
- Wie viel Energie wird bei 70% abgeregelt?
- Wie kann die abgeregelte Energie finanziell kompensiert werden?
- In einem Projekt wird eine zentrale Steuerung dezentraler Wärmepumpen und Stromspeicher unter Beachtung der 70%-Regelung realisiert.

Seite 19
 © 2015/16, Dr. Ing. F. Bredenkamp, Fraunhofer IEE/IEE-ET

Zusammenfassung der Antworten

- 3) Welche Probleme traten in den Projekten in Bezug auf die elektrischen Netze und elektrische Energieversorgung auf?

Zusammenfassung

- I.d.R. keine Informationen zur Topologie der elektrischen Netze in der Quartiersebene verfügbar
- I.d.R. keine bzw. zu wenige Daten (z.B. 1/4-h-, 1-h-Messwerte bzgl. Lastfluss, Einspeisung, Bedarf) sowie keine bzw. zu wenige Informationen zu Netzzuständen verfügbar
- Aufgrund von fehlenden Daten zum betreffenden elektrischen Netz ist eine Bewertung der Auswirkungen der Handlungsempfehlungen auf die elektrischen Netze z.B. bzgl. des Baus von PV, BHKW oder Wärmepumpen nicht möglich
- Mangelhafte inter-/transdisziplinäre Interoperabilität auf kommunaler Ebene

Seite 8
 © 2015/16, Dr. Ing. F. Bredenkamp, Fraunhofer IEE/IEE-ET

Zusammenfassung der Antworten

- 6) Bestanden Hemmnisse bei der Umsetzung? (Technik / Geschäftsmodell)

Zusammenfassung

- Umsetzung eines Quartiersstromspeichers mit Stadtwerk als Betreiber aufgrund undurchsichtiger Situation und regulatorischen Rahmenbedingungen gescheitert.
- Netzdienliches Verhalten von Mikro-KWK wird derzeit nicht honoriert. Infolgedessen ist Fokus die Optimierung der Eigenstromversorgung.
- Die derzeitigen Lösungen haben i.d.R. nur eine geringe Wirtschaftlichkeit. Infolgedessen haben die beteiligten Versorgungsunternehmen nur ein geringes Verständnis, bzw. es fehlt ihnen die Motivation, innovative Portfoliomanagementansätze zu entwerfen und zu konzipieren, um energieeffiziente Energieversorgungskonzepte im Quartiersbereich zu befördern
- Keine wirtschaftliche Vergütung für Netzdienlichkeit.
 - Derzeit erfolgt keine Optimierung des Gesamtsystems sondern eines jeden Einzelnen.
 - Gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen fördern die Orientierung am Gesamtoptimum nicht ausreichend

Seite 11
 © 2015/16, Dr. Ing. F. Bredenkamp, Fraunhofer IEE/IEE-ET

Zusammenfassung der Antworten

- 4) Werden Ansätze verfolgt, die eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgen?

Zusammenfassung

- Algorithmen zur Blindleistungsregelung unter Einbeziehung der im betreffenden Netz verfügbaren und geeigneten Wechselrichter und/oder Speicher Q(U)
- Einsatz von ONT zur Einhaltung von Spannungsbändern
- DSM-Lösungen für Mini-BHKW, Wärmepumpen, Power to Heat, E-Mobilität und steuerbaren Haushaltsgeräte
- Anreize für netzdienlichen Betrieb der beeinflussbaren Anlagen (Erzeugung, Speicher, Verbrauch) fehlen
- Untersuchungen zum Lastmanagement im Spannungsfeld zwischen Energieflexibilität und Energieeffizienz
- Detaillierte Simulation des elektrischen Netzes sowie Ermittlung des Potenzials und dynamische Simulation der Gebäudeenergiesysteme

Seite 9
 © 2015/16, Dr. Ing. F. Bredenkamp, Fraunhofer IEE/IEE-ET

Zusammenfassung der Antworten

- 7) Welche Methoden und/oder Werkzeuge könnten die Projekte ggf. in der Planungs- und Umsetzungsphase unterstützen?

Zusammenfassung

- Simulationenethoden, Kennwerte aus der Praxis für Benchmarking wünschenswert
- Konsistente kollektive Informationsbasis für eine integrale kommunale Planung
- Unterstützung bei Netzsimulationen, Einspeise- und Bedarfszeitreihen sowie auftretende Netzengpässe für verschiedene Szenarien
- Auslegungs- und Planungstools für die Simulation dynamischer Effekte im elektrischen Netz

Seite 12
 © 2015/16, Dr. Ing. F. Bredenkamp, Fraunhofer IEE/IEE-ET

Zusammenfassung der Antworten

8) Unterstützt der lokale Netzbetreiber / Energieversorger das Projekt?

Zusammenfassung

- Es gibt Projekte, wo der lokale Netzbetreiber großes Interesse am Planungstool hat.
- Es gibt aber auch Projekte, wo sich das betreffende EVU nur unter großem Druck der Stadt beteiligt.
- In verschiedenen Projekten wird deutlich, dass die Projektziele z.T. gegenläufig zu den Interessen der Netzbetreiber und EVU sind.

Seite 11

© 2015 Fraunhofer IPA, Fraunhofer IES, Fraunhofer IEE

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit und die Unterstützung des Workshops!

Dr.-Ing. Peter Bretschneider
Fraunhofer IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik IOSB-AST
Am Vogelherd 50
98693 Ilmenau

Abteilung Energie
Leitung: Dr.-Ing. Peter Bretschneider
Tel.: +49 (0)3677 461 - 102
E-Mail: peter.bretschneider@iosb-ast.fraunhofer.de

Gefördert durch



Aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Seite 12

© 2015 Fraunhofer IPA, Fraunhofer IES, Fraunhofer IEE

Zusammenfassung der Antworten

9) Welche Daten können die Projekte bereitstellen?

Zusammenfassung

- Angaben zu realen ländlichen Niederspannungsnetzen (Trafotyp, Leitungstyp, etc.)
- Verfügbarkeit von Lastprofilgeneratoren und Erzeugungsgeneratoren
- Lastgänge für Strom, Wärme für EFH, Erzeugungsgänge Mikro-KWK und stromgeführte KWK-Zeitreihen
- PTH-Strategien einschließlich Simulationsdaten
- DSM-Strategien einschließlich Simulationsdaten
- Energetische Stadtraumtypen mit ihren typischen energetischen Bedarfen und typischen Potenzialen zur Energiebereitstellung

Seite 13

© 2015 Fraunhofer IPA, Fraunhofer IES, Fraunhofer IEE

Zusammenfassung der Antworten

10) Welche Punkte bezüglich des Themas »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« wurden nicht adressiert?

Zusammenfassung

- Integrale Aspekte (und Effekte!) in kommunalen Planungsprozessen, v.a. auf strategischer Planungsebene
- „Sättigungspunkt“ (Optimum) für PTH-Konzepte in Niederspannungsnetzen
- Wirtschaftlicher / technischer Vergleich von Netzausbau, dezentralen Speichern und zentralen Speichern (elektrisch/thermisch)

Seite 14

© 2015 Fraunhofer IPA, Fraunhofer IES, Fraunhofer IEE

Anhang 3: Workshop „Elektrische Energiesysteme: Markt- und Netzaspekte“

EnEff-Stadt
EnEff-Wärme

Workshop »Elektrische Energiesysteme: Markt- und Netzaspekte«

Dr.-Ing. Peter Bretschneider
Fraunhofer IOSB-AST
11. Mai 2015

Gefördert durch:

 BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
 Aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Tab. 1
© 2015 Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

In den Projekten verwendete Technologien

- BHKW
- KWKK
- Strombezug netzseitig
- Smart Grid
- PV-Anlagen
- Windkraft
- Speichertechnologie
- Gleichstrom-Netz
- Solarthermie
- Spitzenlastkessel
- Grundlastkessel
- Wärmerückgewinnung
- Wärmepumpe (Wärme)
- Sonstige
- Pufferspeicher
- Akkumulatoren
- Zentrale Warmwasserbereitung
- Zentrale Trinkwasserbereitung
- Dezentrale Heizungsanlagen
- Dezentrale Warmwasserbereitung

Tab. 4
© 2015 Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

EnEff-Stadt
EnEff-Wärme

Übersicht

- Förderschwerpunkte und Bezug zu den elektrischen Netzen
- In den Projekten verwendete Technologien
- Fragenkatalog zum Thema »Elektrische Netze«
- Anmerkungen zu den Antworten
- Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energiesysteme« vom 11.05.2015

Tab. 1
© 2015 Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

EnEff-Stadt
EnEff-Wärme

Fragenkatalog

- 1) Welche Aspekte zum Thema »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« sind aus Sicht der Projekte von Interesse?
- 2) Welche Informationen wünschen sich die Projekte in Bezug auf die elektrischen Netze / elektrische Energieversorgung?
- 3) Welche Probleme traten in den Projekten in Bezug auf die elektrischen Netze und elektrische Energieversorgung auf?
- 4) Werden Ansätze verfolgt, die eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgen?
- 5) Sind Einsparmaßnahmen des Netzbetreibers umzusetzen?
- 6) Bestanden Hemmnisse bei der Umsetzung? (Technik / Geschäftsmodell)
- 7) Welche Methoden und/oder Werkzeuge könnten die Projekte ggf. in der Planungs- und Umsetzungsphase unterstützen?
- 8) Unterstützt der lokale Netzbetreiber / Energieversorger das Projekt?
- 9) Welche Daten können die Projekte bereitstellen?
- 10) Welche Punkte bezüglich des Themas »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« wurden nicht adressiert?

Tab. 2
© 2015 Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

EnEff-Stadt
EnEff-Wärme

BMW-Förderschwerpunkt »EnEff:Stadt«

Ziele des BMW-Förderschwerpunktes

- Technisch und ökonomisch sinnvolle Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz für den breiten Einsatz innovativer Energieeffizienztechnologien im Gebäudebestand
- Transformation kommunaler Energieversorgungssysteme hin zu dezentralen Systemen mit hohem KWK-Anteil und flexibler Anpassung an wechselnde Nachfrage zur Vermeidung eines unwirtschaftlichen Betriebs der leitungsgebundenen Energieversorgung infolge der Senkung des Gebäudeenergiebedarfs

Bezug zu den elektrischen Netzen / zur elektrischen Energieversorgung

- Auswirkungen auf elektrische Netze? (Spannungshaltung, Betriebsmittelauslastung, Power Quality)
- Auswirkungen auf die angeschlossenen Haushalte (Einhaltung der DIN-Norm Norm DIN 50160)
- Beiträge für die elektrischen Netze / elektrische Energieversorgung? (Lokale Erzeugungs- und Flexibilitätspotentiale, PV, BHKW, Energiespeicher, ...)
- Herausforderungen quartiersbezogener elektrischer Versorgungsansätze unter Verwendung des öffentlichen Netzes (freie Lieferantwahl, Geschäftsmodelle, ...)

Tab. 3
© 2015 Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

EnEff-Stadt
EnEff-Wärme

Anmerkungen zu den Antworten

- 1) Im Workshop am 11. Mai 2015 wurden die Fragen und Antworten des Workshops »Elektrische Netze« im Rahmen des PL-Meetings (25. November 2014) vorgestellt und diskutiert.
- 2) Die Antworten und Anmerkungen zu den jeweiligen Fragen wurden als Ergänzung zu den bestehenden Antworten erfasst, wobei keine Separierung nach den konkreten Projekten erfolgte.
- 3) Bei der Aufbereitung der Antworten wurde versucht darauf zu achten, die Anonymität der Antworten zu gewährleisten.

Tab. 4
© 2015 Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

Ergebnisse des Workshops vom 11.05.2015 (1)

- 1) Welche Aspekte zum Thema »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« sind aus Sicht der Projekte von Interesse?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- GF-Modelle und Fördermodelle
- Modelle für typische Netzstrukturen der Mittel- und Niederspannungsebene (kommunale Netzstrukturen)
- Ermittlung des Potentials (Speicherung / Flexibilisierung) von Gebäudeenergiesystemen
- Betriebsführung von Erzeugung und Verbrauch einschließlich dezentraler elektrischer Speicher, Wärmepumpen, Power to Heat, MikroBHKW, ... einerseits für netzdienliche Anwendungen und andererseits energiewirtschaftliche Anwendungen (Energietechnik / Energiewirtschaft)
- Netzdienliche Betriebsführung (Smart Grid) von Erzeugung und Verbrauch auf der Mittel- und Niederspannungsebene zur Vermeidung (Bewirtschaftung) lokaler Netzengpässe

Seite 1
 © 2015 Dr.-Ing. F. Beckmann / PowerLab/EEB-DE

Zusammenfassung der Antworten (1)

- 2) Welche Informationen wünschen sich die Projekte in Bezug auf die elektrischen Netze / elektrische Energieversorgung?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Informationen zu typischen Netzstrukturen und verwendeten Betriebsmitteln in der Mittel- und Niederspannungsebene inklusive Bebauungsstruktur
- Informationen zu regulatorischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen in Bezug auf
 - Stromspeicher
 - Power to Heat (PtH)
 - Eigenstromnutzung
 - Direktvermarktung
 - Einspeisemanagement
- Informationen zur technischen Betriebsführung elektrischer Netze
- Informationen zu eingesetzten Technologien (wärmeseitig)
- Lastprofile für Mischnutzungen z.B. Innenstadtbebauung GHD-Sektor und Blockrandbebauung

Seite 10
 © 2015 Dr.-Ing. F. Beckmann / PowerLab/EEB-DE

Ergebnisse des Workshops vom 11.05.2015 (2)

- 1) Welche Aspekte zum Thema »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« sind aus Sicht der Projekte von Interesse?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Lokale Regenergie: Ist das überhaupt zulässig / sinnvoll für Quartiere?
- Geschäftsmodelle: Welche Tarif- / Preismodelle sind erforderlich?
- Wie hoch ist das Potenzial für Speicherung, Flexibilität und Energieeffizienz auf Quartierebene?
- Welcher Grad an Flexibilität und (Energie-) Effizienz ist sinnvoll?
 - Flexibilität versus Effizienz
- Keine (akzeptierte) Methodik zur Gesamtbetrachtung des Energieversorgungssystems eines Stadtquartiers verfügbar (CO₂-Reduzierung, Kosten für Energiebereitstellung, Entlastung der Energienetze / Infrastruktur)
- Verfügbarkeit von Messdaten für elektrische Verbräuche (Verbraucher) in Stadtquartieren (Minuten- und 15-Minuten-Leistungsmittelwerte)
- Zu beachtende Herausforderungen bei den Messdaten:
 - Übertragbarkeit?
 - Vertraulichkeit?
 - Wertigkeit der Daten für Dritte?

Seite 1
 © 2015 Dr.-Ing. F. Beckmann / PowerLab/EEB-DE

Zusammenfassung der Antworten (2)

- 2) Welche Informationen wünschen sich die Projekte in Bezug auf die elektrischen Netze / elektrische Energieversorgung?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Wieviel Erneuerbare Energie wird zugebaut? Was sind die energetischen Potenziale Erneuerbarer Energie auf Quartierebene?
- Verfügbarkeit von Referenzszenarien zur Planung von energieeffizienten Quartieren
 - „Musterszenarien“
 - Benchmark-Szenarien
- Verfügbarkeit von Worst-Case-Szenarien hinsichtlich des erwarteten Flexibilitätsbedarfs → Welcher elektrischer Flexibilitätsbedarf besteht auf jedem Fall?
- Identifikation und Bewertung der einsetzbaren Technologien einschließlich Erarbeitung von Migrations- /Umsetzungspfaden

Seite 11
 © 2015 Dr.-Ing. F. Beckmann / PowerLab/EEB-DE

Ergebnisse des Workshops vom 11.05.2015 (3)

- 1) Welche Aspekte zum Thema »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« sind aus Sicht der Projekte von Interesse?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Bei der Betrachtung des elektrischen Energieversorgungssystems von Stadtquartieren ist auch der Ausbau der E-Mobilität zu berücksichtigen bzgl.
 - Verfügbarkeit zusätzlicher orts- und zeitvolatiler Speicher
 - Zusätzlicher elektrischer Bedarf zur Beladung der E-Fahrzeuge
 - Zusätzliche Belastung des elektrischen Netzes des betreffenden Stadtquartiers (i.d.R. Niederspannungsnetz)
- Welche Herausforderungen ergeben sich für die elektrischen Netze mit dem Ausbau von Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser?
- Wieviel Power2Heat-Anlagen werden benötigt, um den wachsenden Flexibilitätsbedarf kostengünstig abdecken zu können?

Seite 1
 © 2015 Dr.-Ing. F. Beckmann / PowerLab/EEB-DE

Zusammenfassung der Antworten (1)

- 3) Welche Probleme traten in den Projekten in Bezug auf die elektrischen Netze und elektrische Energieversorgung auf?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- I.d.R. keine Informationen zur Topologie der elektrischen Netze in der Quartierebene verfügbar
- I.d.R. keine bzw. zu wenige Daten (z.B. 1/4-h-, 1-h-Messwerte bzgl. Lastfluss, Einspeisung, Bedarf) sowie keine bzw. zu wenige Informationen zu Netzzuständen verfügbar
- Aufgrund von fehlenden Daten zum betreffenden elektrischen Netz ist eine Bewertung der Auswirkungen der Handlungsempfehlungen auf die elektrischen Netze z.B. bzgl. des Baus von PV, BHKW oder Wärmepumpen nicht möglich
- Mangelhafte inter-/transdisziplinäre Interoperabilität auf kommunaler Ebene

Seite 11
 © 2015 Dr.-Ing. F. Beckmann / PowerLab/EEB-DE

Zusammenfassung der Antworten (2)

3) Welche Probleme traten in den Projekten in Bezug auf die elektrischen Netze und elektrische Energieversorgung auf?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Fehlende Messdaten werden durch Messkampagnen kompensiert.
 Problem / Herausforderung: Verfügbarkeit und Verarbeitung von Messdaten elektrischer Verbraucher aus Datenschutzgründen teilweise problematisch
- Netzbetreiber haben bislang kein Interesse an der Erschließung der elektrischen Flexibilitätspotenziale
 - Es fehlen die regulatorischen Vorgaben
 - Es fehlen die ökonomischen Anreize
 - Kein Thema im Fall ausreichend dimensionierter elektrischer Netze
 - Netzbetreiber bauen eher ihre Netze aus, als intelligente Steuerungslösungen zu implementieren → konventionelle Lösung (Netzausbau) sind einfacher beherrschbar (technologisch, prozessual, regulatorisch)
- Niederspannungsnetze sind heutzutage immer noch unzureichend messtechnisch erfasst. Von daher können die Phänomene in den Niederspannungsnetzen nicht ausreichend bewertet werden.

11/05/15
 © 2015, Dr. Ing. F. Beckmann, Projekt EN-Eff-02

Zusammenfassung der Antworten (2)

4) Werden Ansätze verfolgt, die eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgen?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Fahrweise der Anlagen werden nach Marktanreize optimiert
 - Teilweise keine Netzexperten in den Projekten verfügbar
 - Verfügbarkeit einfacher Netzplanungstools erwünscht
 - Elektrisches Netz derzeit eher nachgelagert betrachtet
- Werden Wärmepumpen beim weiteren WP-Ausbau Probleme für die elektrischen Netze bereiten?
- Welchen Beitrag können die Wärmespeicher (Power2Heat-Applikation → elektrische Flexibilität) für die elektrischen Netze leisten?
- Werkzeug für die hybride Netzplanung (Strom, Wärme, Gas, ...) notwendig, um anhand unterschiedlicher Zukunftsszenarien einen optimalen Ausbau der Energieversorgungsnetze, Erzeugungsanlagen und Speicher anreizen zu können.
- Untersuchung der strategischen Ausrichtung der Energieversorgung auf Quartierebene zur Ermittlung robuster Lösungen anhand definierter Szenarien (Strom, Wärme, Gas, ...)

11/05/15
 © 2015, Dr. Ing. F. Beckmann, Projekt EN-Eff-02

Zusammenfassung der Antworten (3)

3) Welche Probleme traten in den Projekten in Bezug auf die elektrischen Netze und elektrische Energieversorgung auf?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Es fehlen Netzmodelle für die Niederspannungsnetze, um die Beiträge der möglich erschließbaren elektrischen Flexibilitätspotenziale bewerten zu können.
- Flexibilitätspotenziale sind aufgrund der geltenden regulatorischen Rahmenbedingungen eher für die Erzeugung oder für das Bilanzkreismanagement von Interesse

11/05/15
 © 2015, Dr. Ing. F. Beckmann, Projekt EN-Eff-02

Zusammenfassung der Antworten (3)

4) Werden Ansätze verfolgt, die eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgen?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Erfahrungsaustausch mit künftigem Forschungsnetzwerk „Modellentwicklung ...“
- Rückkopplung der Simulationsergebnisse auf Komponentenentwicklung
- Komponentenentwicklung im Rahmen der Szenarientwicklung beachten
- Entwicklung vollständiger abgesicherter Zukunftsszenarien als valider Input für Simulationsuntersuchungen
- Verfügbarkeit von abgestimmten, validierten Komponentendaten für Simulationsrechnungen
- **Wunsch an die Begleitforschung**
 - Liegen der Begleitforschung Detailinformationen aller Projekte zu den betrachteten Komponenten und deren Modellierung vor?
 - Übersicht über alle Projekte
 - Was ist Expertenmeinung, was kommen wird?
 - Gegenüberstellung der unterschiedlichen Annahmen

11/05/15
 © 2015, Dr. Ing. F. Beckmann, Projekt EN-Eff-02

Zusammenfassung der Antworten (1)

4) Werden Ansätze verfolgt, die eine effizientere Nutzung der elektrischen Infrastruktur verfolgen?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Algorithmen zur Blindleistungsregelung unter Einbeziehung der im betreffenden Netz verfügbaren und geeigneten Wechselrichter und/oder Speicher Q(U)
- Einsatz von rONT zur Einhaltung von Spannungsbändern
- DSM-Lösungen für Mini-BHKW, Wärmepumpen, Power to Heat, E-Mobilität und steuerbaren Haushaltsgeräte
- Anreize für netzdienlichen Betrieb der beeinflussbaren Anlagen (Erzeugung, Speicher, Verbrauch) fehlen
- Untersuchungen zum Lastmanagement im Spannungsfeld zwischen Energieflexibilität und Energieeffizienz
- Detaillierte Simulation des elektrischen Netzes sowie Ermittlung des Potenzials und dynamische Simulation der Gebäudeenergiesysteme

11/05/15
 © 2015, Dr. Ing. F. Beckmann, Projekt EN-Eff-02

Zusammenfassung der Antworten (1)

5) Sind Einspeisemanagementmaßnahmen des Netzbetreibers umzusetzen?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Welche Konzepte bzgl. des Einspeisemanagements werden bevorzugt (70%-Regelung oder vollständige Regelung in den Stufen 0%, 30%, 60% und 100%)?
- Wie viel Energie wird bei 70% abgeregelt?
- Wie kann die abgeregelte Energie finanziell kompensiert werden?
- In einem Projekt wird eine zentrale Steuerung dezentraler Wärmepumpen und Stromspeicher unter Beachtung der 70%-Regelung realisiert.

11/05/15
 © 2015, Dr. Ing. F. Beckmann, Projekt EN-Eff-02

Zusammenfassung der Antworten (2)

- 5) Sind Einspeisemanagementmaßnahmen des Netzbetreibers umzusetzen?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Noch nicht Thema

Zusammenfassung der Antworten (1)

- 7) Welche Methoden und/oder Werkzeuge könnten die Projekte ggf. in der Planungs- und Umsetzungsphase unterstützen?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Simulationsmethoden, Kennwerte aus der Praxis für Benchmarking wünschenswert
- Konsistente kollektive Informationsbasis für eine integrale kommunale Planung
- Unterstützung bei Netzsimulationen, Einspeise- und Bedarfszeitreihen sowie auftretende Netzengpässe für verschiedene Szenarien
- Auslegungs- und Planungstools für die Simulation dynamischer Effekte im elektrischen Netz

Zusammenfassung der Antworten (1)

- 6) Bestanden Hemmnisse bei der Umsetzung? (Technik / Geschäftsmodell)

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Umsetzung eines Quartierstromspeichers mit Stadtwerk als Betreiber aufgrund undurchsichtiger Situation und regulatorischen Rahmenbedingungen gescheitert.
- Netzdienliches Verhalten von Mikro-KWK wird derzeit nicht honoriert. Infolgedessen ist Fokus die Optimierung der Eigenstromversorgung.
- Die derzeitigen Lösungen haben i.d.R. nur eine geringe Wirtschaftlichkeit. Infolgedessen haben die beteiligten Versorgungsunternehmen nur ein geringes Verständnis, bzw. es fehlt ihnen die Motivation, innovative Portfoliomanagementansätze zu entwerfen und zu konzipieren, um energieeffiziente Energieversorgungskonzepte im Quartiersbereich zu befördern
- Keine wirtschaftliche Vergütung für Netzdienstlichkeit.
 - Derzeit erfolgt keine Optimierung des Gesamtsystems sondern eines jeden Einzelnen.
 - Gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen fördern die Orientierung am Gesamtoptimum nicht ausreichend

Zusammenfassung der Antworten (2)

- 7) Welche Methoden und/oder Werkzeuge könnten die Projekte ggf. in der Planungs- und Umsetzungsphase unterstützen?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Wie können die verschiedenen verfügbaren Modelle zusammengeführt werden?
 - Abgleich der Vorgaben und Annahmen
 - Abgleich der Vorgehensweise und der Verfahren
 - Validierung der Eingangsdaten
- **Wunsch an die Begleitforschung**
 - Zusammentragen und Konsolidierung der Daten

Zusammenfassung der Antworten (2)

- 6) Bestanden Hemmnisse bei der Umsetzung? (Technik / Geschäftsmodell)

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Geschäftsmodelle sind in der Entstehung
 - Pachtmodelle
 - Contracting
 - Bürgergenossenschaften
 - ...

Zusammenfassung der Antworten (1)

- 8) Unterstützt der lokale Netzbetreiber / Energieversorger das Projekt?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Es gibt Projekte, wo der lokale Netzbetreiber großes Interesse am Planungstool hat.
- Es gibt aber auch Projekte, wo sich das betreffende EVU nur unter großem Druck der Stadt beteiligt.
- In verschiedenen Projekten wird deutlich, dass die Projektziele z.T. gegenläufig zu den Interessen der Netzbetreiber und EVU sind.

Zusammenfassung der Antworten (2)

8) Unterstützt der lokale Netzbetreiber / Energieversorger das Projekt?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Es gibt Projekte, wo Netzbetreiber mit großem Interesse mitwirken
- Was sind die Geschäftsmodelle der Zukunft? Mit der Beantwortung der Frage wird auch ggf. das Interesse entstehen, smarte Lösungen für die Erschließung von Energieeffizienz- und Flexibilitätspotenzialen umzusetzen.
- Hemmnisse: Gegenwärtig haben EVU zu viele Anfragen für Forschungsprojekte, als Personal für die qualifizierte Bearbeitung verfügbar ist

Zusammenfassung der Antworten (1)

10) Welche Punkte bezüglich des Themas »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« wurden nicht adressiert?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Integrale Aspekte (und Effekte!) in kommunalen Planungsprozessen, v.a. auf strategischer Planungsebene
- „Sättigungspunkt“ (Optimum) für PTH-Konzepte in Niederspannungsnetzen
- Wirtschaftlicher / technischer Vergleich von Netzausbau, dezentralen Speichern und zentralen Speichern (elektrisch/thermisch)

Zusammenfassung der Antworten (1)

9) Welche Daten können die Projekte bereitstellen?

Vorgestellte WS-Ergebnisse »Elektrische Netze« (25.11.2014)

- Angaben zu realen ländlichen Niederspannungsnetzen (Trafotyp, Leitungstyp, etc.)
- Verfügbarkeit von Lastprofilgeneratoren und Erzeugungsgeneratoren
- Lastgänge für Strom, Wärme für EFH, Erzeugungsgänge Mikro-KWK und stromgeführte KWK-Zeitreihen
- PTH-Strategien einschließlich Simulationsdaten
- DSM-Strategien einschließlich Simulationsdaten
- Energetische Stadttraumtypen mit ihren typischen energetischen Bedarfen und typischen Potenzialen zur Energiebereitstellung

Zusammenfassung der Antworten (2)

10) Welche Punkte bezüglich des Themas »Elektrische Netze / elektrische Energieversorgung« wurden nicht adressiert?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- „Sättigung“ (Optimum) für Power2Heat, Speicher, Wärmepumpen, KWK, ...

Zusammenfassung der Antworten (2)

9) Welche Daten können die Projekte bereitstellen?

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- Informationen zu elektrischen und thermischen Speichern inklusive deren praktischer Validierung
- Wichtige zu beachtende Punkte sind:
 - Wie werden Daten verwaltet?
 - Wer verwaltet die Daten?
 - Wie ist die ggf. erforderliche Vertraulichkeit gesichert?
- Erarbeitung einer Übersicht zu verfügbaren Daten
 - Welche Daten braucht man? (Ausgangspunkt)
 - Ableitung eines grundsätzlichen Datensatzes
 - Stand heute
 - Ableitung eines Datensatzes für die Zukunft

Zusammenfassung der Antworten

Allgemeiner Vorschlag

Ergebnisse des Workshops »Elektrische Energieversorgung« vom 11.05.2015

- **Aufgaben an die Begleitforschung**
 - Organisation eines Planspiels zur Identifikation
 - möglicher Geschäftsmodelle
 - Bereitstellung elektrischer Flexibilität aus Sicht der jeweiligen Akteure

Anhang 7: Auswertung der Workshops „Elektrische Energiesysteme“



Auswertung der Workshops »Elektrische Energiesysteme«

Dr.-Ing. Peter Bretschneider
Fraunhofer IOSB-AST
11. November 2015

Gefördert durch:

 Aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Seite 1
© 2015, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST



Monitoring, Betriebsführung, Regelung

- Messdatenerfassung
 - Analysen zur Energieeffizienz
 - Identifikation von Einspar- und Optimierungsmöglichkeiten
- Betriebsführung
 - Lokale Betriebsführung von Erzeugung und Verbrauch für netzdienliche und energiewirtschaftliche Anwendungen (dezentrale Speicher, Wärmepumpen, Power to Heat, Mikro-BHKW, ...) → Vermeidung lokaler Netzengpässe
 - DSM-Lösungen für Mini-BHKW, Wärmepumpen, Power to Heat, E-Mobilität und steuerbaren Haushaltsgeräte
 - Fahrweise der Anlagen werden nach Marktanreize optimiert (keine oder Verfügbarkeit von Netzexperten, Bedarf an einfachen Netzplanungstools)
- Steuerung
 - Algorithmen zur Blindleistungsregelung unter Einbeziehung der im betreffenden Netz verfügbaren und geeigneten Wechselrichter und/oder Speicher Q(U)
 - Einsatz von rONT zur Einhaltung von Spannungsbändern

Seite 4
© 2015, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST



Technologien in den Projekten

<ul style="list-style-type: none"> ■ BHKW ■ KWKK ■ Strombezug netzseitig ■ Smart Grid ■ PV-Anlagen ■ Windkraft ■ Speichertechnologie ■ Gleichstrom-Netz ■ Solarthermie ■ Spitzenlastkessel ■ Grundlastkessel 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wärmerückgewinnung ■ Wärmepumpe (Wärme) ■ Sonstige ■ Pufferspeicher ■ Akkumulatoren ■ Zentrale Warmwasserbereitung ■ Zentrale Trinkwasserbereitung ■ Dezentrale Heizungspumpen ■ Dezentrale Warmwasserbereitung
---	---

Seite 1
© 2015, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST



Geschäftsmodelle

- Welche Tarif- / Preismodelle sind erforderlich?
 - Demand Side Management
 - Demand Response
 - ...
- Lokale Regelleistung
 - Ist das überhaupt zulässig / sinnvoll für Quartiere?
 - MRL-Ansätze
 - SRL-Ansätze
- Pachtmodelle
- Contracting
- Bürgergenossenschaften
- Umsetzung eines Quartiersstromspeichers mit Stadtwerk als Betreiber aufgrund undurchsichtiger Situation und regulatorischen Rahmenbedingungen gescheitert.
- Netzdienliches Verhalten von Mikro-KWK wird derzeit nicht honoriert. Infolgedessen ist Fokus die Optimierung der Eigenstromversorgung.
- Wunsch an die Begleitforschung: Organisation eines Planspiels zu möglichen Geschäftsmodelle sowie zum Bedarf an elektrischer Flexibilität aus Sicht der jeweiligen Akteure

Seite 1
© 2015, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST



Analyse- und Planungswerkzeuge

- Keine akzeptierte Methodik zur Gesamtbetrachtung des Energieversorgungssystems eines Stadtquartiers (CO₂-Beitrag / -Reduzierung, Energiekosten, Entlastung der Energienetze / Infrastruktur)
- Potenziale zur Speicherung, Flexibilität und Energieeffizienz auf Quartiersebene z.B. dezentrale Speicher (einschließlich orts- und zeitvolatil), Power to Heat, ...
- Auswirkungen des Ausbaus von EE, Wärmepumpen, E-Mobilität, ... auf die Netze
- Wieviel Erneuerbare Energie wird zugebaut? Was sind die energetischen Potenziale Erneuerbarer Energie auf Quartiersebene?
- Identifikation und Bewertung der einsetzbaren Technologien einschließlich Erarbeitung von Migrations-/Umsetzungspfaden
- Bedarf an Werkzeugen für die hybride Netzplanung (Strom, Wärme, Gas, ...) für die Bewertung unterschiedlicher Ausbauszenarien
- Untersuchung der strategischen Ausrichtung der Energieversorgung auf Quartiersebene zur Ermittlung robuster Lösungen anhand definierter Szenarien
- Wunsch an die Begleitforschung: Beitrag zur Zusammenführung der verschiedenen verfügbaren Modelle (Abgleich der Vorgaben und Annahmen, Abgleich der Vorgehensweise und der Verfahren, Validierung der Eingangsdaten)

Seite 1
© 2015, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST



Daten und Informationen

- Verfügbarkeit repräsentativer Netzmodelle (Mittel- und Niederspannungsebene)
- Verfügbarkeit repräsentativer Messdaten für elektrische Verbräuche und Einspeisungen in Quartieren mit Beachtung der Aspekte Übertragbarkeit, Vertraulichkeit, Wertigkeit der Daten für Dritte
- Verfügbarkeit von Referenzszenarien zur Planung von energieeffizienten Quartieren („Musterszenarien“, Benchmark-Szenarien)
- Verfügbarkeit von Worst-Case-Szenarien zum erwarteten Flexibilitätsbedarf
- Wieviel Erneuerbare Energie wird zugebaut? Was sind die energetischen Potenziale Erneuerbarer Energie auf Quartiersebene?
- Entwicklung vollständiger abgesicherter Zukunftsszenarien als valider Input für Simulationsuntersuchungen
- Verfügbarkeit von abgestimmten, validierten Komponentendaten für Simulationsrechnungen
- Wunsch an die Begleitforschung: Detailinformationen zu betrachteten Komponenten und deren Modellierung, existierende Expertenmeinung, Gegenüberstellung der unterschiedlichen Annahmen

Seite 4
© 2015, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

Hemmnisse

- Kompensation fehlender Messdaten durch Messkampagnen (Aufwand der Messkampagnen, Repräsentativität, Verfügbarkeit von Messdaten, Verarbeitung von Messdaten, Datenschutz)
- Geringes Interesse der Netzbetreiber an der Erschließung von Flexibilitätspotenzialen (regulatorischen Vorgaben, ökonomischen Anreize, kein Thema bei ausreichend dimensionierten Netzen)
- Netzbetreiber bauen eher ihre Netze aus, als intelligente Steuerungslösungen zu implementieren → konventionelle Lösung (Netzausbau) sind einfacher beherrschbar (technologisch, prozessual, regulatorisch)
- Unzureichende messtechnische Erfassung der Niederspannungsnetze → Unkenntnis von den Phänomenen in den Niederspannungsnetzen
- Flexibilitätspotenziale sind aufgrund der regulatorischen Rahmenbedingungen eher für die Erzeugung oder für das Bilanzkreismanagement von Interesse
- Gegenwärtig haben EVU zu viele Anfragen für Forschungsprojekte, als Personal für die qualifizierte Bearbeitung verfügbar ist

Seite 7
 © 2012, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dr.-Ing. Peter Bretschneider
 Fraunhofer IOSB, Institutsteil Angewandte Systemtechnik IOSB-AST
 Am Vogelherd 50
 98693 Ilmenau

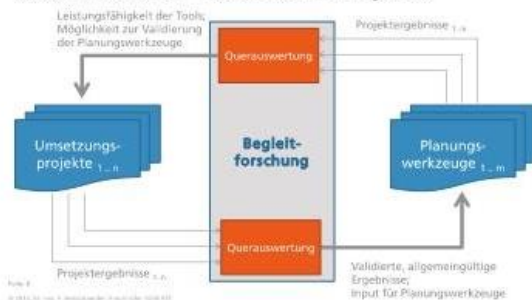
Abteilung Energie
 Leitung: Dr.-Ing. Peter Bretschneider
 Tel.: +49 (0)3677 461 - 102
 E-Mail: peter.bretschneider@iosb-ast.fraunhofer.de

Gefördert durch:

 DFG
 Auf Grund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

Seite 13
 © 2012, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

„Lotsenfunktion“ für laufende Projekte



Seite 8
 © 2012, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

„Lotsenfunktion“ für neue Projekte



Seite 9
 © 2012, Dr.-Ing. P. Bretschneider / Fraunhofer IOSB-AST

Anhang 8: State-of-the-Art – Virtuelle Energiespeicher

Projektname	Umsetzungsstatus	ECES 28-Kategorie	Anwendung	Managementsystem	Link zu weiterführenden Details
Der hybride Stadtspeicher	Labor-demonstration	B-1	Energieausgleich	dezentral-hierarchisch	http://www.hybriderstadtspeicher.de/
DEZENT	Theoretische Studie (Mgmt.-system für VE/VK)	---	Energieausgleich	dezentral-hierarchisch	http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11576-007-0080-z
Die Stadt als Speicher	Feldtest	B1	Markt-orientiert (+ Netzrestriktionen)	dezentral-hierarchisch / zentral-hierarchisch	http://forschung-energiespeicher.info/batterie-im-netz/projektliste/projekt-einzelansicht/104/Die_Stadt_als_Speicher/
DINAR	Labor-demonstration	---	Markt-orientiert	dezentral-hierarchisch / Preissignal für Verhaltensänderung	http://www.bine.info/themen/publikation/integration-dezentraler-stromerzeuger-ins-stromnetz/forschungsprojekt-dinar/
Dispower (Anlagenverbund "am Steinweg")	Feldtest	B-1	Markt-orientiert (+ Netzrestriktionen)	zentral-hierarchisch	http://www.dispower.org/
EDISON	Feldtest	B-1	Markt-orientiert	zentral-hierarchisch	https://getinfo.de/app/BMWA-Leitprojekt-EDISON-Abschlussbericht-Gesambericht/id/TIBKAT%3A504265008
eEnergy E-DeMa	Feldtest	C-1	Markt-orientiert (+ Netzrestriktionen)	dezentral-hierarchisch / Preissignal für Verhaltensänderung	http://www.e-dema.de/de
eEnergy eTelligence	Feldtest	C-1	Markt-orientiert	dezentral-hierarchisch	http://www.etelligence.de/etelligence.html

Projektname	Umsetzungsstatus	ECES 28-Kategorie	Anwendung	Managementsystem	Link zu weiterführenden Details
eEnergy Modellstadt Mannheim	Feldtest	C-1	Energieausgleich	dezentral-hierarchisch / Preissignal für Verhaltensänderung	http://www.modellstadt-mannheim.de/moma/web/de/home/index.html
eEnergy RegModHarz	Feldtest	B-1	Markt-orientiert	zentral-hierarchisch	http://www.regmodharz.de/
Energiepark KonWerl	Feldtest / kommerzieller Betrieb	B-1	Markt-orientiert	zentral-hierarchisch	http://www.konwerl.de/start.html
euref-Campus	Feldtest	B-1	Markt-orientiert	zentral-hierarchisch	http://www.innoz.de/microsmartgrid.html
Green2Store	Feldtest	A-1	Markt-orientiert	zentral-hierarchisch	http://www.green2store.de/
INTEGRAL	Feldtest	B-1	Energieausgleich	dezentral-hierarchisch	http://www.integral-eu.com/
Irene	Feldtest	A-1	Netz-orientiert	dezentral-hierarchisch	http://www.projekt-irene.de/
Kamper	Theoretische Studie (Mgmt.-system für VE)	---	Energieausgleich	dezentral	http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCQOFjAAAhUKewjr5KLu2dDIAhXJpniKHQx8AnY&url=http%3A%2F%2Fdigbib.u-bka.uni-karlsruhe.de%2Fvolltexte%2Fdocument_s%2F1452461&usq=AFOjCNECYtf3_fcaxgDKFhMugSq_BuD_MQ
Kombikraftwerk (1)und(2)	Feldtest	A-1	Markt-orientiert	zentral-hierarchisch	http://www.kombikraftwerk.de/
Mirabell / Miracle	Theoretische Studie	---	k.A.	k.A.	http://www.mirabel-project.eu/
Regenerativ-Kraftwerk Bremen	Feldtest	B-1	Markt-orientiert	zentral-hierarchisch	http://www.deutsche-windtechnik.de/116-0-Regenerativkraftwerk.htm

Projektname	Umsetzungsstatus	ECES 28-Kategorie	Anwendung	Managementsystem	Link zu weiterführenden Details
Rohbogner	Theoretische Studie (Mgmt.-system für VE)	---	Netzorientiert	dezentral	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ente.201300080/full
Ruthe	Theoretische Studie (Mgmt.-system für VE)	---	Marktorientiert	dezentral-hierarchisch	http://www.ie3.tu-mund.de/cms/de/Institut/Team/K_Abteilung_Mess-und_Automatisierungssysteme/Ruthe.html
sems-project	Feldtest	C-1	Marktorientiert	zentral-hierarchisch	http://www.sems-project.eu/
Smart Operator Modellregionen	Feldtest	B-1	Netzorientiert	dezentral-hierarchisch	http://www.rwe.com/web/cms/de/279820/rwe-deutschland-ag/energiewende/intelligente-netze/smart-operator/modellregionen/
Smart Region Pellworm	Feldtest	B-1	Marktorientiert	zentral-hierarchisch	http://www.smartregion-pellworm.de/
Vattenfall Virtuelles Kraftwerk	Kommerzieller Betrieb	C-1	Marktorientiert	zentral-hierarchisch	https://www.vattenfall.de/de/virtuelles-kraftwerk.htm
Web2Energy	Feldtest	B-1	Marktorientiert / Netzorientiert	zentral-hierarchisch	https://www.web2energy.com/de/

Anhang 9: „Zur Energetische Bilanzierung von Stadtquartieren“

Zur energetischen Bilanzierung von Stadtquartieren – eine allgemeine Methode zur Berechnung der jährlichen Energiebilanz von Gebäuden und Quartieren für beliebige Energiesysteme: rechnerischer Ansatz und praktische Beispiele

<i>Einleitung: Energetische Optimierung von Gebäuden und Quartieren</i>	3
Teil 1: Energetische Bilanzierung von Quartieren:	5
Ansatz Fraunhofer IBP / DIN V 18599	
Teil 2: Wärmeversorgung von Quartieren: Primärenergetische Bilanzierung	12
2.1 PE-Kennzahl der Wärmeversorgung	12
2.2 Beispielhafte PE-Kennzahlen verschiedener Systeme der Wärmeversorgung	13
2.2.1 Gaskessel in der Heizzentrale eines sanierten MFH	13
2.2.2 Elektrische Wärmepumpe	14
2.2.3 PE-Aufwandszahl eines Blockheizkraftwerks (BHKW)	14
2.2.4 Heizkraftwerk	16
2.2.5 Motor-Wärmepumpe	16
2.2.6 MFH mit Heizzentrale aus Pellet-GL- und Heizöl-SL-Kessel	18
2.2.7 Gegenüberstellung der Beispiele aus Teil 2	19
2.2.8 Zusammenfassung der Formeln zur Berechnung der Endenergie- bzw. Primärenergie-Aufwandszahlen	19
Teil 3: Primärenergetischer Vergleich von EnEff:Stadt - Projekten	21
3.1 Ausgeführte EnEff:Stadt – Projekte	21
3.1.1 Quartierskonzept Rintheim	21
3.1.2 „Plusenergie-Siedlung“ Wohnpark Ludmilla, Landshut	23
3.2 Ein (theoretisches) Beispiel-Quartierskonzept	26
3.3 Vergleich der Ergebnisse	28
Literatur	29
Anhang: Primärenergie- und CO₂-Faktoren	30
A-1 Primärenergie- und CO₂-faktoren von Brennstoffen	30
A-2 Stromdaten 2014: und PE- und CO₂-Faktoren der Stromerzeugung	32
A-3 Nahwärme-Netz Rintheim: Primärenergie- und CO₂- Faktoren	35

Abkürzungen im Anhang:

BS	Brennstoff
EFH	Einfamilienhaus
KWK	Kraft/Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhaus
MWP	Motor-Wärmepumpe
RH	Reihenhaus
WP	Wärmepumpe

Zur energetischen Bilanzierung von Stadtquartieren – eine allgemeine Methode zur Berechnung der jährlichen Energiebilanz von Gebäuden und Quartieren für beliebige Energiesysteme: rechnerischer Ansatz und praktische Beispiele

Einleitung: Energetische Optimierung von Gebäuden und Quartieren

Die „Energiewende“ ist in der öffentlichen Diskussion meist verengt auf die Konsequenzen der „Stromwende“. Hingegen spielt für die Energiepolitik seit Jahren auch die Energieeffizienz im *Gebäudesektor* eine wichtige Rolle: stetig verschärfte Vorgaben zur energetischen Qualität *neuer* Gebäude, bis hin zum „Niedrigstenergiegebäude“ ab 2020 (EPBD - Energy Performance of Buildings Directive der EU) sorgen für steigende Anforderungen an Architekten, Energieplaner, ausführende Firmen und Hersteller. Dabei spielt die energetische Verbesserung des *Gebäudebestandes* für die Erreichung der Klimaschutz-Ziele eine entscheidende Rolle: Dieser Bereich ist, zusammen mit der (weitgehenden) Substitution fossiler Energieträger bei der Stromerzeugung und der „Dekarbonisierung“ des Transportsektors, einer der drei maßgeblichen Bausteine (und Baustellen) sowohl der Klimaschutz-Politik als auch der Energieforschung.

Im *städtischen Bereich* weist der Übergang von der Betrachtung von Einzelgebäuden auf Gebäude-Cluster (oder ganze *Quartiere*) erhebliche Optimierungspotentiale auf. Daher wurde durch das BMWi die Initiative „Forschung für die energieeffiziente Stadt“ (EnEff:Stadt) ins Leben gerufen, mit der eine Verbesserung der Kosteneffizienz der energetischen Transformation von städtischen Quartieren erreicht werden soll: während einzelne „Pilotgebäude“ mit entsprechend anspruchsvoller Technik immer maximale Energieziele erreichen können, ist für die Umsetzung von Energiekonzepten auf *Quartiersebene* die Wirtschaftlichkeit entscheidend. Der Erfolg jeder städtischen Klimaschutz-Politik wird davon abhängen, ob energetisch hinreichend anspruchsvolle und gleichzeitig *kosteneffiziente Quartiers-Energiekonzepte* entwickelt und umgesetzt werden können.

Grundsätzlich stehen dem Planer viele Möglichkeiten zur energetischen Optimierung zur Verfügung, auf der Einsparungs- wie auf der Erzeugungsseite, mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich Energiebilanz und Kosten. Hinsichtlich der Auswertung der Projekte der EnEff:Stadt – Initiative stellt sich die Frage: Können die unterschiedlichen Maßnahmen in diesen Projekten einheitlich bilanziert und bezüglich ihrer Kosteneffizienz verglichen werden?

In den seit 2009 laufenden EnEff:Stadt – Projekten wurden Jahresbilanzen des Einsatzes der Endenergien im jeweiligen Quartier über mehrere Messperioden gemessen oder, falls noch im Planungsstadium, berechnet. Ziel war u.a. der Nachweis der im jeweiligen Projekt vorgegebenen Energieeinsparziele, wobei für alle EnEff:Stadt – Projekte ein *Mindestziel* von minus 30 % des PE-Verbrauchs vor Projektbeginn¹ – unter Einschluss des Stromverbrauchs – vorgegeben war. Um eine einheitliche energetische Bilanzierung (Primärenergie-Faktoren², Witterungsbereinigung, energetische Behandlung von Wärmepumpen, KWK etc.) zu gewährleisten, wurde von Fraunhofer IBP³ ein Excel-Tool vorgegeben, in das durch die Projektleiter die Verbrauchswerte der jeweiligen Messperiode (oder die Planungswerte) nach einem vorgegebenen Schema eingetragen werden konnten. Die projektübergreifende Auswertung erfolgt durch Fraunhofer IBP.

In **Teil 1** dieses Papiers wird zunächst die von Fraunhofer IBP vorgegebene Methode zur Berechnung der (Jahres-)Energiebilanzen der verschiedenen Quartiersprojekte aus der EnEff:Stadt – Initiative erläutert, ausgehend vom Endenergieeinsatz für den Strom- und Wärmebedarf⁴, aus dem der resultierende Primär-

¹ Bei Neubauprojekten minus 30 % des PE-Verbrauchs, der sich nach der jeweils gültigen EnEV ergeben würde.

² Im Folgenden „PE-Faktoren“ genannt.

³ Fraunhofer IBP – Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart

⁴ In Zukunft wird wegen der absehbaren Kopplung von elektrisch angetriebenen Autos mit dem Stromsektor zunehmend auch der Mobilitätssektor in die Bilanzierung einbezogen werden müssen. Dies wird im vorliegenden Papier ausgeklammert.

energieverbrauch für das jeweilige Quartier abgeleitet wird. Mit dieser PE-Bilanz lassen sich *PE-Kennzahlen* (d.h. der spezifische PE-Verbrauch in kWhPE/(m²·a), bezogen auf die Nutzfläche)⁵ berechnen und mit anderen Quartieren vergleichen (Erhorn-Kluttig 2015). Dieser Bilanzierungsansatz kann auch zur Berechnung von CO₂-Kennzahlen erweitert werden.

Die Methode ist im Grunde einfach, wird aber dann komplizierter, wenn durch BHKW's, Wärmepumpen oder lokale PV-Anlagen eine Verknüpfung zwischen Stromsektor und Wärmesektor besteht. Diese beiden Sektoren können dann nicht unabhängig voneinander bilanziert werden. Andererseits ist eine Gesamt-Energiebilanzierung auf Quartiersebene unter Einschluss der Stromseite erwünscht, denn diese erfordert den ganzheitlichen („integrierten“) Ansatz, der notwendig ist, um die übergeordneten Energie- und CO₂-Minderungsziele für Quartiere und Städte zu erreichen.

Für einen *Energieplaner* ist zur Entwicklung seines Energiekonzeptes der Stromsektor zunächst weniger wichtig. Hier interessiert vor allem der energetische Vergleich unterschiedlicher Wärme-Erzeugungs- bzw. Wärme-Einsparmaßnahmen (gegebenenfalls unter Einbeziehung von Kälteerzeugung bzw. Klimatisierung). Dies erfordert eine Methode, mit der die PE-Kennzahlen verschiedener Planungs-Varianten der *Wärmebedarfsdeckung*, unter *Einbeziehung von Maßnahmen zur Energieeinsparung*, in konsistenter Weise verglichen werden können. Daher wird in **Teil 2** des Papiers eine Methode zur einheitlichen Berechnung der PE-Kennzahlen unterschiedlicher *Wärmeenergiesysteme* für Gebäude mit unterschiedlicher energetischer Qualität vorgestellt. Mit diesem Ansatz wird die Wärmeversorgung verschiedener konkreter Quartierskonzepte verglichen und schließlich in **Teil 3** allgemeine Schlussfolgerungen gezogen.

⁵ Falls nicht anders angegeben, sind im folgenden Text unter spezifischen Energiebedarfs- oder Energieverbrauchszahlen (kWh/m²) immer Jahreswerte zu verstehen.

Teil 1: Energetische Bilanzierung von Quartieren: Ansatz Fraunhofer IBP / DIN V 18599

Unter „Primärenergieverbrauch“ ist in unserem Kontext derjenige PE-Verbrauch zu verstehen, der aus dem Einsatz an „nicht-regenerativen“, d.h. fossilen und Kernbrennstoffen resultiert. Da Energiesysteme vorstellbar sind, die zu 100 % erneuerbare Energien einsetzen und daher einen geringen fossilen PE-Verbrauch aufweisen, aber dennoch energetisch ineffizient sind, spielt zur energetischen Bewertung von Quartieren auch der gemessene (oder geplante) *Endenergieverbrauch* (Brennstoffe, Strom, erneuerbare Energien) eine Rolle.⁶

Für Gebäude – oder Quartiere – ergibt sich deren energetische Qualität, ausgedrückt durch die PE-Kennzahl,

- aus deren Nutzenergiebedarf⁷,
- aus der Effizienz des eingesetzten Energiesystems, die den resultierenden Verbrauch an Endenergie (Gas, Öl, Strom etc.) bestimmt,
- und aus dem Gehalt an nicht-regenerativer Energie in den zur Deckung des Endenergiebedarfs eingesetzten Energieträgern.

Der Nutzenergiebedarf bzw. -verbrauch von *Wohngebäuden* setzt sich aus *Haushaltsstrom*⁸ und *Wärmeenergie*, die durch den Wärmeerzeuger zur Deckung des Bedarfs/Verbrauchs an Heizenergie und Brauchwarmwasser bereitgestellt werden muss, zusammen.

Das „Rezept“ zur Erstellung der PE-Bilanz des Quartiers (im Folgenden als „nicht-regenerative PE-Bilanz“ verstanden) besteht aus folgenden Schritten: Man ermittle (messe, berechne) den jährlichen Endenergieeinsatz (Brennstoffe, thermische Energie, Strom), dargestellt als unterer Heizwert H_i (kWhHi/a), multipliziere die Endenergieträger mit dem zugehörigen (nicht-regenerativen) PE-Faktor (kWhPE/kWhHi) und addiere die resultierenden PE-Verbräuche. Das Ergebnis, PE_Q , wird durch die Nutzfläche dividiert. Daraus erhält man die gesuchte **Primärenergie-Kennzahl pe_Q** (kWhPE/m²) als Kriterium der energetischen Qualität. Zum Vergleich verschiedener Jahre muss der vom Heizenergiebedarf abhängige Endenergieverbrauch zuvor witterungsbereinigt werden (EnEV 2007).

Dies stellt eine a posteriori-Analyse dar, die auf vorhandenen Daten des gemessenen (im Planungsstadium berechneten) jährlichen Endenergieverbrauchs basiert. Diese PE-Kennzahl dient dem Vergleich mit vorgegebenen Energiezielen (z.B. mit dem erwähnten 30 % - Ziel) oder dem Vergleich („Benchmarking“) mit anderen Quartieren und wird im Folgenden an einigen Beispielen mit konkreten Zahlen erläutert. Die Methode erscheint nahezu trivial, erfordert aber zusätzliche Überlegungen in Fällen, in denen auch Stromeigenerzeugung im Quartier auftritt.

Die eigentlich entscheidende Messlatte wäre die *spezifische CO₂-Emission* eines Quartiers. Es hat sich aber eingebürgert – und wird speziell in den zugehörigen Normen wie DIN V 18599 so gehandhabt – an dessen Stelle den Einsatz an nicht-erneuerbaren Energieträgern anzugeben. Mit dem CO₂-Faktor des jeweiligen Energieträgers anstelle des PE-Faktors multipliziert, kann die CO₂-Emission mit derselben Rechenmethode angegeben werden.

Beispiel 1: Mehrfamilien-Wohngebäude (MFH)

Das einfachste mögliche Beispiel wäre etwa ein bestehendes (energetisch saniertes) MFH mit einer Wohnfläche von $W_{fl} = 2.000 \text{ m}^2$, beheizt mit einer Erdgas-Zentralheizung, mit folgenden typischen Daten:⁹

⁶ Das eigentliche Ziel der Energiepolitik ist die Reduzierung an CO₂-Emissionen. Da die EnEff:Stadt – Initiative aber im Rahmen des BMWi-Energieforschungsprogramms umgesetzt wird, stehen Energieeffizienz und PE-Verbrauch im Vordergrund.

⁷ „Bedarf“ ist der rechnerische Bedarf einer bestimmten Nutzenergie, z.B. als Ergebnis einer *Berechnung* nach einer bestimmten Norm, „Verbrauch“ ist der *gemessene* Verbrauch. Die im Text aufgeführten Formeln gelten sowohl für Bedarfs- als auch für Verbrauchswerte.

⁸ In Mehrfamilienhäusern (MFH) einschließlich Allgemeinstrom.

- *Wärmeverbrauch* frei Heizzentrale: $Q_a = 140 \text{ MWh/a}$;
spezifischer Heizenergieverbrauch $q_{Hz} = 45 \text{ kWh/m}^2$, Trinkwarmwasserverbrauch: $q_{WW} = 15 \text{ kWh/m}^2$, Wärmeverteilungsverluste im Gebäude: $q_v = 10 \text{ kWh/m}^2$,
- *Jahres-Nutzungsgrad*¹⁰ Heizkessel¹¹: $\eta_{KS} = 0,86 \text{ kWh/kWhHi}$ ¹²,
- mittlerer *Haushaltsstrom*-Verbrauch: $e_{HH} = 28 \text{ kWhel/m}^2 \rightarrow$ Stromverbrauch $E_{HH} = 56 \text{ MWhel/a}$,
- Aufwand für *Hilfsstrom* in der Heizzentrale (Heizungspumpen, Regelungstechnik, kontrollierte Entlüftungsanlage): $e_H = 1,9 \text{ kWhel/m}^2 \rightarrow$ Hilfsstrom $E_H = 3,8 \text{ MWhel/a}$.

Diese Daten sind dem Planer bzw. Gebäudebetreiber für sein Gebäude in der Regel bekannt (berechnet oder gemessen). Abb. 1 skizziert die Energieflüsse:

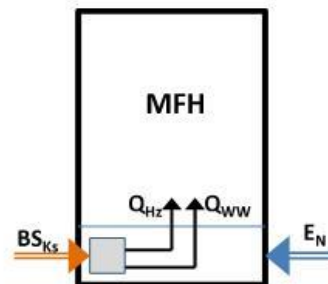


Abb. 1: Energieversorgung des Beispiel-MFH: Heizkessel zur Bereitstellung der Heizenergie Q_{Hz} und des Trinkwarmwasserbedarfs, Q_{WW} , mit Brennstoffverbrauch BS_{KS} ; Strombedarfsdeckung ($E_N = E_{HH} + E_H$) aus dem Netz.

Der Nutzungsgrad η_{KS} ergibt sich aus dem Quotienten aus erzeugter thermischer Energie (frei Heizkessel) und Brennstoffeinsatz: $\eta_{KS} = Q_a/BS_{KS} = (Q_{Hz} + Q_{WW} + Q_v)/BS_{KS}$. Im vorliegenden Beispiel wurde umgekehrt der Brennstoffeinsatz, BS_{KS} , aus der erzeugten Wärmeenergie, Q_a , und einem plausibel angesetzten Nutzungsgrad, η_{KS} , bestimmt: $BS_{KS} = Q_a/\eta_{KS} = 162,8 \text{ MWhHi}$.

Den resultierenden PE-Verbrauch erhält man durch Multiplikation des Brennstoffeinsatzes mit dem zugehörigen PE-Faktor. Für die Erstellung von Energieausweisen oder den Nachweis der EnEV-Vorgaben, etwa für eine Baugenehmigung, sind dabei, entsprechend den Vorgaben der DIN V 18599, die vorgegebenen PE-Faktoren für den nicht-erneuerbaren PE-Verbrauch zu verwenden (siehe Tab. A-1). In Teil 1 dieses Papiers werden diese Faktoren zur Berechnung der (nicht-erneuerbaren) PE-Bilanz benützt.¹³

Mit den PE-Faktoren $f_{Gas} = 1,10 \text{ kWhPE/kWhHi}$ für Erdgas und $f_{el} = 2,40 \text{ kWhPE/kWhel}$ für den Netzstrom (s. Anhang, Tab. A-1) ergibt sich der jährliche PE-Verbrauch PE_{MFH} für dieses MFH aus

$$(1) \quad PE_{MFH} = BS_{KS} \cdot f_{Gas} + (E_{HH} + E_H) \cdot f_{el} = 255,4 \text{ MWhPE/a}$$

⁹ Die Daten für dieses Beispiel entstammen den konkreten Messwerten eines typischen MFH des EnEff:Stadt – Projektes Karlsruhe-Rintheim (Jank, 2015).

¹⁰ Der Jahresnutzungsgrad muss in jedem Einzelfall entweder „gemessen“ (Verhältnis von erzeugter thermischer Energie zu Brennstoffeinsatz (kWhth/kWhHi) oder plausibel geschätzt werden.

¹¹ Das Beispielgebäude ist in Wirklichkeit an die Fernwärme angeschlossen. Für dieses Rechenbeispiel wird jedoch angenommen, dass im Gebäude eine Erdgas-Zentralheizung installiert ist.

¹² Angaben zu Brennstoffen oder Nutzungsgraden sind hier immer (auch für Erdgas) bezogen auf den unteren Heizwert (Hi), da dies auch der Bezugswert für PE-Faktoren (kWhPE/kWhHi) ist.

¹³ Die PE-Faktoren im Strombereich ändern sich in jedem Jahr, werden aber in den Normen nicht jährlich „nachgehalten“, sondern in größeren zeitlichen Abständen. PE-Faktoren für erneuerbare Energien, etwa PV-Strom, sind nicht Null (DIN V 18599), sondern größer als Null. In Teil 3 dieses Berichts, der Energiebilanzen für das Jahr 2014 diskutiert, werden für die PE-Faktoren realistischere Werte aus der Fachliteratur sowie für den Strom aktuelle Werte für 2014 eingesetzt, um eine alternative Berechnungsmethode zu demonstrieren.

bzw. die PE-Kennzahl pe_{MFH} :

$$(2) \quad pe_{MFH} = PE_{MFH}/Wfl = 127,7 \text{ kWhPE/m}^2.$$

Das gleiche MFH, aber *unsaniert* (z.B. $q_{Hz} = 140 \text{ kWh/m}^2$, $q_v = 15 \text{ kWh/m}^2$, daher $Q_a = 340 \text{ MWhth}$; $\eta_{KS} = 0,84$, daher $BS_{KS} = 405 \text{ MWhHi}$) hätte bei sonst gleichen Verbrauchsdaten eine PE-Kennzahl zur Deckung des Wärme- und Strombedarfs von $pe_{MFH} = 261 \text{ kWhPE/m}^2$.)

Beispiel 2: Wohnquartier mit MFH, dezentrale Einzelheizungen

Hier erfolgt die PE-Bilanzierung genauso wie beim einzelnen MFH: Die PE-Kennzahl für das ganze Quartier ist der (mit den Nutzflächen) gewichtete Mittelwert aller Einzel-PE-Kennzahlen der Gebäude (berechnet wie in Beispiel 1).

Beispiel 3: MFH-Wohnquartier, Nahwärme-Versorgung, Erdgas-Heizzentrale

Der Unterschied zu Beispiel 2 besteht darin, dass der Nutzungsgrad der Hausübergabestationen, die Verluste der Wärmeverteilung im Nahwärme-Netz, q_v (%), sowie der Pumpstromaufwand E_p zusätzlich berücksichtigt werden müssen. Abb. 2 skizziert die Endenergie-Flüsse über die Quartiersgrenze für dieses Beispiel.

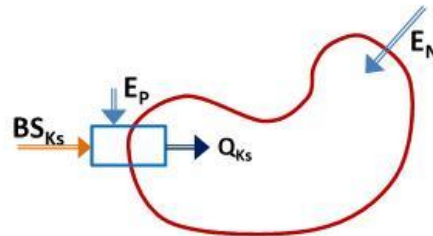


Abb. 2: (End)Energieflüsse in einem Quartier mit Nahwärme-Netz, das aus einem Heizwerk versorgt wird.

Annahmen zu Beispiel 3 (s. Tab. 1): 20 sanierte MFH, Wohnfläche $Wfl = 35.000 \text{ m}^2$, mit Wärmebedarf $Q_{th} = 2.450 \text{ MWhth/a}$ ($q_{th} = Q_{th}/Wfl = 70 \text{ kWhth/m}^2$); Jahreswärmeerzeugung in der Heizzentrale: $Q_{KS} = 2.665 \text{ MWhth}$, d.h. Netzverluste 215 MWhth ($v = 8,8 \%$ von Q_{th}); $E_N = 1.071 \text{ MWhel/a}$: Summe der Stromverbräuche der an das Nahwärme-Netz angeschlossenen Gebäude im Quartier einschließlich Pumpstromaufwand in der Heizzentrale, E_p .

Die Wärmeverluste des Nahwärme-Netzes werden zur Gesamtsumme der Wärmeverbräuche der an das Nahwärme-Netz angeschlossenen Gebäude, Q_{th} , addiert: $Q_{KS} = Q_{th} \cdot (1 + v/100)$. Der Brennstoffverbrauch BS_{KS} im Heizwerk ergibt sich wieder aus dem Nutzungsgrad η_{KS} des Kessels in der Heizzentrale ($\eta_{KS} = 0,86$) zu $BS_{KS} = Q_{KS}/\eta_{KS} = 3.099 \text{ MWhHi/a}$; damit erhält man die PE-Kennzahl pe_Q des Quartiers zu

$$(3) \quad pe_Q = \frac{BS_{KS} \cdot f_{Gas} + (E_{HH} + E_H + E_p) \cdot f_{el}}{Wfl} \quad \text{kWhPE/m}^2$$

Mit den o.g. Eckdaten für dieses Quartier ergibt diese Formel eine PE-Kennzahl von $pe_Q = 170,8 \text{ kWhPE/m}^2$ (also 33 % mehr als Beispiel 1).

Beispiel 4: MFH-Wohnquartier, Nahwärme-Versorgung, Erdgas-Heizzentrale mit BHKW und Spitzenkessel (Energieträger: Erdgas)

Für dieses Beispiel nehmen wir an, dass das Wohnquartier von Beispiel 3 aus einer Heizzentrale mit Grundlast-BHKW plus Spitzenkessel mit Wärme versorgt wird. Das Beispiel dient zur Erläuterung der Bi-

lanzierungsmethode für ein Quartier *mit Strom-Eigenerzeugung*. Die Annahmen zum Energiebedarf und dessen Deckung basieren auf plausiblen Erfahrungswerten und sind in Tab. 1 angegeben. Abb. 3 zeigt die Energieflüsse für diesen Fall.

Zur Deckung des Gesamtbedarfs an thermischer Energie in der Heizzentrale, $Q_{HZ} = 2.665 \text{ MWh/a}$, erzeugt ein Grundlast-BHKW die Nutzwärme $Q_B = 1.800 \text{ MWhth}$ und die elektrische Energie von $E_B = 1.150 \text{ MWhel}$. Ein Teil $E_x = 325 \text{ MWhel}$ des BHKW-Stroms wird exportiert (d.h. in das öffentliche Netz außerhalb des Quartiers zurückgespeist). Der Brennstoffeinsatz des BHKW beträgt $BS_B = 3.430 \text{ MWhHi}$. Der Reststrombedarf des Quartiers, $E_N = 247 \text{ MWhel}$, wird aus dem Netz bezogen. Der Spitzenkessel erzeugt den restlichen Bedarf an Nutzwärme, $Q_{KS} = 865 \text{ MWhth}$, mit einem Brennstoffaufwand von $BS_{KS} = 1.006 \text{ MWhHi}$. Der Aufwand an Pumpstrom für das Nahwärme-Netz ($e_p = 10 \text{ kWhel/MWhth}$) beträgt $E_p = 10/1.000 \cdot Q_{th} = 24,5 \text{ MWhel}$ und ist im Gesamt-Stromverbrauch $E_{ges} = 1.071 \text{ MWhel}$ enthalten.

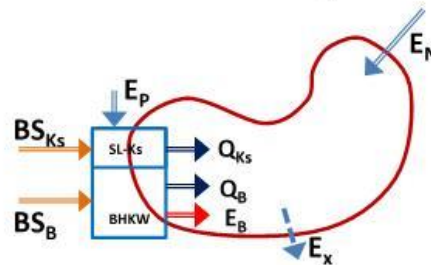


Abb. 3: Energieflüsse in einem Wohn-Quartier mit Nahwärme-Netz, das aus einer Heizzentrale mit Grundlast-BHKW und SL-Kessel versorgt wird. Ein Teil E_x des vom BHKW erzeugten Stroms wird ins Netz zurückgespeist.

Der Unterschied zu Beispiel 3 besteht im – wegen der Eigenstromerzeugung E_B des BHKW – wesentlich geringeren Netzstrombezug E_N sowie in dem Teil der Stromerzeugung E_x des BHKW, der nicht im Quartier verbraucht wird, sondern wegen zeitlicher Diskrepanz zwischen Erzeugung und Verbrauch ins Netz zurückgespeist werden muss. Die PE-Bilanzierung muss diese Verdrängung von Netzstrom in geeigneter Weise berücksichtigen.

Mit den o.g. Energiedaten (s. auch Tab. 1) kann man die Endenergie- und Primärenergiebilanz aufstellen:

(a) Endenergetische Bilanzierung

Die Stromerzeugung des BHKW erhöht den Brennstoffverbrauch in der Heizzentrale und reduziert dafür Strombezug aus dem Netz. Ferner wird ein Teil der Stromerzeugung E_B des BHKW, nämlich E_x „exportiert“. Der aus diesem Export resultierende BS-Aufwand des BHKW kann als „Bonus“ vom BS-Einsatz in der Heizzentrale abgezogen werden, da er nicht der Versorgung des Quartiers dient. Wie groß ist dieser Bonus?

Nach der Fraunhofer IBP-Methode zur Bilanzierung dieser Energieflüsse wird der BS-Aufwand des BHKW, BS_B , im Verhältnis der beiden Nutzenergien, Wärme (Q_B) und Strom (E_B), anteilig aufgeteilt. Der Anteil β_{el} von BS_B , der der Stromerzeugung zugeordnet wird, ist gegeben durch

$$(4) \quad \beta_{el} = \frac{E_B}{Q_B + E_B} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{th} + \eta_{el}}$$

Mit den Zahlen aus Tab. 1 wird $\beta_{el} = 1.150/(1.150 + 1.800) = 0,39$. Der Anteil BS_E des Brennstoffbedarfs BS_B des BHKW, der der Stromerzeugung E_B zugerechnet wird, ist dann gegeben durch

$$BS_E = \beta_{el} \cdot BS_B.$$

Der restliche Anteil des Brennstoffverbrauchs des BHKW wird der Wärmeerzeugung des BHKW, Q_Q , zugerechnet:

$$BS_Q = (1 - \beta_{el}) \cdot BS_B$$

Mit diesem Ansatz kommt sowohl der Wärme- als auch der Stromerzeugung des BHKW derselbe Nutzungsgrad zu, nämlich der Gesamt-Energienutzungsgrad des BHKW's ($\eta_B \equiv (E_B + Q_Q)/BS_B$, hier mit $\eta_B = 0,86$ angenommen). Der Nutzungsgrad der *Wärmeerzeugung* des BHKW entspricht demnach etwa dem eines gewöhnlichen Heizkessels. Der gesamte energetische Vorteil der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung durch das BHKW wird bei dieser Zuordnung der Brennstoffausnutzung der Stromerzeugung zugesprochen.¹⁴ Im später diskutierten „energiewirtschaftlichen“ Ansatz wird dieser energetische Vorteil auf etwas andere Weise berechnet.

Diese Aufteilung des Brennstoffverbrauchs auf den Wärme- bzw. Stromteil ist in gewisser Weise willkürlich. Auch andere Zuordnungen sind möglich (Arndt 2008). Eine sektorübergreifend anerkannte Methode hat sich bisher nicht durchgesetzt.

Der Bruchteil des Brennstoffaufwandes, BS_{GS} , der für den *exportierten* Anteil von E_B , also E_x , anfällt, kann dem BHKW gutgeschrieben werden, weil dieser Teil des Brennstoffeinsatzes nicht der Versorgung des Quartiers dient. BS_{GS} ergibt sich aus

$$(5) \quad BS_{GS} = \frac{E_x}{E_B} \cdot BS_E = \beta_{el} \cdot \frac{E_x}{E_B} \cdot BS_B$$

Damit erhält man für die *Endenergiebilanz* EE des Quartiers bei bekannten Brennstoffeinsätzen in der Heizzentrale und Strombezug E_N aus dem Netz sowie Stromrückspeisung E_x :

$$(6a) \quad EE = BS_{Ks} + BS_B - BS_{GS} + E_N$$

oder

$$(6b) \quad EE = BS_{Ks} + \left(1 - \beta_{el} \cdot \frac{E_x}{E_B}\right) BS_B + E_N$$

Mit den Zahlen aus Tab. 1 ergibt Formel (6b) einen EE-Verbrauch von 4.304 MWh/a oder 123 kWh/m².

¹⁴ Diese Interpretation ist aus Sicht des Fraunhofer IBP nicht zulässig, da bei der Bilanzierung sowohl thermisch als auch elektrisch stets auf den Gesamtbrennstoffeinsatz zu beziehen ist und nicht auf Brennstoffteilmengen.

						MWh/a	Formel-Zeichen
Bedarf:	Thermische Energie:	$q_{th} = q_H + q_W + q_V = 45 + 13 + 12 = 70 \text{ kWhth/m}^2$				2.450	Q_{NW}
	Strombedarf:	$e_{HH} + e_H + e_P = 28 + 1,9 + 0,7 = 30,6 \text{ kWhel/m}^2$				1.071	E_{ges}
NW-Netz:	Netzlänge	1.225	m				
	Liniendichte	2,0	MWhth/m.a				
	Netzverluste	20	W/m Trasse	$v = 8,8$	%	215	Q_V
	Pumpstrom	10	kWhel/MWhth			25	E_P
HKW:	BHKW, 2 Module	Anteil an Q_{HZ}	68	%			
	SL-Kessel, 2 Module	Anteil an Q_{HZ}	32	%			
	inst. Leistung	1.225	kWth				
E-Bilanz:	BHKW	250	kWel	η_{el}	0,34	1.150	E_B
		400	kWth	η_{th}	0,52	1.800	Q_B
		760	kWhi	η_B	0,86	3.430	BS_B
	Stromkennzahl BHKW	0,64	kWhel/kWhth				s
	SL-Kessel	825	kWth	η_{th}	0,86	865	Q_{KS}
		960	kWhi			1.006	BS_{KS}
Wärmebilanz:	Gesamtbrennstoffaufwand HKW					4.435	
	Gesamt-Wärmeerzeugung Heizzentrale					2.648	Q_{HZ}
Strombilanz:	Strom-Eigenverbrauch des Quartiers (= $E_{HH} + E_H + E_P$)					1.071	E_{eig}
	Eigenverbrauch BHKW-Strom im Quartier					800	E_E
	Netzurückspeisung BHKW-Strom					325	E_x
	Gutschrift für Netzurückspeisung BHKW (Fraunhofer IBP)					383	BS_{GS}
	(Rest)Strombezug aus Netz: $E_N = E_{eig} - (E_B - E_x)$					246	E_N

Tab. 1: Für das Beispiel-Quartier angesetzte Energie-Daten (es handelt sich um plausible Werte!)

Die insgesamt eingesetzte Endenergie ist aber nicht die wirklich interessierende Größe zur energetischen Bilanzierung. Dies ist vielmehr, wie in den vorhergehenden Beispielen auch, die *nicht-regenerative PE-Bilanz*. Diese erhält man mit folgendem Verfahren:

(b) Primärenergetische Bilanzierung nach Fraunhofer IBP-Berechnungsverfahren

Die *PE-Bilanz* (MWhPE/a) ergibt sich aus der Multiplikation der Endenergie-Verbräuche im Quartier, wie oben dargestellt, mit dem zugehörigen PE-Faktor und Summierung der so erhaltenen PE-Beiträge. Dies würde – entsprechend Formel (6a) – die Formel $PE = (BS_{KS} + BS_B - BS_{GS}) \cdot f_{Gas} + E_N \cdot f_{el} = 5.054 \text{ MWhPE}$ (oder $pe_Q = 144 \text{ kWhPE/m}^2$) ergeben. Der gesamte PE-Bedarf ergibt sich also aus dem PE-Verbrauch infolge des Gaseinsatzes (BHKW, Kessel), abzüglich Brennstoffgutschrift nach Formel (5) für den ins Netz eingespeisten BHKW-Strom, plus PE-Verbrauch durch den Strombezug aus dem Netz.

Hier wird allerdings nicht berücksichtigt, dass die DIN V 18599 dem Teil des vom BHKW erzeugten Stroms E_x , der ins Netz zurückgespeist wird, eine höhere PE-Gutschrift zuschreibt, die sich durch den verringerten (fossilen) Brennstoffeinsatz in den vom BHKW „verdrängten“ Kraftwerken ergibt: der PE-Faktor ist für diesen Strom nicht $f_{el} = 2,40 \text{ kWhPE/kWhel}$, wie für den allgemeinen Strommix, sondern $f_{el_V} = 2,80 \text{ kWhPE/kWhel}$ („Verdrängungsstrommix“). Die Gutschrift ergibt sich somit zu $E_x \cdot f_{el_V}$. Die PE-Bilanz nach Fraunhofer IBP lautet daher:

$$(7a) \quad PE = (BS_{KS} + BS_B) \cdot f_{Gas} + E_N \cdot f_{el} - E_x \cdot f_{el_V}$$

Mit den Zahlen aus Tab. 1 ergibt Formel (7a) einen PE-Verbrauch $PE_Q = 4.560 \text{ MWhPE/a}$ bzw. $pe_Q = 130 \text{ kWhPE/m}^2$ (also um ca. 10 % besser, als ohne diese Unterscheidung im Strommix, bzw. um 24 % besser als Beispiel 3).

(c) „Energiewirtschaftliche“ Betrachtung

Bei energiewirtschaftlicher Betrachtung wird davon ausgegangen, dass der *gesamte*, vom BHKW erzeugte Strom, $E_B = 1.150 \text{ MWhel}$ (und nicht nur der aus dem Quartier „exportierte“ Strom, $E_x = 325 \text{ MWhel}$) Mittellaststrom substituiert, d.h. Stromerzeugung aus einem Mix aus Erdgas- und Steinkohlekraftwerken, mit dem o.g. PE-Faktor für den Verdrängungsmix, f_{el_V} . Umgekehrt muss dann der *gesamte* Strombedarf des Quartiers, E_{N_ges} , als Strombezug aus dem öffentlichen Netz angesehen werden. Dies ergibt folgende PE-Bilanz:

$$(7b) \quad PE = (BS_{Ks} + BS_B) \cdot f_{Gas} + E_{N_ges} \cdot f_{el} - E_B \cdot f_{el_V}$$

Bei dieser Betrachtung erhält der vom BHKW erzeugte Strom eine höhere (fossile) PE-Gutschrift als bei der PE-Bilanzierung nach Fraunhofer IBP: der PE-Verbrauch nach Formel (7b) beträgt $PE_Q = 4.140 \text{ MWhPE}$ und ergibt damit eine um 7 % geringere PE-Kennzahl, $pe_Q = 122,9 \text{ kWhPE/m}^2$ als bei der Bilanzierung nach (7a) bzw. um 29 % geringer als pe_Q in Beispiel 3.

Somit ergeben die betrachteten Beispiele folgende PE-Kennzahlen pe_{MFH} bzw. pe_Q :

	PE-Kennzahl (Deckung des Wärme- und Strombedarfs) kWhPE/m ²
Beispiel 1: saniertes MFH, Gaszentralheizung, Netzstrom	128
Beispiel 3: Nahwärme-Netz, Gas- Heizzentrale, Netzstrom	171
Beispiel 4: Nahwärme-Netz, Heizzentrale mit BHKW und SL-Kessel, BS-Gutschrift für Netzzurückspeisung, Netzstrom für Restbedarf; Bewertung aller Strommengen mit PE-Faktor des Strom-Mix (fossil)	144
Beispiel 4: Bewertung des Stroms E_x entsprechend verdrängtem Strom (Mittellastkraftwerke)	130
Beispiel 4: Bewertung des <i>gesamten</i> Stroms E_B entsprechend verdrängtem Strom (Mittellastkraftwerke)	121

Tab. 2: Übersicht über die Ergebnisse der PE-Bilanzierung der betrachteten Beispiele (die versorgten MFH weisen alle dieselben Verbrauchsdaten auf).

Die Bewertungen nach DIN V 18599 (d.h. der Ansatz von Fraunhofer IBP), vorletzte Zeile von Tab. 2, und der „energiewirtschaftliche“ Ansatz, letzte Zeile in Tab. 2, unterscheiden sich also (in diesem Beispiel) um ca. 7 %.

(d) Einbeziehung von PV-Strom

Will man die Energiebilanz des Quartiers verbessern, z.B. durch PV-Anlagen im Quartier, deren Stromerzeugung, E_{PV} , teils Eigenstrombedarf deckt, teils „exportiert“, d.h. ins Netz zurückgespeist wird, so ist zu entscheiden, wie diese PV-Stromerzeugung bilanziert werden soll. Nach dem von Fraunhofer IBP vorgegebenen Bilanzierungsansatz wird die *gesamte* PV-Stromerzeugung, ob im Quartier genützt oder ins Netz zurückgespeist, dem Quartier gutgeschrieben.

Somit ergibt sich folgende Endenergiebilanz, wenn im Quartier PV-Anlagen betrieben werden:

$$(8) \quad EE = BS_{KS} + \left(1 - \beta_{el} \cdot \frac{E_x}{E_B}\right) \cdot BS_B + E_N - E_{PV}$$

Zur Berechnung der PE-Bilanz werden alle Terme wieder, wie in Formel (7a), mit den zugehörigen PE-Faktoren, die in DIN V 18599 vorgegeben werden, multipliziert.

Da die vom zurückgespeisten PV-Strom verdrängte Stromerzeugung (im Sommerhalbjahr um die Mittagszeit sind es i.w. Gaskraftwerke mit gutem elektrischem Wirkungsgrad, die abgeregelt werden) einen anderen PE-Faktor hat, als der PE-Faktor für den vom BHKW verdrängten Strom nach DIN V 18599, müsste man dies bei der Berechnung der PE-Bilanz korrekterweise berücksichtigen. Dies ist allerdings derzeit in der DIN V 18599 nicht vorgesehen. Ein möglicher korrekter Faktor wäre $f_{el_PV} = 2,0 \text{ kWhPE/kWhel}$ (s. Anlage).

Für „Plusenergie-Gebäude“ wird i.A. ebenfalls eine Jahresbilanzierung des PV-Stroms so vorgenommen, dass der auf dem Dach erzeugte und exportierte PV-Strom voll in der Gebäudeenergiebilanz angerechnet wird. Eine solche Vorgehensweise – bei der heute bereits installierten PV-Kapazität von über 40.000 MW_p – wird künftig fragwürdig, da weitere PV-Anlagen bei in ganz Deutschland gleichzeitig günstigen Witterungsbedingungen mangels Speicherkapazität keinen nutzbaren Strom mehr bereitstellen: Überschussstrom muss exportiert werden oder die PV-Anlagen werden abgeschaltet. Hier muss eine neue Regelung erst noch gefunden werden, welche die Möglichkeiten zur Energiespeicherung und Auswirkungen auf das Netz in geeigneter Weise berücksichtigt.

(e) Export von Wärme aus der Heizzentrale nach außerhalb des Quartiers

Für den selten vorkommenden Fall, dass ein Teil der im HKW erzeugten Nutzwärme, Q_x , nach außerhalb des betrachteten Quartiers exportiert, d.h. in ein über das Quartier hinausgehendes Wärmenetz eingespeist wird, z.B. ein Bruchteil

$$e_x = Q_x / Q_{HKW},$$

müssen in Formel (6) bzw. (8) alle Terme, die mit Wärmeenergie zu tun haben, mit dem Faktor $(1 - e_x)$ multipliziert werden. Möglicherweise muss der (geringe) Pumpstrom E_p explizit berücksichtigt werden, falls er zwar im HKW verbraucht wird, aber ein Teil davon für die Wärmeversorgung außerhalb des betrachteten Quartiers benötigt wird. Dann lautet schließlich die Formel zur Berechnung der Quartiers-Endenergiebilanz nach dem Fraunhofer IBP-Ansatz in der allgemeinsten Form:

$$(9) \quad EE = (1 - e_x) \cdot \left[BS_{KS} + \left(1 - \beta_{el} \cdot \frac{E_x}{E_B}\right) \cdot BS_B \right] + E_N - E_{PV} + (1 - e_x) \cdot E_P$$

Die PE-Bilanz wird analog Formel (7a) bzw. (7b) ermittelt, unter geeigneter Berücksichtigung der PE-Gutschriften für den verdrängten Strom.

Teil 2: Wärmeversorgung von Quartieren: Primärenergetische Bilanzierung

2.1 PE-Kennzahl der Wärmeversorgung

Die in Teil 1 dargestellte PE-Bilanzierung von Quartieren orientiert sich an der Aufgabe, die Endenergie- und Primärenergie-Bilanz von Quartiersprojekten bei vorhandenen Verbrauchsdaten für Wärme und Strom mit einer einheitlichen Bilanzierungsmethode darzustellen. Für den Planer eines Quartiers-Sanierungsprojektes oder eines Neubauquartiers stellt sich eine andere Aufgabe. Hier geht es, neben Fragen der Kosten bzw. Wirtschaftlichkeit, zunächst um die Bilanzierung des geplanten *Wärmeversorgungssystems*, während der Stromverbrauch der Haushalte, Büros oder sonstiger Einrichtungen im betrachteten Quartier nicht im Vordergrund steht und daher in der energetischen Bilanzierung nicht berücksichtigt wird.

Das Ziel der *integralen Planung* ist eine Betrachtung sowohl des Bedarfs als auch der Bereitstellung an thermischer Energie: im Ergebnis soll ein Gesamt-Minimum der Vollkosten¹⁵ erreicht werden, mit der Nebenbedingung eines möglichst niedrigen PE-Verbrauchs bzw. möglichst niedriger CO₂-Emission. Hierzu benötigt man eine konsistente Methode zum Vergleich verschiedener Energiesysteme, die Gebäude mit Wärmeenergie versorgen, welche eine variable energetische Qualität (also variablen Wärmeschutz und damit variablen Heizenergiebedarf) aufweisen.

Dabei betrachtet der Planer verschiedene Varianten der Wärmeerzeugung und vergleicht diese bezüglich Kosten und Energiekennzahlen. Energie-Einsparmaßnahmen, etwa verstärkter Wärmeschutz oder Wärmerückgewinnung, sind Teil der zu betrachtenden Varianten. Neben den Vollkosten ist die Primärenergie-Kennzahl pe (kWhPE/m²) der Wärmeversorgung das entscheidende Kriterium zur Beurteilung des Energiekonzeptes.

Die PE-Kennzahl pe_G eines *Wohngebäudes* hinsichtlich der Wärmebedarfsdeckung ergibt sich aus den drei Faktoren (Erhorn-Kluttig 2011)¹⁶

$$(10) \quad pe_G = q_{th} \cdot e_{ES} \cdot f_{EE} = q_{th} \cdot p_{ES} \text{ (kWh}_{PE}/m^2a),$$

mit

q_{th} ... Wärmeverbrauch (kWh_{th}/m².a) frei Wärmeerzeuger ($q_{th} = q_h + q_{WW} + q_v$: Summe aus Heizenergiebedarf q_h , Warmwasserbedarf q_{WW} und Verteilungsverlusten im Gebäude, q_v);

e_{ES} ... Endenergie-Aufwandszahl des eingesetzten Energiesystems (kWh_{EE}/kWh_{th}); unter kWh_{EE} ist der untere Heizwert H_i des eingesetzten Endenergieträgers zu verstehen;

f_{EE} ... Primärenergiefaktor: Faktor des (fossilen) Primärenergieaufwands (kWh_{PE}/kWh_{EE}) des eingesetzten Endenergieträgers;

p_{ES} ... PE-Aufwandszahl des betrachteten Energiesystems in kWhPE je erzeugter kWh_{th}.

Je kleiner die Primärenergie-Kennzahl pe_G , desto besser die energetische Qualität des Systems. Alle drei Faktoren in Formel (10) sind „Schrauben“, mit denen pe beeinflusst werden kann.

Da jedes Energiesystem auch einen Verbrauch an elektrischer Hilfsenergie e_H (kWh_e/kWh_{th}) aufweist, mit dem zugehörigen Primärenergiefaktor f_{eH} (kWh_{PE}/kWh_e), muss der daraus resultierende Primärenergie-Verbrauch in der Berechnung berücksichtigt werden¹⁷. Dies ergibt eine Korrektur von Formel (10):

¹⁵ Vollkosten: Summe der variablen Kosten (Energiekosten) und der festen Kosten (Kapitalkosten, Wartungskosten, Verwaltungskosten etc.)

¹⁶ Wie im Anhang näher ausgeführt, wird hier immer von *fossilem* (d.h. „nicht-erneuerbarem“) PE-Einsatz gesprochen; erneuerbare Energien haben in erster Näherung – mit Ausnahme von Biomasse – den (fossilen) PE-Faktor $f_{PE} = 0$ kWhPE/kWhEE.

¹⁷ In konventionellen Heizsystemen erhöht (verschlechtert) der Hilfsstromverbrauch den PE-Kennwert um wenige Prozent.

$$(11) \quad pe_G = q_{th} \cdot (e_{ES} \cdot f_{EE} + e_H \cdot f_{el}) = q_{th} \cdot (p_{ES} + p_H) \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{m}^2\text{a}),$$

wobei p_H der PE-Aufwand des Hilfsstromverbrauchs ist.

Wie oben erwähnt, kann man für die Primärenergiefaktoren die in DIN V 18599 genannten festen Werte benutzen oder auch Werte, die auf ein bestimmtes Betriebsjahr bezogen sind, z.B. die PE-Faktoren für Strom des Jahres 2014: Der PE-Faktor der **Stromerzeugung 2014** ist gegeben durch $f_{el} = 1/\eta_{el} \cdot f_{BS}$, mit η_{el} als mittlerer Stromerzeugungs-Nutzungsgrad des Kraftwerksmix bzw. f_{BS} als mittlerer PE-Faktor des (fossilen) Brennstoffmix: $f_{el} = 2,47 \text{ kWh}_{PE}/\text{kWh}_{el}$ (s. Anhang A-2). Dieser (nicht-regenerative) PE-Faktor f_{el} des Strommix 2014 wird für die folgenden Beispiele jeweils benutzt. Ebenso werden in Teil 2 und 3, anders als in Teil 1, nicht die von der DIN V 18599 vorgegebenen festen PE-Faktoren benutzt, sondern PE-Faktoren aus der Fachliteratur (s. Anhang), die einen größeren Anwendungsbereich umfassen und als aktueller angesehen werden können. Für eigene Berechnungen, z.B. für andere Betrachtungsjahre, kann der Leser den von ihm als korrekt angesehenen Wert einsetzen.

Der Hilfsstromverbrauch e_H des Gebäude-Energiesystems wird meist bezogen auf die erzeugte Nutzwärme: $\text{kWh}_{el}/\text{MWh}_{th}$. e_H setzt sich aus den Anteilen für das Heizsystem (Umwälzpumpen, Regelung), z.B. $e_{H,HZ} = 10 \text{ kWh}_{el}/\text{MWh}_{th}$, und falls vorhanden, für die kontrollierte Lüftung ($e_{H,LÜ}$), gegebenenfalls auch für eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, $e_{H,WRG}$, zusammen. Oft ist der Hilfsstromverbrauch bezogen auf die Nutzfläche bekannt, z.B. $e_{A,HZ} = 0,70 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2$. Die Umrechnung beider Größen erfolgt mit

$$(12) \quad e_H = \frac{e_A}{q_{th}} \cdot 1000 \quad (\text{kWh}_{el}/\text{MWh}_{th}),$$

wobei der Faktor 1.000 in (Formel 12) leichter zu merkenden Zahlen ($\text{kWh}_{el}/\text{MWh}_{th}$ anstelle von $\text{kWh}_{el}/\text{kWh}_{th}$) dient.

Für die folgenden numerischen Beispiele wird, wie bereits in Teil 1, für e_H jeweils ein Wert von $e_{H,HZ} = 10 \text{ kWh}_{el}/\text{MWh}_{th}$ eingesetzt.

Die PE-Kennzahl pe_G (oder pe_Q , das mit der Nutzfläche gewichtete Mittel der PE-Kennzahlen aller im Quartier betrachteten Gebäude), berechnet nach Formel (11), ist ein geeignetes Maß für die energetischen Qualität eines Gebäudes oder Quartiers hinsichtlich der Deckung des Wärmebedarfs, weil sie einen konsistenten Vergleich unterschiedlicher Energie-Systeme ermöglicht. Dabei ist der Ausdruck (11) weniger als Formel zu verstehen, sondern als Berechnungsvorschrift, deren Anwendung für unterschiedliche Energiesysteme (z.B. Grundlast-BHKW mit Spitzenlastkessel in Nahwärme-Netz) in geeigneter Weise angepasst werden muss. Dies wird im Folgenden an mehreren Beispielen erläutert.

2.2 Beispielhafte PE-Kennzahlen verschiedener Systeme der Wärmeversorgung

2.2.1 Gaskessel in der Heizzentrale eines sanierten MFH

Für die folgenden Beispiele nehmen wir, wie bisher, ein MFH mit einem Heizbedarf von $q_{Hz} = 45 \text{ kWh}_{th}/\text{m}^2$ und einem thermischen Energieverbrauch von $q_{th} = q_{Hz} + q_{WW} + q_V = 70 \text{ kWh}_{th}/\text{m}^2$ an.

Für einen Gas-Kessel mit einem Jahres-Nutzungsgrad von z.B. $\eta_{KS} = 0,84^{18}$ ist die Aufwandszahl $e_{ES} \equiv e_{KS}$ gegeben durch

$$(13) \quad e_{KS} = \frac{1}{\eta_{KS}} \quad (\text{kWh}_{HI}/\text{kWh}_{th}),$$

und damit die PE-Aufwandszahl p_{KS} :

¹⁸ Nutzungsgrade (Kessel Wärmepumpen, BHKW's) sind in den folgenden Rechnungen entweder plausibel abgeschätzte Werte oder Werte, die auf Messungen zurückgeführt werden können.

$$(14) \quad p_{Ks} = e_{Ks} \cdot f_{Gas} = \frac{1}{\eta_{Ks}} \cdot f_{Gas} \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{th}),$$

mit dem PE-Faktor von Erdgas, $f_{Gas} = 1,12 \text{ kWhPE}/\text{kWh}_{th}$ (s. Tab. A-1 im Anhang). Der erste Term in Formel (11) beträgt also $p_{Ks} = 1/0,84 \cdot 1,12 = 1,33 \text{ kWhPE}/\text{kWh}_{th}$. Ist das MFH ausgestattet mit einer kontrollierten Lüftung mit einem (plausiblen) Strombedarf $e_{A_Lü} = 1,20 \text{ kWhel}/\text{m}^2$, daher nach Formel (12) $e_{H_Lü} = 17 \text{ kWhel}/\text{MWh}_{th}$, und beträgt der Hilfsstrombedarf der Heizanlage wie oben: $e_{H_Hz} = 10 \text{ kWhel}/\text{MWh}_{th}$, so erhält man für den 2. Term in (11) $p_H = e_H \cdot f_{el} = 27/1.000 \cdot 2,47 = 0,07 \text{ kWhPE}/\text{kWh}_{th}$ und damit

$$pe_G = q_{th} \cdot (p_{Ks} + p_H) = 70 \cdot (1,33 + 0,07) = 97,8 \text{ kWhPE}/\text{m}^2$$

als PE-Kennzahl für ein energetisch saniertes MFH mit Erdgasheizung (nur Wärmeenergieversorgung, d.h. ohne HH-Strom). Für ein *nicht* saniertes Wohngebäude, $q_{th} \approx 170 \text{ kWh}/\text{m}^2$, ohne Lüftungsanlage, würde sich hingegen (unter sonst gleichen Voraussetzungen) ein Wert von $pe_G = 230,9 \text{ kWhPE}/\text{m}^2$ ergeben.

2.2.2 Elektrische Wärmepumpe

Eine elektrischen Wärmepumpe mit einer Brutto-Arbeitszahl¹⁹ ε ($\text{kWh}_{th}/\text{kWh}_{el}$) benötigt zur Erzeugung einer kWh_{th} eine elektrische Energie von $e_{WP} = 1/\varepsilon \text{ kWh}_{el}/\text{kWh}_{th}$. Demnach ist die Endenergie-Aufwandszahl der Wärmepumpe, $e_{ES} \equiv e_{WP}$, gegeben durch

$$(15) \quad e_{WP} = \frac{1}{\varepsilon} \quad (\text{kWh}_{el}/\text{kWh}_{th}).$$

Damit wird die PE-Aufwandszahl der Wärmepumpe, p_{WP} , zu

$$(16) \quad p_{WP} = e_{WP} \cdot f_{el} = \frac{f_{el}}{\varepsilon} \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{th}).$$

Somit ist, mit einem ε -Wert der Wärmepumpe von z.B. $3,7 \text{ kWh}_{th}/\text{kWh}_{th}$, der erste Term von Formel (11) $p_{WP} = e_{WP} \cdot f_{el} = 2,47/3,7 = 0,67 \text{ kWhPE}/\text{kWh}_{th}$, also erheblich besser als ein Gaskessel. Die PE-Kennzahl des (sanierten) MFH, versorgt mit einer Elektro-Wärmepumpe, wäre demnach

$$pe_G = q_{th} \cdot (p_{WP} + p_H) = 70 \cdot (0,63 + 0,06) = 51,4 \text{ kWhPE}/\text{m}^2,$$

d.h. die Hälfte der PE-Kennzahl des sanierten MFH mit Gaszentralheizung.

2.2.3 PE-Aufwandszahl eines Blockheizkraftwerks (BHKW)

Ein BHKW erzeugt gleichzeitig Strom, E_B , und Wärme, Q_B , mit einem Brennstoffaufwand BS_B (in den meisten Fällen Erdgas; s. auch Teil 1, Beispiel 4). Die *Stromkennzahl* $s = E_B/Q_B$ des BHKW gibt an, wie viele kWh_{el} pro kWh_{th} erzeugt werden. Mit einem BHKW-Nutzungsgrad $\eta_B = (Q_B + E_B)/BS_B$ ergibt sich für die Erzeugung *einer* kWh_{th} ein PE-Aufwand von $(1 + s)/\eta_{BHKW} \cdot f_{Gas}$.

Die gleichzeitig erzeugte Strommenge von $s \text{ kWh}_{el}/\text{kWh}_{th}$ verdrängt Strom aus Mittellastkraftwerken (ein Mix aus Steinkohle- und Erdgas-Kraftwerken), mit einem mittleren PE-Faktor $f_{el_V} = 1/\eta_{el_V} \cdot f_{BS_V} = 2,89 \text{ kWh PE}/\text{kWh}_{el}$ (s. Anhang). Somit kann vom PE-Aufwand des BHKW eine PE-Einsparung (in den Mittellastkraftwerken) von $s \cdot f_{el_V} \text{ kWhPE}$ je erzeugter kWh_{th} abgezogen werden („PE-Gutschrift“).

Diese Überlegung ergibt die folgende Formel für die Berechnung des PE-Aufwandes des BHKW:

$$(17) \quad p_B = \frac{1 + s}{\eta_B} \cdot f_{Gas} - s \cdot f_{el_V} \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{th}).$$

Da das BHKW nur die Grundlast der Versorgung übernimmt, mit einem Anteil a_B an der Deckung des gesamten thermischen Energiebedarfs im versorgten Nahwärme-Netz, während der restliche Anteil von

¹⁹ Jahresarbeitszahl; schließt Hilfsstrombedarf ein.

einem Spitzenlastkessel erzeugt wird ($p_{SL} = 1/\eta_{SL} \cdot f_{Gas}$, Anteil $a_{SL} = 1 - a_B$), ergibt sich der PE-Faktor der gesamten Heizzentrale aus dem gewichteten Mittel der PE-Aufwandszahlen des BHKW, p_B , und des SL-Kessels, p_{SL} :

$$(18) \quad p_Q = a_B \cdot p_B + (1 - a_B) \cdot p_{SL} \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{th})$$

Ferner muss zur Ermittlung der PE-Kennzahl berücksichtigt werden, dass das NW-Netz Wärmeverluste von v % aufweist, d.h. die Wärmerzeugung in der Heizzentrale erhöht sich um den Faktor $(1 + v/100)$. Und schließlich tritt zusätzlich zum mittleren Hilfsstrombedarf der an das Nahwärme-Netz angeschlossenen Gebäude, e_{H_Geb} , ein weiterer Bedarf an Hilfsenergie, e_P , in Form von Pumpstrom für die Wassermwälzung im Nahwärme-Netz auf (mit der Größenordnung von $e_P = 10 \text{ kWhel}/\text{MWth}$): $p_{H_NW} = (e_{H_Geb} + e_P) \cdot f_{el}$. Damit erhält man – mit p_Q aus Formel (18) – für die PE-Kennzahl des Quartiers

$$(19) \quad pe_Q = q_{th} \cdot (1 + v/100) \cdot (p_Q + p_{H_NW}) \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{th})$$

Diese Formeln (17) bis (19) können auch in einem einzigen Ausdruck zusammengefasst werden:

$$(20) \quad pe_{NW} = q_{th} \cdot \left(1 + \frac{v}{100}\right) \cdot \left[a_B \cdot \left(\frac{1+s}{\eta_B} \cdot f_{Gas} - s \cdot f_{el_V} \right) + (1 - a_B) \cdot \frac{f_{Gas}}{\eta_{SL}} + (e_{H_Geb} + e_P) \cdot f_{el} \right] \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{th})$$

Formel (20) kann direkt auf das oben definierte Beispiel-Quartier mit BHKW und Nahwärme-Netz (Beispiel 4 von Teil 1) angewendet werden:

Aus den BHKW- bzw. Nahwärme-Netz-Daten (Tab. 1) ergeben sich folgende Kennwerte, die in Formel (20) eingesetzt werden müssen:

(a) Grundlast-BHKW:

$$s = 1.150/1.800 = 0,64 \text{ kWhel}/\text{kWhth}$$

$$\eta_B = (1.150 + 1.800)/3.420 = 0,85 \text{ kWh}/\text{kWhHi}$$

$$a_B = 68 \%$$

(b) SL-Kessel:

$$\eta_{KS} = 865/1.006 = 0,86 \text{ kWhth}/\text{kWhHi}$$

$$a_{SL} = 1 - a_B = 32 \%$$

(c) Nahwärme-Netz:

$$Q_{Hz} = 2.450 + 215 = 2.665 \text{ MWth}/a$$

$$q_{th} = 70 \text{ kWhth}/m^2$$

$$v = 215/2.450 = 8,8 \%$$

$$e_{H_Geb} = 27 \text{ kWhel}/\text{MWth}$$

$$e_P = 10,2 \text{ kWhel}/\text{MWth}$$

(d) PE-Faktoren:

$$f_{Gas} = 1,12 \text{ kWhPE}/\text{kWhHi}$$

$$f_{el} = 2,47 \text{ kWhPE}/\text{kWhel}$$

$$f_{el_V} = 2,89 \text{ kWhPE}/\text{kWhel}$$

Tab. 3: Eckdaten des Beispiel-Quartiers (Nahwärme-Netz, Grundlast-BHKW), einzusetzen in Formel (20); Ausgangswerte von Tab. 1, PE-Faktoren aus Tab. Anhang A-1.

Aus den Eckdaten in Tab. 3 ergibt sich mit Formel (20) eine PE-Kennzahl für die Wärmeversorgung dieses Beispiel-Quartiers von $pe_{NW} = 53,7 \text{ kWhPE}/m^2$.

Zusammen mit dem PE-Verbrauch aus dem HH-Stromverbrauch, $pe_{HH} = e_{HH} \cdot f_{el} = 28 \cdot 2,47 = 69,2 \text{ kWhPE}/m^2$, ergibt sich insgesamt die PE-Kennzahl $pe_Q = 53,6 + 65,2 = 122,9 \text{ kWhPE}/m^2$, d.h. der bereits in Teil 1 berechnete Wert²⁰, der auch direkt mit dem Beispiel 3 von Teil 1 verglichen werden kann: $pe_{NW} = 175 \text{ kWhPE}/m^2$. Das BHKW ermöglicht demnach eine Reduzierung der PE-Kennzahl (Wärme und Strom) um 30 %. Der Vergleich mit dem einzelnen MFH mit Gas-Zentralheizung (Beispiel 2) ergibt eine Verbesse-

²⁰ Trotz der hier im Vergleich zu Teil 1 leicht veränderten PE-Faktoren ist das Endergebnis der Berechnung praktisch gleich!

zung der PE-Kennzahl (Wärme *und* Strom) um 26 %. Das Ergebnis stimmt mit der Berechnung nach Fraunhofer IBP (Teil 1) überein.

Die *Stromkennzahl* s von BHKW's ist ein Maß für dessen energetische Qualität. Sie hängt vom elektrischen Wirkungsgrad η_{el} des BHKW ab, und dieser wiederum von der Leistungsgröße des BHKW, wobei zwischen dem Gesamtnutzungsgrad des BHKW, η_B , und η_{el} folgende Beziehung besteht:

$$(21) \quad s = \frac{\eta_{el}}{\eta_B - \eta_{el}} \quad (\text{kWh}_{el}/\text{kWh}_{th}).$$

Die folgende Abb. 4 zeigt typische Werte für den elektrischen Wirkungsgrad und die resultierende Stromkennzahl für BHKW's mit Erdgas-Motor im Leistungsbereich von unter 10 bis 200 kW_{el}. Mit diesen Werten können auch Anlagen mit anderen Eckwerten als im oben aufgeführten Beispielquartier analysiert werden.

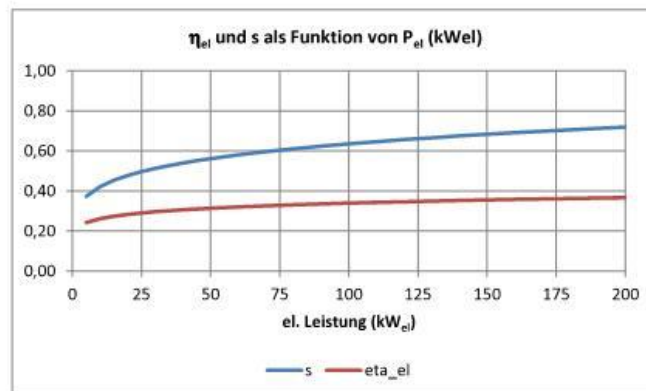


Abb. 4: Elektrischer Wirkungsgrad (untere Kurve) und resultierende Stromkennzahl von Erdgas-BHKW's (empirische Werte aus ASUE 2014).

2.2.4 Heizkraftwerk

Bei großen Heizkraftwerken ist die Auskopplung von Wärme aus den Niederdruckturbinen zur Nutzung in einem Fernwärme-Netz mit einer Stromeinbuße σ_{HKW} (kWh_{el}/kWh_{th}) verbunden. Ein typischer Wert für diese Stromeinbuße liegt bei $\sigma_{HKW} = 0,13$ kWh_{el}/kWh_{th}. Mit dem PE-Faktor $f_{el,V} = 2,89$ kWhPE/kWh_{el} des Verdrängungs-Mix (Mittelspannungsebene) kann dieser Stromeinbuße ein mittlerer PE-Aufwand p_{HKW} zugeordnet werden, der im Kraftwerkspark zusätzlich erforderlich ist, um die verringerte Stromerzeugung im HKW zu kompensieren:

$$(22) \quad p_{HKW} = \sigma_{HKW} \cdot f_{el,V} = 0,13 \cdot 2,89 = 0,38 \text{ kWhPE/kWhth.}$$

Die PE-Kennzahl der Fernwärme insgesamt (Grundlast-HKW plus Spitzenkessel) ergibt sich dann aus

$$(23) \quad pe_{FW} = q_{th} \cdot (1 + v_{FW}/100) \cdot [a_{HKW} \cdot p_{HKW} + (1 - a_{HKW}) \cdot p_{SL} + p_H] \quad (\text{kWhPE/m}^2).$$

Nimmt man beispielhaft an, dass das HKW einen Anteil $a_{HKW} = 70$ % des Jahres-Fernwärmebedarfs erzeugt und der Rest mit einem Erdgas-SL-Kessel erzeugt wird, ferner dass die Fernwärme-Verteilungsverluste bei $v_{FW} = 12$ % sowie der thermische Energiebedarf und Hilfsstromaufwand bei den in Beispiel 4 genannten Werten für q_{th} und p_H liegen (was für ein innerstädtisches FW-Gebiet eher unrealistisch gut ist), so erhält

man für dieses Fernwärme-System eine PE-Kennzahl von $pe_{fW} = 57,6 \text{ kWhPE/m}^2$ (d.h. annähernd der gleiche Wert wie das oben beschriebene NW-Netz mit BHKW).

2.2.5 Motor-Wärmepumpe

Eine Motor-Wärmepumpe (MWP), z.B. mit Erdgas als Brennstoff, erzeugt mechanische Leistung E_M , mit der der Verdichter einer Wärmepumpe angetrieben wird, die aus einer Umgebungswärmequelle mit niedriger Temperatur Wärme Q_U entnimmt und in Nutzwärme mit einer höheren Temperatur, Q_{WP} , umwandelt. Gleichzeitig wird, wie beim BHKW, Motorabwärme Q_M erzeugt, die ebenfalls als Nutzwärme eingesetzt werden kann. Die MWP erzeugt also die Nutzwärme $Q_{MWP} = Q_{WP} + Q_M$ und benötigt dazu einen Brennstoffeinsatz BS_{MWP} , wie in Abb. 5 dargestellt. Wie können die Endenergie- bzw. PE-Aufwandszahl, e_{MWP} bzw. p_{MWP} , für dieses System bestimmt werden?

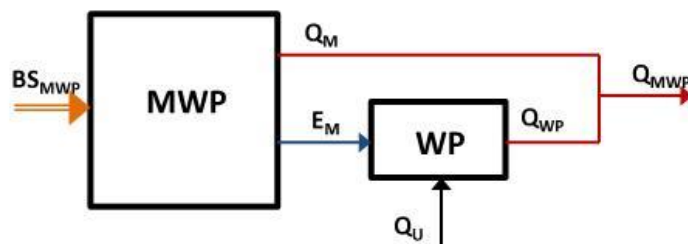


Abb. 5: Prinzipschaltbild Motor-Wärmepumpe: Ein Gasmotor (MWP) treibt eine Wärmepumpe an (WP).

Die Endenergie-Aufwandszahl der MWP, mit einer Nutzwärmeerzeugung Q_{MWP} und einem Brennstoffeinsatz BS_{MWP} , ist definiert als

$$(24) \quad e_{MWP} = \frac{BS_{MWP}}{Q_{MWP}} \quad (\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{th}}).$$

Der Gesamt-Nutzungsgrad η_g des Gasmotors der MWP zur Bereitstellung der Nutzenergie $Q_M + E_M$ ist, analog zum BHKW, definiert als

$$\eta_g = \frac{Q_M + E_M}{BS_{MWP}} \quad \text{daher} \quad BS_{MWP} = \frac{Q_M + E_M}{\eta_g}$$

Aus (24) folgt

$$e_{MWP} = \frac{Q_M + E_M}{\eta_g} \cdot \frac{1}{Q_{MWP}} \quad (\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{th}}).$$

Die von der MWP erzeugte Wärme Q_{MWP} ist die Summe aus Motorabwärme, Q_M , und der mit der Wärmepumpe erzeugten Wärme, Q_{WP} : $Q_{MWP} = Q_M + Q_{WP}$. Mit einer Wärmepumpen-Arbeitszahl ε wird $Q_{WP} = \varepsilon \cdot E_M$. Definiert man, wieder analog zum BHKW, das Verhältnis von mechanischer zu thermischer Energie der MWP mit $s_M = E_M/Q_M$, so ist $E_M = s_M \cdot Q_M$ und $Q_{MWP} = Q_M + \varepsilon \cdot s_M \cdot Q_M = Q_M \cdot (1 + \varepsilon \cdot s_M)$. Daraus folgt

$$(25) \quad e_{MWP} = \frac{Q_M + E_M}{\eta_g} \cdot \frac{1}{Q_M \cdot (1 + \varepsilon \cdot s_M)} \quad (\text{kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{th}}).$$

Nimmt man an, dass die MWP *genau* 1 kWh_{th} erzeugt, so wird $Q_M = 1$ und $E_M = s_M$. Dies eingesetzt in (25) ergibt schließlich

$$(26) \quad e_{MWP} = \frac{1 + s_M}{\eta_g} \cdot \frac{1}{1 + \varepsilon \cdot s_M} \quad (\text{kWh}_{Hi}/\text{kWh}_{th})$$

für die Endenergie-Aufwandszahl der MWP und

$$(27) \quad p_{MWP} = e_{MWP} \cdot f_{Gas} \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{th})$$

für die PE-Aufwandszahl.

Wie beim BHKW dürfte i.a. eine MWP nur als Grundlast-Wärmeerzeuger eingesetzt werden. Der PE-Aufwand der Heizzentrale ist dann das gewichtete Mittel aus Grundlast- und Spitzenlast-Wärmeerzeuger.

Geht man für ein konkretes Beispiel von einer Heizzentrale mit MWP und Spitzenlastkessel aus (Grundlastanteil an der Wärmeerzeugung wieder 70 %), und nimmt man für die Motorkennzahl einen Wert von $s_M = 0,70$ und für den Wärmepumpenteil eine Arbeitszahl von $\varepsilon_{WP} = 4,0$ an, so erhält man aus (26) bzw. (27) unter sonst gleichen Annahmen wie oben einen PE-Kennwert von $pe_{MWP} = 61,6 \text{ kWhPE}/\text{m}^2$.

Motorangetriebene Wärmepumpen sind nicht „Stand der Technik“ in dem Sinn, dass diese Anlagen „von der Stange“ gekauft werden können – sie sind jeweils Einzel-Anfertigungen, d.h. sie stellen auch ein gewisses technisches Risiko dar. Alternativ wäre es sinnvoll, die MWP „aufzutrennen“ in ein BHKW-Aggregat und eine Elektro-Wärmepumpe, die mit dem vom BHKW erzeugten Strom betrieben wird. Beide Geräte sind Standard-Anlagen, die zusammen ebenfalls eine MWP ergeben, mit wesentlich größerer Investitionssicherheit, aber ohne an energetischer Qualität einzubüßen.

2.2.6 MFH mit Heizzentrale aus Pellet-GL- und Heizöl-SL-Kessel

Ein saniertes MFH (Energiedaten wie oben) wird mit einer Heizzentrale bestehend aus Pellet-Grundlastkessel und Heizöl-SL-Kessel (HEL) ausgestattet. Der Pellet-Kessel deckt $a_{pe} = 70\%$ des Jahres-Wärmebedarfs.

Mit diesem Beispiel kann die Anwendung der „Vorschrift“ nach Formel (11) zur Berechnung der PE-Kennzahl, pe_{pe_HZ} , demonstriert werden:

Schritt 1: „Vorschrift“: $pe_{pe_HZ} = q_{th} \cdot (p_{HZ} + p_H)$

Schritt 2: Berechnung der PE-Aufwandszahlen p_{HZ} (Mittelwert der beiden Heizkessel in der Heizzentrale) und p_H (Hilfsstrom):

$$p_{HZ} = a_{pe} \cdot e_{pe} \cdot f_{pe} + (1 - a_{pe}) \cdot e_{HEL} \cdot f_{HEL} \quad \text{bzw.} \quad p_H = e_H \cdot f_{el}$$

mit den Aufwandszahlen e_{pe} und e_{HEL} des Pellets- bzw. des HEL-Kessels:

$$e_{pe} = 1/\eta_{pe} \quad \text{und} \quad e_{HEL} = 1/\eta_{HEL}$$

Schritt 3: Bestimmung der Eingangsgrößen in die Formeln:

therm. Energieverbrauch:	$q_{th} = 70 \text{ kWh}_{th}/\text{m}^2$ (wie oben)
Kessel-Wirkungsgrade:	$\eta_{pe} = 0,78$; $\eta_{HEL} = 0,84$ (Annahmen)
Hilfsstrom:	$e_H = 27 \text{ kWh}_{el}/\text{MWh}_{th}$ (wie oben)
PE-Faktoren:	$f_{pe} = 0,15 \text{ kWhPE}/\text{kWh}_{Hi}$, $f_{HEL} = 1,11 \text{ kWhPE}/\text{kWh}_{Hi}$, (s. Tab. A-1)
	$f_{el} = 2,47 \text{ kWhPE}/\text{kWh}_{el}$

Schritt 4: Einsetzen und Berechnung von pe_{pe_HZ} .

Mit den angegebenen Eingangsgrößen ergibt sich die PE-Kennzahl dieses Energiesystems zu

$$pe_{pe_HZ} = 41,8 \text{ kWhPE}/\text{m}^2.$$

Der hier beschriebene Ansatz zur Bestimmung der PE-Aufwandszahlen verschiedener Beispiele zeigt, wie diese sehr unterschiedlichen Energiesysteme hinsichtlich ihrer PE-Kennzahl (und auch hinsichtlich der

CO₂-Kennzahl) in konsistenter Weise verglichen werden können. Dies gilt auch für andere Energiesysteme, etwa Brennstoffzellen oder Absorptions-Wärmepumpen, oder auch für den Einsatz von Solarkollektoren, deren Aufwandszahlen in vergleichbarer Weise bestimmt werden können.

Für jedes denkbare Energiesystem kann demnach eine entsprechende Formel für die zugehörige Endenergieaufwandszahl e_{ES} in Formel (11) abgeleitet werden. Besteht der Wärmeerzeuger aus mehreren Systemen, z.B. Grundlast- und Spitzenlastanlage, so muss das gewichtete Mittel beider Systeme eingesetzt werden. Bei Nutzung eines Wärmenetzes müssen auch die Netzverluste und der zusätzliche Pumpstromaufwand berücksichtigt werden, wie oben beschrieben. Werden Solarkollektoren, etwa zur Bereitstellung von Warmwasser, oder eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingesetzt, so reduziert sich die bereit zu stellende Wärmeenergie q_{th} um den entsprechenden Wert q_s (Beitrag Solarkollektor oder Wärmerückgewinnung).

2.2.7 Gegenüberstellung der Beispiele aus Teil 2

In der folgenden Abbildung werden die Ergebnisse der oben berechneten PE-Kennwerte für die verschiedenen Energiesysteme verglichen, wobei jeweils angenommen worden war, dass die betrachteten Gebäude (Einzelgebäude, Quartier) einen (mittleren) Heizenergiebedarf von $45 \text{ kWh}_{th}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ aufweisen, um eine Vergleichbarkeit auf gleicher Basis zu erhalten.²¹

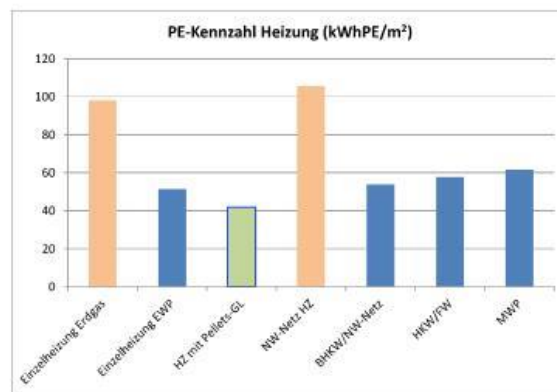


Abb. 6: Vergleich der Primärenergiekennzahlen pe (kWhPE/m^2) für die Wärmebereitstellungssysteme aus Teil 2, die Wohngebäude mit einem mittleren Heizenergieverbrauch von $45 \text{ kWh}_{th}/\text{m}^2$ versorgen:

- braun: Erdgas-Kessel
- grün: Pellet-Kessel
- blau: „Effizienztechnologien“ (Wärmepumpe, KWK).

Abb. 6 zeigt, dass die verschiedenen betrachteten Energiesysteme beträchtliche Unterschiede in der primärenergetischen Qualität aufweisen. Systeme mit sehr hoher Energieeffizienz ermöglichen sehr gute (d.h. niedrige) Primärenergiekennwerte und kommen in einem Quartiers-Energiekonzept als Alternative etwa zu einer anspruchsvollen – und meist teuren – Passivhaus-Sanierung in Frage. Damit eröffnen sich Spielräume für eine wirtschaftliche Gesamt-Optimierung. Die Systeme mit energieeffizienter Technik (KWK, Wärmepumpen) liegen bezüglich Aufwandszahl nicht weit auseinander und sind alle erheblich besser als die Anlagen mit konventionellem Kessel als Wärmeerzeuger. Die Pellet-Zentralheizung mit SL-HEL-Kessel schneidet deshalb am besten ab, weil hier der (fossile) PE-Faktor des eingesetzten Brennstoffs mit $f_{\text{Pellets}} = 0,14 \text{ kWhPE}/\text{kWhHi}$ (Anhang) sehr klein ist.

²¹ Der Planer kann für sein konkretes Projekt den Energiestandard des versorgten Gebäudes oder Quartiers durch verstärkte Investition in Wärmeschutz (und damit q_{th}) variieren und so nach einem Gesamt-Optimum suchen.

2.2.8 Zusammenfassung der Formeln zur Berechnung der Endenergie- bzw. Primärenergie-Aufwandszahlen

Tab. 4 zeigt eine Übersicht über die im Text abgeleiteten Formeln für die Aufwandszahlen. Bei bivalenten Energiesystemen, die aus Grundlast- und Spitzenlastanlagen bestehen, muss zur Ermittlung der „System-PE-Aufwandszahl“ das gewichtete Mittel (Gewichtung mit dem Anteil an der Jahreswärmebereitstellung) der PE-Aufwandszahlen der involvierten Wärmeerzeuger berechnet werden, ergänzt um den PE-Aufwand, der aus dem Hilfsstromeinsatz resultiert.

		Kessel	Elektro-Wärmepumpe	BHKW	Motor-Wärmepumpe	Wärmeauskopplung aus Heizkraftwerk
Endenergie-Aufwandszahl	kWhHi/kWhth	$\epsilon_{Ks} = \frac{1}{\eta_{Ks}}$	$\epsilon_{WP} = \frac{1}{\epsilon}$	$\epsilon_B = \frac{1+s}{\eta_B} - \frac{s}{\eta_{el_V}}$	$\epsilon_{MWP} = \frac{1+s_M}{\eta_g} \cdot \frac{1}{1+\epsilon \cdot s_M}$	$\epsilon_{HKW} = \sigma$
Primärenergie-Aufwandszahl	kWhPE/kWhth	$P_{Ks} = \epsilon_{Ks} \cdot f_{EE}$	$P_{WP} = \epsilon_{WP} \cdot f_{el}$	$P_B = \frac{1+s}{\eta_B} \cdot f_{Gas} - s \cdot f_{el_V}$	$P_{MWP} = \epsilon_{MWP} \cdot f_{EE}$	$P_{HKW} = \sigma \cdot f_{el_V}$

Tab. 4: Übersicht über die Formeln zur Berechnung der Endenergie- bzw. PE-Aufwandszahlen. Die verwendeten Symbole sind im Text erklärt; f_{PE} ist der Primärenergiefaktor (kWhPE/kWhHi) des jeweils eingesetzten Energieträgers.

Teil 3: Primärenergetischer Vergleich von EnEff:Stadt - Projekten

3.1 Ausgeführte und dokumentierte EnEff:Stadt - Projekte

Vier EnEff:Stadt - Quartiersprojekte wurden bisher in die Realität umgesetzt und messtechnisch begleitet: Der „Ludmilla Wohnpark“ in Landshut, das „Wohnquartier Karlsruhe-Rintheim“, das Konversionsgebiet Bad Aibling („Nullenergiestadt“) und das Quartier „Lilienstraße Nord“ in München. Die Auswertungen von Landshut und Rintheim wurden bereits abgeschlossen, die Auswertungen von Bad Aibling und München-Lilienstraße laufen noch. Im Folgenden werden die beiden Quartiere „Ludmilla-Wohnpark“ und „Rintheim“ nach dem oben beschriebenen Bilanzierungsverfahren ausgewertet. Tab. 5 zeigt Übersichtsdaten für diese beiden Quartiere:

	Maßnahmen	Energiesystem	Gebäude-Anzahl	Nutzfläche (m ²)	PV-Anlage
KA-Rintheim	Sanierung	Fernwärme-Netz	35	67.000	nein
	Großwohnsiedlung	(2 HKW, Industrieabwärme, Spitzenkessel)			
Ludmilla Wohnpark	Neubau MFH	Mikro-Netz mit BHKW plus Spitzenkessel	8	4.150	ja
	Neubau Reihenhäuser	Erdreich-Wärmepumpen	13	1.550	(ja) ^{*)}

Tab. 5: Übersicht über die beiden ausgewerteten EnEff:Stadt - Quartiers-Projekte
*) nur zwei der 13 RH

3.1.1 Quartierskonzept Rintheim

Die detailliertesten Daten stehen aus dem Quartiersprojekt KA-Rintheim zur Verfügung (Jank 2015). Dieses Quartier weist 35 MFH mit 3 Gebäudetypen auf, nämlich Riegelgebäude mit mehreren Eingängen und 4 oder 5 Vollgeschoßen, errichtet Mitte der 50er Jahre (ursprünglich mit Kohle-Einzelheizungen), und zwei Typen von Punkthochhäusern mit bis zu 17 Etagen aus den 60er bis Anfang der 70er Jahre. 1998 wurde mit Sanierungsmaßnahmen begonnen, im Jahr 2008 waren 9 der 35 Gebäude der Volkswohnung saniert.

Abb. 7 zeigt die aus den Energieverbrauchsausweisen 2005 bis 2007 abgeleiteten spezifischen Heizenergie-Verbrauchswerte. Alle Gebäude waren zu diesem Zeitpunkt mit Erdgas versorgt, in der Regel durch Zentralheizungen, einige wenige, noch nicht sanierte Gebäude aus den 50er Jahren mit Gas-Einzelöfen. Die Wirkung der Wärmedämmungsmaßnahmen an den Hüllflächen plus Fensteraustausch (q_{th} nach der Sanierung im Mittel bei ca. 45 kWh/m²) im Vergleich zu den nicht sanierten Gebäuden (mittleres q_{th} ca. 120 kWh/m²) ist unmittelbar erkennbar.

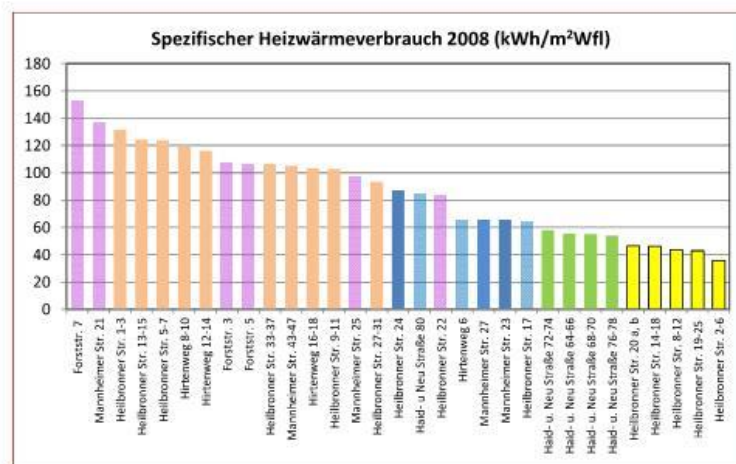


Abb. 7: Spezifischer Heizenergieverbrauch, $q_{H,z}$, der Gebäude der Volkswohnung in Rintheim zu *Vorbereitungsbeginn 2008* laut Verbrauchsausweis (gelb: in 1999 saniert und mit Solarkollektoren; grün: 1998 saniert; blau: teilsaniert; braun: Riegel-MFH, nicht saniert, violett: Punkthochhaus-MFH, nicht saniert).

Im Jahr 2008 wurde vom Eigentümer beschlossen, für das gesamte Wohnquartier „Rintheimer Feld“ ein Nahwärme-Netz zu errichten, das aus dem nahegelegenen Fernwärme-Netz der Stadtwerke Karlsruhe versorgt werden sollte. Anlass war der Einstieg der SW Karlsruhe in die Nutzung von Industrieabwärme aus der Raffinerie in Karlsruhe, wodurch Kapazität und energetische Effizienz der Fernwärme ab 2008 erheblich gesteigert werden sollten. Dazu musste die Sanierungsrate der MFH im Wohnquartier beschleunigt werden, um den Anschluss der sanierten Gebäude parallel zur Errichtung des Nahwärme-Netzes zu ermöglichen, das bis 2012 fertiggestellt wurde. Die letzten Gebäude wurden 2014 saniert und an das Nahwärme-Netz angeschlossen. Durch die kombinierte Wirkung der energetischen Sanierung und den Anschluss an ein hocheffizientes Energiesystem wurde die energetische Qualität des Quartiers erheblich gesteigert – aber wie kann dies quantifiziert werden?

Der PE-Aufwand der Nahwärme *frei MFH in Rintheim* (Primärenergie der eingesetzten Brennstoffe abzüglich PE-Bonus für die Nettostromerzeugung der beiden von den SW Karlsruhe betriebenen Heizkraftwerke), unter Berücksichtigung der Netzverluste und des Pumpstromaufwandes, beträgt $p_{NW} = 0,48$ kWh PE/kWhth (s. Anhang A-3) und damit die PE-Kennzahl entsprechend Formel (10)

$$(28) \quad p_{eMFH} = q_{th} \cdot (p_{NW} + p_H) \quad (\text{kWhPE/m}^2).$$

Der Verbrauch an thermischer Energie, q_{th} , wird für jedes Gebäude für sich gemessen. Der Hilfsstromverbrauch, e_H , der sanierten Gebäude (Gebäude-Heizsystem, kontrollierte Entlüftung) liegt im Mittel bei $1,90$ kWhel/m². Damit kann die PE-Kennzahl jedes Gebäudes ermittelt und die Quartiers-PE-Kennzahl als gewichtetes Mittel der erfassten MFH berechnet werden. Im Mittel wiesen die Gebäude nach der Sanierung einen Verbrauch an thermischer Energie von $q_{th} = 70$ kWhth/m² auf (dies ist der in den Beispielen 3 und 4 von Teil 1 angesetzte Wert).

Um die *jährliche Entwicklung* der PE-Kennzahl von 1998 (kein Gebäude saniert, nur Erdgasversorgung) über 2011 und 2012 bis 2015 (alle Gebäude saniert und an die Nahwärme angeschlossen) und damit den erzielten energetischen Effekt nach Umsetzung des Quartierskonzeptes darzustellen, besteht das übliche Problem einer mangelhaften Verfügbarkeit von Daten. Daher wurden die Verbrauchswerte 1998 der einzelnen Gebäude aus den Daten der 2008 noch nicht sanierten Gebäude zurückgerechnet. Umgekehrt wurden aus den Daten der bis 2012 bereits sanierten Gebäude die für 2015 noch zu erwartenden Werte

extrapoliert. Die Entwicklung der PE-Bilanz des gesamten Quartiers von 1998 bis 2015 mit diesen Näherungen zeigt Abb. 8:

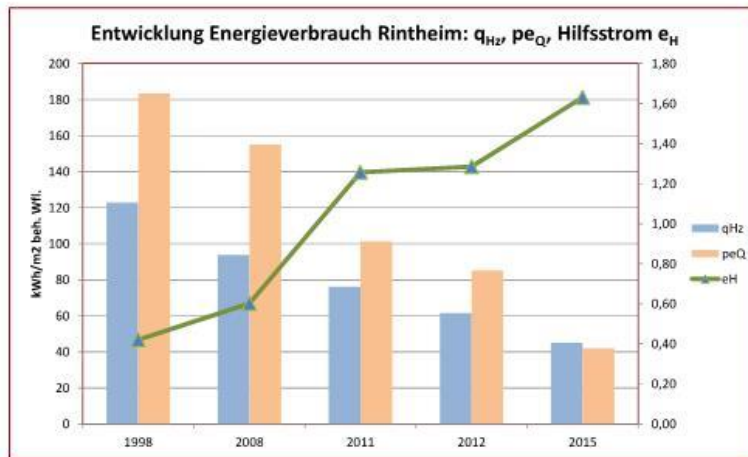


Abb. 8: Entwicklung der Mittelwerte der PE-Kennzahl der Wärmebereitstellung, pe_{th} (kWhPE/m²), des Heizenergiebedarfs q_{Hz} (kWhth/m²) und des Hilfsstrombedarfs e_H (kWhel/m²; rechte Skala) im Wohnquartier Rinheim (35 MFH) vor Beginn der Sanierung (1998) bis zu deren Abschluss (2015). Die Werte für 2008, 2011 und 2012 sind gemessene Werte, die Werte für 1998 und 2015 sind extrapolierte Werte.

Die Grafik zeigt eine Verbesserung der PE-Kennzahl (thermische Energie, HH-Stromverbrauch nicht berücksichtigt!) von $pe_Q = 180 \text{ kWhPE/m}^2$ vor der Sanierung auf $pe_Q = 41,9 \text{ kWhPE/m}^2$ nach Abschluss der Sanierung und Anschluss an die Nahwärme. Diese Verbesserung um 78 % ist Ergebnis des kombinierten Effekts der Energieeinsparung und der verbesserten Energieeffizienz durch den Anschluss an die Fernwärme Karlsruhe.

3.1.2 „Plusenergie-Siedlung“ Wohnpark Ludmilla, Landshut

Dieser „Wohnpark“ eines privaten Entwicklers umfasst 8 MFH mit 55 Wohnungen, mit einer Wohnfläche von $W_{fl, MFH} = 4.150 \text{ m}^2$, und benachbarte 13 Reihenhäuser, $W_{fl, RH} = 1.550 \text{ m}^2$. Die Wohnungen wurden 2010 bis 2012 errichtet und an private Nutzer verkauft. Alle Gebäude weisen einen gehobenen Wärmeschutz-Standard auf. Die Lüftung aller MFH bzw. RH erfolgt mit einer kontrollierten Entlüftung ohne Wärmerückgewinnung.

Zur Wärmeversorgung der MFH wurde ein „Mikro-Nahwärme-Netz“ errichtet, das aus einem kleinen Grundlast-BHKW (Senertec-DACHS, 5,5 kW_{el}, 12,8 kW_{th}) und einem Erdgas-Spitzenlastkessel versorgt wird. Auf dem Dach sind PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 71 kW_p installiert, deren Strom vollständig ins Netz zurückgespeist wird.

Die Reihenhäuser werden durch Elektro-Wärmepumpen versorgt, mit „Erdkollektoren“ als Wärmequelle. Ferner wurden PV-Anlagen mit jeweils 2,15 kW_p an zwei der 13 RH errichtet (ursprünglich war dies für alle 13 RH vorgesehen).

Beide Varianten sind gute Beispiele, um die Berechnung der PE-Kennzahl nach dem oben beschriebenen Ansatz, Formel (20) bzw. Formel (16), zu demonstrieren.

(a) MFH/Mikro-Fernwärme-Netz:

So kann für das Energiesystem „BHKW plus SL-Kessel“ die Formel (20) wie folgt angewendet werden:

$$(29) \quad p_{e_{MFH}} = q_{th} \left[a_B \left(\frac{1+s}{\eta_B} f_{Gas} - s \cdot f_{el_V} \right) + (1 - a_B) \cdot \frac{f_{Gas}}{\eta_{SL}} + \epsilon_H f_{el} \right] \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{m}^2)$$

Im Vergleich zu Formel (20) ist hier der Wärmeverlust im Mikro-Nahwärme-Netz nicht gesondert ausgewiesen, sondern zu den Wärmeverteilungsverlusten im Gebäude addiert und somit bereits in q_{th} enthalten. Ferner ist in Formel (29) der gesamte Hilfsstromverbrauch (Heizzentrale, Pumpen, Lüftungsanlage) im Wert für ϵ_H enthalten.

Folgende jährlichen Verbrauchsdaten aus dem Jahr 2013 wurden gemessen (Schlussbericht EnEff:Stadt-Projekt PtJ / O327431R):

Nutzwärmeverbrauch der 55 Wohnungen:	$Q_N = Q_{Hz} + Q_W =$	248,6 MWhth
Wärmeerzeugung in der Heizzentrale:	$Q_{Erz} =$	396,9 MWhth
Brennstoffverbrauch SL-Kessel (Erdgas):	$BS_{SL} =$	314,9 MWhHi
Brennstoffverbrauch BHKW (Erdgas):	$BS_B =$	178,1 MWhHi
Stromerzeugung BHKW:	$E_B =$	46,1 MWhel
Hilfsstromverbrauch gesamt:	$E_H =$	14,53 MWhel
Haushaltsstromverbrauch	$E_{HH} =$	90,1 MWhel (21,7 kWhel/m ²)
PV-Stromerzeugung	$P_{PV} =$	71 kW _p (17 W _p pro m ² Wfl.)
	$E_{PV} =$	68,5 MWhel (16,5 kWhel/m ²)

Tab. 6: Energieverbrauchswerte Ludmilla Wohnpark, MFH, 2013

Das in der Heizzentrale im Keller eines der MFH installierte BHKW ist ein reines Grundlast-BHKW, ausgelegt auf maximale Jahresbetriebsdauer. Die BHKW-Auslegung unterscheidet sich stark von den Annahmen für das in Teil 1, Beispiel 4, diskutierte Quartier: Der BHKW-Anteil an der Jahres-Wärmebereitstellung beträgt hier nur 26 %. Die Leistungsdaten des BHKW ergeben eine Stromkennzahl von $s = 5,5/12,8 = 0,43 \text{ kWhel/kWhth}$. Aus den Werten von Tab. 6 lassen sich alle übrigen für Formel (29) erforderlichen Größen, also q_{th} , η_B , η_{SL} , a_B , p_H , berechnen:

$$q_{th} = Q_{Erz} / Wfl_{MFH} = 396,9 \cdot 1.000 / 4.150 = 95,6 \text{ kWhth/m}^2$$

Vollastbenutzungsstunden BHKW: $h_V = E_B \cdot 1000 / P_{el} = 8.382 \text{ h/a}$, daher $Q_B = P_{th} \cdot h_V / 1.000 = 104,8 \text{ MWhth}$.

$$\eta_B = (Q_B + E_B) / BS_B = (104,8 + 46,1) / 178,1 = 0,85$$

$$\eta_{SL} = (Q_{Erz} - Q_B) / BS_{SL} = (396,9 - 104,8) / 314,9 = 0,93 \text{ (Brennwertkessel!)}$$

$$a_B = Q_B / Q_{Erz} = 104,8 / 396,9 = 0,26$$

$$p_H = E_H \cdot 1.000 / Q_{Erz} = 14,53 \cdot 1.000 / 396,9 = 36,6 \text{ kWhel/MWhth (Hilfsstrom)}$$

→ Nutzung für Formel (29): $p_H = 0,0366 \text{ kWhel/kWhth (!)}$

Diese Werte, zusammen mit den PE-Faktoren $f_{Gas} = 1,12 \text{ kWhPE/kWhHi}$, $f_{el} = 2,47 \text{ kWhPE/kWhel}$ und $f_{el_V} = 2,89 \text{ kWhPE/kWhel}$, eingesetzt in Formel (29), ergeben

$$p_{e_{MFH}} = 109,8 \text{ kWhPE/m}^2 \text{ für den PE-Kennwert der MFH ohne Berücksichtigung der PV-Anlage.}$$

Dieser Wert liegt im Bereich eines energetisch sanierten MFH mit konventioneller Erdgas-Zentralheizung (und deutlich höher als die oben angesprochenen energieeffizienten Energiesysteme (Wärmepumpen-Heizung, BHKW, Fernwärme Rintheim). Die Gründe liegen in der sehr niedrigen Auslegung des Mini-BHKW's und in den sehr hohen Verteilungsverlusten: $Q_{Erz} - Q_N$ (Tab. 6).

Die auf den Dächern installierte PV-Anlage speist den Strom vollständig ins Netz zurück. Der Bauherr sah vor, die rechnerische PE-Gutschrift aus diesem Strom voll der PE-Bilanz der MFH gutzuschreiben, um dem Anspruch an ein „Plusenergie-Gebäude“ gerecht zu werden. Mit dem PE-Faktor für PV-Strom, $f_{el_PV} = 2,0$ kWhPE/kWhel (s. Anhang A-1) erhält man eine PE-Gutschrift von 33 kWhPE/m² und somit eine korrigierte PE-Bilanz von $pe_{MFH_PV} = 109,8 - 33 = 76,8$ kWhPE/m². Erst die durch die PV-Anlage ermöglichte PE-Gutschrift bringt die MFH in den Bereich der oben besprochenen Varianten mit hoher Energieeffizienz.²²

Berücksichtigt man für eine Gesamt-Energiebilanz noch den gemessenen mittleren Haushalts-Stromverbrauch von 21,7 kWhel/m², mit einem PE-Verbrauch von 50,6 kWhPE/m², so kompensiert der PV-Strom nur einen Teil des Haushaltsstromverbrauchs. Insgesamt ergibt sich damit eine PE-Kennzahl von $pe_{ges} = 127,4$ kWhPE/m² für Wärmeversorgung und Strombedarfsdeckung und unter voller Anrechnung der ins Netz zurückgespeisten PV-Erzeugung. Das angestrebte Ziel von „Plusenergie-Gebäuden“ wurde somit für diese MFH nicht erreicht.

(b) Reihenhäuser mit Elektro-Wärmepumpe (erdgekoppelt)

Für dieses Energiesystem kann die PE-Kennzahl mit der oben beschriebenen Systematik mit folgender Formel berechnet werden (s. auch Formel (16)):

$$(30) \quad P^{eRH} = q_{th} \left(\frac{1}{\varepsilon_{WP}} \cdot f_{el} + e_H \cdot f_{el} \right) \quad (\text{kWh}_{PE}/\text{m}^2)$$

Mit den Werten aus Tab. 7 und dem PE-Faktor für den Strom-Mix, $f_{el} = 2,47$ kWhPE/kWhel, erhält man daraus

$pe_{RH} = 76,6$ kWhPE/m² für den PE-Kennwert der RH ohne Berücksichtigung der PV-Anlage, also um 34 % besser als die MFH in diesem Projekt.

Gesamtwärmeverbrauch der 13 RH:	$Q_G = Q_{Hz} + Q_W + Q_V = 125,1$ MWhth
spezifischer Verbrauch an thermischer Energie:	$q_{th} = 80,7$ kWhth/m ²
Stromverbrauch Wärmepumpen:	$E_{WP} = 39,1$ MWhel (25,2 kWhel/m ²)
Jahres-Arbeitszahl Wärmepumpen:	$\varepsilon_{WP} = E_{WP}/Q_G = 39,1/125,1 = 3,2$ kWhel/kWhth
Hilfsstrom (Umwälzpumpen, Lüftung):	$E_H = 9,0$ MWhel, $e_{H,A} = 9,0 \cdot 1.000/W_{fl,RH} = 5,8$ kWhel/m ²
sp. Hilfsstromverbrauch:	$e_H = e_{H,A} \cdot 1.000/q_{th} = 5,8 \cdot 1.000/80,7 = 71,9$ kWhel/MWhth
Haushaltsstromverbrauch	nicht bekannt
PV-Stromerzeugung (2 RH):	$P_{PV} = 4,3$ kW _p (18,1 W _p pro m ² Wfl.) $E_{PV} = 4,1$ MWhel ($e_{PV} = 17,2$ kWhel/m ²)

Tab. 7: Energieverbrauchswerte Reihenhäuser, 2013

Der PV-Strom der beiden RH mit PV-Anlagen wird wieder vollständig ins Netz zurückgespeist. Schreibt man die daraus resultierende PE-Gutschrift, $e_{PV} \cdot f_{el_PV} = 17,2 \cdot 2,0 = 34,4$ kWhPE/m², diesen beiden Gebäuden voll gut, so erhält man eine PE-Kennzahl (ohne Berücksichtigung des Haushaltsstroms) von $pe_{RH_PV} = 76,6 - 53,8 = 42,2$ kWhPE/m², bzw. unter Einschluss des (unbekannten) Haushalts-Stroms, mit einem plausibel angesetzten Wert von 30 kWhel/m², von $pe_{ges} = 112,1$ kWhPE/m².

Tab. 8 zeigt einen Vergleich der Kenndaten der beiden EnEff:Stadt –Projekte:

²² In der ursprünglichen Konzeption war vorgesehen worden, das Erdgas vom Gasversorger als „Biogas“ zu beziehen bzw. bilanztechnisch als Biogas zu bewerten, was den PE-Kennwert erheblich verbessert hätte. Dies wurde aber wegen des (zu) hohen Preises für Biogas nicht realisiert.

	spezif. Nutzwärme	primär- energet. Aufwands- zahl	Hilfsstrom	Quartiers- PE- Kennzahl	PE- Kennzahl mit PV- Gutschrift	PE-Kennzahl mit PV-Gutschrift und HH-Strom
	q_{th}	$e_{PE} = pe/q_{th}$	e_{el}	pe_Q	pe_{PV}	pe_{ges}
	kWh _{th} /m ² a	kWh _{PE} /kWh _{th}	kWh _{el} /MWh _{th}	kWh _{PE} /m ² a	kWh _{PE} /m ² a	kWh _{PE} /m ² a
Ludmilla: MFH	95,6	1,15	36,6	109,8	58,1	127,4 (ohne PV: 165,8)
Ludmilla: Reihenhäuser	80,7	0,95	71,9	76,6	2 RH: 22,8	112,1 (ohne PV: 150,4)
Rintheim	75,6	0,55	35,7	41,9	--	107,5 (keine PV-Anlage)

Tab. 8: Übersicht über Kennwerte der EnEff:Stadt – Projekte KA-Rintheim und Ludmilla Wohnpark Landshut (eine Witterungsbereinigung der beiden Standorte Landshut und Karlsruhe wurde nicht vorgenommen).

Die Daten in Tab. 8 zeigen, dass der für den Ludmilla-Wohnpark erreichte PE-Kennwert der Wärmeversorgung durch die wirtschaftlich optimierte Gebäudesanierung der Gebäude in Rintheim, kombiniert mit der energetisch hocheffizienten Fernwärme in Karlsruhe, weit unterboten wird: Der Gesamt-PE-Kennwert von Rintheim (mit HH-Strom, ohne PV-Anlagen) wird in den neuen Gebäuden in Landshut nur durch den Einsatz von PV-Anlagen (ca. 2 kW_p pro Wohneinheit) annähernd erreicht.

3.2 Ein (theoretisches) Beispiel-Quartierskonzept

Im Folgenden soll ein Beispiel analysiert werden, bei dem ein Cluster von sechs benachbarten, energetisch sanierten MFH (120 Wohnungen, 8.600 m²; Energiedaten orientiert an den sanierten MFH im Rintheim-Projekt) durch örtlich vorhandene erneuerbare Energie sowie durch ein möglichst effizientes Energieerzeugungssystem versorgt wird. Es soll abgeschätzt werden, welche energetische Qualität für diesen Cluster von 6 Gebäuden *mit heutiger Technik* an einem Standort erreicht werden kann, an dem keine besonderen Verhältnisse, wie Verfügbarkeit von Industrieabwärme, Biomasse, vorgelagertes Fernwärme-Netz etc. verfügbar sind. Insofern wäre dieses Beispiel auf sehr viele Orte in Deutschland übertragbar.

Ein beispielhaftes technisches Konzept könnte darin bestehen, dass

- die 6 MFH wirtschaftlich optimal saniert werden: q_{Hz} 40 kWh_{th}/m²; q_{th} = 65 kWh_{th}/m²;
- ein kleines Grundlast-BHKW installiert wird, das zusammen mit einem SL-Kessel vier der sechs MFH mit Wärme versorgt
- die übrigen beiden MFH mit je einer Elektro-Wärmepumpe versorgt werden (Energiequellen: Fortluft aus der Lüftung und Erdsonden), deren Strombedarf i.W. durch das BHKW gedeckt wird
- eine PV-Anlage installiert wird, die im Sommerhalbjahr einen Großteil des Strombedarfs der Wärmepumpen (WW-Erzeugung) und des HH-Strombedarfs deckt.

Ein solches Energiekonzept bietet vielfältige Ansatzpunkte für Optimierungsüberlegungen in der Auslegung und im späteren Betrieb, insbesondere unter Einbeziehung von thermischer und elektrischer Energiespeicherung. Dies erfordert den Einsatz geeigneter Simulationswerkzeuge und wäre demnach ein sehr interessantes Anwendungsbeispiel solcher Tools, wie sie in den letzten Jahren von verschiedenen Universitäten entwickelt wurden. Außerdem ist für den Betrieb eine sehr smarte Regelung erforderlich, die in der Lage ist, die vielfältigen Möglichkeiten einer Systemoptimierung, auf der Erzeugerseite und auf der Verbraucherseite sowie unter Einbindung von Wärme- und Stromspeichern, einschließlich Wetterprognosen, zu realisieren.

Eine grobe energetische Bilanzierung mit Erfahrungswerten kann aber auch ohne Rechenmodell durchgeführt werden. Dies ergibt folgende plausiblen Werte für die Auslegung:

Grundlast-BHKW: 2 x 20 kW_{el}
 2 x 40 kW_{th}
 SL-Kessel: 170 kW_{th}
 Wärmepumpe: 2 x 55 kW_{th}
 2 x 15 kW_{el}
 PV-Anlage: 100 kW_p

Die Energieflüsse zeigt Abb. 9:

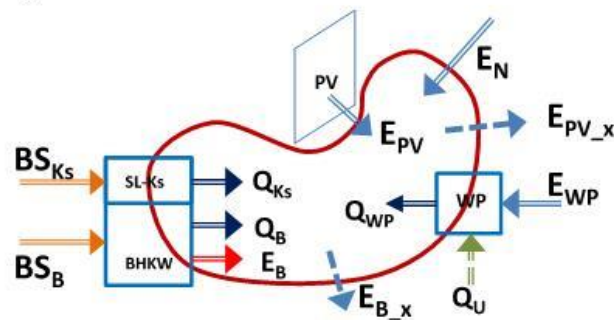


Abb. 9: Energieflüsse (Brennstoffe, Nutzenergien) für das theoretische Beispielkonzept zur Versorgung eines Clusters von 6 MFH: BHKW/SL-Kessel, Elektro-Wärmepumpe, PV-Anlage und geeignet dimensionierte Energiespeicher; $E_{B,x}$ und $E_{PV,x}$ sind die ins Netz zurückgespeisten Mengen an BHKW- bzw. PV-Strom.

Eine Abschätzung der Energieflüsse unter Berücksichtigung der Speichermöglichkeiten ergibt folgende Bilanz (alle Zahlen: MWh/a):

Bedarf	MWh	Erzeugung	MWh	Netz	MWh
Wärme	702	Kessel	90	Bezug	43
Strom HHH	258	BS_{Ks}	104	Rücksp. BHKW	38
Strom WPP	57	BHKW: Wärme	346	Rücksp. PV	10
Ges.-Strombedarf	315	BHKW: Strom	228		
		.. BS_B	652		
		PV	92		

Tab. 9: Übersicht Energiebilanz (MWh/a) des Beispiel-Clusters (6 MFH, 120 Wohnungen, 8.600 m²); Abschätzung unter Annahme eines optimalen Speicherbetriebs.

Aus dieser Energiebilanz erhält man mit den früher genannten PE-Faktoren

Erdgas: $f_{Gas} = 1,12 \text{ kWhPE/kWhH}$

Strom-Mix: $f_{el} = 2,47 \text{ kWhPE/kWhel}$

Verdrängungsstrom: KWK: $f_{el,KWK} = 2,89 \text{ kWhPE/kWhel}$; PV: $f_{el,PV} = 2,0 \text{ kWhPE/kWhel}$

einen Gesamt-PE-Verbrauch von

(a) Fraunhofer IBP-Methode:

$$(31) \quad PE_{IBP} = (BS_{Ks} + BS_B) \cdot f_{Gas} + E_N \cdot f_{el} - E_{B,x} \cdot f_{el,KWK} - E_{PV,x} \cdot f_{el,PV} \quad \text{MWhPE/a}$$

also einen PE-Verbrauch von 806 MWhPE/ oder $pe_Q = 94,4 \text{ kWhPE/m}^2$, bzw.

(b) energiewirtschaftliche Methode:

$$(32) \quad PE_{EW} = (BS_{KS} + BS_B) \cdot f_{Gas} + E_{ges} \cdot f_{el} - E_B \cdot f_{el_KWK} - E_{PV} \cdot f_{el_PV} \quad \text{MWhPE/a}$$

also einen PE-Verbrauch von 634 MWhPE/a oder $pe_Q = 80,2 \text{ kWhPE/m}^2$.

Alle hier angeführten Komponenten dieses Energiesystems sind „Stand der Technik“, das System insgesamt, einschließlich einer „smarten“ Regelung, ist aber *nicht* Stand der Technik, wie u.a. die praktischen Erfahrungen in den EnEff:Stadt – Umsetzungsprojekten gezeigt haben.

Verglichen mit nicht sanierten MFH kann mit dem hier beschriebenen Konzept eine Einsparung an fossiler Primärenergie von ungefähr 2 Drittel erreicht werden. Dies ist noch nicht „CO₂-neutral“, stellt aber einen sehr großen energetischen Fortschritt dar, der überdies den Charme aufweist, dass dieser signifikante Beitrag zur Energiewende annähernd kostenneutral und auch an vielen Standorten realisiert werden kann. Die vielfachen Befürchtungen einer erneuten Kostenlawine durch (absolut notwendige) zunehmende Klimaschutz-Anstrengungen in der städtischen Energiepolitik könnten hiermit deutlich entkräftet werden. Eine Umsetzung dieses Konzeptes in städtischen Quartieren dort, wo es überhaupt anwendbar ist (geeignete Gebäudedichte und Eigentümerstruktur, kein Fernwärme-Netz vorhanden, etc.) sollte demnach, zunächst im Rahmen von Pilot-Quartierskonzepten, angestrebt werden.

3.3 Vergleich der Ergebnisse

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Beispiele sind z.T. realisiert, d.h. die Ergebnisse beruhen – abgesehen vom „theoretischen“ Konzept – auf gemessenen Werten, die mit dem „theoretischen Beispiel“ verglichen wurden, bei dem abgeschätzt wurde, welche Energiebilanz erreichbar sein könnte, wenn die Anlagen optimal geplant und später optimal betrieben werden können (was nachzuweisen wäre; die Erfahrungen aus den bisher umgesetzten EnEff:Stadt – Projekten zeigen, dass dies nicht so leicht ist).

Die nachfolgende Tabelle vergleicht die Ergebnisse:

	therm. Energieverbrauch: q_{th} kWhth/m ²	pe_Q : nur thermische Energie kWhPE/m ²	pe_Q : Wärme, PV kWhPE/m ²	pe_Q : Wärme, PV und HH-Strom kWhPE/m ²
Rintheim	70	41,9	kein PV	107,5
Ludmilla, MFH	96	109,3	57,6	127,4
Ludmilla, RH	81	72,3	18,5 (2 Geb.)	112,1
theoret. Beispiel	65			80,2

Tab. 10: Übersicht über die PE-Kennzahlen (kWhPE/m²) der Beispiele aus Teil 3, jeweils mit „energiewirtschaftlicher“ Bewertung.

Abb. 10 zeigt den Vergleich der Gesamt-PE-Kennzahlen der beiden EnEff:Stadt – Projekte Rintheim (Sanierung und Anschluss an Fernwärme, keine PV-Anlage) bzw. Ludmilla-Wohnpark (MFH/Nahwärme und RH/Wärmepumpen) für Wärmeversorgung, HH-Strombedarf und (außer in Rintheim) lokaler Stromerzeugung mit PV-Anlagen, mit dem „theoretischen Beispiel“:

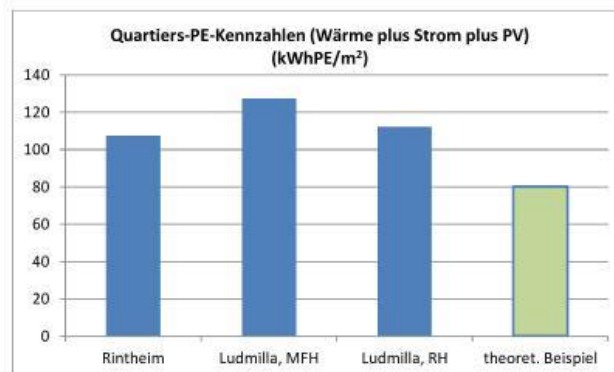


Abb. 10: Quartiers-PE-Kennzahlen für die Wärme- und Stromversorgung der Beispiel-Quartiere aus Teil 3.

Der Bereich an PE-Kennzahlen, der mit unterschiedlichen technischen Ansätzen unter Nutzung heute verfügbarer Technik erreichbar ist, ist in Abb. 10 erkennbar. Dies wäre zu vergleichen mit der PE-Kennzahl (Wärme plus Strom) für ein existierendes MFH ohne energetische Sanierung mit konventionellem Erdgas-Kessel von $pe_{MFH} \approx 300 \text{ kWhPE/m}^2$ (Beispiel 1 aus Teil 1). Demnach ist eine Verbesserung im Bereich von 70 % erreichbar. Dieser Wert wäre auch die „Messlatte“ für die Förderung künftiger Quartiers-F&E-Projekte im Rahmen der EnEff:Stadt – Initiative, der die bisherige Vorgabe von „minus 30 %“ ersetzen sollte.

Literatur

- Arndt 2008 U. Arndt, Optimierung von KWK-Systemen zur Hausenergieversorgung mittels prüfstandsgestützter Simulation, Dissertation an der TU München, Fak. für Elektro- und Informationstechnik, München (2008)
- Annex 51 Case Studies and Guidelines for Energy Efficient Communities, IEA ECB Annex 51; Herausgeber pro:21, Bonn; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2013
- Erhorn-Kluttig 2011 H. Erhorn-Kluttig et al., Energetische Quartiersplanung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2011
- Erhorn-Kluttig 2015 H. Erhorn-Kluttig, H. Erhorn: Energetische Querauswertung der EnEff:Stadt-Pilotprojekte, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2015.
- Jank 2015 R. Jank und R. Kuklinski, Integriertes Quartiers-Energiekonzept Karlsruhe-Rintheim, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2015
- GEMIS 2012 GEMIS 4.8/2012 – Gesamt-Emissionsmodell integrierter Systeme (U. Fritsche, IINAS – Inst. f. Nachhaltigkeitsanalysen und Strategien, Darmstadt); www.iinas.org
- AGEB 2015 www.ag-energiebilanzen.de
- BMWi 2014 Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz (NAP), BMWi, Dezember 2014

Anhang: Primärenergie- und CO₂-Faktoren

A-1 Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren von Brennstoffen

Die PE-Faktoren beschreiben den Energieaufwand für die „Vorkette“, d.h. den Aufwand, der erforderlich ist, um die verschiedenen Energieträger von der Gewinnungsstätte, möglicherweise nach einem Veredelungsprozess (wie Rohöl zu leichtem Heizöl in einer Raffinerie) bis zum Verbrauchsort zu bringen. Dies schließt auch den Transportaufwand (z.B. Verdichtete-Energie im Gasnetz) ein. Somit stellt der PE-Verbrauch dar, wieviel Energie notwendig ist, um die benötigte Energie zur Verfügung zu stellen²³, zu verteilen und in Form von Endenergie (Heizöl, Benzin, Strom etc.) zu nutzen (BMW 2014).

PE-Faktoren sind nicht wirklich eindeutig, da sich die Zusammensetzung bzw. Herkunft einzelner Energieträger mit der Zeit ändern kann. Ferner ist der „richtige“ PE-Faktor auch länderabhängig, weil der Weg der verschiedenen Energieträger von der Gewinnung über die Umwandlung/Veredelung bis zum Einsatzort in unterschiedlichen Ländern unterschiedlich aussehen kann (GEMIS 2012).

Für die Anwendung in der Praxis können für den PE-Faktor der einzelnen Energieträger einfach die durch die ENEC (DIN V 18599) vorgegebenen Werte eingesetzt werden (Tab. A-1). Dies sind pauschale Werte, die für die „klassischen“ fossilen Energieträger direkt übernommen werden können und die auch i.w. als konstant angesehen werden können. Für biomasse-basierte Brennstoffe gilt das nicht, hier müssen, entsprechend den lokalen Bedingungen, die zutreffenden PE-Faktoren jeweils gesondert bestimmt werden. Auch für Strom als Endenergieträger gilt das nicht (s. Anhang A-2).

Für Fernwärme aus Heizwerken oder Heizkraftwerken werden in der EnEV pauschale Faktoren vorgegeben, die aber entsprechend den lokalen Bedingungen korrigiert werden können. Hierbei sind die im Arbeitsblatt „Fernwärme 609“²⁴ der AGFW definierten Berechnungsregeln einzuhalten, was insbesondere bei Heizkraftwerken mit Gegendruck- oder Entnahmekondensationsturbinen eine sorgfältige energetische Bilanzierung erfordert. Diese Berechnung muss von einem von der AGFW zertifizierten Gutachter testiert werden. Für das Beispiel Karlsruhe-Rintheim wird die Berechnung des PE-Faktors in Anhang A-3 beispielhaft gezeigt.

Die folgende Tab. A-1 zeigt eine Übersicht über PE-Faktoren, die für die energetische Bilanzierung benutzt werden können, wobei die PE-Faktoren in Spalte 2 überwiegend von GEMIS stammen, bzw. einige Werte aus Quellen, die in Tab. A-1 angegeben sind. Ferner sind in der Tabelle auch die CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktoren angegeben, die sowohl die direkte CO₂-Emission, als auch die anderen Treibhausgase umfassen, die mit der Gewinnung und Umwandlung der Brennstoffe bzw. Primärenergieträger verknüpft sind.

²³ Gemeint ist eigentlich: „zu erzeugen“, aber da Energie nicht „erzeugt“, sondern nur in verschiedene Energieformen umgewandelt werden kann (Energieerhaltungssatz), wird dies hier mit „zur Verfügung stellen“ umschrieben.

²⁴ Arbeitsblatt Fernwärme 309-1, „Energetische Bewertung von Fernwärme – Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme“

	PE-Faktor Vorkette	PE-Faktoren nach EnEV ^{b)}	CO ₂ -Äquiv-Faktoren ^{c)}
	kWhPE /kWhHi	kWhPE /kWhHi	kg/MWhHi
Braunkohle	1,21	1,20	452
Steinkohle	1,08	1,10	439
Erdgas	1,12	1,10	244
leichtes Heizöl	1,11	1,10	302
Flüssiggas	1,11	1,10	254
Abwärme innerhalb eines Gebäudes		1,0 (0,0)	
Nah/Fernwärme aus KWK, fossile BS		0,70 ^{d)}	
Nah/Fernwärme aus KWK, erneuerbare BS		0,70 (0) ^{d)}	
Nah/Fernwärme aus HW, fossile BS		1,30	
Nah/Fernwärme aus HW, erneuerbare BS		1,30 (0,1)	
Holz-Pellets	1,16 (0,14)	1,20 (0,20)	41
Holzhackschnitzel	0,06		6
Brennholz	0,01	1,20 (0,20)	6
Biogas		1,5 (0,50)	
Bioöl		1,5 (0,5)	
thermische Solarenergie	(0,15)	1 (0)	51
allgemeiner Strommix	2,47 ^{e)}	2,8 (2,4) ab 1.1.2016: (1,8)	682 ^{e)}
KWK-Verdrängungsstrommix	2,89 ^{e)}	2,8	1.000 ^{e)}
Strom aus PV (monokristallin)	(0,47) ^{a)}	1 (0)	130 ^{a)}
Strom aus PV (multikristallin)	(0,23) ^{a)}	1 (0)	63 ^{a)}
Windstrom	(0,06)	1 (0)	15
Strom aus Laufwasserkraftwerken	(0,05)		15 ^{c)}
Kernkraftwerke	1,09 ^{a)}		10 – 60 ^{c)}

- a) GEMIS 4.93/2015 – Gesamt-Emissionsmodell integrierter Systeme
U. Fritsche, IINAS – Inst. f. Nachhaltigkeitsanalysen und Strategien, Darmstadt); www.iinas.org
- b) DIN V 18599-1 (2012) c) H.-J. Wagner et al., BWK 59 (2007) 44-52
- d) Mit einem KWK-Anteil von 70 % e) 2014: s. Anhang A-2

Tab. A-1: Brennstoffspezifische Faktoren zur Ermittlung des Primärenergieeinsatzes (bzw. in Klammern des nicht-erneuerbaren Anteils an Primärenergie) von Energiesystemen²⁵; die CO₂-Faktoren beziehen sich auf die jeweils betrachtete Endenergie, MWh EE bzw. MWhHi bzw. MWhel, d. h. entweder auf den jeweiligen Brennstoff, oder auf die erzeugte Menge an Strom, bzw. im Falle der thermischen Solarenergie auf die erzeugte Nutzwärme.

²⁵ Die Faktoren enthalten die gesamte Prozesskette sowie alle mit dem jeweiligen Energieträger verknüpften Treibhausgasemissionen (daher CO₂-Äquivalent).

A-2 Stromdaten 2014: PE- und CO₂-Faktoren der Stromerzeugung

Die PE-Faktoren der Stromerzeugung bzw. Strombereitstellung unterliegen im Zuge der fortschreitenden Energiewende stetigen Veränderungen: Die Kernenergie läuft schrittweise aus, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nimmt stetig zu, und auch die Erzeugungsstruktur aus fossilen Energieträgern (Steinkohle, Braunkohle, Erdgas, Öl) unterliegt Schwankungen. Entsprechend ändern sich auch jährlich die daraus resultierenden Nutzungsgrade bzw. PE- (und CO₂-)Faktoren der Stromerzeugung.

Daher sollten beim Strom jahresaktuelle PE-Faktoren bevorzugt werden. Die Strom-Erzeugungsstruktur wird durch die ARGE Energiebilanzen (AGEB) jährlich detailliert erfasst. Daraus können die resultierenden PE-Faktoren abgeleitet werden (www.ag-energiebilanzen.de). Auch Zeitreihen der jährlichen Entwicklung der Energieversorgungsstruktur über viele Jahre werden dort veröffentlicht. Diese Daten hält auch Fraunhofer IBP im Rahmen der Erstellung von Energiebilanzen für EnEff:Stadt - Projekte vor.

Im Folgenden werden die PE-Faktoren der Stromerzeugung des Jahres 2014 aus der AGEB-Energiebilanz abgeleitet (Tab. A-2):

In 2014 lag der Anteil erneuerbarer Energien an der Netto-Strombereitstellung, einschließlich Biomasse, bei 27,9 % (Anteil an der Bruttostromerzeugung: 26,2 %).

Der PE-Faktor für den Strom-Mix ist nach (AGEB 2015) definiert als Quotient aus „Umwandlungsausstoß“ (= Netto-Stromerzeugung) zu „Umwandlungseinsatz“ (= Brennstoffeinsatz). In 2014 lag die Netto-Stromerzeugung bei 567,3 TWh_{el}, der Gesamt-Brennstoffeinsatz bei 1.463 TWh (wobei zur Berechnung des „Brennstoffeinsatzes“ von Strom aus Wasserkraft, Wind und PV ein Brutto-Wirkungsgrad von $\eta_{el} = 1$ berücksichtigt wird, für Strom aus Kernenergie von $\eta_{el} = 0,33$, für Strom aus Biomasse $\eta_{BM} = 0,30$). Mit dieser Definition des elektrischen Nutzungsgrades des *Kraftwerks-Mix* erhält man aus Tab. A-2 einen Netto-Nutzungsgrad von $\eta_{Mix} = 567,3/1.463 = 0,39$ kWh_{el}/kWh_{EE} bzw. BS-Faktor von $f_{BS} = 1/\eta_{Mix} = 2,58$ kWh_{EE}/kWh_{el}.

Der Endenergie- bzw. Brennstoff-Einsatz zur Stromerzeugung muss noch, wie bei der Wärmeerzeugung, mit dem zugehörigen Umwandlungsfaktor des eingesetzten Brennstoffes, f_{EE} (kWh_{PE}/kWh_{EE}) multipliziert werden.

Mit den in Tab. A-2 genannten PE-Faktoren der einzelnen Energieträger kann auch der resultierende Einsatz an Primärenergie bestimmt werden, und daraus wiederum die PE-Faktoren der Stromerzeugung einzelner Energieträger wie auch des Strom-Mix. So ist der PE-Nutzungsgrad des Energie-Mix gegeben durch $\eta_{el_Mix} = 567,3/1.591,0 = 0,36$ kWh_{PE}/kWh_{el} frei Kraftwerk, d.h. ohne Verteilungsverluste. Demnach liegt der zugehörige PE-Faktor bei $f_{el_Mix} = 1/\eta_{el_Mix} = 2,80$ kWh_{PE}/kWh_{el} für das Jahr 2014.

Für die energetische Bewertung eines bestimmten Energiesystems oder eines Quartiers interessiert aber nicht dieser Wert, sondern der Einsatz an „fossiler“ (gemeint ist „nicht-erneuerbarer“) Primärenergie je kWh_{el}. Dieser ergibt sich, wenn man dieselbe Strommenge durch den Verbrauch an nicht-erneuerbarer Energie dividiert - wodurch sich der „fossile Nutzungsgrad“ erhöht: $\eta_{el_Mix_foss} = 567,3/1.326,8 = 0,43$ kWh_{PE_foss}/kWh_{el} bzw. $f_{el_Mix_foss} = 1/\eta_{el_Mix_foss} = 2,34$ kWh_{PE_foss}/kWh_{el}. Da in unserem Zusammenhang nur der PE-Faktor für den Einsatz nicht-erneuerbarer Energieträger interessiert, wird im Folgenden (und im Haupttext) nur das Symbol f_{el} u.ä. benutzt, ohne das Suffix „foss“ weiter mitzuführen.

Auf dem Weg von den Kraftwerken zum Stromverbraucher treten Leitungs- und Umspannungsverluste auf. Diese verringern die beim Endverbraucher ankommende Strommenge und reduzieren daher den „effektiven“ Nutzungsgrad der Strombereitstellung. Diese Verluste lagen in 2014 bei 1,7 % von der Erzeugung bis zur Mittelspannungsebene und bei 4,0 % von der Mittelspannungs- bis zur Niederspannungsebene, insgesamt also 5,7%. Wird dies berücksichtigt, dann liegt der PE-Faktor für Verbraucher auf der untersten Spannungsebene bei $f_{el} = 2,47$ kWh_{PE}/kWh_{el} (Strom-Mix, nicht-erneuerbare Energieträger).

Für BHKW, deren Stromerzeugung dazu führt, dass Strom aus Kraftwerken der öffentlichen Versorgung „verdrängt“ wird, ergibt sich ein anderer effektiver PE-Faktor: Da BHKW's in der Regel im Mittellastbereich arbeiten und Strom aus erneuerbaren Quellen Einspeisevorrang haben, kann man davon ausgehen, dass das BHKW Strom aus fossilen Mittelelastkraftwerken verdrängt, d.h. Strom aus Steinkohle- und Gaskraftwerken, also die Stromerzeugung mit den höchsten variablen Kosten (= Energiepreisen). BHKW speisen normalerweise ins Mittelspannungsnetz ein, daher müssen auch nur die entsprechenden Netzverluste berücksichtigt werden. Mit den Werten aus Tab. A-2 ergibt sich daraus für das Jahr 2014 ein PE-Faktor von $f_{el,V} = 2,89 \text{ kWhPE/kWhel}$ für den vom BHKW verdrängten Strom.

PV-Anlagen speisen wiederum hauptsächlich an schönen Tagen im Sommerhalbjahr in das Niederspannungsnetz ein. Hier wird i.w. Strom aus effizienten Gaskraftwerken verdrängt, Wirkungsgrad $\eta_{el,Gas} \approx 0,50$. Daraus erhält man einen PE-Faktor $f_{el,PV} \approx 2,0 \text{ kWhPE/kWhel}$.

Beide Annahmen über den „Verdrängungsstrommix“ sind in gewisser Weise willkürlich und können auch anders getroffen werden (s. Tab. A-1, PE-Faktoren nach ENEV). Die hier angegebenen PE-Faktoren f_{el} , $f_{el,V}$ und $f_{el,PV}$ wurden in den Formeln der Teile 2 und 3 zur Berechnung der konkreten Beispiele eingesetzt. Für eigene Untersuchungen kann der Leser in die angegebenen Formeln seine eigenen PE-Faktoren (oder die ENEV-Faktoren) einsetzen.

Mit den CO_2 -Faktoren von Tab. A-1 und den Brennstoffeinsätzen von Tab. A-2 können auch die $\text{CO}_2\text{-Äquiv}$ -Faktoren für Strom für das Jahr 2014 berechnet werden:

Strom-Mix:	682 g $\text{CO}_2\text{-Äquiv}/\text{kWhel}$ (Niederspannung)
KWK-Verdrängungsstrom:	1.000 g $\text{CO}_2\text{-Äquiv}/\text{kWhel}$ (Mittelspannung)
PV-Verdrängungsstrom:	690 g $\text{CO}_2\text{-Äquiv}/\text{kWhel}$ (Niederspannung)

Für den Strommix ergeben sich jedes Jahr andere Werte!

Strombilanz Deutschland 2014

	Netto-	Netto-	alle Energie-	fossile	f_{PE}	Primärenergie	f_{PE_fossil}	fossile Pri-
	Stromerzeugung	Nutzungsgrad	Träger	Brennstoffe				
	TWhel		TWh	TWh	kWhPE/kWhHi	TWh	kWhPE/kWhHi	TWh
Kernenergie	91,80	0,30	306,85	306,85	1,00	306,85	1,0	312,99
Braunkohle	144,33	0,34	421,65	421,65	1,21	510,19	1,21	434,30
Steinkohle	108,67	0,38	287,79	287,79	1,08	302,18	1,08	302,18
Erdgas	58,91	0,38	155,68	155,68	1,12	174,36	1,12	174,36
Öl	5,03	0,38	13,29	13,29	1,11	14,76	1,11	14,76
PV	36,06	1,00	36,06	0,00	1,00	36,06	0,00	0,00
Wind	57,19	1,00	57,36	0,00	1,00	57,36	0,00	0,00
Wasser	19,32	0,96	20,20	0,00	1,00	20,20	0,00	0,00
Biomasse	45,96	0,30	164,14	9,85	1,03	169,07	0,06	9,85
Gesamt	567,27		1.463,0	1.195,1		1.599,7		1.326,8

Tab. A-2: Strombereitstellungsdaten Deutschland 2014 (Arge Energiebilanzen 2015)

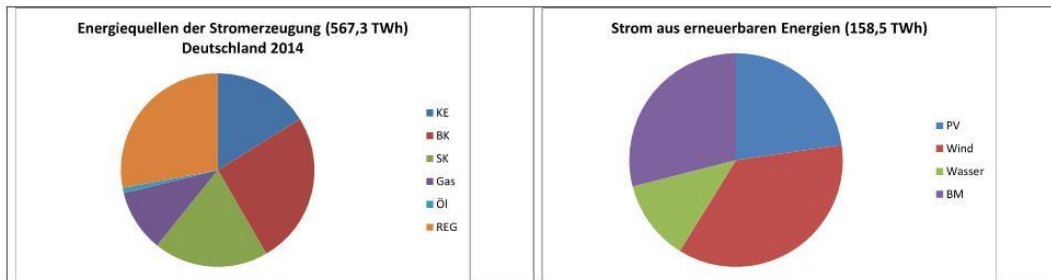


Abb. A-1: Quellen der Netto-Stromerzeugung von 567,3 TWhel im Jahre 2014 in Deutschland: links: alle Quellen; rechts: regenerative Quellen (158,5 TWhel).

A-3 Nahwärme-Netz Rintheim: Primärenergie- und CO₂- Faktoren

Für Fernwärme-Systeme sind in der EnEV Primärenergiefaktoren von $f_{FW} = 1,30$ kWhPE/kWhth für Fernwärme-Erzeugung ohne KWK und $f_{FW} = 0,70$ kWhPE/kWhth für Netze mit KWK vorgegeben. Fernwärme-Systeme weisen jedoch in der Regel eine Struktur des Primärenergieeinsatzes auf, die es erforderlich macht, die zugehörigen PE- und CO₂-Faktoren jeweils einzelfallbezogen – möglicherweise sogar jährlich neu – zu berechnen. Dies ist laut EnEV ebenfalls zulässig, wenn die Ermittlung des PE-Faktors durch einen zertifizierten Gutachter nach den „Regeln der Technik“, wie sie von der AGFW im Arbeitsblatt FW 309 festgelegt sind, erfolgt.

Das Nahwärmenetz Rintheim ist an das Fernwärme-Netz der Stadtwerke Karlsruhe angeschlossen. Dieses verfügt seit September 2010 über eine Transportleitung zur Raffinerie MiRO im Norden von Karlsruhe, von wo in einem ersten Schritt eine Leistung von 38 MWth an industrieller Abwärme, die bisher an die Umgebung (Rhein, Luft) abgegeben wurde, in das Fernwärmenetz der Stadtwerke eingespeist werden. Die Raffinerie wird durchgehend Tag und Nacht betrieben, d.h. die Abwärme ist als reine Grundlast das ganze Jahr über verfügbar. Insbesondere im Sommer, wenn das Rheinhafen-Dampfkraftwerk (EnBW) mangels Stromnachfrage zurückgefahren wird, weshalb früher Frischwärme erzeugt werden musste, steht die Abwärme von MiRO durchgehend zur Verfügung.

Ferner wird bisher das Fernwärme-Netz Karlsruhe (Anschlusswert ca. 300 MWth) durch einen mit Steinkohle betriebenen KWK-Block der EnBW (Rheinhafendampfkraftwerk, Block 7, 536 MWel, 155 MWth), ein kleines Erdgas-Gegendruck-Kraftwerk (ca. 10 MWth) der Stadtwerke sowie durch einen Spitzenkessel (Erdgas) versorgt. Der unter Anwendung der Vorgaben der EnEV bzw. der AGFW resultierende PE-Aufwand dieses Fernwärme-Systems für das Betriebsjahr 2013 wird im Folgenden abgeleitet:

Im Jahr 2013 gaben die SW KA die in Tab. A-3 genannte jährliche Wärmeeinspeisung von $Q_{Erz} = 806.370$ MWh in das FW-Netz ab. Die Wärmeabgabe lag bei 722.336 MWhth, d.h. die Netzverluste betragen 11,6 %.

	Energie-träger	Wärme-einspeisung MWth/a	Anteil an Q_{Erz} %	Brennstoff-einsatz BS MWthEE/a	Strom- erz. netto MWhel/a	f_{PE} kWhPE/ kWhEE	PE _i MWhPE/a	$f_{CO_2-Äqu.}$ t CO ₂ / MWhPE	t CO ₂ - Äquiv.
HKW West + Frischwärme	Gas	68.456	8,5	84.001	-4.340	1,10	83.125	0,247	22.922
RDK 7 Steinkohle Entn.-Kond.	Steinkohle	465.705	57,8	881.255	271.865	1,10	178.833	0,438	234.017
Abwärme MIRO	Abwärme	272.168	33,8	0	0	0	0	0	0
Gesamt- Einspeisung		806.329	100,0	173.624	267.525		294.160		256.939

Tab. A-3: Fernwärme-Netz Karlsruhe – Daten 2013 (SW Karlsruhe); in der Netto-Stromerzeugung sind Eigenstrombedarf und Pumpstrom abgezogen.

Für das Fernwärme-Netz der SW KA ergab sich 2013 ein Pumpstromaufwand von $E_p = 11.568$ MWhel/a oder 17 kWhel/MWhth. Die Netzverluste, bezogen auf die abgegebene Nutzwärme, lagen bei $v = 11,6$ %. Der PE-Faktor des Strommix in Deutschland lag in 2013 bei $f_{ei} = 2,80$ kWhPE/kWhel. Mit diesen Daten und den Angaben aus Tab. A-3 kann der PE- bzw. CO₂-Faktor der Fernwärme in Karlsruhe für 2013 berechnet werden.

Die Ermittlung des PE-Faktors erfolgte durch den Gutachter der SW KA, GEF Ingenieur AG Leimen, nach FW Arbeitsblatt 309-1 der AGFW. Demnach müssen die Brennstoffeinsätze BS_i (MWh/a) der Erzeugungsanlagen (Kessel oder KWK) mit den brennstoff-spezifischen PE-Faktoren f_{bi} multipliziert und aufsummiert werden. Die Netto-Stromerzeugung (= Brutto-Stromerzeugung aus KWK, E_{KWK} , abzüglich Eigenbedarf E_{EV} der eingesetzte HKW-Anlagen k , und Pumpstrom E_p) wird mit dem PE-Faktor des Strommix des betreffenden Jahres, f_{el} , multipliziert und vom PE-Verbrauch des Brennstoffeinsatzes abgezogen. Das Ergebnis wird durch die Gesamt-Wärmeabgabe (MWh/a) (= Wärmeerzeugung Q_{Erz} abzüglich Netzverluste, v) dividiert; dies ergibt den PE-Faktor (MWhPE/MWhth) des betreffenden Fernwärme-Systems:

$$(A-1) \quad f_{FW} = \frac{\sum_i (BS_i \cdot f_i) - \left[\sum_k (E_{KWK_k} - E_{EV_k}) - E_p \right] \cdot f_{el}}{Q_{Erz} \cdot \left(1 - \frac{v}{100} \right)} \quad \text{kWhPE/kWhth}$$

(Der CO_2 -Faktor des FW-Netzes (t CO_2 /MWhth) wird genau so berechnet, indem die PE-Faktoren durch die entsprechenden CO_2 -Äquivalent-Faktoren ersetzt werden.)

Daraus erhält man $f_{FW} = 0,43 \text{ MWhPE/MWhth}$ und $f_{CO_2} = 0,32 \text{ t } CO_2\text{-Äquiv./MWhth}$. Diese Werte gelten für die Fernwärme der SW KA und damit für die Wärmeabgabe frei Übergabestation NW-Netz Rintheim.

Um den entsprechenden Faktor f_{NW} des NW-Netzes Rintheim frei Hausübergabestation zu berechnen, müssen die zusätzlichen Wärmeverluste im NW-Netz, $v_{NW} = 7 \%$ sowie der zusätzliche Pumpstromaufwand $p_{NW} \sim 6 \text{ kWhel/MWhth}$ berücksichtigt werden:

$$f_{NW} = f_{FW} \cdot (1 + v_{NW}/100) + p_{NW} \cdot f_{el} = 0,48 \text{ kWhPE/MWhth}$$

bzw. für den CO_2 -Faktor analog: $f_{CO_2-NW} = 0,34 \text{ t } CO_2\text{-Äquiv./MWhth}$.

Diese Zahlen zeigen, dass die Fernwärme in Karlsruhe hinsichtlich Primärenergieverbrauch wesentlich besser abschneidet als etwa eine konventionelle Erdgas-Kesselheizung ($f_{KS} \approx 1,30 \text{ MWhPE/MWhth}$), weil die Nutzwärme entweder ganz ohne PE-Einsatz (industrielle Abwärme) oder gekoppelt mit Stromerzeugung bereitgestellt wird, bei der eine beträchtliche „Stromgutschrift“ vom PE-Einsatz im Heizkraftwerk abgezogen werden kann.

Der CO_2 -Faktor der Nahwärme in Rintheim (Stand 2013) ist annähernd gleich groß wie der der CO_2 -Faktor bei Wärmeerzeugung aus einem Gaskessel ($f_{CO_2-Gas} \sim 0,30 \text{ t } CO_2\text{-Äquiv./MWhth}$), d.h. ein Vorteil der Fernwärme ist hier, anders als bei Betrachtung der Primärenergie, nicht gegeben. Dies rührt vom derzeit noch großen Einsatz an Steinkohle im RDK der EnBW her: Steinkohle weist einen viel größeren CO_2 -Faktor auf als Erdgas, was den energetischen Vorteil der KWK kompensiert. Die ungünstigen CO_2 -Faktoren von Stein- und Braunkohle (\rightarrow Tab. A-1) sind der Grund, warum der Einsatz dieser Energieträger aus Klimaschutz-Gründen zukünftig deutlich reduziert werden muss.

In einer „wahren“ PE-Bilanz muss berücksichtigt werden, dass sich die PE-Faktoren des vom HKW verdrängten Stroms vom hier gemachten Absatz unterscheiden („energiewirtschaftliche Bewertung“). Außerdem ändern sich die (fossilen) PE-Faktoren auf der Stromseite von Jahr zu Jahr, d.h. es müsste für jedes Kalenderjahr eine neuer PE-Faktor berechnet werden.