

Bericht Juli 2026

Schweizer Wärmepumpenmarkt: Fokus auf Energieeffizienz und Flexi- bilität



Autoren und Autorin

Andreas Genkinger, Fachhochschule Nordwestschweiz
Christoph Messmer, Fachhochschule Nordwestschweiz
Dr. Parantapa Sawant, Fachhochschule Nordwestschweiz
Prof. Dr. Natasa Vulic, Fachhochschule Nordwestschweiz
Prof. Dr. David Zogg, Fachhochschule Nordwestschweiz

Begleitgruppe

Marc Bättschmann, Tend AG, FWS
Heinz Etter, neukom engineering ag, Energieplaner / FWS Weiterbildung
Robert Diana, suissetec, Leiter Fachbereich Heizung, Zentr. Komm. Planer
Maike Schubert, SmartGridReady, Weisskopf Partner GmbH
Sabine von Stockar, MINERGIE, Monitoring und Betriebsoptimierung

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind allein die Autoren verantwortlich.

Danksagung

Die Projektgruppe dankt dem Auftraggeber, der Begleitgruppe und den weiteren Beteiligten für ihr Engagement, den wertvollen Rückmeldungen und Diskussionen.

Titelbild: ChatGPT generiert zum Thema

Management Summary

Im Jahr 1996 wurde die Qualitätssicherung für Haustechnikprojekte im Rahmen des Impulsprogrammes «RAVEL» (Rationelle Verwendung von Elektrizität) vom Bundesamt für Konjunkturfüragen thematisiert und ein Qualitätsmanagement (QM) für Wärmepumpen-, Wärmekraftkopplungs-, Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen erarbeitet. [1]

Im Fokus standen grössere Anlagen, und Ziel war es, ein QM gemäss SN EN ISO 9000 ... 9004 aufzubauen mit vordefinierten Hydrauliksystemen, Auslegungen, Abläufen, Formularen und Checklisten. Ein Abschnitstitel war, «Der Papierkrieg wird auf ein Minimum beschränkt».

Seit der Einführung des Wärmepumpen-Systemmoduls (WPSM) im Jahr 2017 konnte die Installationsqualität kleinerer Anlagen beim geförderten Heizungsersatz deutlich verbessert werden. Dennoch zeigen aktuelle Feldanalysen, dass ein erheblicher Teil der Anlagen weiterhin nicht optimal ausgeführt und betrieben wird – wobei sich vielfach mit geringem Aufwand signifikante Effizienzsteigerungen erzielen liessen. Mit dem Ausbau von heute rund 450'000 auf potenziell über eine Million Anlagen bis 2050 werden Wärmepumpen zunehmend zu einem systemrelevanten Element der Schweizer Stromversorgung. Ineffizient betriebene Anlagen stellen dabei nicht nur ein individuelles Kostenproblem dar, sondern beeinträchtigen auch die Stabilität des gesamten Energiesystems. Es besteht daher ein gemeinsames Interesse aller Akteure, die Qualitätssicherung künftig stärker auf Effizienz, Systemintegration und intelligente Steuerung auszurichten – und dabei auch den Neubaubereich stärker einzubeziehen.

Zentrale Erfolgsfaktoren sind dabei eine korrekte Dimensionierung, ein kontinuierliches Monitoring sowie eine systematische Betriebsoptimierung. Durch den gezielten Einsatz intelligenter Technologien und eine ganzheitliche Planung können zwei zentrale Zielgrössen gleichzeitig erreicht werden: eine hohe Energieeffizienz im Sinne eines stabilen, kontinuierlichen Betriebs sowie eine verbesserte Netzdienlichkeit durch flexible Betriebsweisen. Erste Ansätze, insbesondere im Bereich der automatisierten Fehlerdiagnose und digitalen Betriebsanalyse, zeigen bereits vielversprechende Perspektiven.

Die vorliegende Studie analysiert den aktuellen Stand von Technik und Praxis und zeigt auf, welche Entwicklungen und Lösungsansätze entlang des gesamten Lebenszyklus von Wärmepumpen zu erwarten sind. Ziel ist es, bestehende Herausforderungen systematisch zu identifizieren und konkrete Verbesserungspotenziale zu erschliessen. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf der Überwindung systemischer Hemmnisse, um den Übergang von der heutigen Praxis hin zu skalierbaren, intelligenten und netzdienlichen Wärmepumpensystemen zu ermöglichen.

Eine der zentralen Herausforderungen besteht in der Sicherstellung einheitlicher Qualitätsstandards – insbesondere in Bezug auf die Systemintegration, den zuverlässigen Betrieb, die kontinuierliche Optimierung sowie die Auswirkungen auf das Stromnetz. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, strukturiert die Studie ihre Analyse entlang von drei zentralen Handlungsfeldern:

- Planung: Sicherstellung einer korrekten Dimensionierung und systemgerechten Auslegung
- Betriebsphase: Etablierung von Monitoring, Analyse und kontinuierlicher Betriebsoptimierung
- Technologische Entwicklung: Förderung netzdienlicher Steuerungsansätze und intelligenter Systeme

Die vorliegende Studie schafft hierfür die fachliche Grundlage. Sie identifiziert die zentralen Verbesserungspotenziale entlang des gesamten Lebenszyklus und zeigt auf, wie ein bedarfsgerechtes, stufenweise aufgebautes Monitoring als pragmatischer und erschwinglicher Performance-Nachweis ausgestaltet werden kann. Die Ergebnisse sind als Orientierungsrahmen zu verstehen, der künftige Umsetzungsarbeiten erleichtert und Richtungen aufzeigt – nicht als verbindliche Vorgabe. Die konkreten Ausgestaltungsschritte bedürfen der breiten Abstimmung mit den betroffenen Akteuren, insbesondere den Kantonen, der Branche und den Energieversorgern. Damit leistet die Studie einen Beitrag zur Stärkung der Effizienz, Systemintegration und Versorgungssicherheit – im gemeinsamen Interesse aller Beteiligten.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	3
1. Einführung	8
1.1 Ausgangslage gemäss Pflichtenheft BFE	8
1.2 Ziele gemäss Pflichtenheft BFE	9
1.3 Strategischer Kontext	9
2. Vorgehen und Methoden	12
2.1 Allgemeines	12
3. Planung (Dimensionierung)	13
3.1 Planungsprozess	14
3.2 Dimensionierung von Wärmepumpen	14
3.2.1 Übersicht relevanter Tools und Methoden	14
3.2.2 Differenzierung: Neubau vs. Modernisierung	16
3.3 Konsequenz für Tools und Normbezug:	18
3.4 Tool - Vorschläge für eine einheitliche Branchenlösung	19
3.5 Typische Heizleistungs-Grössenordnungen	19
3.6 Überdimensionierung / Sicherheitsmargen / Normative Reserven / Vertragliche Pflichten	19
3.6.1 Überdimensionierung Begrifflichkeiten	19
3.6.2 Überdimensionierung im Feld und Vergleich mit der Planung	21
3.6.3 Ursachen für eine Überdimensionierung	24
3.6.4 Aussagefähigkeit von Herstellerangaben	25
3.6.5 Regelbereich einer Wärmepumpe	27
3.6.6 Darstellung möglicher Massnahmen zur Reduktion der Überdimensionierung	29
3.7 Einfluss regulatorischer Anforderungen (LSV, ChemRRV)	29
3.7.1 Einfluss der Lärmschutzverordnung und des Einsatzes von natürlichen Kältemitteln	29
3.7.2 Auswirkungen auf die Gerätegrössen / Betriebsmodi (z. B. Silent Mode)	29
3.7.3 Einfluss natürlicher Kältemittel auf Planung & Dimensionierung	31
3.8 Zusammenarbeit Installateur – Energieplaner – Hersteller – Kunde	32
3.8.1 Rollenbild und Verantwortlichkeiten	32
3.8.2 Prozess-Schnittstellenprobleme und Erfolgsfaktoren	37
3.9 Hochskalierung des WPSM bis auf 70 kW Heizleistung	37
3.9.1 Allgemeines zum WPSM	37
3.9.2 Merkmale des WPSM bis 15 kW Heizleistung	39
3.9.3 Ablauf WPSM	40
3.9.4 Wichtige Elemente beim Hochskalieren des WPSM auf höhere Heizleistungen	41

3.9.5	Ausführungen zum Punkt «Erhöhte Anforderungen an Hydraulik und Systemarchitektur»	43
3.9.6	Vorlagen von Hydraulikschemen, Hinweise zur Installation und Systemregelung	45
3.10	Merkblätter und Unterlagen	46
4.	Betriebsphase (Betriebsoptimierung und Monitoring)	47
4.1	Effizienzprüfung und systematische Verbesserung	48
4.1.1	Systemgrenze und Key Performance Indikator (KPI)	48
4.1.2	Einordnung bestehender Ziel- und Richtwerte sowie Ableitung aktualisierter Empfehlungen	51
4.1.3	Konzept und Prozess der Betriebsoptimierung	52
4.1.4	Systematische Verbesserung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen über die Betriebsdauer	53
4.2	Monitoring-Lösungen	54
4.2.1	Monitoring-Plattform von Minergie	57
4.2.2	Wärmepumpen-Cockpit (WP-Cockpit)	58
4.2.3	Internet of Things (IoT)-basierte Monitoringlösungen	59
4.2.4	Service-Portale der Hersteller zur Fernüberwachung und Fernsteuerung	60
4.3	Anforderungen an das WP-Monitoring	61
4.3.1	Monitoring-Stufen	63
4.3.2	EMS-Stufen	65
4.3.3	Beispiele für Visualisierungen	67
4.3.4	Schnittstellen und SmartGridready	72
5.	Technologische Entwicklung (Steuerung und Netzdienlichkeit)	73
5.1	Relevante Entwicklungen in der Wärmepumpentechnologie	73
5.1.1	Ecodesign	74
5.2	Integration der Wärmepumpe im Energiesystem Gebäude	75
5.2.1	Übergeordnete Betrachtungsweise	75
5.2.2	Datenflüsse und mögliche technische Umsetzung	76
5.2.3	Einfache Installation im Heimnetzwerk	78
5.3	Netzdienlicher Betrieb von Wärmepumpen mit Heizleistungen ≤ 70 kW	80
5.3.1	Begriff und funktionale Mechanismen der Netzdienlichkeit	80
5.3.2	Quantifizierung und Systemwirkung der Flexibilität	81
5.3.3	Technische und betriebliche Umsetzungsansätze	82
5.3.4	Herausforderungen	86
5.3.5	Empfehlungen für die Qualitätssicherung	88
6.	Durchgeführte Meinungsumfragen	90
6.1	BFE Umfrage «Verbesserungspotenziale im Schweizer Wärmepumpenmarkt»	90
6.2	Technischen Vertiefungsumfrage «Planung, Monitoring, Qualitätssicherung und neue Trends»	91

7.	Ergebnisse und Diskussion der technischen Vertiefungsumfrage	92
7.1	Zusammenfassung	92
7.2	Ergebnisse der technischen Vertiefungsumfrage	92
7.3	Zentrale Erkenntnisse	92
8.	Fazit und Ausblick	94
8.1	Planung und Umsetzung	94
8.1.1	Sicherstellung einer bestmöglichen Planung, Umsetzung und Inbetriebnahme	94
8.1.2	Best-Practice-Beispiele von guter Planung und Umsetzung	94
8.1.3	KPI und Leistungsgarantie	94
8.2	Monitoring und Energiemanagement	94
8.2.1	Empfehlung für die Umsetzung von Monitoring- und Energiemanagement-Systeme	94
8.2.2	Argumente für das WP-Monitoring	95
8.2.3	Zweck und Nutzen einer Datenerfassung	95
8.2.4	Mögliche Förderinstrumente für eine Monitoring-Lösung	95
8.2.5	Zertifizierung der Monitoring-Gateways und EMS-Systeme	95
8.3	Systemintegration und Netzdienlichkeit	95
8.3.1	Integration der Wärmepumpe in das gebäudeseitige Energiesystem sicherstellen	95
8.3.2	Effizienz und Flexibilität gemeinsam bewerten	96
8.3.3	Regulatorische Rahmenbedingungen nutzen und weiterentwickeln	96
8.4	Kompetenzentwicklung und Sensibilisierung	96
8.4.1	Gezielte Ausbildung der Fachkräfte	96
8.4.2	Sensibilisierung der Endkunden	96
8.4.3	Mobilisierung der Marktteilnehmer	96
8.5	Strategischer Ausblick	97
	Literaturverzeichnis	100
	Anhang A	103
	Anhang A1 Begrifflichkeiten	103
	Anhang A2 Normen, Gesetze, Verordnungen und Richtlinien	106
	Anhang A3 Mögliche Visualisierungen und technische Umsetzungen	108
	Anhang A4 Vorgaben für das Monitoring nach Minergie	122
	Anhang A5 SmartGridready WP-Monitoring-Profil	123
	Anhang A6 Vorgeschlagene Datenpunkte für das WP-Monitoring	125
	Anhang A7 Tabellendarstellung vorgeschlagene Monitoring-Stufen	126
	Anhang A8 Bisherige Lösungen (ohne Fernzugriff/Datenübertragung)	127
	Anhang A9 Systematische Verbesserung der JAZ von Wärmepumpenanlagen über die Betriebsdauer	128
	Anhang A10 Überblick Monitoring-Lösungen	130

Anhang A11 Stellungnahme suissetec Monitoring und Betriebsoptimierung	135
Anhang A12 Umfrage «Wärmepumpen: Monitoring, Qualitätssicherung und neue Trends»	138
Anhang A13 Protokolle der Begleitgruppen-Workshops und Experten Interviews	174
Anhang A14 Mögliches Geschäftsmodell und Geldflüsse einer CH-weiten Monitoring-Lösung	183

1. Einführung

1.1 Ausgangslage gemäss Pflichtenheft BFE

In den Energieperspektiven 2050+ werden diverse Szenarien der Entwicklung des Schweizer Energiesystems analysiert, die auf das Klimaziel von Netto-Null Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 ausgelegt sind und gleichzeitig eine sichere Energieversorgung gewährleisten sollen. Im Bereich Wärme wird dabei erwartet, dass die Anzahl installierter Wärmepumpen-Systeme in den kommenden 25 Jahren auf 1.5 Mio. Stück vervielfacht wird. Dies benötigt einen durchschnittlichen Zuwachs von 45'000 neuen Wärmepumpen pro Jahr. In der Schweiz sind Gebäude für 40% des Energieverbrauchs und für rund ein Drittel der CO₂-Emissionen verantwortlich. Über eine Million Häuser sind nicht oder kaum gedämmt und damit energetisch dringend sanierungsbedürftig. Zudem werden zwei Drittel der Gebäude heute noch immer fossil oder konventionell elektrisch beheizt. Um die Dekarbonisierungsziele zu erreichen, spielt somit nicht nur der Gebäudepark, sondern auch ein quantitativ sowie qualitativ einwandfreier Einsatz von Wärmepumpen eine zentrale Rolle.

Mit einer gezielten Effizienzsteigerung im Gebäude- und Heizungsbereich können erhebliche Strom-Einsparungen erzielt werden [2]. Im Jahr 2023 haben bei einem schweizerischen Stromkonsum von 56 TWh die Wärmepumpen allein 2.7 TWh Strom benötigt [3]. Bis 2050 könnte der Strombedarf für Wärmepumpen auf rund 13 TWh ansteigen, was gemäss BFE-interner Schätzungen einen zusätzlichen Winterstrombedarf von 2.5 bis 3.5 TWh für Wärmepumpen erfordert. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass wichtige Effizienzgewinne durch eine weiterentwickelte Technologie der Wärmepumpe, verbesserte Wärmeübergangssystemen (grössere Heizflächen und eine besserer Gebäudedämmung für niedrigere Vorlauftemperaturen sowie höhere Wärmequellentemperaturen) und durch eine verbesserte Installation mit optimierter Betriebsweise (z.B. Digitalisierung und selbst optimierende Systeme) dieser erhöhte Stromverbrauch kompensieren können [4]. Dies setzt eine möglichst breite und korrekte Gebäude-Integration von Wärmepumpen voraus. Eine Effizienzsteigerung von nur 10% würde bei 1.5 Mio. installierten Wärmepumpen bereit eine mögliche Strom-Einsparung in der Grössenordnung von 1 TWh bewirken.

Der Einsatz von Wärmepumpen in EFH und kleineren MFH deckt in der Regel einen Leistungsbereich bis 70 kW ab. Grössere Wärmepumpenleistungen kommen vor allem in grösseren Wohnblöcken, Verwaltungsbauten sowie in Gewerbe und Industrie oder bei Fernwärmesystemen zum Einsatz. Das mit dem Klima- und Innovationsgesetz eingeführte Impulsprogramm sieht nun die direkte Messung der Energieeffizienz bei Wärmepumpen im Leistungsbereich ab 70 kW vor¹. Für kleinere Anlagen wird seit 2017 mit dem Wärmepumpen Systemmodul (WPSM) ein Schweizer Standard für die optimale Planung, Erstellung und Inbetriebnahme von Wärmepumpen sowohl im Neubau wie auch bei Sanierungen eingesetzt. Hier wird die Gewährleistung der Energieeffizienz vor allem indirekt durch die korrekte Ausführung und ggf. periodische Kontrollen erreicht. Dieses System der Qualitätssicherung ist in allen Kantonen Bestandteil der Bedingungen für die Förderung des Ersatzes von fossilen Heizungen durch Wärmepumpen gilt aber nur für Anlagen bis ca. 15 kW Leistung.

Aufgrund der erwarteten zentralen Rolle der Wärmepumpe bei der Umwandlung des Schweizer Energiesystems ist es daher notwendig, möglichst einheitliche Qualitätsanforderungen für den Leistungsbereich bis 70 kW zu etablieren, die neben Effizienz und Langlebigkeit auch die Netzdienlichkeit sicherstellen. Dazu gehört insbesondere die Fähigkeit zur Lastverschiebung, die Ansteuerbarkeit durch Netz-betreiber sowie die potenzielle Teilnahme an Flexibilitätsmärkten.

Insbesondere folgende Fragestellungen sind heute für die zielführende Umsetzung der Energiepolitik von besonderer Bedeutung [5]:

¹ Da ab 2028 die Förderungen des Impulsprogramms in das Gebäudeprogramm integriert werden und somit nur noch ein Fördergefäss im Gebäudebereich besteht, entfällt die Grundlage für einen separaten Geltungsbereich der neuen QS WP bis 70 kW. Die neue Qualitätssicherung ist daher für den gesamten Anwendungsbereich der Gebäudeförderung vorzusehen.

- Welche Kriterien sind bei der Dimensionierung und Systemintegration von Wärmepumpen in EFH und MFH zu beachten, damit Zielkonflikte zwischen effizientem Betrieb (COP/JAZ), Gebäudewärmebedarf und netzverträglicher Lastverteilung frühzeitig erkannt und vermieden werden können?
- Welche technologischen Entwicklungen und Umsetzungsmassnahmen sind notwendig, um die Lebenszykluskosten von Wärmepumpen im Leistungsbereich bis 70 kW signifikant zu senken und damit die Attraktivität gegenüber fossilen Heizsystemen nachhaltig zu verbessern?
- Wie kann ein wirtschaftlich tragfähiges Monitoringsystem aufgebaut werden, dass Anreize für die Betriebsoptimierung schafft und gleichzeitig als objektive Grundlage für zielgerichtete Förder- und Regulierungsmassnahme dient?

1.2 Ziele gemäss Pflichtenheft BFE

Der Markt für Wärmepumpen ist gut etabliert, und die Wärmepumpentechnologie ist weit verbreitet. Die Technologien zur Nutzung von Luft, Grundwasser, Meerwasser, Flusswasser, Erdwärme, Sonnenenergie und Abwärme sind grösstenteils bekannt und ausgereift. In Zukunft wird das Zusammenspiel der Technologien an Bedeutung gewinnen (bivalente Anlagen, photovoltaischer Eigenverbrauch und Smart-Grid-Funktionen). Eine gut funktionierende Qualitätssicherung vom Planer über den Installateur bis zum Betreiber ist unerlässlich. Die Kombination von Photovoltaik und Lastverschiebung von Wärmepumpen kann heute noch eine gewisse Herausforderung darstellen (technische Hindernisse, Know-how, mangelnde Bereitschaft). Die neuen gesetzlichen Anpassungen im Umweltbereich, insbesondere in Bezug auf natürliche Kältemittel, Lärmschutz, Grundwasserschutz und auch das Ökodesign, müssen bei der korrekten Umsetzung von Wärmepumpen ebenfalls berücksichtigt werden.

Seit 2017 hat das WPSM zu einer deutlichen Verbesserung der Qualität der Installationen beigetragen. Allerdings zeigen realisierte Feldkontrollen immer noch, dass viele Anlagen nicht optimal ausgeführt sind und mit geringem Aufwand oft deutlich bessere Ergebnisse zu erzielen sind (s. dazu [6]; [7]; [8]). Die Qualitätssicherung von Wärmepumpen muss daher künftig einen stärkeren Fokus auf Effizienz und intelligente Steuerung legen. Themen wie korrekte Dimensionierung, Monitoring und Betriebsoptimierung werden daher im Vordergrund stehen. Durch intelligente Technik und durchdachte Planung können Wärmepumpen-Effizienz (konstanter Betrieb) und Netzdienlichkeit (Flexibilität bei den Betriebszeiten) zusammen erreicht werden. Ansätze und zukunftsweisende Arbeiten zum Diagnoseverfahren für Fehlfunktionen sowie eine mögliche digitale Betriebsanalyse von Wärmepumpenanlage im Betrieb liegen bereits vor (s. z.B. [9]; [10]; [11]).

Diese Studie soll darlegen, wie der Stand der Technik bzw. Praxis ist und welche Lösungen für die Zukunft für die folgenden Ebenen absehbar sind.

Ziel ist es, bestehende Herausforderungen und Verbesserungspotenziale entlang des gesamten Lebenszyklus von Wärmepumpen aufzuzeigen. Dabei sollen systemische Hemmnisse identifiziert und Ansätze entwickelt werden, um den Übergang von der heutigen Praxis hin zu skalierbaren, intelligenten, effizienten und netzdienlichen Wärmepumpen zu ermöglichen.

Die zentrale Herausforderung besteht darin, einheitliche Qualitätsstandards sicherzustellen – insbesondere im Hinblick auf die Systemintegration, den zuverlässigen Betrieb, die Betriebsoptimierung, den gesamten Lebenszyklus sowie die Belastung des Stromnetzes.

1.3 Strategischer Kontext

Die vorliegende Studie ist Teil der Arbeiten des Bundes zur Weiterentwicklung der Qualitätssicherung im Schweizer Wärmepumpenmarkt. Hintergrund sind die energie- und klimapolitischen Ziele der Schweiz, insbesondere die Umsetzung des Netto-Null-Ziels bis 2050 sowie die Gewährleistung einer sicheren und wirtschaftlichen Energieversorgung.

Mit dem weiteren Wachstum des Wärmepumpenbestands entwickelt sich die Wärmepumpe zunehmend von einer Einzeltechnologie zur systemrelevanten Infrastruktur. Neben der Dekarbonisierung des Gebäudeparks gewinnen die Energieeffizienz im Betrieb, die Begrenzung des Winterstrombedarfs sowie die Integration in ein zunehmend erneuerbares und flexibilisiertes Energiesystem an Bedeutung.

Gleichzeitig stehen die Förderinstrumente im Gebäudebereich vor einer neuen Phase. Die Weiterführung des Gebäudeprogramms ab 2028 erfolgt in einem Umfeld steigender Anforderungen an die Wirksamkeit öffentlicher Mittel. Bund und Kantone sind daher gefordert, die Förderpolitik, die Qualitätssicherung und die Marktentwicklung stärker auf die tatsächlich erzielte Systemperformance auszurichten.

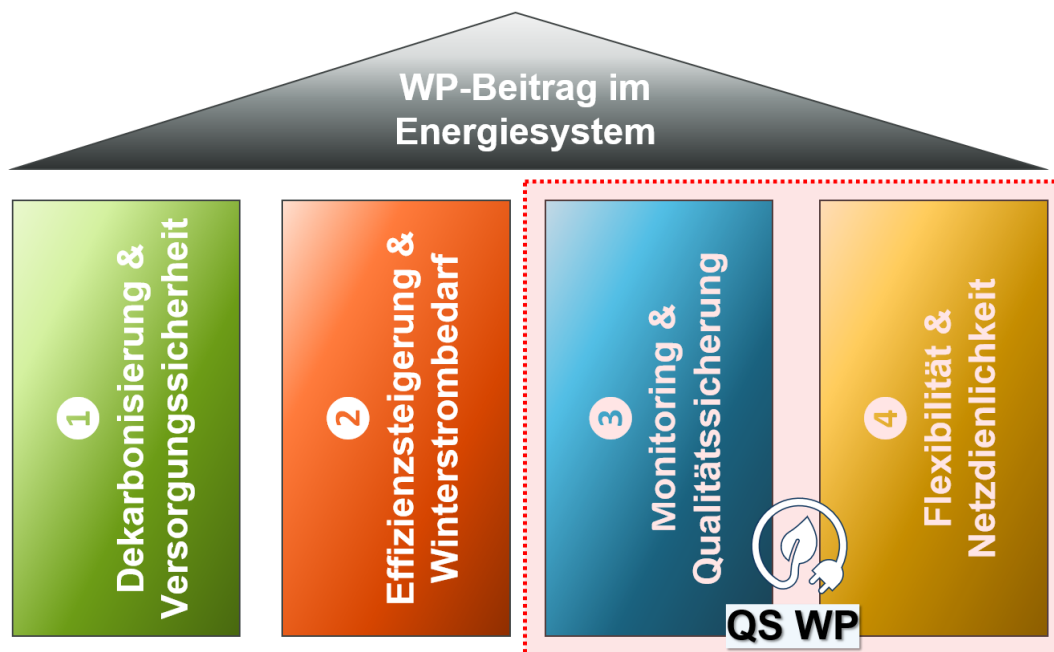


Abbildung 1: Bei der Weiterentwicklung der Qualitätssicherung für Wärmepumpen ist die Messung des Beitrags für die Dekarbonisierung entlang vier strategischen Handlungsfeldern entscheidend. Gerade bei Wärmepumpen darf ein kontinuierliches Monitoring kein optionales Extra bleiben, sondern ein Standard werden. So können Betreiber und Installateure die Leistung nachweisen und gleichzeitig wirtschaftliche Anreize für gute Betriebsführung schaffen. Mit intelligenter Steuerung kann zudem die Wärmepumpe Strom genau dann beziehen, wenn er verfügbar und günstig ist. Dadurch unterstützt sie das Stromnetz aktiv, ohne dass der Gebäudekomfort darunter leidet.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das BFE die strategische Zielsetzung, die Qualitätssicherung schrittweise von einer primär planungs- und installationsorientierten Betrachtung hin zu einer gesamtheitlichen Betrachtung des Lebenszyklus weiterzuentwickeln. Dabei sollen insbesondere folgende vier Handlungsfelder berücksichtigt werden (Abbildung 1):

1. Dekarbonisierung und Versorgungssicherheit: Wärmepumpen sind eine Schlüsseltechnologie für die Dekarbonisierung des Gebäudeparks und leisten durch ihren flexiblen Betrieb einen Beitrag zur Stabilisierung des Stromsystems.
2. Effizienz und Winterstrombedarf: Die im Betrieb erreichte Effizienz gewinnt an Bedeutung, da jede Effizienzsteigerung den zukünftigen Strombedarf reduziert.
3. Transparenz und Qualitätssicherung: Die tatsächliche Anlagenperformance soll für Eigentümer, Fachpersonen und Fördergeber besser sichtbar werden.
4. Flexibilität und Netzdienlichkeit: Wärmepumpen sollen künftig zunehmend in der Lage sein, auf Preis-, Netz- und Flexibilitätssignale zu reagieren und damit Systemdienstleistungen zu unterstützen.

Gleichzeitig verändern sich die Erwartungen der Eigentümerinnen und Eigentümer. Während bei Photovoltaikanlagen oder Elektrofahrzeugen Transparenz über Energieerzeugung, Verbrauch und Kosten heute

weitgehend selbstverständlich ist, verfügen viele Betreiberinnen und Betreiber von Wärmepumpen nur über begrenzte Informationen zur tatsächlichen Effizienz und zum Betriebszustand ihrer Anlage. Eine zukünftige Qualitätssicherung soll deshalb nicht nur energie- und klimapolitische Ziele unterstützen, sondern auch die Transparenz für Kundinnen und Kunden verbessern. Die nachvollziehbare Darstellung der realen Anlagenperformance stärkt das Vertrauen in die Technologie und schafft die Grundlage für eine kontinuierliche Betriebsoptimierung.

Die vorliegende Studie sowie die parallel durchgeführte EnergieSchweiz-Marktbefragung [13] bilden hierfür eine fachliche Grundlage. Sie dienen ausdrücklich nicht der Vorwegnahme regulatorischer Entscheide, sondern sollen eine faktenbasierte Diskussion über die Weiterentwicklung eines zukünftigen Qualitätssicherungssystems für Wärmepumpenanlagen im gesamten Anwendungsbereich der Gebäudeförderung ermöglichen.

2. Vorgehen und Methoden

2.1 Allgemeines

Die Methodik kombiniert eine systematische Literaturrecherche inklusive der Grundlagen aus dem o.a. Pflichtenheft mit Einschätzungen und Rückmeldungen von Fachpersonen aus der Branche. Dabei fliesst das Know-how sowohl des Projektteams als auch der externen Begleitgruppe ein. Die Begleitgruppe setzt sich aus Personen der Verbände FWS, suissetec, SmartGridReady und MINERGIE sowie Energie- und Heizungsplaner zusammen. Durch themenspezifische Workshops, Einzelgespräche, Fragebögen und Korrekturlesen des Berichts wurde die Fachexpertise der Begleitgruppe einbezogen.

Die Ergebnisse dieser Projektarbeit liefern einen Überblick über den Stand der Technik sowie praxisnahe Lösungsempfehlungen und Erkenntnisse – etwa in den Bereichen Dimensionierung, Lärmschutz, technologische Trends, Systemintegration sowie Monitoring und Betriebsoptimierung. Sie richten sich an Energieplaner, Hersteller, Installateure, Betreiber und Regulierungsbehörden und bilden eine fundierte Grundlage für künftige Strategien und Förderprogramme.

Die einzelnen Aufgabenstellungen, die nach den Expertendiskussionen identifiziert wurden, sowie die jeweils erzielten Ergebnisse sind in den nachfolgenden Kapiteln strukturiert dargestellt. Um die Gesamtstruktur und die Abhängigkeiten zwischen den unterschiedlichen Aspekten klar darzustellen, wurden die Untersuchungsbereiche gegenüber dem Pflichtenheft leicht umstrukturiert und wie folgt gegliedert:

- 1) Planung (Fokus auf korrekte Dimensionierung)
- 2) Betriebsphase (Betriebsoptimierung und Monitoring)
- 3) Technologische Entwicklung (Fokus auf Netzdienlichkeit und -Steuerung)

Die Recherchen und Überlegungen basieren ebenfalls auf bereits gemachte Diskussionen im Rahmen des Workshops «Atelier Assurance qualité PAC urbaines» in 2022 [12].

Das BFE hat in Zusammenarbeit mit der intervista AG eine umfassende Branchenumfrage zum Schweizer Wärmepumpenmarkt durchgeführt [13]. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde im Rahmen des vorliegenden Projekts eine technisch vertiefte Befragung entwickelt, um die Rückmeldungen gemeinsam mit der Branche zu konkretisieren. Die Ergebnisse beider Befragungen fliessen in die Empfehlungen für ein zukünftiges Qualitätssicherungssystem ein.

3. Planung (Dimensionierung)

Tabelle 1: Fragestellungen Planung

Fragestellung und Vorgehen	Ergebnisse
1) Dimensionierungs-Tools [3.2]: Literaturrecherche, strukturierte Experteninterviews. Beschreibung und exemplarische Vergleichsrechnungen der Dimensionierungswerkzeuge. Differenzierung zwischen Neubau und Modernisierung (Fokus dieser Arbeit).	- Übersicht und systematische Gegenüberstellung relevanter Tools. - Aufzeigen typischer Abweichungen in den Eingaben und Ergebnissen. - Vorschlag für eine einheitliche Branchenlösung unter Berücksichtigung von Kühlanwendungen und Erdwärmesonden-Regeneration.
2) Überdimensionierung / «Sicherheitsmargen» [3.6]: Basierend auf Literaturrecherchen und Ergebnissen zur Planung werden Grössenordnungen und Hintergründe zum Begriff «Überdimensionierung» (v. a. im Heizungersatz) zusammengestellt und durch Musterrechnungen illustriert.	- Quantitative Einordnung der in der Praxis üblichen Überdimensionierungen (Grössenordnung der Sicherheitsaufschläge und Unsicherheiten). - Analyse der Ursachen (Komfort, fehlendes Vertrauen in Tools, fehlende Schulung, regulatorische Aspekte). - Darstellung möglicher Massnahmen zur Reduktion der Überdimensionierung (Schulungsinhalte, standardisierte Berechnungsgrundlagen). - Illustration der Effekte durch Musterrechnungen.
3) Einfluss der Lärmschutzverordnung und dem Einsatz von natürliche Kältemitteln [3.7]: Literaturrecherche und Experteninterviews zur Faktenlage. Analyse im Kontext künftiger regulatorischer und technischer Entwicklungen (z. B. EU-Ecodesign). Musterrechnungen.	- Darstellung der aktuellen Anforderungen und deren Auswirkungen auf die Dimensionierung von Wärmepumpen. - Quantifizierung der Effekte (z. B. Effizienzverlust, zusätzlicher Leistungsbedarf) anhand von Musterrechnungen. - Diskussion möglicher künftiger Entwicklungen (u.a. EU-Ecodesign oder CH-Lärmschutz). - Ableitung potenzieller Planungsoptimierungen und technischer Lösungsansätze (z. B. Betriebsstrategien).
4) Hochskalierung des WPSM bis auf 70 kW Heizleistungen [3.8]: Recherche, inwieweit die WPSM-Grundlagen als Basis bis 70 kW dienen	- Darstellung der aktuellen WPSM-Unterlagen und - Richtlinien mit den nötigen Anpassungen für die Wärmepumpen bis 70 kW
5) Zusammenarbeit Installateur – Energieplaner – Hersteller [3.8]: Literaturrecherche und strukturierte Experteninterviews (Lieferanten, Energieplaner, Installateure, Kurstrainer).	- Beschreibung typischer Prozess- und Entscheidungsabläufe bei der Auswahl einer Wärmepumpe. - Identifikation von Schnittstellenproblemen und Erfolgsfaktoren der Zusammenarbeit. - Einschätzung des Einflusses unterschiedlicher Rollenverteilungen auf die Lebenszykluskosten (inkl. Risiken durch Fehldimensionierung). - Handlungsempfehlungen zur verbesserten Kooperation zwischen Akteuren.

3.1 Planungsprozess

Eine fachgerechte Planung ist Grundlage einer jeden Heizungsanlage. Hier entstandene Fehler können z.T. kaum noch oder nur mit grösserem Aufwand später korrigiert werden. In den folgenden Abschnitten wird explizit auf die Frage der Dimensionierung eingegangen. Es soll an dieser Stelle festgehalten werden, dass Monitoring Lösungen, falls vorgesehen, von Anfang an mitgedacht, geplant und auch entsprechend bestellt werden müssen.

3.2 Dimensionierung von Wärmepumpen

3.2.1 Übersicht relevanter Tools und Methoden

Für die Dimensionierung von Wärmepumpen stehen verschiedene Tools und Methoden zur Verfügung, die sich in Genauigkeit und Anwendungsbereich unterscheiden. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über relevante Tools sowie deren Methode und Hauptzweck, während in Tabelle 3 die jeweiligen Stärken und Schwächen zusammengefasst sind.

Tabelle 2: Übersicht relevanter Tools und Methoden

Tool / Methode	Art / Plattform	Hauptzweck	Normbasis / Methode
WPesti ¹	MS Excel	Berechnung JAZ (Bin-Methode)	SIA 384/3 (Heizenergiebedarf)
suissetec/FWS Tool „Heizungersatz mit Wärmepumpen“ (oft „burner-replacement“)	Web	Heizleistungsbedarf aus Energieverbrauch (Hottinger-Methode) bei Wärmeerzeugerersatz	Ableitung aus SIA 380/1, SIA 384-1 Anhang C
Erneuerbar Heizen – EFH/MFH (Webtool) ¹	Web	Abschätzung Last bei EFH und MFH-Heizungersatz (MFH bis 6 Wohneinheiten)	Energiebedarf aus Verbrauch (Impulsprogramm)
Erneuerbar Heizen – MFH (Excel) ¹	MS Excel	Abschätzung Last bei MFH-Heizungersatz	Energiebedarf aus Verbrauch (Impulsprogramm)
SIA 384/1:2022 Anhang C	-	Dimensionierung Wärmeerzeuger bei bestehendem Gebäude	SIA 384-1:2022, Anhang C
SIA 384/2:2020 (SIA 384.201)	Norm-Verfahren Div. Softwaretools	Leistungsbedarf bei Neubauten (Heizung)	SIA 384/2
GEAK / GEAK-Plus ¹	Web	Jahresenergiebedarf & Effizienzklasse, nicht primär Dimensionierung	SIA 380/1
Messung	-	Möglichst genau Bestimmung der Last im Betrieb / Bestand	SIA 384/1 (als Bsp.)
SIA 385	-	Dimensionierung Warmwasser	SIA 385
Firmenspezifische Tools zum Beispiel für die Sanierungen	-	Berechnung Heizleistungsbedarf	In der Regel aus Energieverbrauch

¹ Die Tools ermitteln als Nebenprodukt eine Heizlast. Dies ist jedoch keine Heizlastberechnung im eigentlichen Sinne, worauf i.d.R. auch hingewiesen wird.

Tabelle 3: Gegenüberstellung Stärken und Schwächen relevanter Tools und Methoden

Tool / Methode	Stärken	Schwächen / Hinweise
WPesti	Sehr detailliert, normkonform, verbreitet im Einsatz	Hoher Eingabeaufwand, eher für Planer als für Installateure. Inverter – WP noch nicht offiziell berücksichtigt. Das Tool unterliegt jetzt eine Aktualisierung für leistungsvariable Wärmepumpen. Die Kantone legen hohen Wert auf das Produkt. Jedoch scheint die Branche das Tool kritischer zu beurteilen. Gründe dafür sind im Bereich der Anwendbarkeit, der einzugebenden Daten und der begrenzten Auswahlmöglichkeiten der Wärmepumpen. Die Aktualisierung sollte auch die kritisierten Punkte berücksichtigen.
suissetec/FWS Tool „Heizungsersatz mit Wärmepumpen“ (oft „burner-replacement“)	Schnell, praxisnah, weit verbreitet	Annahmen zu Vollbetriebsstunden & Nutzungsgrad können zu systematischer Überdimensionierung führen
Erneuerbar Heizen – EFH (Web-tool)	Sehr einfach, für Beratung und Grobdimensionierung	„Rudimentär“; keine feine Klimadifferenzierung, keine detaillierte Normprüfung
Erneuerbar Heizen – MFH (Excel)	Besser geeignet für grössere Leistungen, berücksichtigt MFH-Charakteristik	Benötigt solide Datengrundlage; weiterhin Unsicherheiten bei Nutzungsgraden
SIA 384-1:2022 Anhang C	In Norm (jedoch informativ) verankert, einfach anwendbar.	Gibt Leistungsbereich an. Vorgehen zur «richtigen» Wahl etwas offen, was zu Unsicherheit führen kann.
SIA 384/2:2020 (SIA 384.201)	Präzise für Neubauten, kompatibel mit anderen SIA-Normen	Führt (systembedingt) zu gewisser Überdimensionierung
GEAK / GEAK-Plus	Gut für Vergleich & Sanierungsstrategie	Nicht zur Dimensionierung von WP gedacht – Angabe Leistung ist nur Hilfsgrösse!
Messung	Messdaten ergeben die genaueste Datengrundlage für die Dimensionierung	Messungen sind in der Regel zeitaufwändig, und nur in der Heizsaison möglich
Firmenspezifisch	Eigene Produktreihe ist besser abgebildet (Lieferantentools). Bild z.T. detaillierte Erfahrungswerte ab (Planertools).	Limitiert auf jeweilige Firma

Nicht abgedeckt sind folgende Bedürfnisse / Situationen:

- Nicht ganzjährig bewohnte Gebäude (z.B. Ferienhäuser)
- Nutzungsänderungen oder bauliche Massnahmen
- Ersatz einer Wärmepumpe durch Wärmepumpe

Der letztgenannte Punkt ergibt sich daraus, dass der Nutzungsgrad der Wärmepumpe stark von den Randbedingungen des Betriebs (Standort, Quellen- / Senkentemperaturen, Geräteeffizienz, ...) abhängig ist. Es lassen sich daher kaum pauschale Annahmen wie im Fall von Feuerungen treffen, weshalb die Bestimmung der Last einzig aus dem Stromverbrauch zu höheren Unsicherheiten führen wird.

Speziell bei Gebäuden, welche in höherem Masse von externen und internen Gewinnen profitieren (Gebäude mit (sehr) guter Wärmedämmung, hohem Glasanteil an der Fassade und hohen inneren Lasten) funktioniert die Methode mittels Vollaststunden weniger gut, weil die Heizlast nicht mehr so ausgeprägt von der Aussentemperatur allein abhängt. Bei Dimensionierungsberechnungen könnten Korrekturfaktoren für solche spezifische Gebäudekategorien und Elemente eingeführt werden.

3.2.2 Differenzierung: Neubau vs. Modernisierung

Die Dimensionierung von Wärmepumpen unterscheidet sich je nach Kontext Neubau oder Modernisierung (Heizungsersatz im Bestand). Der zentrale Grund ist die unterschiedliche Datenlage und damit verbunden die Wahl der Normbasis (siehe Abbildung 2) bzw. der geeigneten Berechnungsmethodik: Während im Neubau die Geometrie, Bauteilaufbauten und Ziele in der Regel planbar und dokumentiert sind, ist im Bestand die energetische Realität stark geprägt durch z.T. unbekannte und heterogene Beschaffenheit der Gebäudehülle. Dafür sind aus der Historie ggf. Verbrauchsdaten oder Angaben zum Nutzer- und Anlagenverhalten bekannt.

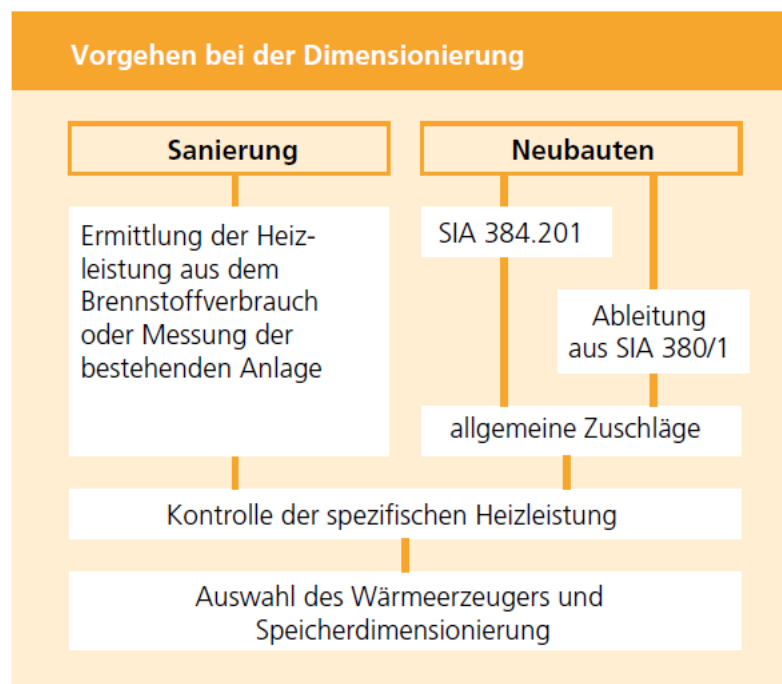


Abbildung 2: Vorgehen bei der Dimensionierung (Quelle: EnergieSchweiz Merkblatt Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung)

3.2.2.1 Neubau (planungsermittelte Heizlast):

Im Neubau erfolgt die Auslegung typischerweise über eine normative Heizlastberechnung. Exemplarisch ist die beispielsweise im WPSM-Kontext klar operationalisiert: Für Neubauten ist die erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe gemäss SIA 384/1 zu bestimmen; die Norm-Heizlast wird mit SIA 384.201 berechnet, ergänzt um Zuschläge für Warmwasser und (falls relevant) Sperrzeiten.

Die Stärke dieses Vorgehens liegt in der Reproduzierbarkeit und der klaren Dokumentierbarkeit im Planungsprozess. Gleichzeitig zeigen Auswertungen aus den Project OptiPower [14], welches sich zu einem grossen Teil auf Nicht-Wohngebäude bezieht, dass gerade im Neubau die normative Heizlastberechnung in der Praxis nicht automatisch zu «punktgenauen» Gerätegrössen führt. In den Feldmessungen [7] wird explizit darauf hingewiesen, dass eine Auslegung nach SIA 384.201 bei Neubauten bereits zu einer Überdimensionierung von rund 20 % führen kann, was aufgrund der Betrachtung des allerschlechtesten Falles (keinerlei solare Einstrahlung, keine Abwärme der Hausbewohner) entsteht. Das ist insofern wichtig, als bei Wärmepumpen nicht nur die Deckung am Auslegepunkt relevant ist, sondern auch das Betriebsverhalten im Teillast (Modulation, Takten) über das Jahr.

In den Feldmessungen [7] wird explizit darauf hingewiesen, dass eine Auslegung nach SIA 384.201 bei Neubauten bereits zu einer Überdimensionierung von rund 20 % führen kann, was aufgrund der Betrachtung des allerschlechtesten Falles (keinerlei solare Einstrahlung, keine Abwärme der Hausbewohner) entsteht. Das ist insofern wichtig, als bei Wärmepumpen nicht nur die Deckung am Auslegepunkt relevant ist, sondern auch das Betriebsverhalten im Teillast (Modulation, Takten) über das Jahr.

3.2.2.2 *Modernisierung / Heizungersatz (verbrauchs- und bestandsgetriebene Leistungsbestimmung):*

Im Bestand stehen häufig keine vollständigen, verlässlichen Planunterlagen zur Verfügung; dafür existiert meist eine Verbrauchshistorie (Öl/Gas/Holz/Strom). Entsprechend basiert die Leistungsbestimmung z.B. im WPSM für Sanierungen meist auf dem bisherigen Verbrauch. Je nach Situation macht aber eine Bedarfsberechnung analog zum Neubau Sinn.

Messungen können sich auf die Ermittlung des Endenergieverbrauches beziehen, stehen im Idealfall aber als Nutzenergien für die unterschiedlichen Betriebsmodi Heizen, Warmwasser und ggf. Kühlen zur Verfügung. Anstelle einer vor-Ort Messung können auch zeitlich fein aufgelöste Daten eines Energieversorgers genutzt werden (Leitungsgebundene Energieversorgung).

Bei der Ermittlung der Heizlast anhand von Messdaten [SIA 384/1] führt die lineare Regression («Energiesignatur») nicht in jedem Fall zu einem eindeutigen Ergebnis, weil die ermittelten Leistungen stärker streuen können. Dieser Frage wird im OptiSanPower Projekt [15] vertiefter nachgegangen.

Weitere Unsicherheiten entstehen u.a. bei der Festlegung des Nutzungsgrades des bestehenden Wärmezeugers, welcher für die Bestimmung der Last aus dem bisherigen Verbrauch benötigt wird.

Der gemessene Energiebedarf hängt von Anlagenwirkungsgraden (Altanlage), Warmwasseranteilen, Sperrzeiten, Raumtemperaturen, Leerständen sowie Klimavariabilität ab. Vereinfachte Annahmen zu Vollbetriebsstunden eignen sich zwar für typische Sanierungen älterer Gebäude, bei zunehmend häufigen Sanierungsfällen von neueren bzw. Minergie-nahen Bestandsgebäuden können diese aber zu systematischen Fehlern führen. Verkürzte Heizperioden und andere Nutzungsprofile verändern die geeigneten Vollbenutzungsstunden und damit die abgeleitete Leistung.

Die Annahmen müssen ebenfalls sehr gut dokumentiert sein, um die Berechnungen nachvollziehen zu können.

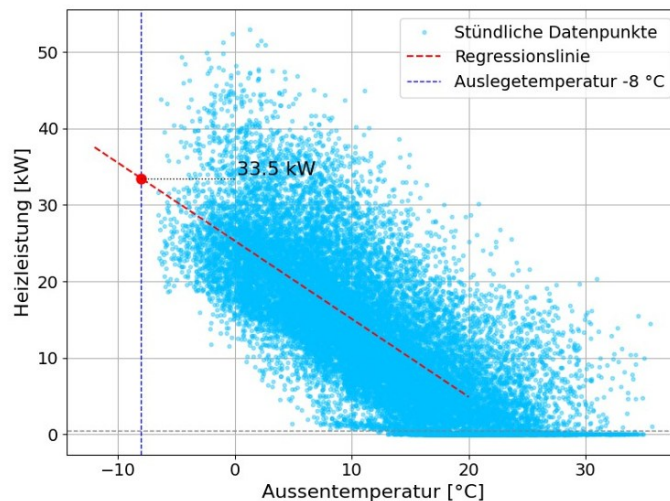


Abbildung 3: Bestimmung der maximalen Heizleistung anhand der Energiesignatur für ein Mehrfamilienhaus Quelle: OptiSanPower, Zwischenbericht vom 29. August 2025 [14]

3.2.2.3 Wärmepumpenersatz durch eine effizientere Wärmepumpe:

Der Ersatz einer älteren Wärmepumpe durch ein neues effizienteres und leistungsgeregeltes Gerät führt zu einer Verbrauchsreduktion. Für solche Ersatzfälle müssen klare Vorgaben und ein methodisches Vorgehen definiert sein. Hier hat das BFE die Entwicklung einer standardisierten Massnahme für den Ersatz und die Betriebsoptimierung von bestehenden Wärmepumpen in Auftrag gegeben.

Kontext:

«Das Parlament legt im Rahmen des Bundesgesetzes über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien das Ziel fest, bis 2035 mit Effizienzmassnahmen 2 TWh einzusparen. Dafür wurde unter anderem ein neues Instrument im Jahr 2025 eingeführt: *Effizienzsteigerungen durch Elektrizitätslieferanten*. Mit diesem neuen Instrument werden den Elektrizitätslieferanten Einsparziele vorgegeben, die durch die Umsetzung verschiedener Massnahmen bei den Endverbraucherinnen und Endverbrauchern in der Schweiz (unter anderem bei Unternehmen und Privathaushalten) erreicht werden sollen. Konkret müssen die Elektrizitätslieferanten nachweisen, dass die Endverbraucherinnen und Endverbraucher Massnahmen für die Steigerung der Stromeffizienz umgesetzt haben – etwa bei elektrischen Antrieben, der Beleuchtung, Lüftungen, Kälteanlagen oder ähnlichen Anlagen und Geräten. Die Effizienzsteigerungen sind mittels *standardisierter* oder nicht standardisierter Massnahmen zu erreichen. Das BFE bezeichnet die einzelnen standardisierten Massnahmen und revidiert diese bei Bedarf jeweils Ende November. Andere Massnahmen, die nicht im Katalog der standardisierten Massnahmen enthalten sind, können dem BFE zur Zulassung vorgelegt werden.»

3.3 Konsequenz für Tools und Normbezug:

Die Differenzierung Neubau vs. Modernisierung spiegelt sich direkt in der Tool-Landschaft wider: Für Neubau-Kontexte werden normgestützte Verfahren eingesetzt, welche auf Planungsdaten basieren, während für den Heizungsersatz verbrauchsbasierte Tools dominieren. Diese können/werden in speziellen Fällen durch detailliertere Berechnungen aufgrund der Gebäudehüllenqualität plausibilisiert. Insbesondere wird für den Heizungsersatz ein Bedarf an Weiterentwicklung/Validierung sowie an Plausibilisierung und Messung/Norm-Heizlast-Berechnung im Einzelfall notwendig.

Empirische Einordnung (warum ist die Differenzierung wichtig):

Die Feldmessungen liefern eine belastbare Grundlage, Neubau und Modernisierung nicht mit gleichen Methoden zu dimensionieren: In der WP-Feldmesskampagne [7] liegen Median und Mittelwert der Überdimensionierung (EFH) bei rund 36 % bzw. 45 %, bei leistungsgeregelten Luft/Wasser-Wärmepumpen werden sogar noch höhere Werte berichtet.

Damit wird deutlich: Fehler in der Leistungsbestimmung (oder systematische Sicherheitsaufschläge) wirken sich real auf Betriebszustände aus (z. B. unnötig niedrige Auslastung, Takten) und sind nicht nur Tool abhängige Abweichungen.

Für die Modernisierung ist zusätzlich relevant, dass unterschiedliche normative Auswertepfade bzw. Toolvarianten teils stark divergierende Resultate liefern.

3.4 Tool - Vorschläge für eine einheitliche Branchenlösung

Im Neubau ist das Vorgehen bei der Dimensionierung im Wesentlichen normativ geregelt. Diese geht von einem Szenario aus, welches zu einer gewissen Überdimensionierung führt. Im weiteren Auswahlverfahren des Gerätes erheben sich zusätzliche, z.T. nicht-notwendige Zuschläge (z.B. Leistungsabstufung).

Im Bereich Wärmeerzeugersersatz hat sich das FWS/suissetec Tool breit etabliert. Dieses liesse sich weiterentwickeln, explizit auch im Hinblick auf grössere Anlagen, bisher nicht-abgebildete Konstellationen und mehr Flexibilität bei der Erfassung der jeweiligen Situation des konkreten Objektes (z.B. variable Nutzungsgrade).

Es müsste zudem klar kommuniziert werden, dass Leistungsangaben, welche einzig indikativ (und dazu durchaus hilfreich) aus Rechentools resultieren, nicht als Dimensionierungsgrundlage verwendet werden sollten.

Generell gilt die Empfehlung, unter Berücksichtigung relevanter Sperrzeiten keine weiteren zusätzlichen Zuschläge vorzunehmen und im Grenzfall ein leistungsschwächeres Gerät zu wählen.

3.5 Typische Heizleistungs-Grössenordnungen

Die Unterteilung in Ein-/Zweifamilienhäuser (EFH/ZFH)² mit typischen Heizleistungen bis maximal 30 kW und Mehrfamilienhäuser (MFH) mit ca. 30–70 kW dient als grobe Einteilung für alle folgenden Abschnitte. Diese Einteilung hat sich bereits etwas etabliert (z.B. Impulsprogramm «Erneuerbar Heizen» oder «Minergie-Monitoring»). Sie ist eigentlich ein einfacher Platzhalter für die Komplexität (Funktionalität, Art und Anzahl der Nutzer, ...) einer Anlage und keine scharfe Abgrenzung. Mit der Heizleistung wird oft auch die Anzahl der im Planungsprozess involvierten Beteiligten steigen.

3.6 Überdimensionierung / Sicherheitsmargen / Normative Reserven / Vertragliche Pflichten

Basierend auf Literaturrecherchen und Ergebnissen zur Planung wurden Grössenordnungen und Hintergründe zum Begriff «Überdimensionierung» (v. a. im Heizungersatz) zusammengestellt und durch Musterrechnungen illustriert.

3.6.1 Überdimensionierung Begrifflichkeiten

Überdimensionierung bedeutet generell, dass eine höhere Wärmeerzeugerleistung vorgesehen bzw. installiert ist, wie benötigt wird. Es muss in eine planerische und effektiv realisierte Überdimensionierung unterschieden werden.

² Auch kleinere MFH werden in diese Kategorie fallen. Im Impulsprogramm «Erneuerbar Heizen» wird eine Grenze von 6 Wohneinheiten angegeben.

Auch aus Systemsicht ist Überdimensionierung kritisch: Grössere Kompressoren bedeuten höhere Anschlussleistungen und damit höhere Lastspitzen im Stromnetz, ohne dass diese durch zusätzliche Nutzwärme gerechtfertigt wären. Gleichzeitig steigen Investitions- und Wartungskosten.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, zwischen einer **planerischen/bewusst gewählten, moderaten Leistungsreserve** ($\approx 10 - 20 \%$) und einer **effektiv realisierten/unbewussten Überdimensionierung** ($> 20 - 30 \%$) zu unterscheiden, welche eher dem üblichen, z.T. auch normativen Vorgehen geschuldet ist. Erstere ist für robuste Betriebsstrategien (Warmwasserbereitung, Berücksichtigung Sperrzeiten, Silent-Mode, begrenzte PV-Eigenstromnutzung) erforderlich; letztere ist Ausdruck von Planungsunsicherheiten und einer ungenügenden Abstimmung von Normen, Tools und Gerätegrössen.

In den Projekten FAWA [16], OptiPower [14] und Feldmessungen des WPZ 2023 [7] wurden realisierte und gemessene Anlagen hinsichtlich der Überdimensionierung ausgewertet.

Beim Projekt Feldmessungen des WPZ 2023 [7] wurde die Maximalleistung gemäss Datenblatt der gewählten Wärmepumpe im Auslegungspunkt als Referenz genommen. Für die benötigte Nenn-Wärmeleistung wurde die Heizleistung und die Leistung für die Warmwasserbereitung mit Berücksichtigung einer Sperrzeit von 2 h aus Messdaten auf den Auslegungspunkt aus der Tages-Energie extrapoliert, siehe Abbildung 4.

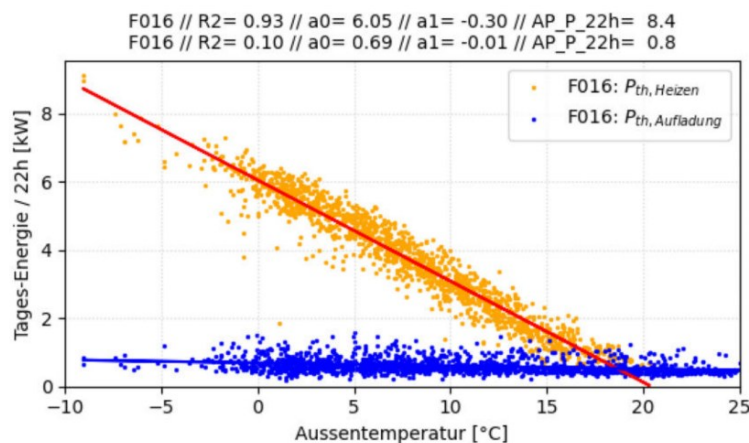


Abbildung 4: Darstellung Wärmeerzeugerleistung Heizen und Warmwasserbereitung in Funktion der Aussentemperatur [6]

Im Projekt wird Überdimensionierung als relative Differenz zwischen installierter Wärmepumpenleistung $\dot{Q}_{WP}$ und effektive Wärmeleistungsbedarf $\dot{Q}_h$ inkl. bewusst gewählter Leistungsreserve am Auslegungspunkt definiert:

$$\text{Überdimensionierung} = \frac{\dot{Q}_{WP} - \dot{Q}_h}{\dot{Q}_h} = \frac{\dot{Q}_{WP}}{\dot{Q}_h} - 1$$

$$\text{Überdimensionierung in Prozent} = \left(\frac{\dot{Q}_{WP}}{\dot{Q}_h} - 1 \right) \times 100$$

Quelle: Bericht «Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen Heizsaison 2022/23» [7]

Wärmeleistungsbedarf kann auch zusätzlich Warmwasser $\dot{Q}_{h+WW}$ beinhalten und nicht nur Heizen. Diese «Leistungsreserve» soll einerseits Unsicherheiten (Gebäudehülle, Nutzungsverhalten, Klimadaten, solare Gewinne) abdecken und andererseits Betriebsstrategien wie Silent-Mode, EVU-Sperrzeiten oder monovalenten Betrieb bei tiefen Quellentemperaturen ermöglichen.

3.6.2 Überdimensionierung im Feld und Vergleich mit der Planung

In der Praxis wird Überdimensionierung häufig über das technisch sinnvolle Mass hinausgetrieben.

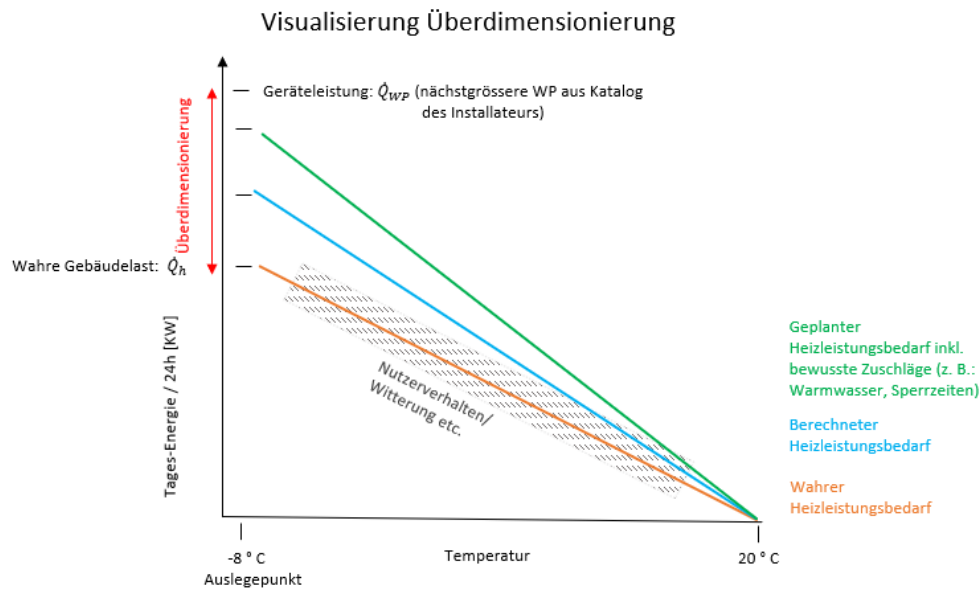


Abbildung 5: Skizzenhafte Visualisierung der Überdimensionierung. Zu den «weiteren bewussten Zuschlägen» zählen unter anderem verbundene Anlagen sowie der gezielte Betrieb mit ausschliesslicher Nutzung von PV-Strom.

Feldmessungen des Wärmepumpen-Testzentrums (WPZ) [7] und frühere Kampagnen (FAWA [16], OptiPower [14], Fraunhofer ISE [17]) zeigen durchgängig eine deutliche Tendenz zur Überdimensionierung: In der WPZ-Feldmesskampagne liegen Median und Mittelwert der Überdimensionierung in Einfamilienhäusern bei rund 36 % bzw. 45 %. Für Mehrfamilienhäuser wurden in OptiPower ähnlich hohe Werte (Median ~40 %) ermittelt. In Tabelle 4 wird ein Überblick der berücksichtigten Untersuchungen gegeben.

Hinweis von suissetec:

An dieser Stelle wird der Hinweis von suissetec festgehalten, dass die OptiPower Studie ihres Erachtens nicht mit der nötigen Sorgfalt erarbeitet wurde. Bei den Vergleichen wurden anlagespezifische Aspekte, wie Free-Cooling-Betrieb und späterer Mieterausbau, nicht beachtet. Auch die Vorgaben aus den SIA-Normen wurden nicht genügend gewichtet. Die daraus folgenden rechtlichen Aspekte bei einer Unterdimensionierung wurden nicht thematisiert. Für suissetec sind die Aussagen der Studie daher negativ behaftet und zu wenig normativ abgestützt.

Tabelle 4: Überblick Resultate aus Feldmesskampagnen.

Daten	Methode	Überdimensionierung
OptiPower EFH	Feldmessung	36% (Median), 45% (Mittelwert)
OptiPower MFH	Feldmessung	40% (Median)
20 Jahre WP-Monitoring am Fraunhofer ISE (DE)	Feldmessung	ca. 45% (Mittelwert) ³
FAWA	Feldmessung	40% (Mittelwert)
WP-Feldmessungen 2023*	Feldmessung	36% (Median)
WP-Feldmessungen 2023	FWS/suissetec	33% (Mittelwert)
WP-Feldmessungen 2023	SIA 384.1:2022, $m_{90\%}$	42% (Mittelwert)
WP-Feldmessungen 2023	SIA 384.1:2022, $m_{50\%}$	14% (Mittelwert)

*Wärmeleistungsbedarf wurde inklusive Warmwasser gemessen: $\dot{Q}_{h+WW}$

³ Bereich -25 % bis +210 %

Eine nachträgliche Auswertung der Dimensionierung mit dem heute verbreiteten FWS/suissetec auf Basis der SIA 384.201 ergibt für ein Anlagensample einen mittleren Überdimensionierungsgrad von etwa 33 %. Je nach Auswertungsmethode gemäss SIA 384.1:2022 werden durchschnittlich 14 % mittleren Überdimensionierungsgrad bei der 50% Kennlinie bzw. 42 % mittleren Überdimensionierungsgrad bei der 90% Kennlinie erreicht. Jedoch führt die 50 % Kennlinie zu einem mittleren Unterdimensionierungsgrad von 15%, im Extremfall zu 20 % Unterdimensionierung. Die Auswertungen in Tabelle 4 zeigen, dass in der Praxis im Mittelwert nahezu durchgehend eine Überdimensionierung vorliegt.

Dabei beschreibt die 50 %-Kennlinie ($m_{50\%}$) eine statistisch ausgeglichene Dimensionierung, bei der etwa die Hälfte der Anlagen über- und die andere Hälfte unterdimensioniert ist, während die 90 %-Kennlinie ($m_{90\%}$), wie in Abbildung 6 ersichtlich, systematisch höhere Leistungen vorgibt und damit bei rund 90 % der Gebäude zu einer Überdimensionierung führt. Die spezifische Heizlast eines Gebäudes kann als Funktion des jährlichen Energiebedarfs ($\dot{Q}_h$) berechnet werden:

$$\text{Spezifische Heizlast} = m * \dot{Q}_h + b$$

Wobei $m_{90\%} = 0.013$, $m_{50\%} = 0.009$ und jeweils $b = 0.541$ ist.

Die 90 %-Kennlinie reduziert zwar das Risiko von Unterdimensionierungen, führt jedoch dazu, dass ein grosser Teil der Anlagen überdimensioniert ausgelegt wird.

Auszug aus SIA 384.1:2022, Anhang C:

«Aus Angst, einen zu klein dimensionierten Wärmeerzeuger zu planen, neigt man dazu, sich bei der Dimensionierung an der 90%-Kennlinie zu orientieren. In diesem Fall werden jedoch 90 % der Wärmeerzeuger zu gross dimensioniert. Überdimensionierte Wärmeerzeuger sind teuer und arbeiten ineffizient. Besser ist es daher, sich an der 50%-Kennlinie zu orientieren, das Objekt genau zu analysieren und nur in begründeten Fällen eine höhere Heizleistung zu wählen.»

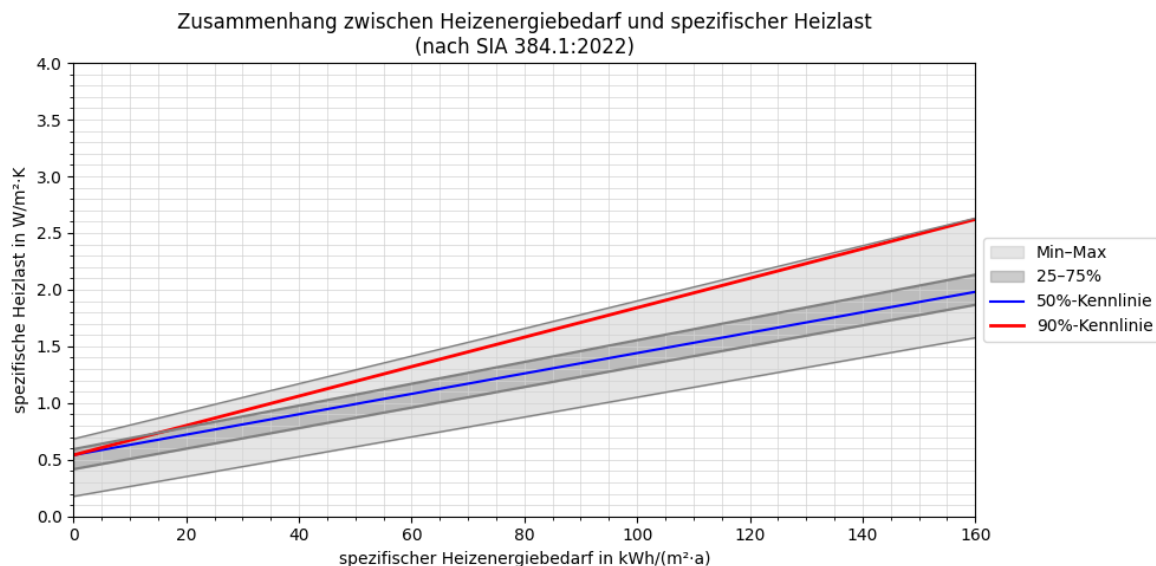


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Heizenergiebedarf und Heizlast mit 50 %- ($m_{50\%}$) und 90 %-Kennlinie ($m_{90\%}$).

Bei Rechenwerten hängt deren Höhe erwartungsgemäss von der gewählten Methodik ab. Die Abbildung 7 zeigt die jeweiligen Unterschiede in den berechneten Ergebnissen in Abhängigkeit von der verwendeten Dimensionierungsmethode bzw. dem eingesetzten Tool.

Die Auslegung nach «Altes Tool» mit Basis SIA 384.201 wird der Methode gemäss SIA 384.1:2022 mit der 50 %-Kennlinie ($m_{50}\%$, grün) und der 90 %-Kennlinie ($m_{90}\%$, rot) gegenübergestellt; die gestrichelten Linien zeigen die jeweiligen Mittelwerte.

Es handelt sich bei den untersuchten Anlagen um eine Stichprobe. Wie die Aussagen auf die Gesamtheit der Anlagen extrapoliert werden kann, ist unsicher. Siehe der von suissetec gemachte Hinweis. Für zukünftigen Anlagen muss die Thematik Überdimensionierung in eine bewusst gewählte Reservebildung übergehen.

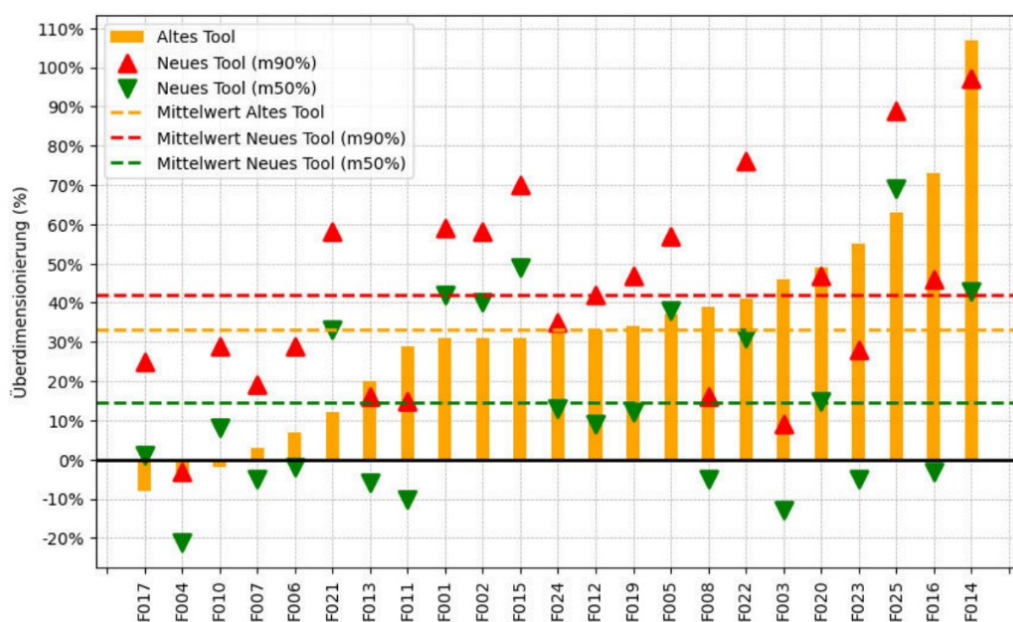


Abbildung 7: Vergleich der Überdimensionierung von Wärmepumpenanlagen bei verschiedenen Dimensionierungsmethoden. Quelle: Bericht «Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen Heizsaison 2022/23» [6]

Berechnungsergebnisse verschiedener Tools

Die Abbildung 8 zeigt den Vergleich von Berechnungsergebnissen von Heizleistungen für drei unterschiedliche Gebäude A, B und C im Mittelland. Die Berechnung wurde einzig dazu durchgeführt, Unterschiede im Ergebnis verschiedener Berechnungsgänge aufzuzeigen. Während die Objekte A und B Einfamilienhäuser repräsentieren, handelt es sich bei Objekt C um ein kleines Mehrfamilienhaus.

Der Vergleich verdeutlicht, dass die verschiedenen Tools beim berechneten Heizleistungsbedarf erheblich voneinander abweichen, wobei Differenzen von bis rund 20 % auftreten. Hintergrund dieser Differenzen liegen teils in unterschiedlichen Verfahren, aber auch in abweichenden Annahmen (Raumtemperatur, Auslegungstemperatur, Warmwasserbedarf, Nutzungsgrade u.dgl.). Eine möglichst genaue Ermittlung von Eingabegrößen wie zum Beispiel Nutzungsgrad der bestehenden Heizung oder Energiebezugsfläche des Gebäudes bleibt unabhängig davon eine Quelle von Unsicherheiten, welche sich kaum gänzlich eliminieren lassen. In jedem Falle und unabhängig vom verwendeten Tool sollte eine Plausibilisierung der ermittelten Werte erfolgen.

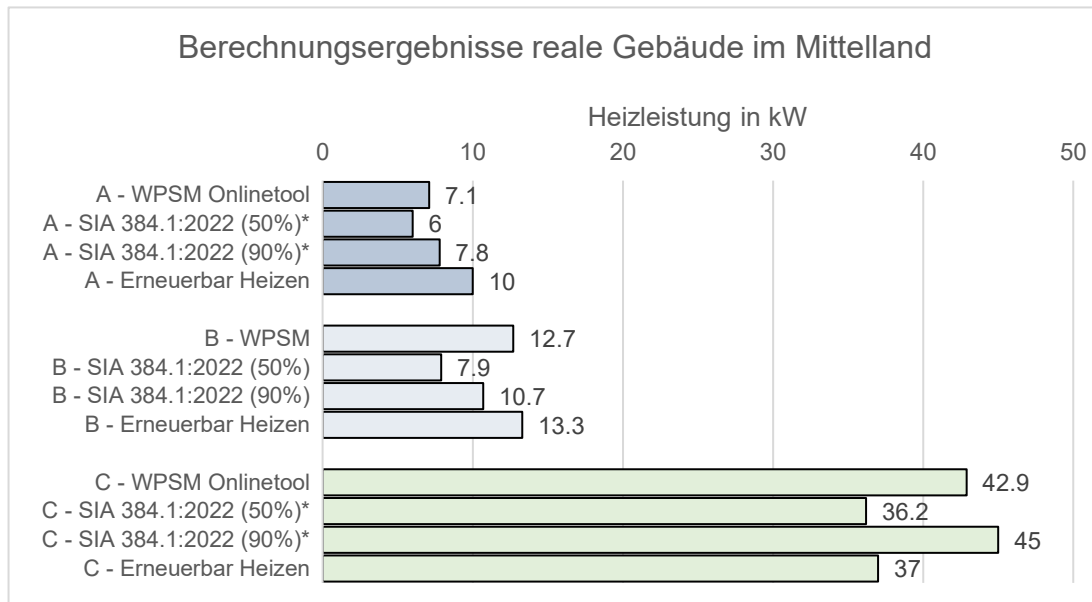


Abbildung 8: Berechnungsergebnisse reale Gebäude im Mittelland, * **Annahme Warmwasser nach SIA 380/1**, A, B und C sind verschiedene reale Gebäude im Mittelland.

3.6.3 Ursachen für eine Überdimensionierung

Die Ursachen für eine Überdimensionierung sind vielfältig und verstärken sich gegenseitig:

- **Dimensionierungsmethoden und Unsicherheiten:** Bei Heizungsersatz im Bestand wird der Wärmeleistungsbedarf oft über den Brennstoffverbrauch und angenommene Vollbenutzungsstunden bestimmt (Hottinger-Methode). Für alten, schlecht gedämmten sowie bei gut gedämmtem Gebäude mit kurzen Heizperioden führt dies tendenziell zu Über- resp. Unterdimensionierung (vgl. SIA 384/1 Anhang C).
- **Sicherheitsaufschläge und Komforterwartungen:** Aus Angst vor Reklamationen wird im Planungsalltag häufig mit zusätzlichen Reserven gearbeitet (z. B. pauschale Zuschläge für Warmwasser, Sperrzeiten). Leistungsreserven sind aber öfters bereits bewusst in der normativen Auslegung vorgesehen, so geht die Heizlastberechnung für Neubauten von einem Extremszenario ohne jeglichen Wärmeeintrag in das Gebäude aus. SIA 384/1 weist explizit darauf hin, dass eine Auslegung nach 90%-Kennlinie zu einer systematischen Überdimensionierung der Mehrzahl der Anlagen führt.
- **Diskrete Gerätegrößen:** Hersteller bieten Wärmepumpen in abgestuften Leistungsgrößen an (z. B. 7, 8, 10, 12, 15 kW). Liegt der ermittelte Wärmeleistungsbedarf bei 10 kW und stehen beispielsweise 8 kW- und 11 kW-Geräte zur Auswahl, wird in der Praxis meist die nächstgrössere Leistungsstufe gewählt, um «auf der sicheren Seite» zu sein. Dadurch entsteht «automatisch» eine Leistungsreserve von ca. 10–20 %, die sich mit den oben genannten Aufschlägen kumulieren kann.
- **Berücksichtigung der Silent-Mode:** Die Auswirkungen eines potenziell eingestellten schall- und damit leistungsreduzierten Betriebsmodus wird in Kapitel 3.7.1 detailliert betrachtet.
- **Herstellerangaben:** Die Angaben von Leistungswerten auf Datenblättern sind nicht immer eindeutig und zweifelsfrei zuordenbar. Dies liegt teilweise an unterschiedlichen normativen und regulatorischen Vorgaben resp. nicht-eindeutigen Begriffsdefinitionen. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften von Wärmepumpen sind Leistungswerte zudem abhängig vom Betriebspunkt, der im Alltag häufig verwendete Betriebspunkt A-7/W35 (L/W) weist in der Regel eine höhere Heizleistung auf als der ggf. tatsächliche Betrieb mit Radiatoren. Der mit breiter Anwendung der Norm EN 14825 geläufige Prüfpunkt

A-7/W34 muss nicht zwangsläufig einer maximalen Leistung der Wärmepumpe (vergleichbar A-7/W35) entsprechen, sondern kann deutlich davon abweichen. Unklare Angaben zur «relevanten» maximalen Geräteleistung am Auslegungspunkt führen dazu, dass Planende im Zweifel eher nach oben «aufrunden». Dies ist in internen Hinweisen zu Geräteleistung und Leistungsdefinitionen explizit als potenzielle Quelle für Überdimensionierung benannt.

Ein potenzieller weiterer Punkt ist die Leistungsangabe infolge der Vereisung und Abtauung bei Luft/Wasser Wärmepumpen. Die Leistungsangaben werden aus den Heizenergien abzüglich der Pausen wegen der nötigen Abtauung ermittelt, siehe Abbildung 9 links. In der Darstellung rechts sind die Maximalwerte ersichtlich.

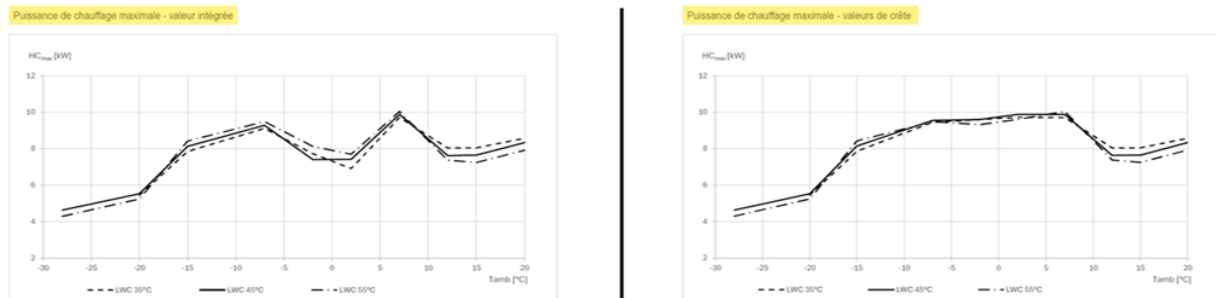


Abbildung 9: Energisch gemittelte Heizleistung (links) und effektive Heizleistung (rechts)

Im Rahmen des Wärmepumpen-System-Moduls führt die FWS eine kuratierte Liste der «maximalen Heizleistung der Wärmepumpe». Diese ist aktuell nicht öffentlich zugänglich. Mit dem Projekt einer schweizweiten Wärmepumpendatenbank kann diese für Planungssoftware genutzt werden.

Die Verfügbarkeit von aussagekräftigen Planungsdaten wird bereits heute über das EHPA-Gütesiegel sichergestellt und wird auch künftig aktuelle Entwicklungen berücksichtigen.

3.6.4 Aussagefähigkeit von Herstellerangaben

Datenblattangaben widerspiegeln i.d.R. einen bestimmten stationären Betriebszustand. Sowohl aus COP als auch SCOP lassen sich daher nur bedingt Schlüsse auf den realen Betrieb ziehen.

Die Tatsache, dass das reale Reglerverhalten im SCOP nach Norm EN 14825 nicht abgebildet wird, soll durch eine Änderung der Prüfmethode im Rahmen der Novellierung der Ecodesign-Richtlinie angegangen werden. Nach aktuellem Wissensstand würde die sogenannte Kompensationsmethode mittelfristig europaweit regulatorische Grundlage der Effizienzdeklaration (siehe auch Kapitel 5.1.1).

Bei nichtmodulierenden Wärmepumpen, also bei Ein/Aus Betrieb mit Festdrehzahl, reichen i.d.R. die SN EN 14511 Angaben zur Auslegung. Bei drehzahlgeregelten Wärmepumpen reichen diese Angaben nur teilweise, um eine möglichst gute Dimensionierung zu erreichen, weil dem tatsächlichen Regelbereich eine massgebende Rolle zukommt (siehe 3.6.5). Das suissetec Merkblatt Wärmepumpen mit Invertern [18] macht den Hinweis deutlich, dass das Teillast-Betriebsverhalten und der Regelbereich nur mit weiterführenden Darstellungen und Angaben wie in Abbildung 10 ersichtlich sind.

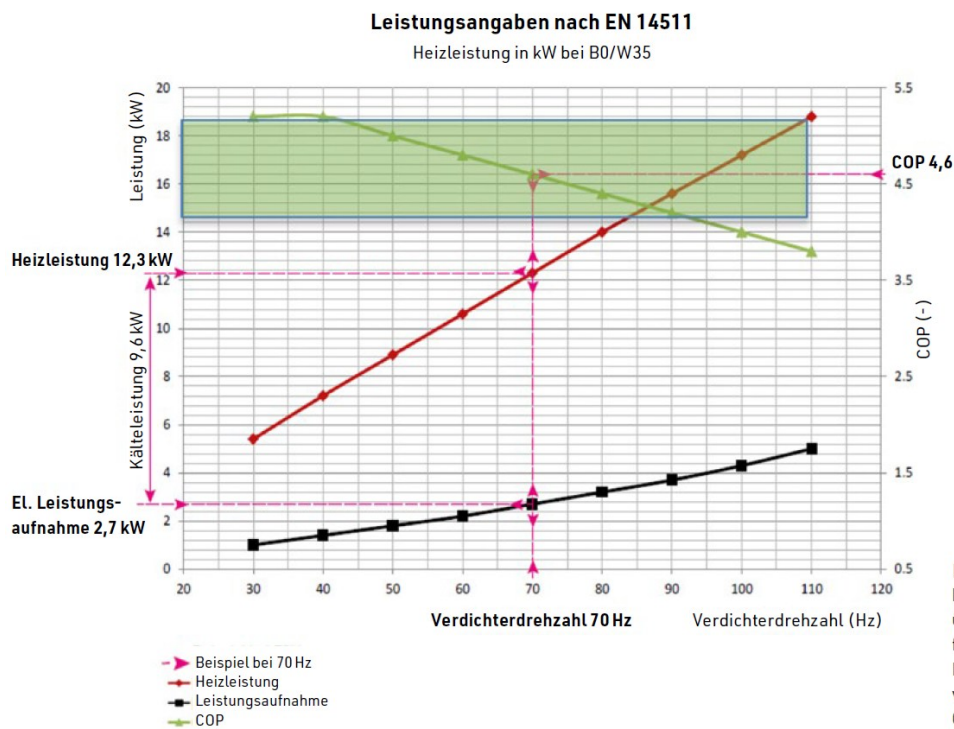


Abbildung 10: Darstellung der Heizleistung, COP, elektrische Leistungsaufnahme einer S/W Wärmepumpen in Funktion der Verdichterdrehzahl [16]

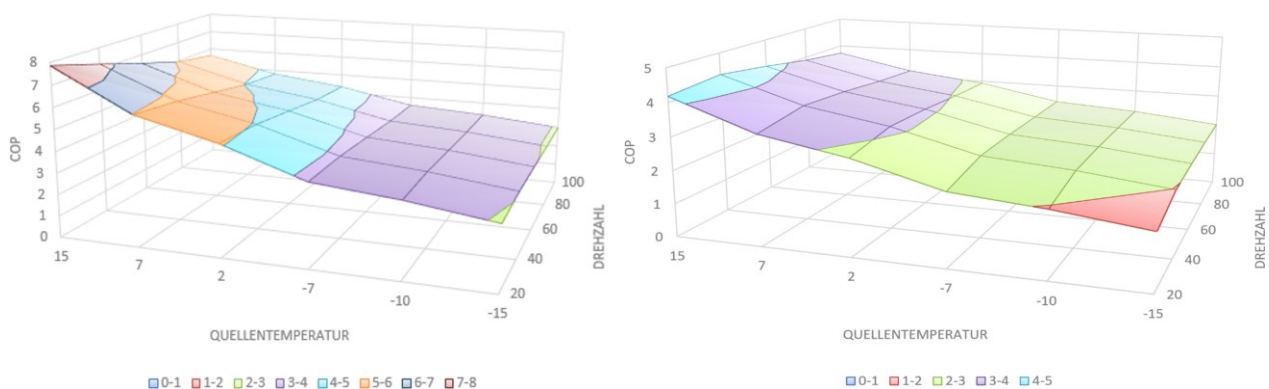


Abbildung 11: Kennfelddarstellungen COP in Funktion der Verdichterdrehzahl und Quellentemperatur (links 35 °C, rechts 55 °C Vorlauftemperatur)

In Abbildung 11 werden die COP-Kennfelder einer L/W Wärmepumpe in Funktion der Verdichterdrehzahl und Quellentemperatur für 35°C bzw. 55°C Vorlauftemperaturen gezeigt. Es handelt sich um eine 3D-Darstellungen derselben Zusammenhänge wie in Abbildung 10 jedoch für eine andere Wärmepumpe und um die Quellentemperatur als Dimension erweitert. In beiden Abbildungen lässt sich erkennen, dass die COP-Werte im Teillastbetrieb ansteigen. Ein vermehrter Betrieb im Teillastbereich ist aus Effizienz-Sicht bei den COP-Verläufen nicht von Nachteil und führt zu höheren JAZ-Werten. Bei einer geschickt gewählten Überdimensionierung der Wärmepumpen wird dieser Teillastbetrieb bewusst forciert. Voraussetzung sind die genauen Kenntnisse des Betriebsverhaltens.

Wirtschaftliche Gründe, wie die Investitionskosten mögen für eine bewusste Überdimensionierung dagegensprechen. Die empfohlene Auslegung liegt daher im Bereich von 0.75 bis 1.2 der tatsächlichen Heizlast, wobei eine unbegründete Unterdimensionierung (Bereich 0.75 ... 1.00) zu vermeiden wäre.

3.6.5 Regelbereich einer Wärmepumpe

Der Regelbereich einer drehzahlregelten Wärmepumpe ist generell sehr wichtig. Bei L/W-Wärmepumpen ist dieser aufgrund der zunehmenden Leistung bei höheren Aussentemperaturen noch entscheidender. In Abbildung 13 ist das Regelverhalten einer drehzahlregelten Wärmepumpe schematisch dargestellt.

Bemerkung: Oft werden kleinere Leistungsgrössen mit drehzahlbegrenzten, grösseren Geräten realisiert. Dies wird dann gemacht, wenn die kleineren Leistungsgrössen in geringeren Stückzahlen abgesetzt werden. Die beiden Geräte unterscheiden sich daher -ausser in der Leistungsbegrenzung- nicht, d.h. die Wahl der leistungsschwächeren Gerätegrösse führt im Idealfall nicht zu anderem Betriebsverhalten.

Die ideale drehzahlregelte Wärmepumpe kann im gegebenen Leistungsbereich alle Leistungen zwischen «maximal» und 0 kW anfahren. Die Drehzahlen sind real jedoch nach unten begrenzt, u.a. aufgrund der nötigen Verdichter-Schmierung.

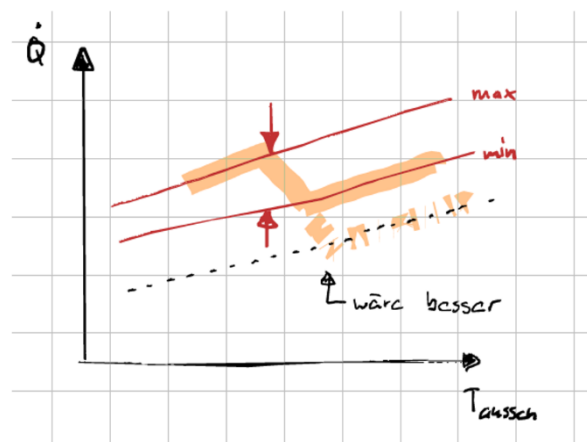


Abbildung 13: Darstellung der Heizleistungen und des Regelverhaltens einer drehzahlregelten L/W-Wärmepumpe

In Abbildung 14 sind die realen Verläufe einer in der Feldstudie [7] gemessenen L/W-Wärmepumpe dargestellt. Ersichtlich ist die Tatsache, dass die Wärmepumpe stets bei der minimalen Leistungsstufe (Verdichter-/Ventilator Drehzahl) läuft. Die Maschine ist überdimensioniert.

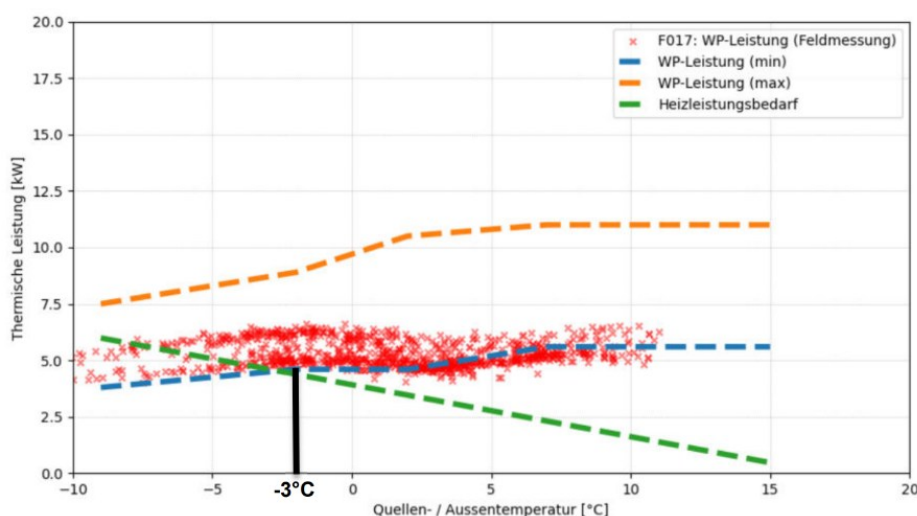


Abbildung 14: Darstellung der Heizleistungen und des Regelverhaltens einer L/W-Wärmepumpe aus der Feldmessung [6]

In der Feldmessstudie [7] wurde beispielhaft eine passende Wärmepumpe in der Abbildung 15 eingetragen. Man erkennt, dass die maximale Heizleistung im Auslegungspunkt dem Bedarf angepasst wurde. Gut zu sehen ist die bessere Auslegung und Gerätewahl. Die Maschine läuft jetzt im 50 – 100 % Leistungsbe-
reich.

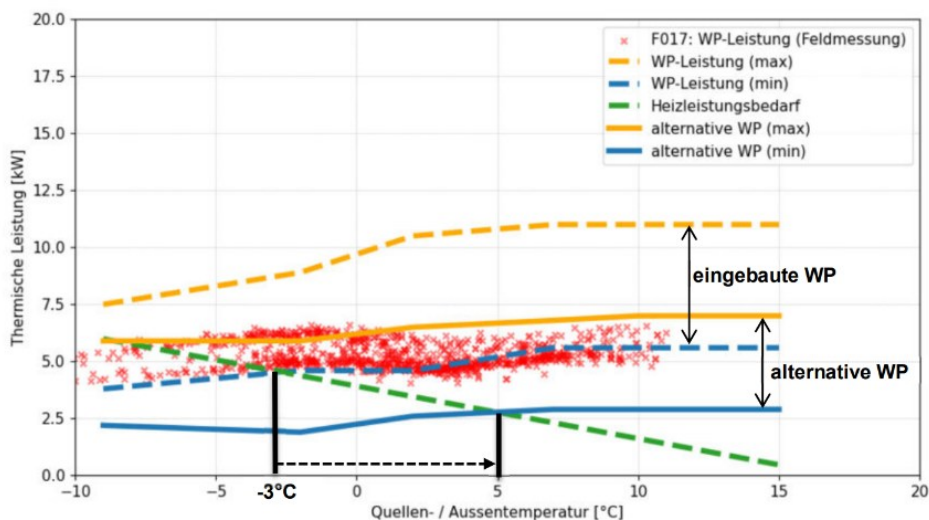


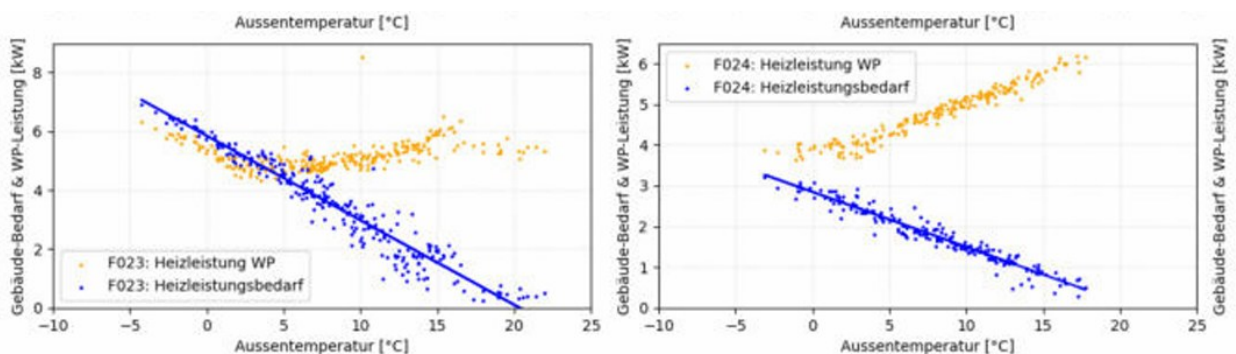
Abbildung 15: Darstellung einer alternativen L/W-Wärmepumpe für die Anlage [6]

Überdimensionierung hat direkte Auswirkungen auf Effizienz und Kosten. Invertergeräte können zwar einen Teil der Reserve durch Leistungsreduktion abfangen, werden dann aber über weite Teile des Jahres weit unterhalb des optimalen Arbeitsbereichs betrieben und quasi als on/off Gerät betrieben. Das führt zu langen Laufzeiten bei niedriger Auslastung oder – je nach Modulationsgrenze – zu häufigem Takten. Beides verschlechtert die Jahresarbeitszahl und erhöht die mechanische Beanspruchung. Feldmessungen zeigen zudem einen markanten «Performance-Gap» zwischen möglichen und tatsächlich erreichten Systemnutzungsgraden; rund 15 % Effizienzpotenzial gelten als realistisch erschliessbar, wenn insbesondere Regelung, Systemintegration und Dimensionierung optimiert werden.

Dies wird auch durch die in Abbildung 16 dargestellten Betriebsdaten bestätigt, welche eine deutliche Abweichung zwischen Wärmepumpenleistung und tatsächlichem Heizleistungsbedarf zeigen. Idealerweise sollten Wärmepumpenleistung und tatsächlicher Heizleistungsbedarf möglichst übereinstimmen. Die in Abbildung 16 dargestellten Betriebsdaten zeigen jedoch, dass ab einer bestimmten Aussentemperatur die minimale Wärmepumpenleistung über dem Bedarf liegt.

Links (F023) ist im unteren Temperaturbereich noch eine gute Anpassung erkennbar, während bei höheren Temperaturen eine zunehmende Abweichung auftritt. Rechts (F024) liegt die Leistung über den gesamten Bereich deutlich über dem Bedarf, was auf eine klare Überdimensionierung hinweist.

Die steigende Wärmepumpenleistung bei zunehmender Aussentemperatur deutet darauf hin, dass die Anlage im Minimalleistungsbereich betrieben wird und ihre Leistung nicht bedarfsgerecht modulieren kann.



3.6.6 Darstellung möglicher Massnahmen zur Reduktion der Überdimensionierung

Zur Reduktion der Überdimensionierung sind im Rahmen des vorliegenden BFE-Projekts zu Wärmepumpensystemen bis 70 kW folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Überdimensionierung und ihre Ursachen sind explizit zu quantifizieren (u. a. auf Basis WPZ-Feldmessungen und Vergleichsrechnungen mit WPSM-Tool und SIA 384-1).
- Es braucht klare, einfach kommunizierbare Empfehlungen zu zulässigen Sicherheitsmargen und zur Wahl der Gerätegrösse (inkl. Berücksichtigung des Silent-Mode sowie -künftig- Massnahmen der Netzdienlichkeit).
- Eine künftige Hochskalierung des WPSM auf Leistungen bis 70 kW sollte diese Aspekte systematisch abbilden, um Effizienz, Netzverträglichkeit und Investitionssicherheit gleichzeitig zu verbessern.
- Integration der Grundsätze zur korrekten Dimensionierung in die Aus- und Weiterbildung mit Fokus auf den Verzicht zusätzlicher Sicherheitszuschläge auf die berechnete Heizlast sowie der Empfehlung, in Grenzfällen ein leistungsschwächeres Gerät zu wählen.
- Es muss die Fähigkeiten geschult werden, bewusst mit Reserven umzugehen.

3.7 Einfluss regulatorischer Anforderungen (LSV, ChemRRV)

3.7.1 Einfluss der Lärmschutzverordnung und des Einsatzes von natürlichen Kältemitteln

Luft/Wasser-Wärmepumpen sind heute in vielen Anwendungen Standard-Wärmeerzeuger. Neben Effizienz und Kosten entscheidet der Schall wesentlich über Akzeptanz und Bewilligungsfähigkeit. Rechtsgrundlage sind das Umweltschutzgesetz (USG) und die Lärmschutz-Verordnung (LSV) mit Vorsorgeprinzip: Emissionen sind «so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist». Gerade im dicht bebauten Wohngebiet führt dies zu teilweisen sehr strengen Anforderungen an Luft/Wasser-Wärmepumpen, die sich mit weiteren Zielen (Effizienz, Optik, Platzbedarf, natürliche Kältemittel) oft in einem Zielkonflikt befinden.

Für den formalen Lärmschutznachweis werden die Schallemissionswerte der Wärmepumpe anhand standardisierter Betriebspunkte herangezogen.

Die Sole/Wasser und Wasser/Wasser Wärmepumpen stellen wegen ihrer leiseren Betriebsweise eine potentielle Alternative dar.

Für die Entscheidungsfindung könnten GIS-basierte Eignungskarten auf kantonaler Ebene entwickelt werden. Diese könnten die Schallemissionen sowie die Platzierungsmöglichkeiten berücksichtigen.

3.7.2 Auswirkungen auf die Gerätegrössen / Betriebsmodi (z. B. Silent Mode)

Im Betrieb stehen dagegen unterschiedliche Strategien zur Verfügung, um die tatsächliche Lärmbelastung – insbesondere nachts – zu reduzieren. Unter Silent-Mode / Nachtbetrieb wird eine Betriebsart verstanden, bei der Drehzahl(en) von Kompressor und/oder Ventilator reduziert und damit sowohl Heizleistung als auch Schallemission abgesenkt werden. Dieser Modus kann stufig (z. B. –10 %, –20 %, ...) oder kontinuierlich implementiert sein und ist grundsätzlich sowohl bei Inverter-geregelten wie bei nicht geregelten Wärmepumpen möglich. Um die möglichen Auswirkungen eines schallreduzierten Betriebes möglichst

deutlich darzustellen, beziehen sich folgende Abschnitte explizit auf die Ausgangslage der Lärmschutzverordnung vor November 2024. Die damals massgebende Situation bezog sich auf den Dauerbetrieb bei einer Aussenlufttemperatur von $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, was heute anders gehandhabt wird. Zulässig war ein leistungsreduzierter Betrieb, welcher aber mindestens 50 % der Auslegungsleistung erreichen musste.

Zwei vorhandene Untersuchungen erlauben eine quantitative Einordnung bei dieser Ausgangslage:

- In der unveröffentlichten Studie «Mehrverbrauch durch leistungsreduzierten WP-Betrieb» wird eine leistungsgeregelte Luft/Wasser-Wärmepumpe mit 10,5 kW Heizleistung bei A-7 untersucht [19]. Auf Basis der SIA-384/3-BIN-Methode wird gezeigt, dass bei normgemässer Dimensionierung (inkl. üblicher Reserven) eine nächtliche Leistungsreduktion auf 80 % im Winterfall keinen messbaren jährlichen Strom-Mehrverbrauch verursacht, weil die Leistungsreserve den Silent-Betrieb energetisch abfangen kann. Erst bei stärkeren Reduktionen (z. B. 50 % der Heizleistung) und gleichzeitig exakt auf Bedarf dimensionierter Anlage (Extremfall ohne Reserve) können Mehrverbräuche in der Grössenordnung von knapp 20 % auftreten.

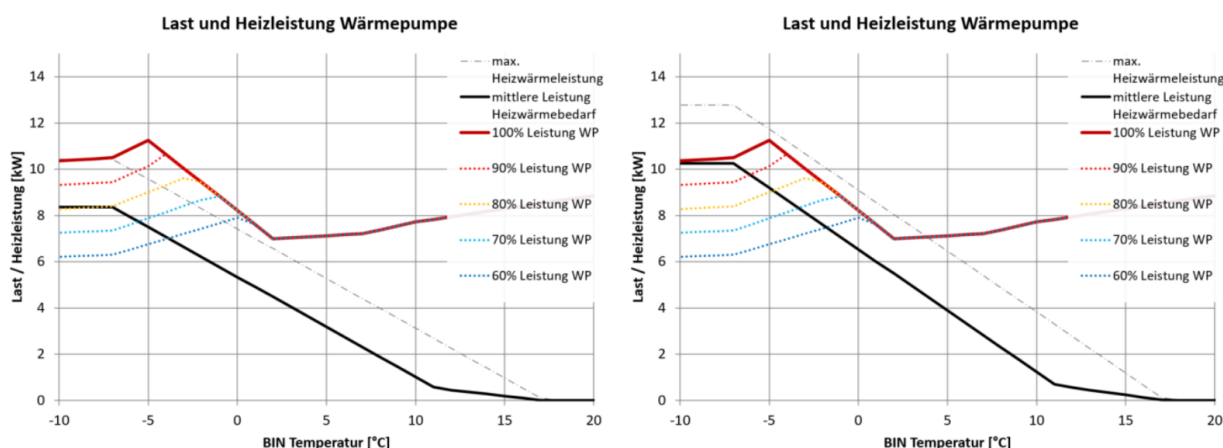


Abbildung 17: Heizlast und Heizleistung von Wärmepumpen (links: Situation mit typischer Geräteauslegung, rechts: Situation exakt nach Bedarf dimensionierter Wärmepumpe), Quelle: «Mehrverbrauch durch leistungsreduzierten WP-Betrieb». 2018 [18]

- Die nicht veröffentlichte Analyse zur «Wärmeversorgung von Gebäuden mit Luft/Wasser-Wärmepumpen im Silent-Modus» [20] nutzt Summenhäufigkeitskurven der Aussentemperaturen für Zürich und leitet daraus Empfehlungen zu Leistungsreserve und zulässigem Silent-Mode ab. Ohne Berücksichtigung von Fremdwärmeerträgen ergibt sich beispielsweise, dass bei einem Silent-Modus mit 90 % oder 80 % der Auslegungsleistung keine zusätzliche Leistungsreserve notwendig ist, während bei 70 % bzw. 60 % der Auslegungsleistung rund 10 % bzw. 20 % Reserve vorzusehen wären. Wird der in den SIA-Normen berücksichtigte Fremdwärmeertrag von ca. 2–3 K miteinbezogen, verschieben sich diese Schwellen nach unten (z. B. keine zusätzliche Reserve bis 70 % der Auslegungsleistung im Silent-Mode, während 10–20 % Reserve für 60–50 %).

Diese Resultate zeigen: Bei sorgfältiger Dimensionierung und moderater Leistungsreduktion ($\approx 80\text{--}90\%$ der Auslegungsleistung) kann der Silent-Mode in der Regel genutzt werden, ohne die Wärmeversorgung zu gefährden oder relevante Mehrverbräuche zu verursachen.

Mittlerweile stützt sich die Anforderung der LSV auf den Betriebspunkt A2 ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$ Quelltemperatur). Die Wärmepumpe wird an diesem Betriebspunkt -falls leistungsgeregelt- im Normalfall in einem Teillastbetrieb mit bereits reduziert Schallemissionen laufen. Ein zusätzlicher, noch immer möglicher Silent-Betrieb wird je nach Regelung jedoch gar keinen oder nur einen geringen Einfluss auf Reduktion der Heizleistung oder Schallleistungspegel haben, was die Dimensionierungsfrage weiter entschärft.

Bei mittelgrossen Anlagen (50–120 kW) kommen systemspezifische Aspekte hinzu. Hersteller- und Experteninterviews zeigen, dass Kaltwassersätze und standardisierte Kälteanlagen⁴ die schweizerischen Schallanforderungen teilweise nicht einhalten, während Spezialgeräte mit grossen Luftkühlern zwar leiser sind und geringeren Abtaubedarf aufweisen, dafür aber höhere Investitionskosten und Platzbedarf mit sich bringen. Insgesamt lässt sich festhalten, dass Schallanforderungen, Effizienz, Gerätegrösse und Betriebsstrategien (Silent-Mode, Sperrzeiten) immer gemeinsam betrachtet werden müssen; der Silent-Mode ist dabei ein nützliches, aber kein «kostenloses» Instrument.

3.7.3 Einfluss natürlicher Kältemittel auf Planung & Dimensionierung

Low-GWP und natürliche Kältemittel werden sich aufgrund regulatorischer Vorgaben in den kommenden Jahren am Markt nahezu vollständig etablieren. Diese Umstellung ist speziell aus sicherheitstechnischen Anforderungen (brennbare Kältemittel wie Propan / R290) eine grosse Herausforderung. Verbunden damit sind Unsicherheiten und Einschränkungen bezüglich Aufstellungsort und Marktverfügbarkeit.

Im betrachteten Leistungsbereich sind aussenaufgestellte Geräte mit natürlichen Kältemitteln gut verfügbar. Es fehlen heute die besonders in der Schweiz öfters eingesetzten innenaufgestellten Geräte mit natürlichen Kältemitteln in ausreichender Auswahl. Neu erhältlich sind eine Reihe von aussenaufgestellten S/W- oder W/W- Wärmepumpen mit R290.

Die Ausnahmen nach ChemRRV Anhang 2.10, Ziffer 2.2, Absatz 4 sowie Absatz 6 sind anwendbar für innenaufgestellte, in sich geschlossene Wärmepumpen mit einer Heizleistung von nicht mehr als 750 kW, deren Kältemittel ein Treibhauspotenzial von weniger als 2100 aufweist. Gemäss dem BAFU-Dokument «Stand der Technik stationäre Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln» vom 01.01.2026 Referenz/Aktenzeichen: S256-0007 [21], dürfen innenaufgestellte Wärmepumpen bis 750 kW Heizleistung bis den 31. Dezember 2028 an Endkunden ausgeliefert werden.

Einfluss des Kältemittels auf die Effizienz:

Kennfeldvergleiche von drehzahlgeregelten Maschinen mit R410A und R290 durch Huber Energietechnik AG [22] haben gezeigt, dass die Effizienzen in den jeweiligen Teillastbereichen unterschiedlich sind, was z.B. bei den R290 Geräten mitunter zu erhöhten Stromaufnahmen bei gleichen Heizleistungen führen kann. Es lässt den Schluss zu, dass R290 Geräte generell weniger effizient sind.

Vergleiche der SCOP-Werte zeigen aber, dass die R290 Geräte ähnlich effizient sind wie die R410A Geräte. Oft werden grössere Heizleistungsstufen einer Baureihe bei drehzahlgeregelten Geräten mit demselben Gerät, aber mit schneller laufenden Verdichtern abgedeckt. Es ist denkbar, dass diese Massnahmen bei den neueren Geräten mit R290 häufiger gemacht werden als bei früheren R410A Modellen.

⁴ Solche Anlagen werden betreffend Lärmschutznachweis anders als gehandhabt als vorgenannte Luft/Wasser-Wärmepumpen für Heizungsanlagen

3.8 Zusammenarbeit Installateur – Energieplaner – Hersteller – Kunde

Eine hohe Energieeffizienz und Betriebssicherheit von Wärmepumpenanlagen hängt nicht nur von der Gerätequalität ab, sondern wesentlich von einer sauberen Prozess- und Schnittstellenorganisation zwischen den beteiligten Akteuren. *Koordinationslücken*, eine *fragmentierte Tool-Landschaft* sowie einen oft fehlenden *Lebenszykluskosten-Blick* können als zentrale Herausforderungen der Planungsphase adressiert werden.

3.8.1 Rollenbild und Verantwortlichkeiten

Im Schweizer Kontext strukturiert z.B. das WPSM die Zusammenarbeit explizit über klare Zuständigkeiten zwischen Lieferanten/Hersteller und Installateur/Planer und schafft damit verbindliche Qualitäts- und Nachweisanforderungen (bis hin zur Nicht-Erteilung des Anlagezertifikats bei Verstössen). Ein Kernelement ist die standardisierte Verantwortungszuweisung entlang der Wertschöpfungskette, u. a. mit dem Ziel, Organisationsabläufe zu vereinfachen und Kompetenzgrenzen transparent zu machen.

Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen Visualisierungen von Rollenbildern für kleinere Wärmepumpenanlagen ohne zusätzliche Installationen sowie für grössere bzw. komplexere Anlagen mit gleichzeitiger Integration weiterer Systeme.

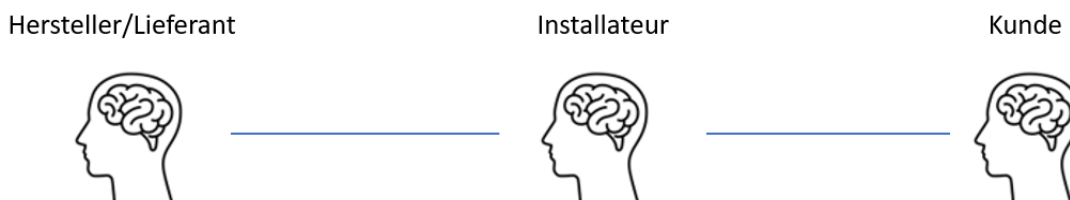


Abbildung 18: Visualisierung Rollenbild für kleinere Wärmepumpenanlagen

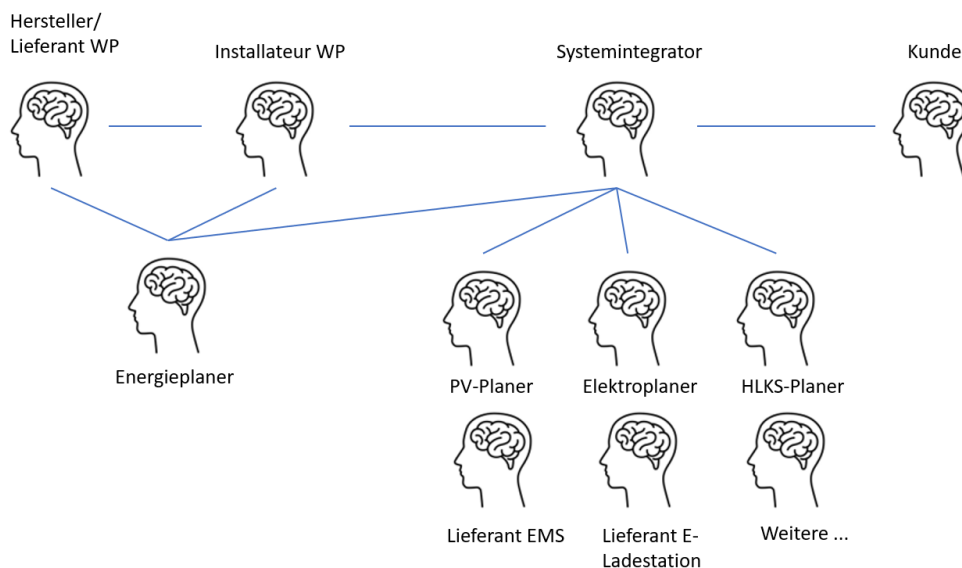


Abbildung 19: Visualisierung Rollenbild für mittelgrosse Wärmepumpenanlagen sowie gleichzeitige Integration weiterer Energiesysteme

3.8.1.1 *Installateur (inkl. Planerrolle im EFH/Standardfall)*

Gemäss Pflichtenheft trägt der Installateur die Gesamtverantwortung für die Installation und liefert die Grundlagen für das Heizungssystem. Im Neubau umfasst dies insbesondere die Heizleistungsbestimmung nach SIA-Vorgabe; im Sanierungsfall die verbrauchsbasierte Ableitung und Dokumentation (Datenerfassung + Tool-Ausdruck). Darüber hinaus sind wesentliche Ausführungs- und Nachweispflichten definiert (z. B. Einhaltung freigegebener hydraulischer Einbindungen/Systemkomponenten, Lärmschutznachweis, Sicherstellung von Füllung/Entlüftung/hydraulischem Abgleich vor Inbetriebnahme, Bereitstellung der Heizkurven-Daten, Inbetriebnahmeprotokoll und Übergabedokumentation). Ein Installateur arbeitet in der Regel mit zwei bis drei festen Lieferanten zusammen und verfügt somit über ein definiertes Portfolio an Wärmepumpen, kann jedoch in Ausnahmefällen auch ein alternatives Produkt in das System integrieren.

3.8.1.2 *Hersteller/Lieferant*

Der Lieferant definiert die firmenspezifischen Systemlösungen (Wärmepumpe, Warmwasser-System, hydraulische Einbindung inkl. Speicher sowie Steuerung/Regelung) und stellt die von der Zertifizierungsstelle freigegebenen Funktionsschemata bereit. Zudem ist die Inbetriebnahme als kooperativer Prozess mit dem Installateur angelegt.

3.8.1.3 *Energieplaner und Systemintegrator (insb. bei höherer Komplexität/Leistung):*

Bei grösseren Wärmepumpenanlagen (z. B. 30–70 kW) ist der Einsatz eines Energieplaners sinnvoll, da die Anforderungen an Dimensionierung, Betriebsstrategie und Effizienz deutlich steigen und eine fundierte konzeptionelle Auslegung notwendig wird.

Bei höherer Systemkomplexität übernimmt der Systemintegrator eine zentrale Rolle, indem er die verschiedenen Gewerke je nach Projektkontext koordiniert und die technische Integration zu einem funktionierenden Gesamtsystem sicherstellt. Er stimmt Schnittstellen (z. B. Elektroinstallateur, Systemintegrator, Energieberatung/Endkunde) ab und führt die Planung mehrerer Beteiligter zusammen.

3.8.1.4 *Kunde*

Der Kunde ist Eigentümer, Betreiber oder Nutzer des Wärmepumpensystems und steht im Zentrum der späteren Betriebsphase. Er profitiert von einem energieeffizienten, zuverlässigen und komfortablen Anlagenbetrieb sowie von tiefen Betriebs- und Unterhaltskosten.

Zu seinen Aufgaben gehören insbesondere die Bereitstellung relevanter Informationen zur Nutzung des Gebäudes, die Gewährung des erforderlichen Zugangs für Inbetriebnahme, Wartung und Optimierung sowie die Mitwirkung bei der Beurteilung von Komfort- und Betriebsanforderungen. Im Rahmen eines allfälligen Monitorings entscheidet der Endkunde zudem über die Nutzung und Freigabe seiner Anlagendaten unter Berücksichtigung der geltenden Datenschutzbestimmungen.

Der Kunde darf erwarten, dass die installierte Wärmepumpenanlage entsprechend den anerkannten Regeln der Technik geplant, installiert und in Betrieb genommen wird. Gleichzeitig besteht ein berechtigtes Interesse daran, dass die Anlage nicht nur die geforderte Heizleistung bereitstellt, sondern über ihre gesamte Lebensdauer energieeffizient und wirtschaftlich betrieben wird.

Bei vermieteten Objekten ist zwischen Eigentümer und Nutzer zu unterscheiden. Während der Eigentümer für Investitions- und Instandhaltungsentscheide verantwortlich ist, stehen für die Mieter insbesondere Wärmekomfort, Warmwasserverfügbarkeit, Betriebssicherheit und die Höhe der Energiekosten im Vordergrund. Transparenz über die tatsächliche Systemperformance kann dazu beitragen, die Interessen von Eigentümern und Nutzern besser aufeinander abzustimmen.

3.8.1.5 Typische Prozesskette und Übergabepunkte

Die Zusammenarbeit lässt sich zweckmässig entlang einer phasenorientierten Prozesskette beschreiben:

1. Anforderungsaufnahme & Datengrundlage

- Bestand: Verbrauchsdaten und Nutzereinfluss, Randbedingungen (Warmwasser, Sperrzeiten, Zieltemperaturen), Plausibilisierung, Messungen.
- Neubau: normbasierte Heizlast/Heizleistungsbestimmung und Ablage im Anlageordner.

2. Systemauslegung & Gerätevorauswahl

- Übergabe der Systemrandbedingungen (Temperaturniveaus, Hydraulik, Schallschutzanforderungen, Platzbedarf) aus Planung/Installation an den Lieferanten zur passenden Systemlösung.
- Auswahl hydraulischer Grundsaltungen als gemeinsame Referenz.
- Der Auswahlprozess der Marke wird von mehreren technischen, wirtschaftlichen und kunden-spezifischen Faktoren beeinflusst, insbesondere:
 - Kundenwunsch
 - Portfolio des Installateurs
 - Situation vor Ort (z.B. Platzverhältnisse)
 - Preis
 - Empfehlungen durch Energieberater, GEAK-Experten oder den Installateur
 - Serviceorganisation

3. Detailengineering & Ausführung

- Lieferant liefert zertifizierte Funktionsschemata inkl. Messpunkten; Installateur ergänzt sie um notwendige Sicherheitseinrichtungen, Absperrungen und Massenströme.
- Installateur stellt Ausführungsqualität sicher (z. B. Hydraulik-Abgleich, elektrische Anschlüsse, Lärmschutznachweis).

4. Inbetriebnahme, Dokumentation & Übergabe

- Inbetriebnahme als gemeinsamer Prozess (Lieferant/Installateur), inklusive Protokollierung und Übergabedokumentation.

5. Betrieb

- Effizienter Anlagenbetrieb durch den Betreiber mit Unterstützung des Installateurs (Wartung, Störungen).
- Monitoring und Überwachung der Betriebsdaten sowie kontinuierliche Optimierung in Abstimmung mit dem Energieplaner.

Eine Visualisierung der Prozesskette sowie der verschiedenen Rollen und ihrer Abhängigkeiten ist in Abbildung 20 und Abbildung 21 dargestellt. Sie zeigt sowohl die phasenorientierte Zusammenarbeit als auch die Schnittstellen zwischen Installateur, Hersteller und Energieplaner beziehungsweise deren vereinfachte Struktur bei Kleinanlagen. Die Prozesskette wird dabei in der Regel initial durch den Endkunden anges-tossen, wobei alternativ auch ein Energieberater oder ein GEAK-Experte den Impuls für den Projektstart geben kann.

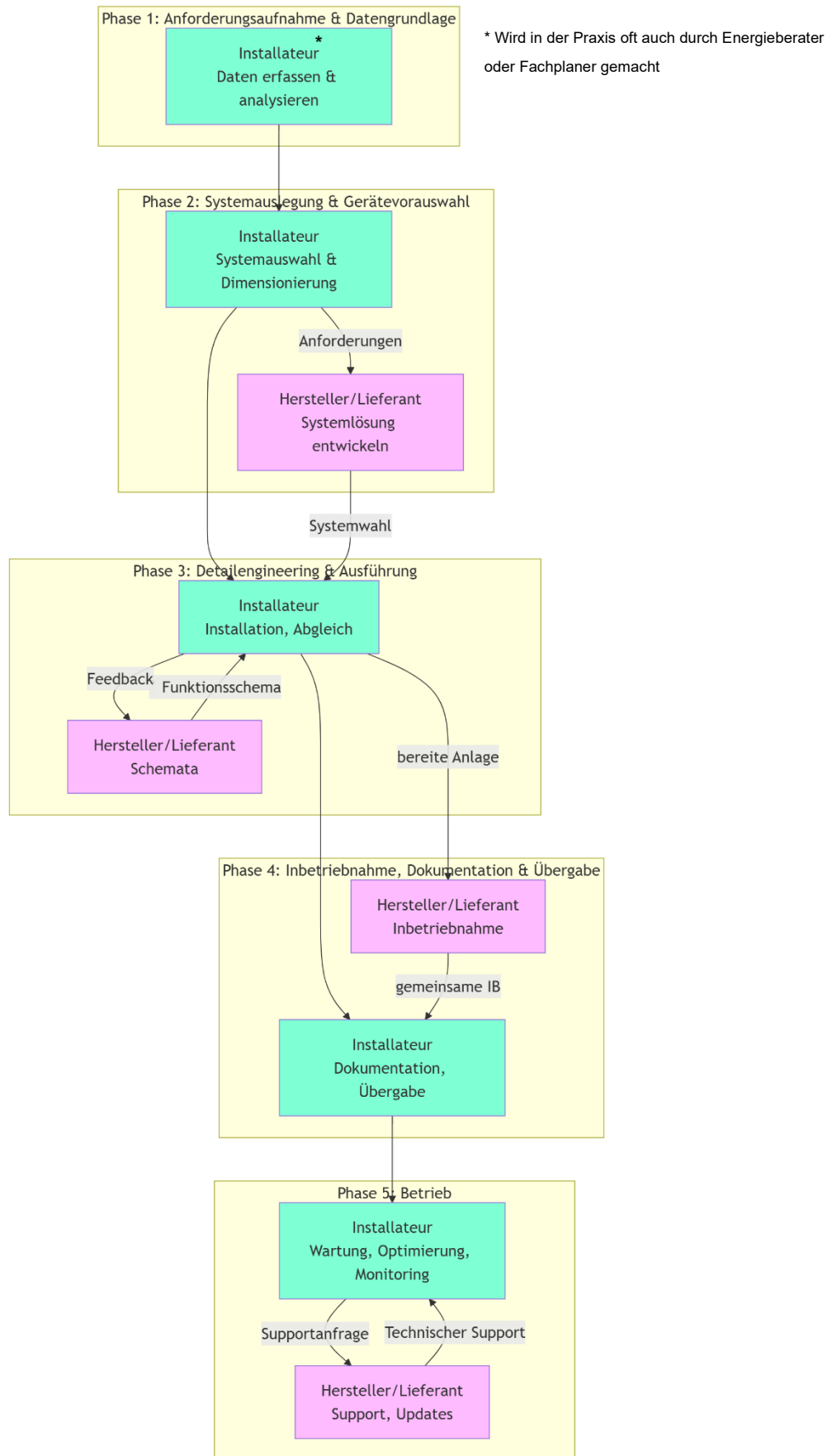


Abbildung 20: Prozesskette für kleinere Wärmepumpenanlagen ggf. mit Energie- / Impuls-Berater oder GEAK-Experten

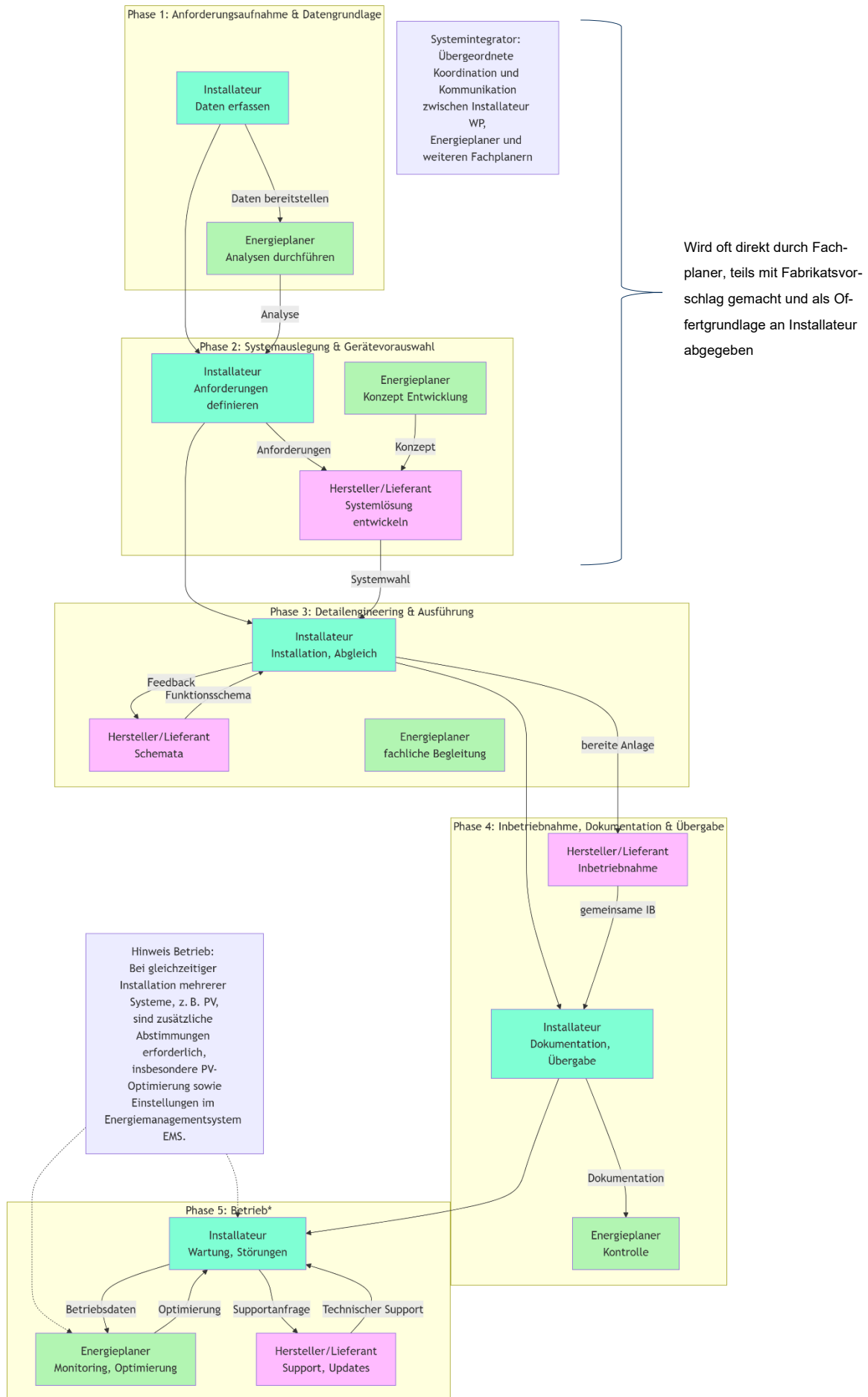


Abbildung 21: Prozesskette für mittelgrosse Wärmepumpenanlagen mit einem Energieplaner

3.8.2 Prozess-Schnittstellenprobleme und Erfolgsfaktoren

Im Rahmen der Analyse lassen sich folgende typische Prozess-Schnittstellenprobleme identifizieren:

- Unklare Verantwortungsgrenzen (z. B. wer “besitzt” die Auslegungsannahmen und wer plausibilisiert sie?) – WPSM als Beispiel adressiert dies über formalisierte Verantwortlichkeiten und Nachweispflichten.
- Medienbrüche/Tool-Brüche, also das Wechseln des Systems innerhalb einer Informations- und Berechnungskette in der Dimensionierung (mehrere Tools, unterschiedliche Annahmen), was Abstimmungsaufwand erzeugt und Fehlentscheide begünstigt.
- Unvollständige Übergaben (z. B. fehlende/inkonsistente Systemtemperaturen, unklare Hydraulik-Details), die sich in der Ausführung manifestieren und später schwer korrigierbar sind.

Als Empfehlung für eine Skalierung des WPSM auf 70 kW lassen sich folgende Punkte ableiten:

- Standardisierte Lieferobjekte pro Phase (Datenerfassung, Berechnungsausdrucke, Funktionsschema, Inbetriebnahmeprotokoll, Anlagedokumentation)
- Verbindliche Schnittstellenregeln (zertifizierte Funktionsschemata (allenfalls vorgegeben durch Standard), definierte Ergänzungen durch Installateur, gemeinsame Inbetriebnahme)
- Frühe Integration von Betriebs-/Monitoring-Aspekten in Planung und Bestellung, weil spätere Korrekturen oft nur mit hohem Aufwand möglich sind.

3.9 Hochskalierung des WPSM bis auf 70 kW Heizleistung

3.9.1 Allgemeines zum WPSM

Das WPSM ist ein etabliertes Qualitätskonzept zur standardisierten Planung, Installation und Inbetriebnahme von Wärmepumpenanlagen bis 15 kW Heizleistung. Ziel des Moduls ist es, eine hohe Energieeffizienz, Betriebssicherheit sowie eine fachgerechte Auslegung der gesamten Anlage sicherzustellen.

Das WPSM entstand aus der Erkenntnis, dass aus effizienten Komponenten nicht zwangsläufig ein effizientes Gesamtsystem resultieren muss, und oftmals Unsicherheiten in den Zuständigkeiten zu nicht-optimalen Heizungsanlagen führen.

Wichtige Kernkomponenten des WPSM sind vorgegebene robuste Hydraulikschaltungen, klare Planungsvorgaben und eindeutige Rollen/Verantwortlichkeiten. Die vorgegebenen Hydraulikschaltungen basieren auf Erkenntnissen früherer Forschungsarbeiten STASCH [23] und Erkenntnissen, dass einfache Konzepte oft am effizientesten betrieben und gewartet werden können. Abweichungen sind zu einem gewissen Masse zulässig. In Einzelfällen, meist sind dies Umbauten von bereits bestehenden Anlagen, sind auch grössere Abweichungen möglich (z.B. Integration von Holzöfen).

Mit dem WPSM verbunden sind zahlreiche Weiterbildungskurse für Installateure und Planer, zahllose Beratungsgespräche sowie die Entwicklung von Empfehlungen/Merkblättern und Rechenwerkzeugen.

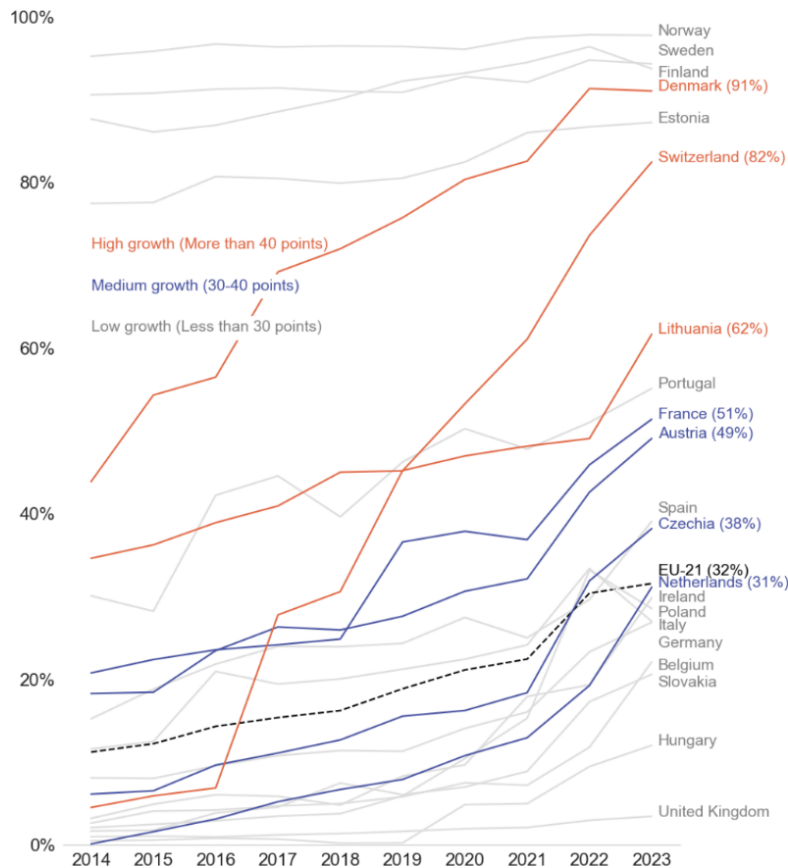


Abbildung 22: Market share of heat pumps vs. Boilers for space heating applications Source: EHPA and BRG Group
Quelle: EHPA Market Report 2024

Das WPSM darf als Erfolgsmodell betrachtet werden. Die Dekarbonisierung im Heizungsbereich erreichte durch das WPSM und der damit verbundenen finanziellen Förderung des Heizungersatzes Zahlen, welche mit keinem anderen europäischen Land und Fördermodell vergleichbar sind (siehe Abbildung 22). Das WPSM als Qualitätssicherung erregte in den vergangenen Jahren auch Interesse der umliegenden DACH-Länder (Deutschland und Österreich).

Die Kontrolle sind in zwei Bereiche geteilt. Eine obligatorische Nachkontrolle in zweiten oder dritten Betriebsjahr. Ziel ist es die Einstellungen zu überprüfen, die Energieeffizienz zu sichern und die Anlage optimal auf die Bedürfnisse der Bewohner abzustimmen. Der zweite Bereich beinhaltet neutrale Stichproben (ca. 20 % der WPSM-Anlagen).

Einfluss der kantonalen Förderung auf die Anzahl der WPSM-Anträge:

Die Zahl der WPSM-Anträge korreliert in gewissen Massen mit der kantonalen Förderung der Anlagen. In Abbildung 23 werden die WPSM-Anträge des Kantons Thurgau mit der Schweizer Entwicklung indiziert verglichen.

Im Kanton Thurgau werden seit 01.01.2025 hauptsächlich Sole/Wasser-Wärmepumpen (Erdwärme) gefördert. Für Luft/Wasser-Wärmepumpen bis 70 kW wurde die Förderung weitgehend eingestellt, da sie als Stand der Technik gelten. Seit dem Beschluss ist der Rückgang signifikant feststellbar. Dies wird wahrscheinlich ab 2028 schweizweit Regel sein.

Das WPSM hat zum Ziel, möglichst effiziente Anlagen sicherzustellen. Fällt dieses weg, ist anzunehmen, dass die Qualitätssicherung wieder uneinheitlich gehandhabt wird, und erneut vom Installateur abhängig wird. Dies ist nicht sachdienlich.

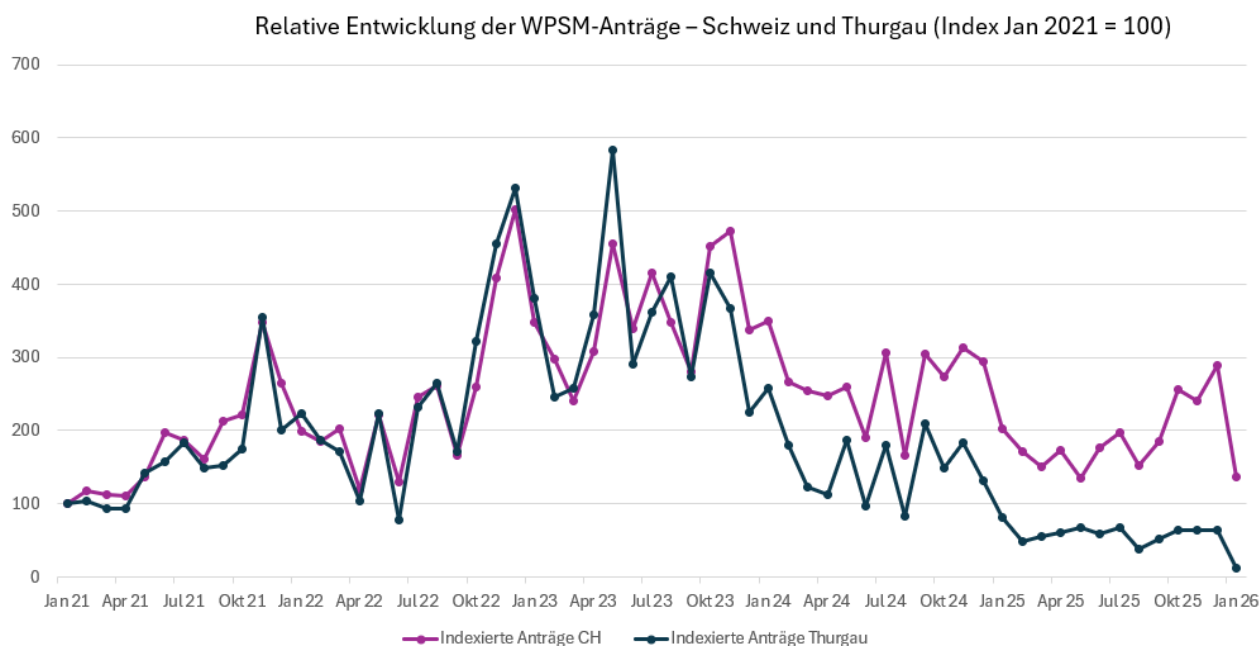


Abbildung 23: Relative Entwicklung der WPSM-Anträge Schweiz und Thurgau 2021- Januar 2026 (Datenquelle WPSM)

3.9.2 Merkmale des WPSM bis 15 kW Heizleistung

Im Gegensatz zu einer rein komponentenbezogenen Betrachtung steht beim WPSM der Systemgedanke im Vordergrund. Dies bedeutet, dass nicht nur die Wärmepumpe selbst, sondern das gesamte Heizsystem – bestehend aus Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung, Warmwasserbereitung und Regelung – als integrale Einheit betrachtet und optimiert wird.

Das WPSM definiert klare Anforderungen an sämtliche Projektphasen. In der Planungsphase umfasst dies insbesondere die Berechnung der Heizlast, die korrekte Dimensionierung der Wärmepumpe sowie die Auslegung der hydraulischen Einbindung. Während der Installationsphase wird auf eine normgerechte Umsetzung sowie die Verwendung standardisierter Hydraulikschemata geachtet. Die anschliessende Inbetriebnahme beinhaltet die Überprüfung der Anlage, die fachgerechte Parametrierung sowie die Sicherstellung der einwandfreien Funktion. Ergänzend dazu wird eine vollständige und nachvollziehbare Dokumentation der Anlage verlangt.

Ein wesentliches Ziel des WPSM besteht darin, typische Fehlplanungen und ineffiziente Betriebszustände zu vermeiden. Dazu zählen insbesondere Über- oder Unterdimensionierungen, ungeeignete Systemtemperaturen oder unzureichend abgestimmte Komponenten. Durch die konsequente Anwendung des Systemmoduls können der Energieverbrauch gesenkt, die Betriebskosten reduziert und der Nutzerkomfort erhöht werden.

Das Wärmepumpen-Systemmodul ist in der Schweiz breit anerkannt und wird häufig im Rahmen von Förderprogrammen vorausgesetzt. Es stellt damit ein wichtiges Instrument zur Umsetzung energiepolitischer Ziele dar, insbesondere im Hinblick auf die Reduktion von CO₂-Emissionen und die Förderung erneuerbarer Energien im Gebäudebereich. Abbildung 24 zeigt die qualitätssichernden Merkmale des WPSM.

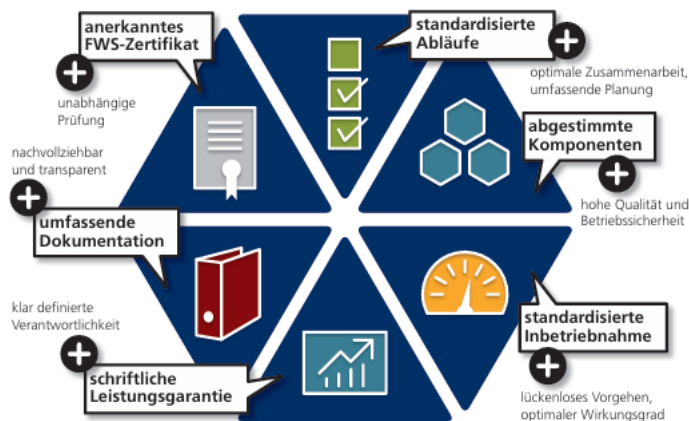


Abbildung 24: Darstellung der sechs wichtigen qualitätssichernden Merkmale (Quelle WPSM)

Im WPSM ist seit Anfang an eine pragmatische Betriebsoptimierung Pflicht. Dazu ist die Erfassung folgender Betriebs-Kenngrößen Voraussetzung:

- Laufzeit Kompressor
- Startzyklen Kompressor
- Laufzeit/Elektrizitätsverbrauch Elektroerwärmung
- Erfassung (momentaner) Systemtemperaturen

Die WPSM-Erfassung der momentanen Systemtemperaturen erfolgt durch Temperaturfühler an zentralen Punkten: Warmwasserspeicher, Pufferspeicher (Vor-/Rücklauf) und Heizkreis.

Basierend auf den obgenannten Informationen und Temperaturverläufe lassen sich Hinweise auf nicht-optimalen Betrieb erkennen, beispielsweise anhand von Kompressorlaufzeiten pro Start von wenigen Minuten. Ungewollter Einsatz direktelektrischer Zusatzheizung kann anhand einer Betriebsanzeige durch den Endkunden identifiziert werden. Eine ggf. vertiefte Analyse und Korrektur wird spätestens bei der im WPSM enthaltenen Betriebsoptimierung innerhalb der ersten Betriebsjahre erfolgen.

Ein umfassendes Monitoring ist keine Pflicht. Ziel dieser Vorgabe ist es, mit möglichst geringem Aufwand schnell Fehler zu erkennen und beheben zu können. Die Betriebsoptimierung soll auch auf Rückmeldungen der Bewohnerschaft (z.B. «stets zu warm») innerhalb der ersten 3 Betriebsjahre durch den Modullieferanten oder durch eine von diesem autorisierte Firma erfolgen.

Die Kosten für Endkunden betragen zurzeit CHF 350.- für die WPSM-Zertifizierung der Anlage zzgl. Kosten für die Betriebsoptimierung innerhalb der ersten 3 Betriebsjahre in ähnlichem Umfang.

3.9.3 Ablauf WPSM

Der Prozess des WPSM ist in mehrere aufeinanderfolgenden Phasen strukturiert, die im Folgenden beschrieben werden:

1. Vorbereitungs- und Planungsphase

Bestandsaufnahme: Ermittlung der Heizlast des Gebäudes, um eine Über- oder Unterdimensionierung zu vermeiden.

Systemwahl: Auswahl einer gütesiegelzertifizierten Wärmepumpe und abgestimmter Systemkomponenten (z. B. Speicher mit korrekt dimensioniertem Wärmetauscher).

Hydraulikplanung: Anwendung einer der durch das WPSM zugelassenen hydraulischen Schaltungen.

2. Installations- und Realisierungsphase

Fachgerechte Montage: Einbau der Komponenten als aufeinander abgestimmtes Gesamtsystem durch qualifizierte Installateure.

Dokumentation: Erstellung einer sauberen und vollständigen Anlagedokumentation während des Baus.

3. Inbetriebnahme und Einregulierung

Inbetriebnahme: Umfassende Funktionsprüfung der gesamten Anlage.

Einregulierung: Feinabstimmung der Parameter für einen optimalen und effizienten Betrieb.

4. Zertifizierung und Abschluss

Antragstellung: Der Installateur stellt nach Abschluss der Arbeiten bei der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) den Antrag auf das WPSM-Zertifikat.

Nachkontrolle & Zertifikat: Nach einer Betriebskontrolle wird das WPSM-Anlagezertifikat ausgestellt, welches oft Voraussetzung für den Erhalt kantonaler Fördergelder ist.

Neben dem technischen Ablauf sind für den Erhalt von Förderbeiträgen zusätzliche administrative Anforderungen zu erfüllen. Am Beispiel des Energiepakets Baselland ergeben sich folgende zentrale Bedingungen:

Gesuchstellung: Das Fördergesuch muss zwingend vor Baubeginn über das Online-Portal des Energiepakets eingereicht werden.

Impulsberatung: Bei einem Heizungsersatz wird eine Impulsberatung «erneuerbar heizen» empfohlen, die vom Bund finanziert wird.

WPSM-Zertifikat: Nach Abschluss der Installation muss das gültige Anlagezertifikat eingereicht werden, um die Auszahlung auszulösen.

3.9.4 Wichtige Elemente beim Hochskalieren des WPSM auf höhere Heizleistungen

Mit der Hochskalierung des WPSM auf eine Heizleistung von 70 kW würde der bisherige Anwendungsbereich, der primär kleinere Anlagen im Einfamilienhaussegment umfasst, auf grössere und komplexere Systeme ausgeweitet. Dazu zählen insbesondere Anwendungen in Mehrfamilienhäusern sowie in gewerblich genutzten Gebäuden. Ziel der Hochskalierung wäre es, die bewährten Qualitätsstandards des WPSM auch für leistungsstärkere Anlagen sicherzustellen.

3.9.4.1 Übertragbarkeit der bestehenden Grundlagen

Die methodische und konzeptionelle Grundlage des WPSM bleibt im erweiterten Leistungsbereich unverändert gültig. Insbesondere der systemische Ansatz, welcher die ganzheitliche Betrachtung von Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung, Speicherung und Regelung umfasst, bildet weiterhin die zentrale Grundlage. Ebenso behalten die strukturierte Vorgehensweise über alle Projektphasen hinweg sowie die definierten Qualitätsanforderungen ihre Gültigkeit. Dazu zählen insbesondere die fundierte Heizlastberechnung, die korrekte Dimensionierung der Anlage sowie eine vollständige und nachvollziehbare Dokumentation.

3.9.4.2 Sicherstellung einer bestmöglichen Systemwahl und Dimensionierung

Bei grösseren und komplexeren Anlagen muss die Planung und Systemwahl ausreichend detailliert durchgeführt werden. Die Jahresdauerlinie gemäss Abbildung 25 ist eine wichtige Grundlage für den Systementscheid.

Bestehende gute Tools, wie das WPesti und das «Heizungsersatz mit Wärmepumpen» etc. sollten um neue verfeinerte Eingabe- und Auswahlmöglichkeiten erweitert werden. In der technischen Umfrage siehe 6.2 hat sich gezeigt, dass die Dimensionierungen sehr oft mit firmenspezifischen Tools gemacht werden. Dies deutet auf ein Potential für die Erweiterung der Branchen-Tools hin.

Beispiel: Wärmebedarf (Heizung + TWW) mit WP-Anteil (monotone Darstellung). Hier bietet die WP 90% des Wärmebedarfs (Energie), wobei für eine Aussentemperatur von -5°C nur 45% der Leistung installiert sind (Quelle: CSD).

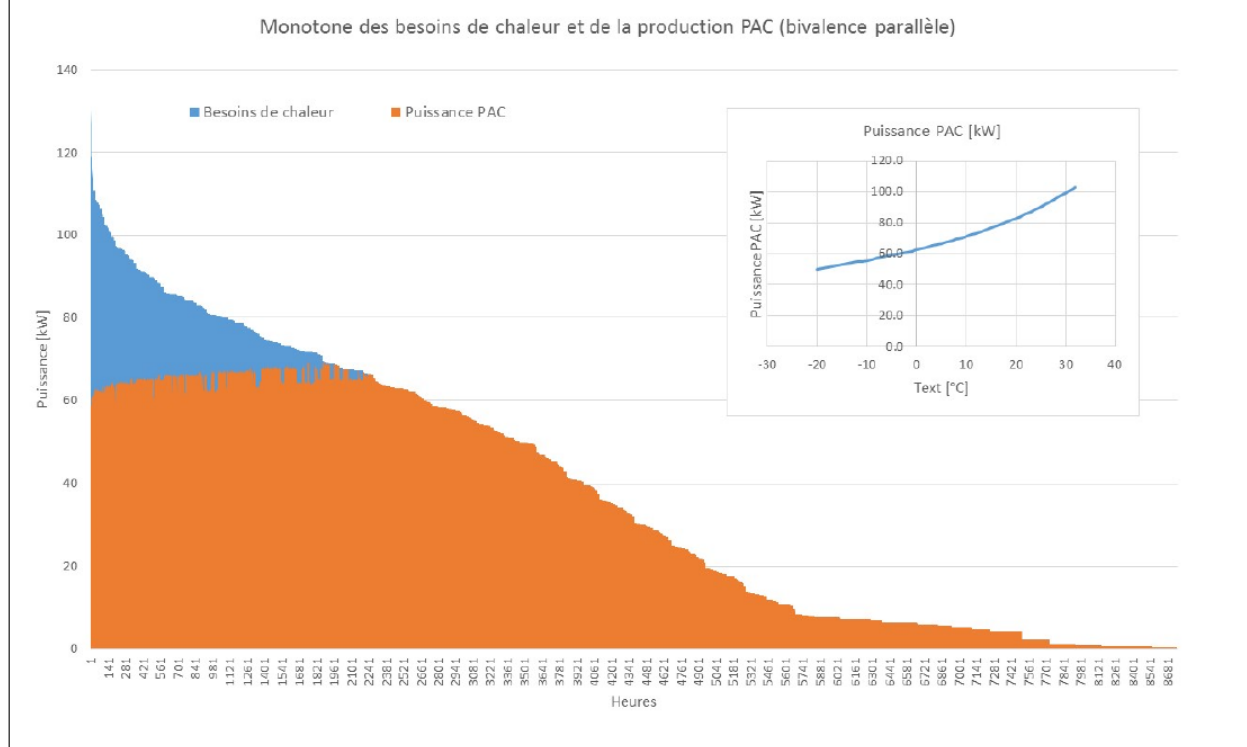


Abbildung 25: Jahresdauerlinie als Beispiel (Quelle: CSD) [24]

3.9.4.3 Erhöhte Anforderungen an Hydraulik und Systemarchitektur

Mit zunehmender Anlagengrösse sind die Anforderungen an die hydraulische Auslegung und die Systemarchitektur in der Regel erhöht. Die Komplexität der Systeme nimmt meist zu, was eine präzisere Planung und Abstimmung notwendig macht. Grössere Anlagen werden mitunter in Form von Kaskadensystemen mit mehreren Wärmepumpen realisiert. Dies erfordert eine sorgfältige hydraulische Entkopplung sowie eine differenzierte Verteilung auf verschiedene Heizkreise oder Nutzungszonen. Suissetec macht hierzu die Anmerkung, dass sich keine standardisierten Hydraulikschemen erstellen lassen. Dass ein Standard nicht alle Anlagen abdecken kann, ist nachvollziehbar. Es lassen sich aber mit Sicherheit eine Grosszahl von Anlagen mit standardisierten Schemen abbilden.

3.9.4.4 Erweiterte Anforderungen an Regelung und Betriebsstrategie

Im höheren Leistungsbereich gewinnen differenzierte Regelungs- und Betriebsstrategien an Bedeutung. Während bei kleineren Anlagen oft standardisierte Regelkonzepte ausreichen, erfordern grössere Systeme eine gezielte Steuerung des Teillastbetriebs, eine abgestimmte Lastverteilung innerhalb von Kaskaden sowie die Priorisierung unterschiedlicher Verbraucher, insbesondere zwischen Raumheizung und Warmwasserbereitung. Zudem wird die Integration in übergeordnete Systeme der Gebäudeautomation zunehmend relevant.

3.9.4.5 Anforderungen an Wärmeverteilung und Temperaturniveaus

In grösseren Gebäuden sind häufig unterschiedliche Temperaturniveaus zu berücksichtigen. Dies ergibt sich beispielsweise aus der Kombination von Niedertemperatursystemen wie Fussbodenheizungen mit bestehenden Radiatorsystemen. Daraus resultieren erhöhte Anforderungen an die Systemauslegung sowie an einen konsequenten hydraulischen Abgleich auf gesamtheitlicher Ebene.

3.9.4.6 *Warmwasserbereitung und hygienische Anforderungen*

Die Warmwasserbereitung stellt bei Anlagen im erweiterten Leistungsbereich eine besondere Herausforderung dar. Höhere Leistungsanforderungen und gleichzeitig einzuhaltende hygienische Vorgaben, insbesondere im Hinblick auf den Legionellenschutz, erfordern eine sorgfältige Dimensionierung der Speichersysteme sowie eine geeignete Betriebsstrategie. Bei Bedarf sind ergänzende Systeme zur Abdeckung von Lastspitzen oder zur Sicherstellung der erforderlichen Temperaturen zu berücksichtigen, wie z.B. Zirkulationssysteme oder Begleitheizungen.

3.9.4.7 *Schallschutz, Platzbedarf und Aufstellbedingungen*

Beim WPSM bis 15 kW werden diese Themenfelder nicht behandelt, bei einer Erweiterung auf 70 kW ist die Berücksichtigung sinnvoll.

Mit steigender Leistung gewinnen auch Aspekte wie Schallschutz, Platzbedarf und geeignete Aufstellbedingungen an Bedeutung. Insbesondere bei Luft/Wasser-Wärmepumpen sind Massnahmen zur Schallreduktion sowie eine sorgfältige Planung der Luftführung und der Platzverhältnisse erforderlich.

3.9.4.8 *Elektrische Einbindung und Energiemanagement*

Die elektrische Integration der Anlagen wird im erweiterten Leistungsbereich anspruchsvoller. Fragen des Netzanschlusses, der Leistungsbegrenzung sowie des Lastmanagements sind frühzeitig zu berücksichtigen. Zudem gewinnt die Integration in bestehende oder geplante Energiesysteme, beispielsweise Photovoltaikanlagen, zunehmend an Bedeutung. Beim WPSM werden diese Themenfelder nicht behandelt, bei einer Erweiterung auf 70 kW ist die Berücksichtigung ebenfalls sinnvoll.

3.9.4.9 *Monitoring, Betrieb und Optimierung*

Mit der steigenden Systemkomplexität wird ein kontinuierliches Monitoring des Anlagenbetriebs wichtig. Die systematische Erfassung und Auswertung von Betriebsdaten ermöglicht die Überprüfung der Effizienz, die Identifikation von Optimierungspotenzialen sowie die Sicherstellung eines langfristig zuverlässigen Betriebs.

3.9.5 **Ausführungen zum Punkt «Erhöhte Anforderungen an Hydraulik und Systemarchitektur»**

3.9.5.1 *Konzepte bei Einzelgebäuden*

In Einzelgebäuden umfasst der Einsatz von Wärmepumpen die Bereitstellung von Wärme für Heizung und Warmwasser sowie – insbesondere in Nichtwohngebäuden – von Kälte für Kühlung und Klimatisierung. Während bei Wohngebäuden der Wärmebedarf im Vordergrund steht, ist bei kommerziellen und industriellen Nutzungen auch die Kältebereitstellung relevant. Aufgrund der Klimaerwärmung ist künftig auch im Wohnbereich mit einem steigenden Kühlbedarf zu rechnen. Eine besonders effiziente Nutzung ergibt sich, wenn Verdampfer- und Kondensatorleistung gleichzeitig genutzt werden.

Das thermische Verhalten eines Gebäudes wird durch Bauweise, Fassadentechnik, klimatische Bedingungen und technische Systeme bestimmt und bildet die Grundlage für Energieoptimierungen. Ziel ist dabei in erster Linie die Reduktion des Heizbedarfs, insbesondere durch Verbesserungen der Gebäudehülle, sowie die Senkung der Energiekosten bei gleichzeitiger Sicherstellung des Komforts.

Entscheidend für die Auslegung von Wärmepumpenanlagen sind die jeweiligen Randbedingungen. Dazu zählen insbesondere die Platzverhältnisse im Gebäude, die Verfügbarkeit und Einbindung von Wärmequellen und -senken, das Lastverhalten, die Möglichkeiten der Leitungsführung sowie die Anforderungen an Schall und Effizienz.

Die Umsetzbarkeit unterscheidet sich grundlegend zwischen Neubauten und Bestandsgebäuden. Während Neubauten in der Regel günstige Voraussetzungen bieten, sind bei Erneuerungen die örtlichen Gegebenheiten häufig einschränkend, insbesondere hinsichtlich der verfügbaren Platzverhältnisse.

In Neubauten ermöglichen Wärmeabgabesysteme mit niedrigen Vorlauftemperaturen von maximal 35 °C einen effizienten Betrieb. In Bestandsgebäuden sind hingegen oft höhere Abgabetemperaturer erforderlich, was zu einer reduzierten Effizienz führt.

Die erforderlichen Wärmepumpenleistungen liegen bei mittelgrossen Mehrfamilienhäusern im Bestand typischerweise zwischen 30 und 100 kW sowie bei gut gedämmten Neubauten zwischen 15 und 50 kW. In kommerziellen und industriellen Anwendungen sind in der Regel höhere Leistungen erforderlich.

Die Warmwasserbereitung stellt aufgrund der hohen erforderlichen Temperaturen besondere Anforderungen an die Effizienz. Zusätzliche Verluste entstehen durch die Verteilung sowie durch eine Beeinträchtigung der Temperaturschichtung infolge von Zirkulation. Eine sorgfältige Systemauslegung und eine gezielte Betriebsoptimierung sind daher erforderlich.

Im Hinblick auf die Warmwasserbereitung ist die Wahl zwischen zentralen und dezentralen Systemen systematisch zu prüfen. Ebenso ist eine funktionale Trennung von Heizung und Warmwasserbereitung im Sinne einer Effizienzsteigerung zu berücksichtigen.

Aussen aufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen können in höheren Leistungsklassen sowohl als Einzelgeräte als auch in Kaskadenschaltungen ausgeführt werden. Einzelgeräte sind als Standardprodukte bis zu Leistungen von etwa 100 kW verfügbar. Besondere Beachtung ist den Schallemissionen zu schenken, wobei gegebenenfalls Schallschutzmassnahmen erforderlich sind. Alternativ können mehrere kleinere Geräte in Kaskade eingesetzt werden.

Bei **Kaskadensystemen** erfolgt die Leistungsanpassung durch Zu- und Abschalten einzelner Geräte sowie gegebenenfalls durch Invertertechnologie. Eine übergeordnete Regelung gewährleistet die koordinierte Ansteuerung, wobei ein gleichmässiger Last- und Betriebsstunden-Ausgleich sicherzustellen ist.

Dachaufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen werden üblicherweise als Einzelgeräte auf Flachdächern installiert. Neben Luftschall ist insbesondere der Körperschall zu berücksichtigen, weshalb eine elastische Lagerung sowie flexible Anschlussleitungen erforderlich sind. Die hydraulische Anbindung kann insbesondere bei Erneuerungen aufwendig sein, während sie bei Neubauten frühzeitig berücksichtigt werden kann.

Dachaufgestellte Systeme können auch als Kaskaden ausgeführt werden. Dabei gelten die gleichen Anforderungen wie bei Einzelgeräten, ergänzt durch eine koordinierte Master-Slave-Regelung sowie eine geeignete hydraulische Einbindung.

Innenaufgestellte Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Kanalanschluss erfordern eine ausreichend dimensionierte Luftführung sowie gegebenenfalls den Einsatz von Schalldämpfern. Die Umsetzung ist bei Neubauten in der Regel einfacher als bei Bestandsgebäuden.

Systemlösungen mit dachaufgestellten Luft-Wärmeübertragern, Sole-Zwischenkreis und innenaufgestellter Sole/Wasser-Wärmepumpe bieten insbesondere für gewerbliche Anwendungen eine hohe Flexibilität. Die Effizienz hängt wesentlich von einer geringen Temperaturdifferenz im Zwischenkreis ab. Solche Systeme eignen sich besonders bei gleichzeitigem Wärme- und Kältebedarf und ermöglichen die Integration weiterer Energiequellen wie PVT-Kollektoren, Erdwärmesonden oder Eisspeicher.

Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zählen zu den effizientesten Lösungen, sind jedoch mit höheren Investitionskosten verbunden und unterliegen teilweise bewilligungsrechtlichen Einschränkungen. Die Ausführung erfolgt als Einzelanlage oder Kaskade. Schallschutzmassnahmen sind insbesondere bei innenaufgestellten Anlagen erforderlich.

Wasser/Wasser-Wärmepumpen mit Nutzung von Umwelt- oder Abwärmequellen erreichen aufgrund der höheren Quellentemperaturen besonders hohe Effizienzen. Entsprechend ist die Verfügbarkeit solcher Quellen im Planungsprozess zu prüfen.

3.9.5.2 Konzepte bei kleineren Überbauungen

Für kleinere Überbauungen stehen verschiedene Realisierungskonzepte zur Verfügung. Die wesentliche Unterscheidung erfolgt hinsichtlich der Anordnung der Wärmepumpen sowie der **funktionalen Trennung oder Kombination von Heizwärme- und Warmwasserbereitung**.

Bei zentraler Wärmebereitstellung wird die Anlage so ausgelegt, dass auch das ungünstigste Gebäude ausreichend versorgt wird. Im Gegensatz zu fossilen Systemen ist bei Wärmepumpenanlagen der Temperaturhub entscheidend für die Effizienz, weshalb gegebenenfalls objektspezifische Lösungen wie Booster-Wärmepumpen erforderlich sind.

Bei der Umstellung bestehender Systeme ist die funktionale Neuaufteilung der Wärmeversorgung zu prüfen. Sind niedrige Vorlauftemperaturen möglich, kann eine zentrale Wärmepumpenlösung effizient betrieben werden.

Wird die **Warmwasserbereitung zentral** organisiert, sind erhöhte Anforderungen an Hygiene und Verteilung zu berücksichtigen. Insbesondere Zirkulationssysteme können zusätzliche Energieverluste verursachen und die Gesamteffizienz reduzieren.

Eine Alternative stellt die Kombination aus **zentraler Heizwärmebereitstellung und dezentraler Warmwasserbereitung** dar. Dabei erfolgt die Warmwasserbereitung in den einzelnen Gebäuden mittels separater Systeme.

Eine weitere Variante ist die vollständig dezentrale Wärmebereitung mit mehreren Wärmepumpen, die an ein **gemeinsames Erdwärme-Sondensystem** angeschlossen sind. Diese Systeme übernehmen sowohl die Raumheizung als auch die Warmwasserbereitung und stellen eine Lösung mit geteilter Wärmequelle dar.

Die Wahl des geeigneten Systemkonzepts erfordert eine gesamtheitliche Bewertung hinsichtlich Effizienz, Umsetzbarkeit, Systemkomplexität sowie Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten.

3.9.6 Vorlagen von Hydrauliksystemen, Hinweise zur Installation und Systemregelung

Im Workshop «Assurance qualité PAC urbaines sur mandat de SIG» von 2023 wurden folgende Punkte für die Hochskalierung des WPSM angegeben [12].

1. Vorgabe von Varianten der hydraulischen Struktur des Wärmeerzeugungssystems bei Einsatz einer einzelnen Wärmepumpe

- Hydrauliksystemata für monovalenten Betrieb -> Auswahl Priorität 1
- Hydrauliksystemata mit parallelem bivalentem Betrieb -> Auswahl Priorität 2
- Hydrauliksystemata mit alternierendem bivalentem Betrieb -> Auswahl Priorität 3

2. Vorgaben für verschiedene hydraulische Systemvarianten der Wärmeerzeugung bei Einsatz mehrerer Wärmepumpen in Kaskade
 - Hydraulikschemas mit monovalentem Betriebsmodus -> Auswahl Priorität 1
 - Hydraulikschemas mit bivalentem Parallelbetrieb -> Auswahl Priorität 2
 - Hydraulikschemas mit bivalentem Wechselbetrieb -> Auswahl Priorität 3
3. Vorgaben für Varianten der hydraulischen Systemauslegung zur Warmwasserversorgung (mit/ohne Zirkulation)
 - Hydraulikschemas für verschiedene Leistungen und Typen (Sole/Wasser, Luft/Wasser) von Wärmepumpen.
4. Empfehlungen/Vorgaben zur Installation der Wärmepumpe(n) -> analog zum Bericht „Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext“ [25].
5. Empfehlungen/Vorgaben zur Systemregelung -> besonders wichtig für Kaskaden-Wärmepumpen und/oder bivalente Systeme.

3.10 Merkblätter und Unterlagen

Merkblätter und Dokumente von EnergieSchweiz, suissetec, der FWS etc. sind bei grösseren Anlagen im Planungsschritt sehr wichtig. Hilfestellungen wie z.B. das Vademecum «Aufdach-Wärmepumpen», Praktischer Leitfaden für die Montage von Aufdach-Luft-Wasser-Wärmepumpen auf kleinen und mittleren Mehrfamilienhäusern [24], helfen, dass effiziente Anlagen geplant, installiert, in Betrieb genommen und betrieblich optimiert werden können.

Für die Qualitätssicherung von Wärmepumpen bis 70 kW Heizleistung müssten ggf. bestehende Merkblätter und Unterlagen ergänzt, oder neue erstellt werden. Tabelle 5 zeigt eine Auswahl der wichtigen Merkblätter und Unterlagen.

Tabelle 5: Übersicht projektrelevanter Merkblätter und Unterlagen

Dokumentenart	Bezeichnung	Quelle
Merkblatt	Umgang mit Wärmepumpen und Kälteanlagen mit gering toxischen, brennbaren Kältemitteln	suissetec / Januar 2026 / HEIZ241
Merkblatt	Erdwärmesonden: Dimensionierungs- und Anwendungshinweise zur Norm SIA 384/6:2021	suissetec / Januar 2026 / HEIZ123
Merkblatt	Wärmepumpen mit Invertern	suissetec / 2022 / HEIZ224
Merkblatt	Erdwärmesonden: Entlastung oder Regeneration?	suissetec / 2020/ HEIZ202
Merkblatt	Technische Dämmung in der Gebäudetechnik	suissetec / September 2023 / HEIZ234
Merkblatt	Ersatz von dezentralen Wassererwärmern durch Wärmepumpen Wassererwärmer: Vorteile, gesetzliche Vorgaben und praxisorientiertes Vorgehen	suissetec / Februar 2026 / SAN262
Merkblatt	Die Wichtigkeit eines hydraulischen Abgleichs von Zirkulationssystemen	suissetec / Januar 2026 / SAN261
Vademecum	Aufdach-Wärmepumpen, Praktischer Leitfaden für die Montage von Aufdach-Luft-Wasser-Wärmepumpen auf kleinen und mittleren Mehrfamilienhäusern	EnergieSchweiz CSD INGÉNIEURS SA
Wegleitung	Wegleitung Effiziente Warmwasseraufbereitung mittels Wärmepumpen	suissetec / 2026 SET10002

4. Betriebsphase (Betriebsoptimierung und Monitoring)

Zentrale Herausforderungen bestehen in fehlendem systematischem Monitoring, unzureichender Effizienz im Feld (niedrige JAZ-Werte), Kostenbedenken, der begrenzten Verbreitung digitaler Lösungen sowie in der unklaren Integration in Flexibilitätsmärkte.

Tabelle 6: Fragestellungen Betriebsphase

Fragestellung und Vorgehen	Ergebnisse
1) Effizienzprüfung und systematische Verbesserung [4.1]: Literaturrecherche, Auswertung von Monitoring-Programmen sowie Experteninterviews; ergänzt durch die Analyse technischer Möglichkeiten (z.B. Cloud-Lösungen, Firmware)	- Status quo: qualitative und quantitative Analyse der aktuellen Ansätze. - Methodenüberblick inkl. benötigte Software- und Hardware-Komponenten zur Effizienzüberprüfung. - Vergleich von KPIs zur Bewertung von Genauigkeit, Aufwand und Kosten. - Empfehlung praxistauglicher Massnahmen zur systematischen Verbesserung der JAZ (S/W- und L/W-Wärmepumpen) über die Betriebsdauer.
2) Monitoring-Lösungen [4.2]: Literatur- und Marktstudien, Fallbeispiele aus der Schweiz unter Nutzung von Tools wie WP-Cockpit und der MINERGIE-Monitoring-Plattform, Experteninterviews sowie die Bewertung internationaler Standards und techno-ökonomischer Ansätze.	- Quantitative Analyse und Übersicht der eingesetzten Monitoring-Lösungen. Bestandsaufnahme verfügbarer Produkte/Plattformen, speziell der Plattform von MINERGIE (Module Monitoring+ und Betrieb) - Ableitung von Best Practices sowie Identifikation des Skalierungspotenzials. - Identifikation von Schnittstellen und Standardisierungslücken. Empfehlungen für weitere Entwicklungen. - Definition zentraler Elemente für ein Standard-Monitoring (z. B. JAZ-Erfassung, Störungsprotokoll, Nutzerfeedback) - Identifikation von Anforderungen zur Erhöhung der Akzeptanz. - Entwicklung von Szenarien für mögliche Implementierungsstrategien in der Schweiz. Potenzielle Vorteile für Effizienz, Wartung und Netzdienlichkeit.
3) Ersetzung heutiger Feldkontrollen durch digitale Lösungen [4.3]	- Kurze Beschreibung der heutigen Praxis. - Einschätzung des Potenzials durch digitale Technologien zur Ferndiagnose und Steuerung - Möglicher Einsatz von herstellereinspezifischen Diagnoselösungen vs. offenen Standards. - Berücksichtigung zukünftiger Anreizsignalen und Schnittstellen zur netzdienlichen Integration (dynamische Preissignale, Peak Shaving, usw.)

4.1 Effizienzprüfung und systematische Verbesserung

Die Effizienzprüfung und systematische Verbesserung von Wärmepumpenanlagen bildet eine zentrale Voraussetzung für die langfristige Sicherstellung eines energetisch optimalen Betriebs und zur Unterstützung eines stabilen Energiesystems. Trotz erheblicher Fortschritte bei der Anlagenqualität – nicht zuletzt durch die Einführung des WPSM bei kleineren Anlagen – zeigen Felduntersuchungen, dass die im Betrieb erreichten Jahresarbeitszahlen häufig hinter den theoretisch erreichbaren Werten zurückbleiben. Die Ursachen hierfür sind vielfältig und reichen von suboptimalen Regelungseinstellungen über hydraulische Defizite bis hin zu unzureichend definierten Systemgrenzen bei der Effizienzbewertung.

Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Abschnitt zunächst die methodischen Grundlagen der Effizienzprüfung dargelegt. Dazu gehört die Definition der Systemgrenze sowie die Auswahl geeigneter Kennzahlen. Darauf aufbauend wird das Konzept der Betriebsoptimierung als kontinuierlicher Prozess beschrieben. Abschliessend werden konkrete Massnahmen zur systematischen Verbesserung der Jahresarbeitszahl über die Betriebsdauer strukturiert dargestellt und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und ihres Implementierungsaufwands bewertet.

4.1.1 Systemgrenze und Key Performance Indikator (KPI)

Für eine belastbare Effizienzprüfung von Wärmepumpensystemen ist eine klar definierte Systemgrenze erforderlich. Nur wenn eindeutig festgelegt ist, welche Komponenten in die Energiebilanz einbezogen werden, können Kennzahlen konsistent berechnet, Anlagen verglichen und Optimierungsmassnahmen bewertet werden.

In der Praxis fehlt jedoch häufig eine einheitliche Definition der Systemgrenzen. Dies erschwert die Vergleichbarkeit von Anlagen sowie die Interpretation von Effizienzwerten im Feld. Als Grundlage für eine Harmonisierung eignet sich die im Wärmepumpenbuch beschriebene Einteilung der Systemgrenzen (siehe Abbildung 26).

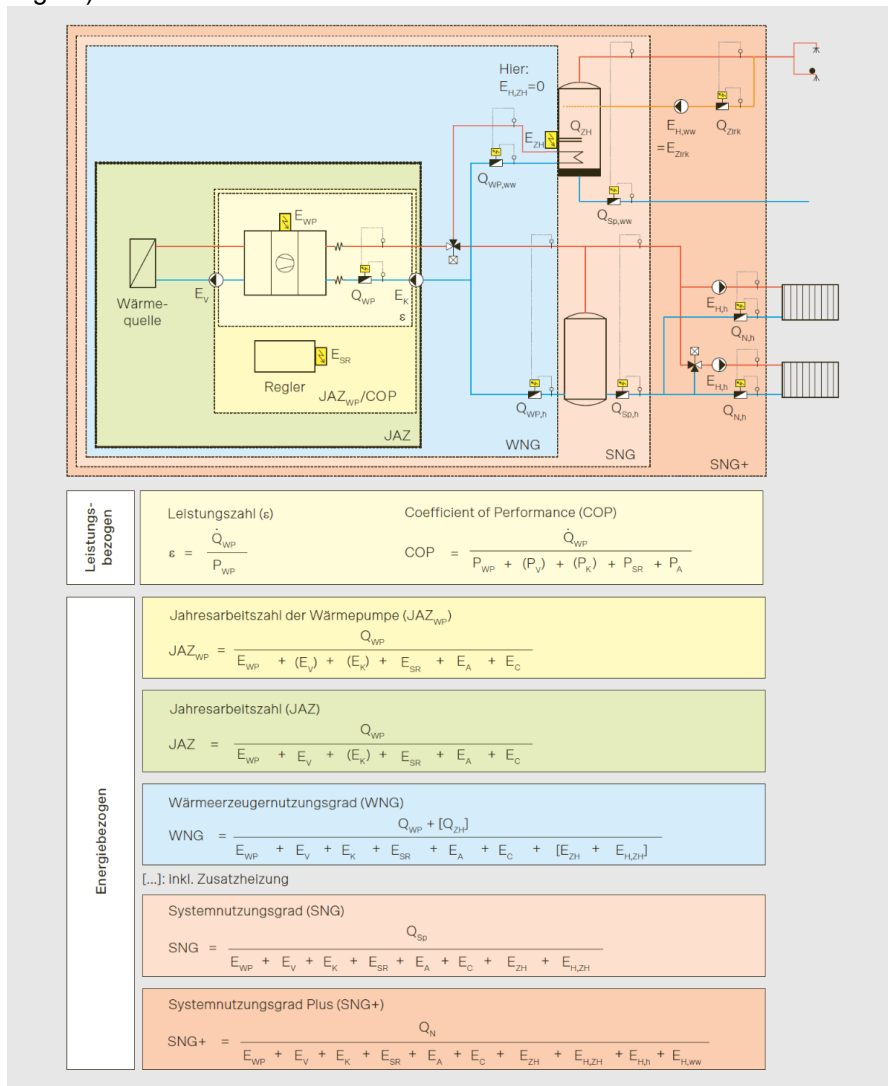


Abbildung 26: Systemgrenzen einer Wärmepumpenanlage, Quelle: Wärmepumpen - planen, optimieren, betreiben, warten, 2018 [26].

Leistungen (Momentanwerte oder Mittelwerte über kurze Zeitdauer)	Energien (Jahreswerte)
$\dot{Q}_{WP}$ Heizleistung der Wärmepumpe	$Q_{WP} = Q_{WP,h} + Q_{WP,ww}$ von der Wärmepumpe produzierte Wärme
P_{WP} Verdichter-Leistungsaufnahme der Wärmepumpe	Q_{ZH} von der Zusatzheizung produzierte Wärme
(P_V) Leistungsanteil zur Überwindung des Verdampferdruckabfalls	$Q_{Sp} = Q_{Sp,h} + Q_{Sp,ww}$ von den Speichern abgegebene Nutzwärme
(P_K) Leistungsanteil zur Überwindung des Kondensatordruckabfalls	$Q_N = Q_{N,h} + Q_{N,ww}$ beim Nutzer verfügbare Wärme
P_{SR} Leistungsaufnahme der Steuerung und Regelung innerhalb der Wärmepumpe	E_{WP} Verdichter-Energieverbrauch der Wärmepumpe
P_A mittlere Leistungsaufnahme der Abtaueinrichtung	(E_V) Energieverbrauch Verdampferpumpe/Ventilator (Anteil WP-intern)
	(E_K) Energieverbrauch Kondensatorpumpe (Anteil WP-intern)
	E_V Energieverbrauch Verdampferpumpe/Ventilator (insgesamt)
	E_K Energieverbrauch Kondensatorpumpe (insgesamt)
	E_{SR} Energieverbrauch Steuerung und Regelung
	E_A Energieverbrauch Abtaueinrichtung
	E_C Energieverbrauch Carterheizung
	E_{ZH} Energieverbrauch Zusatzheizung
	$E_{H,ZH}$ Hilfsenergieverbrauch Zusatzheizung (z. B. Umwälzpumpen)
	$E_{H,h}$ Hilfsenergieverbrauch Wärmeverteilung Heizung (z. B. Umwälzpumpen)
	$E_{H,ww}$ Hilfsenergieverbrauch Wärmeverteilung Warmwasser (z. B. Zirkulation)

Abbildung 27: Verwendete Formelsymbole bei den Systemgrenzen Quelle: Wärmepumpen - planen, optimieren, betreiben, warten, 2018. [26]

Die gezeigte Systemgrenzen-Definition ist relevant für eine vergleichbare Bestimmung der KPIs bzw. einer konsistenten Effizienzbewertung. Das Konzept unterscheidet klar zwischen Wärmeerzeuger, Hilfsenergien, Wärmeverteilung und weiteren systemrelevanten Komponenten. Es ist zwingend, dass die Definitionen in Aus- und Weiterbildung vermittelt werden, um eine breitere Anwendung dieses Ansatzes in Planung, Betrieb und Qualitätssicherung sicherzustellen.

Die zentralen Kennzahlen zur Effizienzbewertung von Wärmepumpen sind COP, SCOP und JAZ. Diese unterscheiden sich hinsichtlich Aussagekraft und Datengrundlage. Der COP beschreibt den momentanen Leistungskoeffizienten unter definierten Prüfbedingungen. Der SCOP bildet die saisonale Effizienz unter normierten Randbedingungen ab. Die JAZ basiert auf realen Betriebsdaten und beschreibt die tatsächlich erreichte Jahresperformance einer Anlage im Feld. Sie stellt damit die relevanteste Kennzahl für die Bewertung der realen Anlagenperformance dar.

Tabelle 7: Kennzahlen für die Bewertung der Anlagenperformance

KPI	Aussagekraft für Praxisbetrieb	Genauigkeit für reale Anlage	Aufwand zur Ermittlung
COP	gering bis mittel	gering	gering*
SCOP	mittel	Mittel	mittel*
JAZ	hoch	hoch bei sauber definierter Systemgrenze**	mittel bis hoch
WNG	hoch	hoch bei sauber definierter Systemgrenze	hoch
SNG	hoch	hoch bei sauber definierter Systemgrenze	hoch

* sofern als Datenblattwert vorhanden

** Die Systemgrenzen sind wie in der Abbildung 26 zu betrachten.

Für den Kühlfall sind EER und SEER die analogen Kenngrössen zu COP bzw. SCOP. Sie beschreiben entsprechend die momentane beziehungsweise saisonale Effizienz im Kühlbetrieb und entstehen aus Labormessungen. Weiterführende Erläuterungen zu den Kennzahlen, Systemgrenzen sowie den relevanten Normen sind in «Anhang A1 Begrifflichkeiten» und «Anhang A2 Normen, Gesetze, Verordnungen und Richtlinien» zusammengestellt.

4.1.2 Einordnung bestehender Ziel- und Richtwerte sowie Ableitung aktualisierter Empfehlungen

Die folgende Tabelle fasst in Literatur, Normen und Publikationen verschiedener Institutionen genannte Ziel- und Richtwerte zur Effizienz von Wärmepumpen zusammen (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Bestehende Ziel- und Richtwerte für die Effizienz von Wärmepumpen aus Normen und Fachliteratur

Quelle:	Wärmepumpe-Typ	JAZ-Neubau	JAZ-Sanierung	SCOP (Vorlauf 55°C)	SCOP (Vorlauf 35°C)
BFE (Feb 2010)	Luft/Wasser	2.8...3.5	2.5...3.0	-	-
	Sole/Wasser	3.5...4.5	3.2...4.0	-	-
	Wasser/Wasser	3.8...5.0	3.5...4.5	-	-
SN EN 15450:2007	Luft/Wasser	3	-	-	-
	Sole/Wasser	4	-	-	-
	Wasser/Wasser	4.5	-	-	-
Wärmepumpenbuch, Faktor Verlag	Luft/Wasser	-	-	2.53...3.83	3.20...4.45

Die verschiedenen Quellen zeigen eine ähnliche Tendenz: Luft/Wasser-Wärmepumpen erreichen in der Regel die niedrigsten Effizienzwerte, während Wasser/Wasser-Wärmepumpen die höchsten Werte aufweisen. Sole/Wasser-Systeme liegen typischerweise im mittleren bis oberen Effizienzbereich. Gleichzeitig unterscheiden sich die angegebenen Werte teilweise deutlich, da sie von der jeweiligen Quelle, der Bezugsgrösse, der Gebäudekategorie sowie der definierten Systemgrenze abhängen.

Für die Weiterentwicklung eines QS muss dementsprechend nach Anlagentyp differenziert werden, und je nach Anlage müsste die Anforderung an das Monitoring angepasst werden.

Die Empfehlungen umfassen einerseits Zielwerte für die Jahresarbeitszahl (JAZ) im realen Anlagenbetrieb, andererseits produktbezogene saisonale Effizienzkennzahlen wie den SCOP, die unter normierten Prüfbedingungen bestimmt werden. Mehrere Quellen unterscheiden zudem zwischen Neubau und Sanierung. Diese Differenzierung ist sachlich begründet, da im Gebäudebestand häufig höhere Systemtemperaturen, hydraulische Einschränkungen und ungünstigere Betriebsbedingungen auftreten, was zu tieferen realen Effizienzwerten führt.

Die Übersicht zeigt zwei zentrale Aspekte. Erstens existieren bereits mehrere etablierte Referenzwerte für die Effizienzbewertung von Wärmepumpen. Zweitens sind diese Werte nur eingeschränkt direkt vergleichbar, da sie auf unterschiedlichen Bewertungsansätzen beruhen. Unterschiede ergeben sich insbesondere hinsichtlich Prüfstands versus Feldbetrieb, Vorlauftemperatur, definierter Systemgrenze sowie Gebäudekontext. Vor diesem Hintergrund ist eine Überprüfung und Aktualisierung bestehender Empfehlungen sinnvoll. Dabei sind insbesondere neue Wärmepumpentechnologien, verbesserte Regelungsstrategien, angepasste hydraulische Konzepte sowie neue Kältemittel zu berücksichtigen.

Auf Basis der Literatursauswertung, Experteninterviews und Projektergebnisse werden nachfolgend empfohlene Orientierungswerte für die Effizienz von Wärmepumpenanlagen dargestellt (siehe Tabelle 9). Im Vergleich zu den zuvor dargestellten Literaturwerten berücksichtigt die nachfolgende Zusammenstellung stärker praxisrelevante Einflussfaktoren wie regionale Klimabedingungen, Systemtemperaturen und gebäudetechnische Faktoren. Während bestehende Richtwerte häufig primär nach Wärmepumpentyp differenzieren, werden hier zusätzlich Höhenlage beziehungsweise Klimaregion sowie das Temperaturniveau des Heizsystems (Radiatoren bzw. Niedertemperatursysteme) berücksichtigt. Dadurch lassen sich praxisnahe Effizienzbereiche für unterschiedliche Anwendungs- und Standortbedingungen ableiten. Die hier vorgeschlagenen Orientierungswerte basieren auf den derzeit verfügbaren Daten und Erfahrungswerten. Eine durchgehende Validierung über das gesamte Leistungsspektrum bis 70 kW ist auf dieser Datenbasis jedoch nicht möglich. Es wird daher empfohlen, im Rahmen einer Folgestudie eine differenziertere Tabelle

zu erarbeiten, die nach Leistungsklassen sowie weiteren relevanten Kategorien (z. B. Wärmepumpentyp, Heizsystem, Gebäudetyp) gegliedert ist. Damit liesse sich für das künftige Qualitätssicherungssystem prüfen und festlegen, ob und in welcher Form eine Leistungsabhängigkeit dieser Orientierungswerte für Anlagen bis 70 kW zweckmässig ist.

Tabelle 9: Im Rahmen dieser Studie abgeleitete aktualisierte Orientierungswerte für die Effizienz von Wärmepumpen

Wärmepumpentyp	Region	JAZ-Werte	JAZ-Werte
		Radiatorenheizung (45/40 °C)	Bodenheizung (35/30 °C)
Luft/Wasser	Mittelland	2.7...3.0	3.2...3.6
	Voralpen	2.5...2.8	3.0...3.3
	Höhere Lagen	2.4...2.7	2.8...3.2
Sole/Wasser	Mittelland	3.4...3.7	4.1...4.5
	Voralpen	3.3...3.6	4.0...4.4
	Bergregion	3.2...3.5	3.9...4.3

Eine Übersicht der Methoden zur Effizienzüberprüfung sowie der dafür benötigten Software- und Hardware-Komponenten wird in den nachstehenden Kapiteln (siehe 4.2) im Zusammenhang mit Monitoring dargestellt. Der Fokus dieses Kapitels liegt daher nicht auf der erneuten Beschreibung der Messtechnik, sondern auf der Analyse von Erfahrungen aus Industrie und Feldpraxis, um praxistaugliche Massnahmen zur systematischen Verbesserung der JAZ über die Betriebsdauer abzuleiten.

Hinweis von swissec:

Die erreichbaren JAZ-Werte von Anlagen müssen anlagenspezifisch definiert werden. Wenn z.B. eine PV-Anlage mit EMS-Ansteuerung der Wärmepumpe für eine gezielte Überladung der Speicher genutzt wird, so reduzieren sich die JAZ-Werte mit dem Vorteil der erhöhten Eigenstromnutzung.

4.1.3 Konzept und Prozess der Betriebsoptimierung

Eine optimal betriebene Anlage weist in der Regel weniger Störungen auf, benötigt weniger Energie und reduziert dadurch die Betriebskosten. Bei der Inbetriebsetzung werden zentrale Parameter, beispielsweise Heizkurve oder Regelstrategien, häufig zunächst auf Basis von Erfahrungswerten eingestellt. Erst im laufenden Betrieb können diese Einstellungen anhand realer Betriebsdaten überprüft und an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden.

Die Betriebsoptimierung ist daher ein kontinuierlicher Prozess während der Betriebsphase einer Anlage. Ziel ist eine bedarfsgerechte Energiebereitstellung auf dem erforderlichen Temperaturniveau bei möglichst hohen Wirkungsgraden der Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung. Gemäss Leistungsmodell SIA 112 stellt die Betriebsoptimierung eine von der Bauherrschaft zu beauftragende Zusatzleistung dar. Wenn Betriebsoptimierung mit Zusatzkosten verbunden ist, wird diese weniger realisiert, als wenn es eine Standardleistung ist. Gegebenenfalls müsste das SIA 112 angepasst werden.

Die Differenz zwischen Planungsannahmen und realem Betrieb bietet ein wesentliches Potenzial zur Effizienzsteigerung. Voraussetzung dafür sind geeignete Rahmenbedingungen bereits in Planung und Bau, insbesondere hinsichtlich Messkonzept, Regelstrategie und Datenverfügbarkeit.

Vertiefende Informationen zur Betriebsoptimierung von Wärmepumpenanlagen sind in verschiedenen Fachpublikationen verfügbar. Dazu zählen insbesondere das:

- das Fachbuch «Wärmepumpen - planen, optimieren, betreiben, warten» [26],
- das swissec Merkblatt 1/2022 «Betriebsoptimierung und Energiecontrolling» [27] sowie
- die von EnergieSchweiz publizierten «BO-Anleitungen für die Praxis» [28]

Eine konzeptionelle Darstellung der Betriebsoptimierung sowie der damit verbundenen Akteure, Informationsflüsse und Kompetenzen wird im Wärmepumpenbuch beschrieben. Die dort dargestellte Struktur bezieht sich primär auf komplexe Anlagen, lässt sich jedoch grundsätzlich auch auf Wärmepumpensysteme bis etwa 70 kW übertragen, da die grundlegenden Prozesse vergleichbar sind.

Die Abbildung 28 zeigt das Zusammenspiel der Akteure innerhalb der drei Ebenen der Betriebsoptimierung. Auf der Ebene des Normalbetriebs stehen Betreiber, Facility Management oder Nutzer im Zentrum. Hier werden Betriebsdaten erfasst, kontrolliert und einfache Anpassungen der Regelparameter vorgenommen. Die Ebene der BO-Unterstützung umfasst gezielte Auswertungen der Betriebsdaten sowie zusätzliche Messungen. Dabei werden häufig spezialisierte Fachpersonen beigezogen, um Optimierungspotenziale systematisch zu identifizieren und geeignete Massnahmen abzuleiten. Die dritte Ebene betrifft BO-Investitionen, bei denen auf Basis vertiefter Analysen technische Anpassungen oder der Ersatz einzelner Komponenten erfolgen. Diese Massnahmen erfordern Investitionsentscheide und werden daher meist in Abstimmung mit Eigentümer, Planer und weiteren Fachspezialisten umgesetzt.

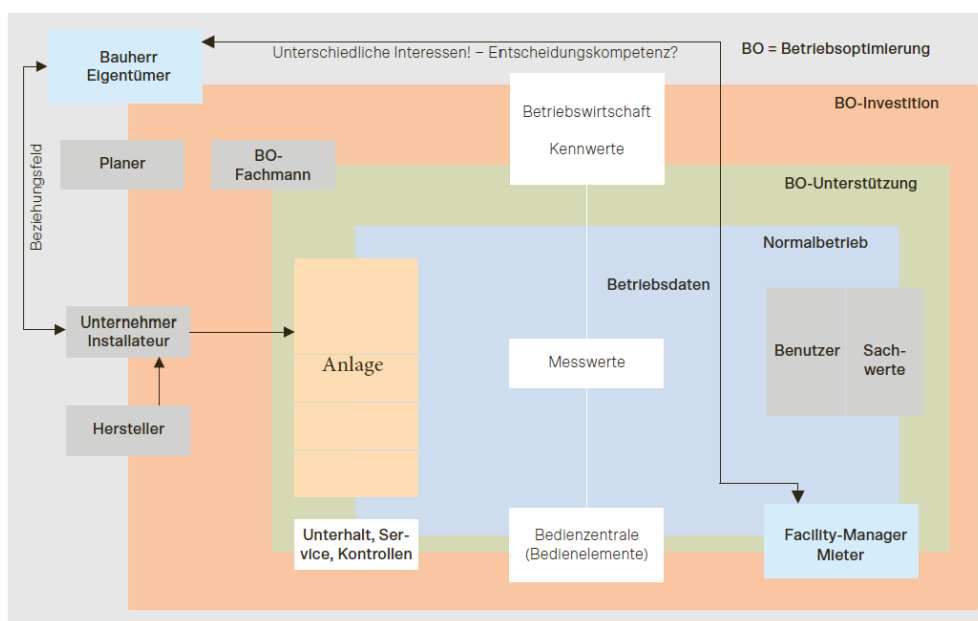


Abbildung 28 : Konzept der Betriebsoptimierung für eine Wärmepumpenanlage, basierend auf dem Konzept der Betriebsoptimierung für komplexe Anlagen im *Wärmepumpenbuch* (Faktor Verlag). [26]

Über alle Ebenen hinweg bildet die Anlage den technischen Kern des Systems. Über Sensorik und Monitoring werden Betriebsdaten erfasst, ausgewertet und zu betrieblichen Kennwerten aufbereitet, welche die Grundlage für Optimierungsentscheidungen bilden. Gleichzeitig zeigt die Darstellung, dass strategische Entscheidungen – insbesondere bei investiven Massnahmen – häufig beim Eigentümer oder Bauherrn liegen. Betriebsoptimierung ist damit sowohl ein technischer als auch organisatorischer Prozess, der je nach Eingriffsebene unterschiedliche Akteure einbindet.

4.1.4 Systematische Verbesserung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen über die Betriebsdauer

Zur systematischen Verbesserung der Jahresarbeitszahl (JAZ) wurden Betriebsoptimierungsmassnahmen entlang von sechs Kategorien strukturiert: Regelung und Betrieb, Hydraulik und Systembetrieb, Systemtemperaturen und Gebäudeintegration, Anlagenzustand und Wartung, Monitoring und Datenanalyse sowie Systemintegration und Energiemanagement. Innerhalb dieser Kategorien wird zwischen Massnahmen unterschieden, die im laufenden Normalbetrieb ohne spezialisierte Fachkompetenz umsetzbar sind, und solchen, die eine gezielte Unterstützung oder Investition erfordern. Die Bewertung erfolgt anhand der JAZ-Wirkung, des Implementierungsaufwands sowie der technischen Voraussetzungen.

Massnahmen mit dem grössten Hebeleffekt betreffen primär die Vorlauftemperatur. Insbesondere die Optimierung der Heizkurve sowie der hydraulische Abgleich zählen zu den wirksamsten Eingriffen, da sie direkt die thermodynamischen Betriebsbedingungen und damit die Effizienz des Kältekreises beeinflussen. Einige Kantone sind der Auffassung, dass dies die wichtigsten Punkte sind, und falls kontrolliert und korrigiert, keine weiteren Schritte nötig sind. Allerdings sollte diese Massnahmen in einem QS systematisch integriert werden.

Ebenfalls sehr wirksam, jedoch in der Umsetzung aufwändiger, ist die Reduktion der erforderlichen Systemtemperatur im Wärmeverteilsystem, beispielsweise durch Anpassung der Wärmeabgabeflächen oder der Regelstrategie.

Massnahmen im Bereich Monitoring und Datenanalyse sowie der Systemintegration und des Energiemanagements entfalten ihre Wirkung primär indirekt. Sie schaffen die Grundlage für eine datengestützte Analyse des Anlagenbetriebs, ermöglichen die Identifikation ineffizienter Betriebszustände und unterstützen die Priorisierung sowie automatisierte Umsetzung weiterer Optimierungsmassnahmen, beispielsweise durch den Einsatz von Energiemanagementsystemen oder lastabhängigen Betriebsstrategien.

Ein beispielhafter Überblick über die strukturierten Massnahmen ist in der untenstehenden Abbildung 29 dargestellt, während die detaillierte Bewertung aller Massnahmen mit Angaben zu Wirkmechanismus, JAZ-Wirkung, Aufwand und Voraussetzungen im «Anhang A9 Systematische Verbesserung der JAZ von Wärmepumpenanlagen über die Betriebsdauer» aufgeführt ist.

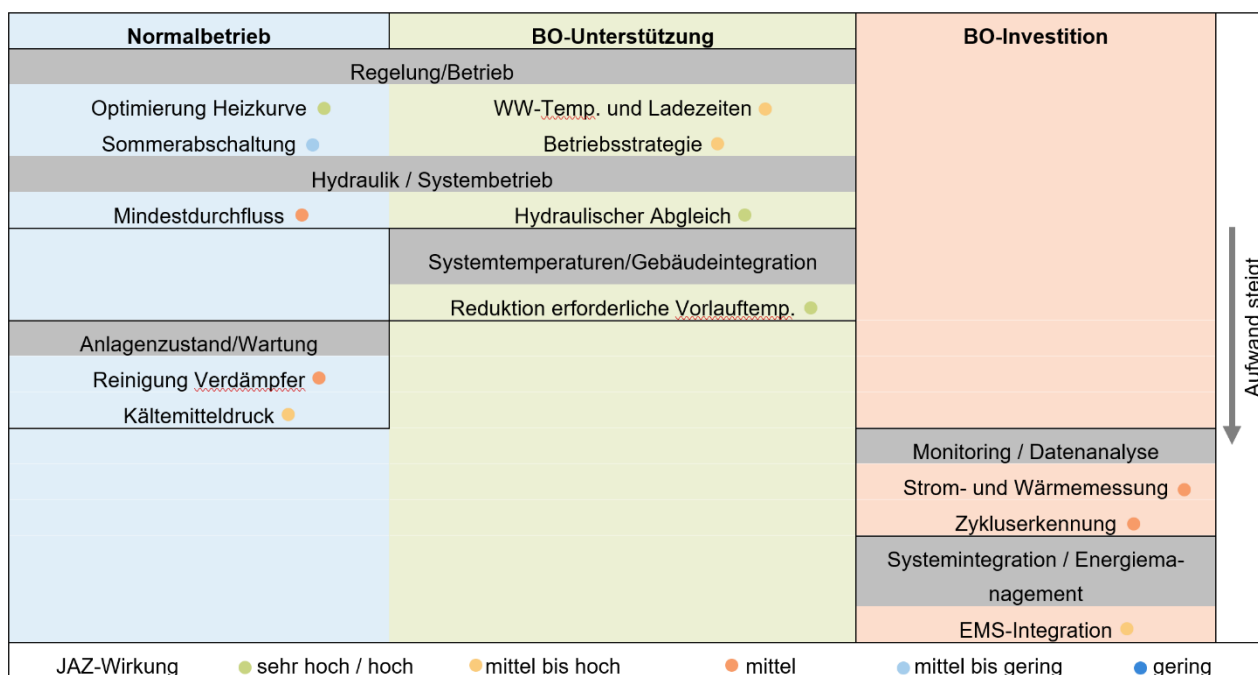


Abbildung 29 Kategorien und ausgewählte Beispiele von Betriebsoptimierungsmassnahmen für Wärmepumpen (JAZ-Wirkung und Aufwand). Vollständige Übersicht: «Anhang A9 Systematische Verbesserung der JAZ von Wärmepumpenanlagen über die Betriebsdauer»

4.2 Monitoring-Lösungen

Zur systematischen Einordnung der verfügbaren Monitoring-Lösungen wurde eine vergleichende Analyse durchgeführt, welche die unterschiedlichen Systeme hinsichtlich ihrer funktionalen Ausprägung, der erfassten Messgrössen sowie der technischen Umsetzung gegenüberstellt.

Die betrachteten Lösungen umfassen ein breites Spektrum – von einfachen, indirekten Monitoringansätzen wie Smart-Meter-basierten Lastganganalysen bis hin zu umfassenden Systemlösungen wie Gebäudeautomationssystemen (GLT/BMS) oder integrierten Energiemanagementsystemen. Entsprechend unterschiedlich sind die Tiefe der verfügbaren Daten sowie der daraus ableitbare Nutzen für die Betriebsanalyse und -optimierung.

Ein zentrales Unterscheidungsmerkmal ist die Verfügbarkeit von direkt an der Wärmepumpe erhobenen Messgrössen. Während einfache Lösungen primär auf aggregierten elektrischen Verbrauchsdaten basieren und nur indirekte Rückschlüsse auf den Anlagenbetrieb erlauben, erfassen fortgeschrittene Systeme zusätzlich thermische Grössen wie Vor- und Rücklauftemperaturen, abgegebene Wärmeenergie sowie betriebsrelevante Zustandsgrössen des Verdichters. Diese erweiterten Datenpunkte ermöglichen eine deutlich präzisere Analyse von Betriebszuständen und Effizienzkennzahlen.

Herstellerspezifische Telemetriesysteme (Portale) sowie Gebäudeautomationslösungen stellen in diesem Zusammenhang eine hohe Datentiefe bereit, wobei die Datenqualität und Vergleichbarkeit teilweise eingeschränkt sein können, insbesondere bei herstellerabhängigen Definitionen von Kennzahlen wie der Jahresarbeitszahl oder des COP. Demgegenüber ermöglichen standardisierte Monitoringlösungen mit externer Messhardware eine höhere Messgenauigkeit und Vergleichbarkeit, sind jedoch mit einem erhöhten Installationsaufwand verbunden.

Energiemanagementsysteme nehmen eine Sonderstellung ein, da ihr Schwerpunkt weniger auf der detaillierten Messung, sondern vielmehr auf der aktiven Steuerung und Optimierung des Anlagenbetriebs liegt. Die verfügbare Datentiefe ist hier häufig geringer, wird jedoch durch zusätzliche Funktionen wie Eigenverbrauchsoptimierung oder tarifbasierte Betriebsstrategien ergänzt.

Die Analyse zeigt insgesamt, dass zwischen Datenverfügbarkeit, Messqualität, Systemkomplexität und Kosten ein klarer Zielkonflikt besteht. Während einfache Lösungen eine niederschwellige Einstiegsmöglichkeit bieten, sind für eine fundierte Effizienzbewertung und Betriebsoptimierung in der Regel weitergehende Monitoringkonzepte erforderlich.

Ein Überblick über die durch die verschiedenen Monitoring-Lösungen erfassten Messpunkte sowie deren Zusammenhang mit funktionalem Umfang und Systemtiefe ist in Abbildung 30 dargestellt. Die unterschiedlichen Bereiche der Datenauflösung sind zusätzlich in Abbildung 31 zusammengefasst. Die vollständige und detaillierte Gegenüberstellung aller betrachteten Systeme, einschliesslich technischer Umsetzung, Datenanforderungen und Bewertungskriterien, ist im «Anhang A10 Überblick Monitoring-Lösungen» aufgeführt.

Zum Nutzerverhalten beziehungsweise zur Nutzererfahrung lagen zum Zeitpunkt der Analyse keine belastbaren Daten vor, sodass dieser Aspekt in der vorliegenden Bewertung nicht vertieft berücksichtigt werden konnte.

Funktionaler Umfang ↑	Netzdienlichkeit						
	Energiemanagement						
	Fernsteuerung						
	Fehlerdiagnose						
	Fehlererkennung						
	Effizienzbewertung						
		WPCockpit	MINERGIE	Smart Meter	IoT	Hersteller	EMS
Monitoring Lösungen mit steigendem IKT Aufwand →							

Abbildung 30: Einordnung von Monitoring-Lösungen nach Daten und Schnittstellen und Funktionaler Umfang

Abbildung 32 zeigt die zeitlichen Datenauf Lösungsbereiche verschiedener Monitoring-Plattformen für Wärmepumpenanwendungen. Die Darstellung erfolgt auf einer logarithmischen Skala und verdeutlicht die grosse Spannweite der verfügbaren zeitlichen Auflösungen – von hochfrequenten Messungen im Minutenbereich bis hin zu aggregierten Auswertungen über Wochen oder Monate. Systeme wie Hersteller-Portale, Forschungs-Datenerfassung (DAQ), oder Internet of Things (IoT) ermöglichen typischerweise eine hohe zeitliche Auflösung im Bereich von 1- bis 15-Minuten und eignen sich damit für eine detaillierte Analyse von Betriebszuständen und dynamischen Effekten. Demgegenüber liefern Lösungen wie WP-Cockpit oder MINERGIE-Monitoring deutlich gröber aufgelöste Daten, die primär für periodische Effizienzbewertungen und Benchmarking-Zwecke genutzt werden. Smart-Meter-Daten nehmen eine Zwischenstellung ein, wei-

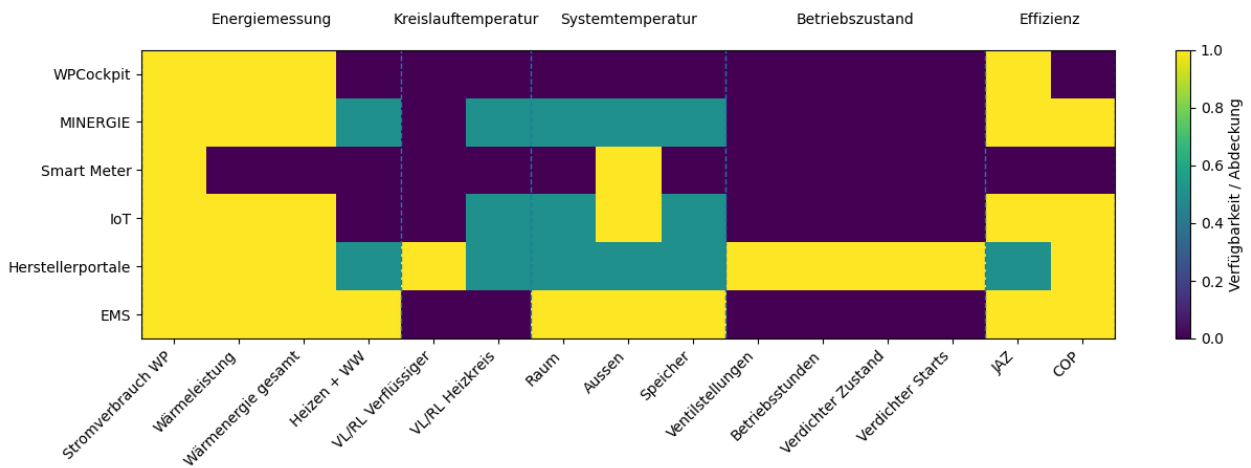


Abbildung 31: Übersicht der durch verschiedene Monitoring-Lösungen erfassten Messpunkte sowie deren Verfügbarkeit in den Bereichen Energiemessung, Temperatur, Betriebszustand und Effizienz.

sen jedoch in der Regel eine feste zeitliche Auflösung von 15-Minuten ohne zusätzliche Verdichtung auf.

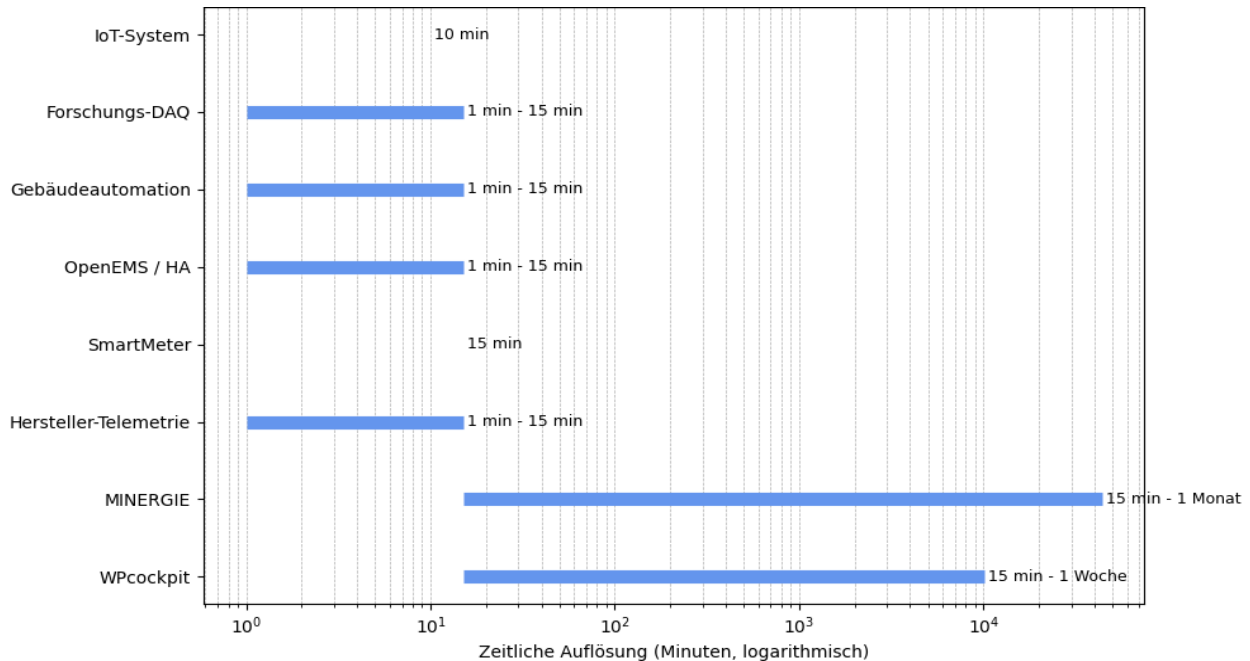


Abbildung 32: zeitlichen Datenauf Lösungsbereiche verschiedener Monitoring-Plattformen für Wärmepumpenanwendungen

Im Folgenden werden exemplarisch die «Minergie-Plattform», das sogenannte «Wärmepumpen-Cockpit» der Energiefachstelle St. Gallen, die IoT-basierte Monitoringlösung LoRaLARM der Renera AG sowie einige herstellerspezifische Telemetriesysteme vorgestellt, die insbesondere im Schweizer Markt relevant sind.

4.2.1 Monitoring-Plattform von Minergie

Am weitesten fortgeschritten ist die Monitoring-Plattform von **Minergie**. Das Minergie-Monitoring betrifft das gesamte Gebäude inkl. Produktion, Gesamtverbrauch und anderen Wärmeerzeugern. Hier wird der Fokus auf die Wärmepumpen gesetzt.

Beim «Monitoring+» werden Planwerte mit den effektiven Messwerten im Betrieb von Gebäuden verglichen. Ein Demo-Zugang ist unter diesem Link verfügbar:

https://www.label-plattform.ch/pub/monitoring_demo

Bei Minergie werden die folgenden Kennzahlen dargestellt betreffend Wärmepumpe:

- Jahresarbeitszahl JAZ
- Stromverbrauch
- Wärmeenergie für Warmwasser und Heizen

Die Daten werden sowohl für das aktuelle Jahr wie auch für die vergangenen Jahre dargestellt.

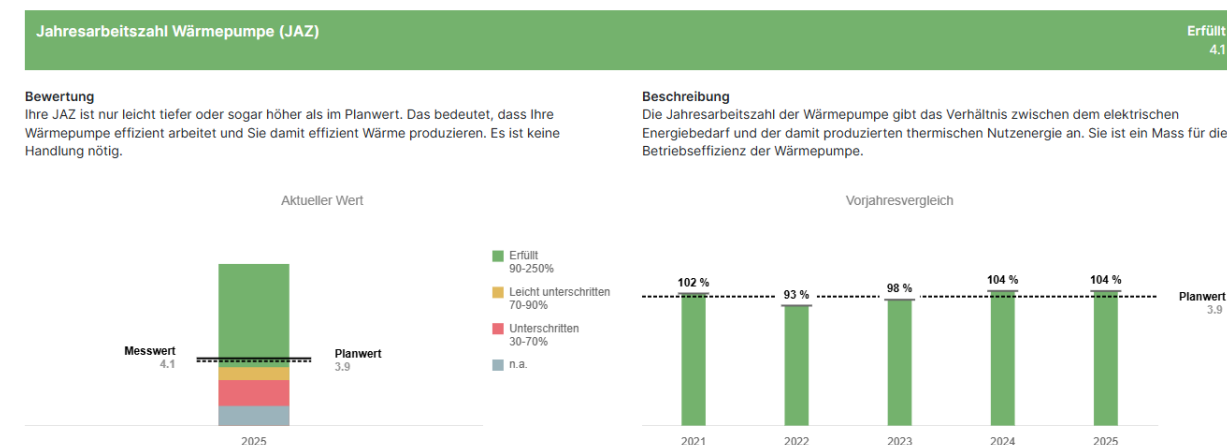


Abbildung 33: Monitoring+ von Minergie

Die Hersteller, welche das Monitoring-Modul anbieten, werden von Minergie zertifiziert. Eine aktuelle Liste der zertifizierten Hersteller ist hier zu finden:

<https://www.minergie.ch/de/zertifizieren/module/modul-monitoring-modulanbietende>

Die Monitoring-Anbietenden bezahlen eine Zertifizierungsgebühr, einmalig für die Erstaufschaltung und jährlich für den laufenden Betrieb der Anbindung. Für den Endkunden ist das Monitoring Pflicht (für Gebäude ab 1000 m² EBF sowie Minergie A). Eine Aufschaltung von «Monitoring+» ist nicht Pflicht und benötigt die Einwilligung des Eigentümers.

Die Monitoring-Datenpunkte gemäss Minergie sind in «Anhang A4 Vorgaben für das Monitoring nach Minergie» zusammengestellt (Schema). Für die Wärmepumpe werden ein Elektrozähler und zwei Wärmezähler eingesetzt. Die Wärmezähler sind nur für grosse Gebäude ab 1000 m² EBF vorgeschrieben.

Im Gegensatz dazu soll das WP-Monitoring möglichst ohne zusätzliche Zähler auskommen. Die Installation von Elektro- oder Wärmezählern ist kostspielig. Die Daten müssen möglichst aus der Wärmepumpe selbst ausgelesen werden.

4.2.2 Wärmepumpen-Cockpit (WP-Cockpit)

Das WP-Cockpit der Energieagentur St. Gallen GmbH ist eine webbasierte Plattform zur Bewertung der Effizienz von Wärmepumpenanlagen im Betrieb. Grundlage bildet der Vergleich von gemessener Wärmeleistung und Stromverbrauch mit einer typengleichen Referenzanlage. Die resultierende JAZ wird über ein Ampelsystem visualisiert und durch zeitliche Auswertungen ergänzt, um Optimierungspotenziale aufzuzeigen.

Die Datenerfassung erfolgt manuell oder automatisiert, wobei für die automatische Übermittlung Lösungen verschiedener Anbieter zur Verfügung stehen. Aufgrund der offenen Datenschnittstelle ist eine Integration weiterer Systeme grundsätzlich möglich. Eine zuverlässige Bewertung setzt jedoch eine fachgerechte Messung von Strom- und Wärmemengen voraus. Die Installation entsprechender Messinfrastruktur wird derzeit mit CHF 1'500.– gefördert. zeigt die empfohlene Messinfrastruktur zur automatisierten Datenerfassung und JAZ-Berechnung, während Abbildung 35 eine beispielhafte Auswertung im Vergleich zu einer Referenzanlage darstellt.

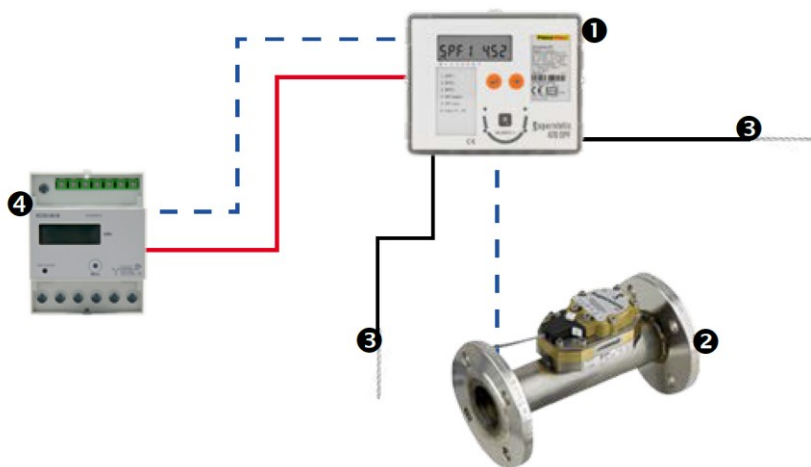


Abbildung 34: Voraussetzungen an die Messinstrumente zur Bestimmung der Energieeffizienz: Wärmemengenrechner bestehend aus Wärmemengenrechner (1), Volumenmessteil (2) und zwei Temperaturfühlern (3) sowie zusätzlicher Elektrozähler (4) zur Erfassung der elektrischen Energie

Testgebäude 3 (rot)

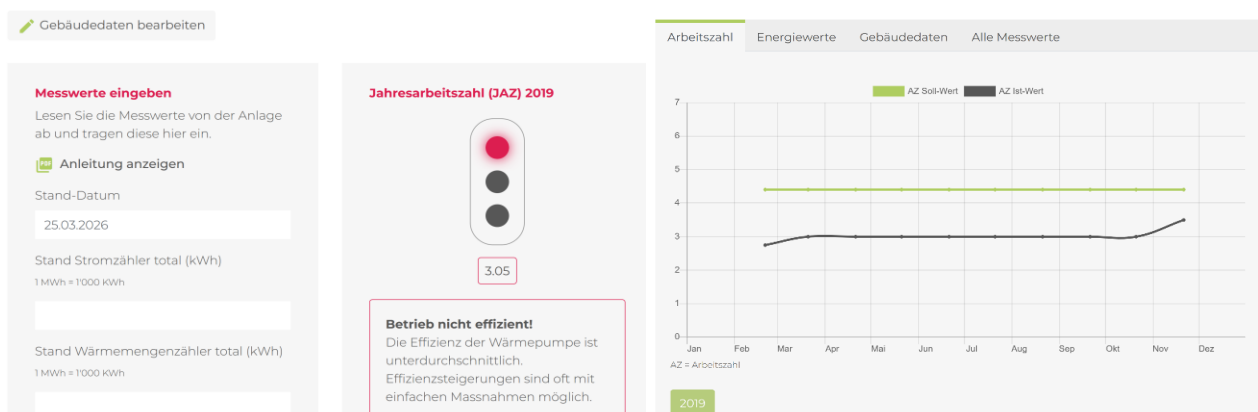


Abbildung 35: Beispielhafte JAZ-Auswertung im Wärmepumpen-Cockpit mit Vergleich zwischen realer Anlage und Referenzanlage

Die Plattform richtet sich primär an Eigentümer und Betreiber und stellt eine niederschwellige Lösung zur Effizienzbewertung im Bestand dar. Einschränkend ist festzuhalten, dass die manuelle Dateneingabe die

Skalierbarkeit begrenzen kann. Zudem ist die Referenzbildung mit Unsicherheiten behaftet, da reale Betriebsbedingungen nur vereinfacht abgebildet werden. Darüber hinaus kann die Komplexität bestehender hydraulischer Systeme die standardisierte Installation der geförderten Messinfrastruktur erschweren.

4.2.3 Internet of Things (IoT)-basierte Monitoringlösungen

Neben etablierten Monitoringansätzen gewinnen IoT-basierte Lösungen zunehmend an Bedeutung. IoT-Monitoringsysteme basieren auf einfach nachrüstbaren, drahtlosen Sensoren, die mit Mikrocontrollern ausgestattet sind und Messdaten wie Temperatur, Feuchtigkeit oder Druck erfassen. Die Datenübertragung erfolgt typischerweise über Funktechnologien wie LoRaWAN oder NB-IoT an eine zentrale Plattform, wo sie grafisch aufbereitet, und für Monitoringzwecke genutzt werden. Ergänzend können externe Datenquellen, beispielsweise Wetterdaten, integriert werden. Über definierte Grenzwerte lassen sich automatisiert Alarmer auslösen, etwa bei Fehlfunktionen von Komponenten oder ineffizienten Betriebszuständen.

Der Verein Energie Zukunft Schweiz (heute in Zusammenarbeit mit der Renera AG) hat ein entsprechendes Monitoringkonzept für den Heizungsbereich entwickelt und weitergeführt. Das Konzept wurde ursprünglich im Bereich der Solarthermie zur Fehlererkennung und Diagnose im Rahmen eines BFE-Projekts gemeinsam mit der FHNW entwickelt und anschliessend durch die Renera AG (Produkt LoRaLARM) weitergeführt [29]. Eine Übertragung auf Wärmepumpenanwendungen zeigt das Potenzial dieses Ansatzes (Siehe Abbildung 36): In einem Einfamilienhaus mit Luft-Wasser-Wärmepumpe und Kombispeicher konnte mittels eines einzelnen LoRaWAN-Temperatursensors und ergänzender Wetterdaten eine Fehlkonfiguration der Speicherbeladung identifiziert werden, bei der die Vorlauftemperatur unabhängig von der Aussentemperatur und ohne Umsetzung einer Heizkurve bzw. Heizgrenze geregelt wurde.

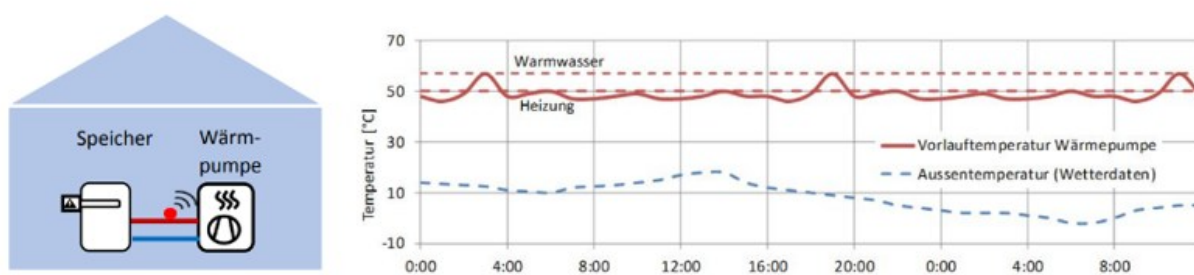


Abbildung 36: Identifikation eines ineffizienten Betriebs einer Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus anhand eines einzelnen Vorlauftemperatursensors. Quelle: Merkblatt – Einfaches und günstiges Monitoring für die Gebäudetechnik [53]

Ein wesentlicher Vorteil dieser Systeme liegt in der einfachen und kostengünstigen Nachrüstung bestehender Anlagen. Gleichzeitig ermöglichen sie eine kontinuierliche Überwachung sowie die automatische Erkennung von Störungen und ineffizienten Betriebsweisen.

Jedoch ist die Aussagekraft solcher Systeme begrenzt. Für IoT-basierte Monitoringlösungen bestehen insbesondere folgende Einschränkungen:

- Eine geringe Datenverfügbarkeit sowie potenzielle Netzwerkprobleme erschweren fundierte Analysen und beeinträchtigen die Aussagekraft der Ergebnisse.
- Weitergehende Funktionen wie detaillierte Betriebsanalysen oder eine systematische Optimierung erfordern zusätzliche Sensorik und erhöhen entsprechend den Installationsaufwand.
- Die Entwicklung robuster Fehlererkennungslogiken ist aufwändig und erfordert fundierte Kenntnisse des Anlagenbetriebs. Aufgrund der grossen Varianz von Anlagen und hydraulischen Konzepten kann die Übertragbarkeit und Skalierbarkeit solcher Ansätze eingeschränkt sein. Die gezielte hochauflösende Datenaufnahme von rund 30 Wärmepumpenanlagen und die Auswertung des Feldmessdatensatzes der IES-OST könnten eine Basis für die Entwicklung entsprechender Fehlererkennungsalgorithmen bilden. Da das BFE die Datensätze auf Open Government Data

publizieren wird, könnte dies unterschiedliche Akteure zur Entwicklung innovativer Software-as-a-Service-Lösungen animieren [30].

Insgesamt stellen jedoch IoT-basierte Monitoringlösungen einen niederschweligen Einstieg in die Zustandsüberwachung dar und eignen sich insbesondere für die Detektion von Fehlfunktionen im Bestand. Für eine umfassende Effizienzbewertung und weitergehende Optimierungsstrategien sind jedoch ergänzende Monitoringkonzepte erforderlich. Der Einsatz von Machine-Learning-Ansätzen und modernen datenwissenschaftlichen Methoden in Kombination mit IoT-Sensorik bietet jedoch Potenzial, diese Einschränkungen teilweise zu kompensieren und sollte weiter untersucht werden [31].

4.2.4 Service-Portale der Hersteller zur Fernüberwachung und Fernsteuerung

Die Wärmepumpen-Hersteller stellen Service-Portale mit Fernzugriff zur Verfügung. Es folgen zwei Beispiele von unterschiedlichen Herstellern.



Abbildung 37: Beispiel für Service-Portal: Stiebel Eltron Service Welt

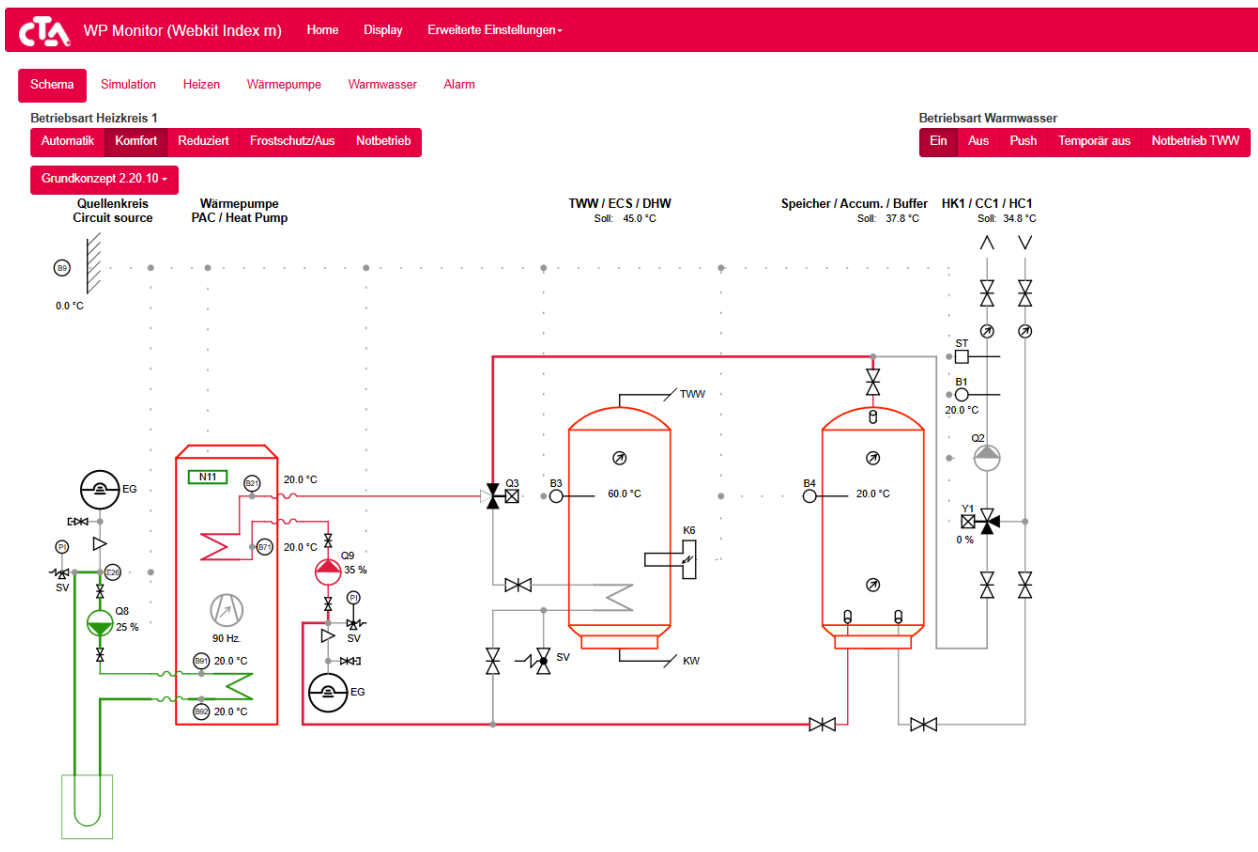


Abbildung 38: Beispiel für Service-Portal: CTA Service Seite

Die Service-Portale stellen zahlreiche Daten der Wärmepumpe zur Verfügung, allerdings sind sie herstellerspezifisch. In der Regel werden auch keine Arbeitszahlen oder COP-Werte ausgewiesen oder dessen Definition ist nicht überall identisch.

Auch Anbieter von Energiemanagementsystemen (EMS) bieten Monitoring-Lösungen an, zum Teil speziell für Wärmepumpen. Im «Anhang A3 Mögliche Visualisierungen und technische Umsetzungen» werden Beispiele gezeigt. Damit können heutige, aufwändige Feldkontrollen durch digitale Lösungen mit Fernüberwachung ersetzt werden.

Um die Kosten für die Kontrollen zu senken, müssen digitale, voll automatisierte Monitoring-Lösungen gefunden werden. Es ist naheliegend, bereits bekannte Monitoring-Plattformen zu nutzen.

Einige dieser Hersteller erweitern ihre Service-Portale, um auch intelligente Regelung anhand aktueller Betriebsdaten und Prognosen anzubieten. Meist werden diese als kostenpflichtige Software-Add-on-Pakete an Kunden verkauft. Beispiele hierfür sind etwa das cloudbasierte Add-on «EnergiePLUS» von Vaillant [32], das den Wärmepumpenbetrieb auf Basis von PV-Ertragsprognosen und Wetterdaten automatisch optimiert, oder die «iON»-Plattform von iDM [33], die Machine-Learning-basierte Betriebsoptimierung und prädiktive Wartung als Software-Dienst anbietet.

4.3 Anforderungen an das WP-Monitoring

Die Analyse bestehender Literatur sowie eigene Erfahrungen und Expertise ergab eine vollständige Liste der empfohlenen Datenpunkte, die in «Anhang A6 Vorgeschlagene Datenpunkte für das WP-Monitoring» dokumentiert ist [30] [26] [9]. Die wichtigsten Datenpunkte sind:

Energetische Grössen:

- Elektrische Leistungsaufnahme (kW) und elektrischer Energieverbrauch (kWh)

- Abgegebene Wärmeleistung (kW) und abgegebene Wärmeenergie (kWh) für
 - Heizbetrieb
 - Warmwasserbetrieb
- Allenfalls Kühlleistung (kW) bzw. Kühlenergie (kWh) bei Kühlbetrieb

Effizienzkennzahlen:

- Arbeitszahl (AZ/COP) gemittelt über verschiedene Zeitperioden für Heizbetrieb, Warmwasserbetrieb und Kühlbetrieb (xEER)
- Jahresarbeitszahl (JAZ) als integrale Effizienzkennzahl über die gesamte Heizperiode bzw. das Betriebsjahr
- SCOP und SEER als normierte saisonale Referenzwerte
- Wärmenutzungsgrad (WNG)
- Systemnutzungsgrad (SNG) als Gesamteffizienzkennzahl auf Systemebene

Temperaturen:

- Quelle und Senke, Vor- und Rücklauf
- Heizkreise, Vor- und Rücklauf
- Speichertemperaturen
- Ev. Raumtemperatur (falls Fühler vorhanden)

Betriebskennzahlen:

- Verdichterlaufzeit gesamt, differenziert nach Heizbetrieb, Warmwasserbetrieb und Kühlbetrieb
- Anzahl Verdichtereinschaltungen (Taktung)
- Vollbetriebsstunden
- Sperrzeiten (VNB/EVU)

Bei der elektrischen Leistungsaufnahme sollten tägliche Verläufe sichtbar sein mit einer zeitlichen Auflösung von 15 Minuten oder kürzer. Je höher die zeitliche Auflösung, desto besser können Aussagen gemacht werden zum Betrieb. Bei den Temperaturen sollten ebenfalls zeitliche Verläufe sichtbar sein. Hier reicht eine Auflösung von 15 Minuten aus.

Die erreichte Messgenauigkeit hängt ab von der Instrumentierung. Die höchste Genauigkeit wird mit dem Einsatz von geeichten Messgeräten erreicht, die tiefste Genauigkeit beim Herauslesen der Werte aus der Wärmepumpe selbst (in der Regel über eine Modbus-Datenschnittstelle).

Um den Instrumentierungsaufwand in Grenzen zu halten, werden verschiedene Leistungsklassen empfohlen:

- 0-30 kW ohne geeichte Messgeräte, also Verwendung interner WP-Daten (Modbus⁵)
- 30-70 kW mit geeichten Messgeräten, also Verwendung externer Daten aus Sensoren

Im unteren Leistungsbereich 0-15 kW könnte allenfalls auf eine «Minimallösung» nur mit Strommessung zurückgegriffen werden (siehe Tabelle im «Anhang A8 Bisherige Lösungen (ohne Fernzugriff/Datenübertragung)»).

⁵ Das am häufigsten verwendete Kommunikationsprotokoll bei Wärmepumpen ist Modbus. Über dieses Protokoll können eine Vielzahl interner Parameter und Signale ausgelesen und beschrieben werden.

4.3.1 Monitoring-Stufen

In Zusammenarbeit mit dem BFE wurden verschiedene Stufen des Monitorings entwickelt. Die Idee ist eine «tiefe Einstiegsschwelle» für kleine Anlagen, welche stufenweise ausgebaut werden kann. Eine vollständige Übersicht zu verschiedenen Monitoring-Stufen gibt die Tabelle im «Anhang A7 Tabellendarstellung vorgeschlagene Monitoring-Stufen» mit entsprechenden Schemen. Folgend werden die wichtigsten Vorschläge zusammengefasst:

- **Stufe 0 - Minimal:** Strommessung mit Fernzugriff über eine App als kostengünstiger Einstieg
- **Stufe 1 - Monitoring WP-Hersteller:** Service-Plattformen der Wärmepumpen-Hersteller nutzen für das Monitoring
- **Stufe 2 - Monitoring Basic:** Herstellerunabhängiges Monitoring über ein zusätzliches Gateway mit Anbindung an eine CH-Monitoring-Plattform, basierend auf internen Daten der WP (ausgelesen über Modbus)
- **Stufe 3 - Monitoring Advanced:** Herstellerunabhängiges Monitoring über externe (geeichte) Strom- und Wärmemessung mit Anbindung an eine CH-Monitoring-Plattform
- **Stufe 4 - Monitoring+:** Kombination aus Stufe 2 und 3, Anbindung an eine CH-Monitoring-Plattform

Die **Stufe 0** (Abbildung 39) basiert auf einer kostengünstigen Lösung über eine nachrüstbare Wandler-Strommessung mit Cloud-Anbindung und Visualisierung über eine Smartphone-App für den Endkunden. Es gibt zahlreiche kostengünstige Lösungen auf dem Markt im Bereich von CHF 100 Hardwarekosten. Der Einbau der Wandler-Messung im Elektroverteilkasten wird auf ca. CHF 300 geschätzt. Über die App könnte auch ein Betriebsoptimierer (Berater, Drittperson) auf das System zugreifen per Fernzugriff (keine Handablesung vor Ort notwendig). Andererseits sind die Lösungen abhängig von den Lieferanten der Messsysteme, welche typischerweise in Fernost produziert werden. Zudem ist keine Einbindung in eine übergeordnete Monitoring-Plattform (der Schweiz) möglich.

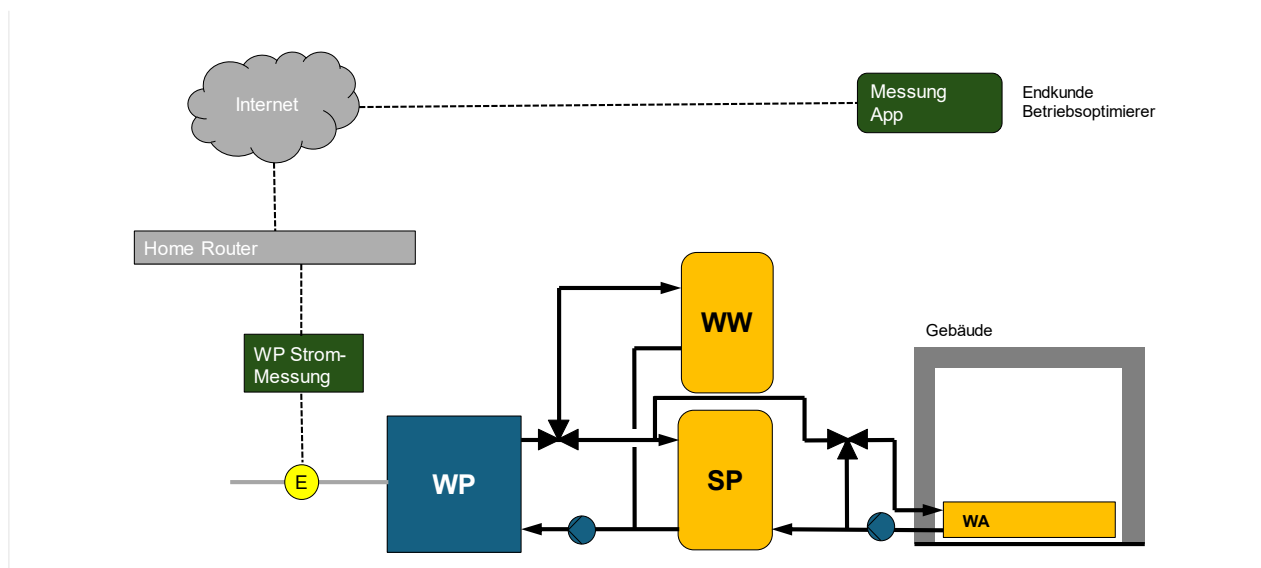


Abbildung 39: Monitoring-Stufe 0 mit Strommessung der WP und externer App

Die **Stufe 1** (Abbildung 40) zeigt die übliche Lösung über die Service-Portale der Wärmepumpenlieferanten/-hersteller. Diese ermöglichen einen detaillierten Fernzugriff auf die Wärmepumpe und haben Hersteller-spezifische Visualisierungen (Beispiele wurden weiter oben gezeigt). Die Service-Portale dienen dem Installateur und dem Service-Techniker zur Fernwartung. Andererseits bieten einige WP-Hersteller Smartphone-Apps für Endkunden mit einem vereinfachten Zugang. Im Gegensatz zu den Service-Portalen werden dort keine internen Fehlermeldungen oder Probleme der Wärmepumpe angezeigt, sondern der Fokus liegt auf der Komfortsteuerung durch den Kunden. Eine Einbindung in eine CH-weite, übergeordnete Monitoring-Plattform ist nur beschränkt möglich, da sonst der WP-Hersteller sein Service-Portal

mit entsprechenden Schnittstellen zur Monitoring-Plattform erweitern müsste (was bei CH-Lieferanten aber durchaus denkbar ist).

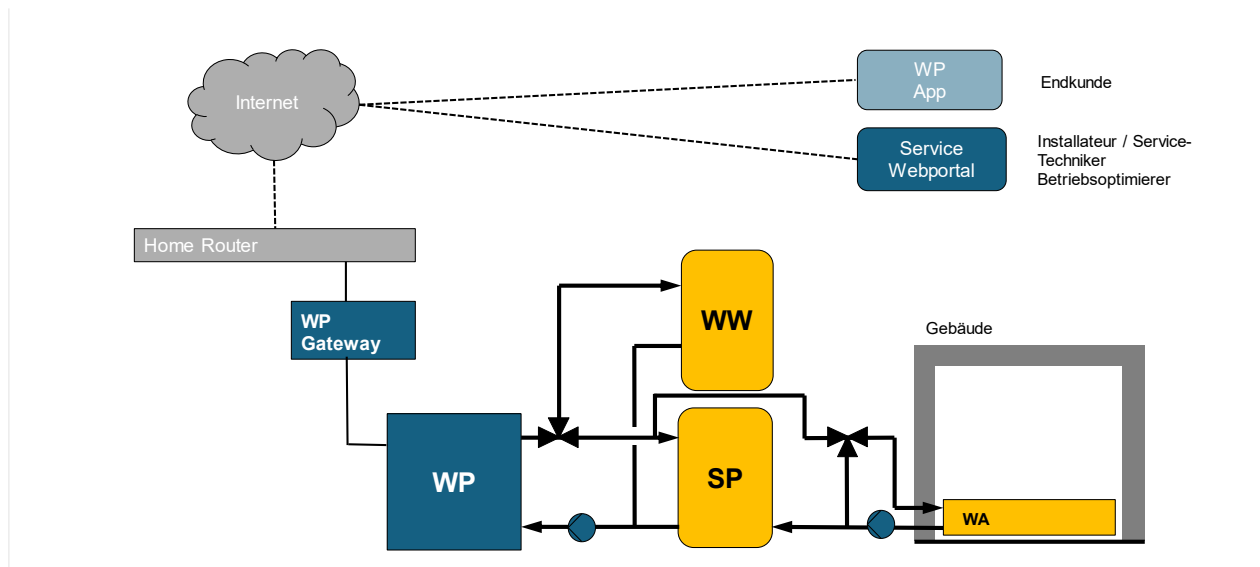


Abbildung 40: Monitoring-Stufe 1 - Service-Portal des WP-Herstellers

Das Problem der Herstellerabhängigkeit löst die **Stufe 2** (Abbildung 41). Hier wird ein zusätzliches Gateway eingesetzt, welches die Daten (über Modbus) aus der WP liest, verarbeitet und an die Monitoring-Plattform weiterleitet. Dazu wird die vorgegebene Schnittstelle (API) der Monitoring-Plattform implementiert. Auf der anderen Seite muss das Gateway kompatibel sein zu den üblichen in der CH installierten Wärmepumpen. Als mögliche Hersteller der Gateway-Lösung kommen EMS-Entwickler in Frage, welche bereits über grosse Erfahrung mit der Anbindung von Wärmepumpen verfügen und in der CH tätig sind. Der Vorteil dieser Lösung ist die Berechnung standardisierter Kennzahlen, welche in der Monitoring-Datenbank abgelegt werden. So werden automatisch CH-weite Daten über alle installierten Wärmepumpen erfasst, welche untereinander vergleichbar sind (nach vorgegebener Spezifikation⁶). Zudem sind die Zusatzkosten tief (ca. CHF 300 für Monitoring-Gateway plus ca. CHF 300 für WP-Gateway, falls benötigt). Auch die Installationskosten sind tief, da die Gateways lediglich an das oft ohnehin vorhandene Heimnetzwerk angeschlossen werden müssten (keine Installationen im Elektroverteilkasten oder zusätzlicher Sensoren). Andererseits werden die Daten aus der Wärmepumpe ausgelesen, was deren Genauigkeit einschränkt und sie vom jeweiligen WP-Hersteller abhängig macht. Dieser Aspekt wird derzeit in einem Projekt der Hochschule OST «Vergleich zwischen eingebauten Komponenten und Feldmessdaten» untersucht. Die Ergebnisse können in ein künftiges Monitoring-Konzept integriert werden [34].

⁶ Die Einhaltung der Spezifikation könnte von einer unabhängigen Stelle überprüft werden, z.B. SmartGridready Testlabor der FHNW

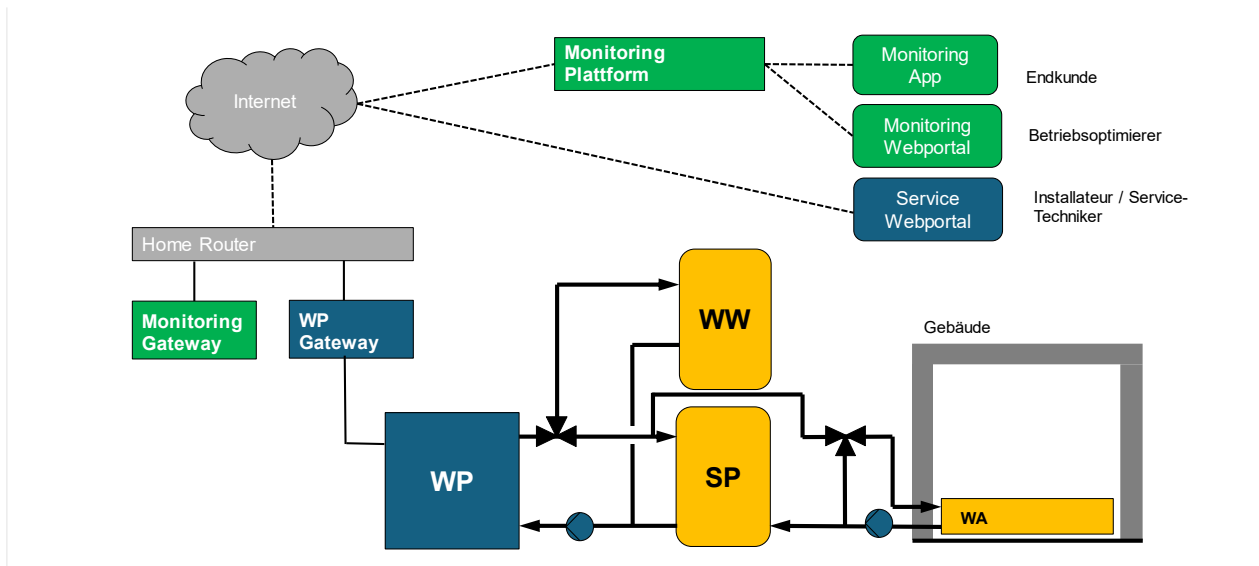


Abbildung 41: Monitoring-Stufe 2 – WP-Hersteller-unabhängige Lösung mit Monitoring-Gateway und Anbindung an Monitoring-Plattform

Eine Erweiterung ist **Stufe 4** (Abbildung 42) mit externer Messung von Strom und Wärme. Der Vorteil ist die höhere Genauigkeit im Falle von geeichten Zählern und Unabhängigkeit der Messung. Optional kann auch eine Raumtemperaturmessung ergänzt werden. Da der Aufwand im Vergleich zu obigen Lösungen deutlich höher ist, ist diese Stufe für grössere Installationen zu empfehlen.

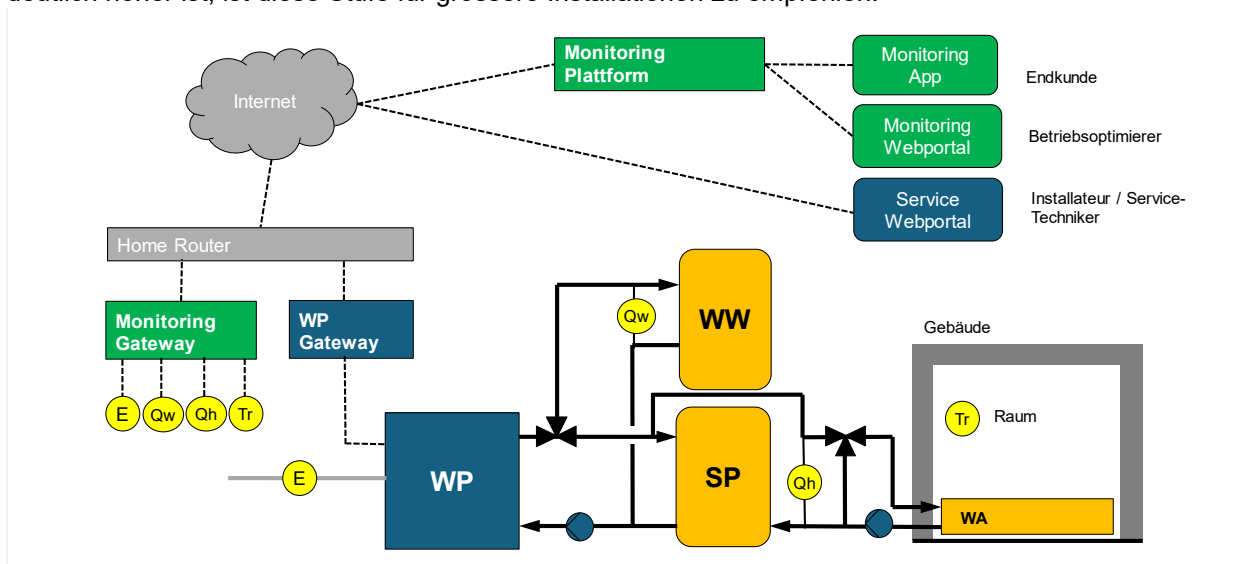


Abbildung 42: Monitoring-Stufe 4 – WP-Hersteller-unabhängige Lösung mit Monitoring-Gateway, externer Messung und Anbindung an Monitoring-Plattform

4.3.2 EMS-Stufen

Als Erweiterung können Energiemanagementsysteme (EMS) eingesetzt werden, welche die Wärmepumpe und andere Verbraucher aktiv steuern. Diese dienen zur Eigenverbrauchsoptimierung, Optimierung nach (dynamischen) Stromtarifen und (in Zukunft) zur netzdienlichen Regelung. Eine vollständige Übersicht zu verschiedenen Monitoring-Stufen gibt die Tabelle im «Anhang A7 Tabellendarstellung vorgeschlagene Monitoring-Stufen» mit entsprechenden Schemen. Folgend werden die wichtigsten Vorschläge zusammengefasst:

- **Stufe 5 - EMS Basic:** Energiemanagementsystem mit Einbindung PV und WP zur Eigenverbrauchsoptimierung inkl. Monitoring-Funktion
- **Stufe 6 - EMS Advanced:** Energiemanagementsystem mit zusätzlicher Tarifoptimierung mit Komfortfunktionen, inkl. Monitoring-Funktion
- **Stufe 7 - EMS Plus:** Energiemanagementsystem mit zusätzlichen netzdienlichen Funktionen, inkl. Monitoring-Funktion. Die Anwendung dieser Stufe im Kontext der Netzdienlichkeit wird in Abschnitt 5.3 vertieft

Auf **Stufe 5** (Abbildung 43) ist ein unabhängiges EMS installiert mit offenen Schnittstellen, welches die PV-Produktion über den Wechselrichter (WR) misst und die Wärmepumpe sowie weitere Verbraucher im Gebäude steuert, so dass der Eigenverbrauch optimiert wird. Das EMS kommuniziert über das WP-Gateway mit der Wärmepumpe (Modbus). Für Monitoring-Zwecke muss das EMS mit einer zusätzlichen Software-Schnittstelle (API) zur Monitoring-Plattform erweitert werden. Somit ist gewährleistet, dass die Daten in einem standardisierten Format zentral abgelegt werden können. Externe Wandler-Strommessungen am Netzanschlusspunkt und der Wärmepumpe können ergänzt werden zur Regelung und Messung. Bei der Wärmepumpe kann die elektrische Leistungsaufnahme bei einigen Herstellern auch aus dem Gerät selbst ausgelesen werden (über Modbus). Die Messung über Stromwandler ist weniger genau als eine Messung mit geeichten Stromzählern, sie hat jedoch eine hohe zeitliche Auflösung.

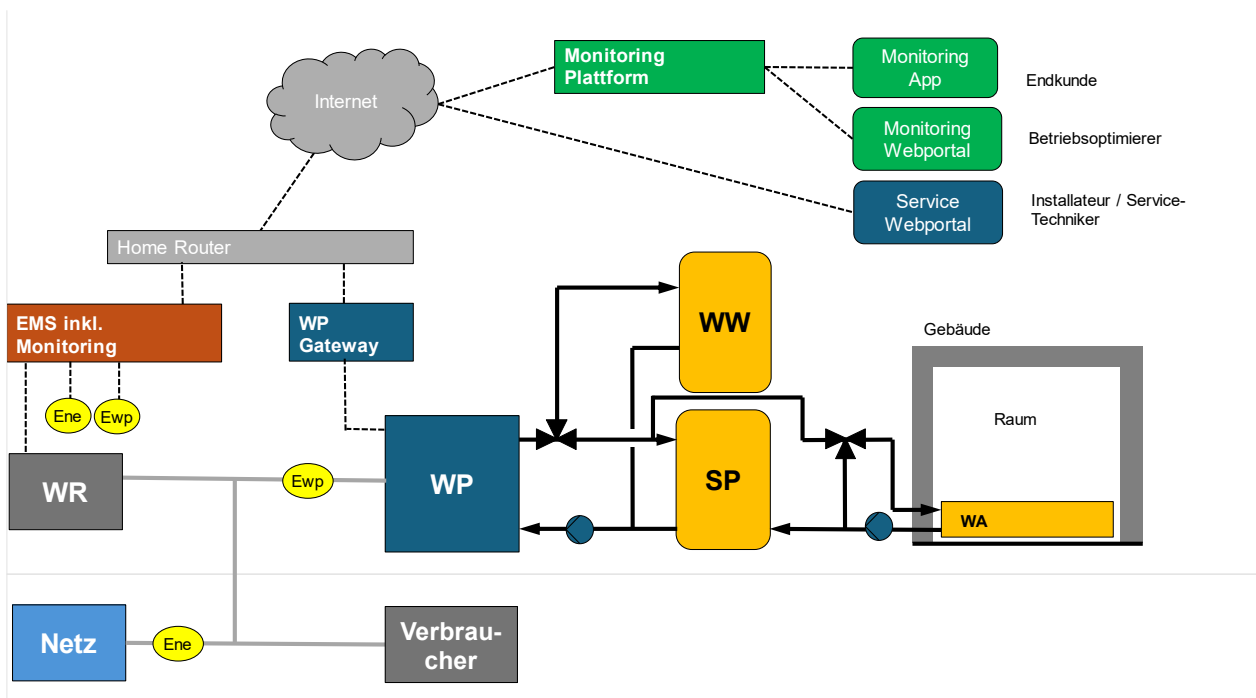


Abbildung 43: EMS-Stufe 5 – Energiemanagementsystem mit Einbindung PV und WP zur Eigenverbrauchsoptimierung inkl. Monitoring-Funktion

Eine mögliche Erweiterung stellt **Stufe 6** dar (Abbildung 44). Dieses EMS kann dynamische Tarife vom Verteilnetzbetreiber (bzw. Energieversorger) einlesen und den Betrieb der Wärmepumpe sowie der weiteren Verbraucher danach optimieren. Zudem können über das EMS die Komferteinstellungen der Wärmepumpe beeinflusst werden. Mit einer (externen) Messung der Raumtemperatur kann das Gebäude als thermische Speichermasse genutzt werden, ohne dass es zu Komferteinbussen kommt.

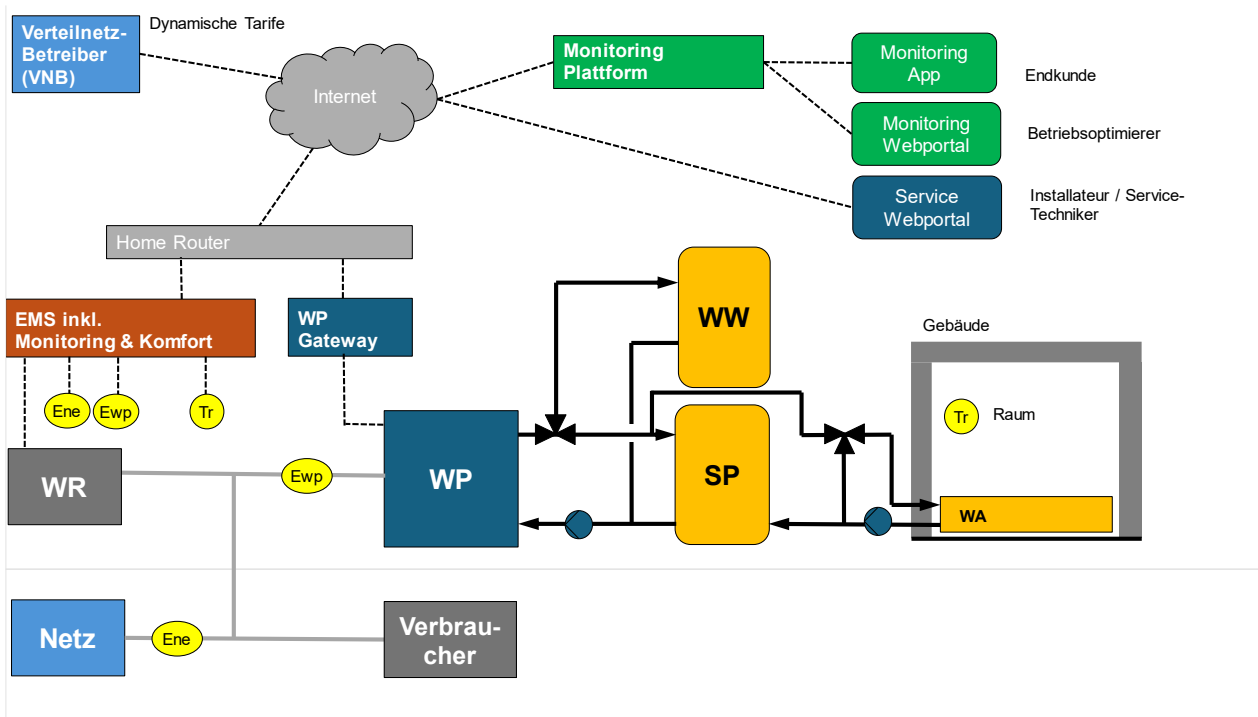


Abbildung 44: EMS-Stufe 6 – Energiemanagementsystem mit Optimierung nach dynamischen Tarifen und Komfortfunktionen, inkl. Monitoring-Funktion

Obige Stufe kann weiter ausgebaut werden mit netzdienlichen Funktionen sowie Flexibilitätsmanagement (**Stufe 7**). Zu den netzdienlichen Funktionen gehört z.B. eine (dynamische) Leistungsbegrenzung am Netzanschlusspunkt bzw. ein Peak-Shaving (Leistungsbegrenzung für Einspeisung und Bezug). Vom Netzbetreiber können auch Gebäudeparameter ausgelesen werden, wie z.B. verfügbare Geräte für das Lastmanagement, verfügbare Speicherkapazitäten, Regel-Leistung und mögliche Zeitverschiebungen. Die dazu notwendigen Datenschnittstellen werden aktuell im Verein SmartGridready zusammen mit dem VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen) entwickelt und in mehreren Pilotprojekten getestet. Ein Thema sind dort auch die «Noteingriffe» bei Netzininstabilitäten. Die Anwendung dieser Stufe im Kontext der Netzdienlichkeit wird in Abschnitt 5.3 vertieft

4.3.3 Beispiele für Visualisierungen

Eine detaillierte Übersicht zu möglichen technischen Umsetzungen und Visualisierungen sind im «Anhang A3 Mögliche Visualisierungen und technische Umsetzungen» aufgezeigt. Hier werden einige Visualisierungs-Beispiele diskutiert.

Die folgenden Abbildungen zeigen Visualisierungen über bestehende EMS, welche bereits in realen Gebäuden in Betrieb sind. Abbildung 45 zeigt die Leistungsverläufe verschiedener Verbraucher über einen Beispiel-Tag. Bei der Wärmepumpe (dunkelblau) handelt es sich um eine ein/aus-geregeltes Luft/Wasser-System, welches in einem Altbau nachgerüstet wurde. Das Takten der Wärmepumpe ist eindeutig erkennbar (und in diesem Fall auch völlig normal).



Abbildung 45: Beispiel einer Visualisierung der täglichen elektrischen Leistungsverläufe im 15-Minuten-Intervall, taktende Wärmepumpe

Als Vergleich zeigt Abbildung 46 die Leistungsverläufe in einem Neubau mit Inverter-Wärmepumpe (ebenfalls Luft/Wasser) und dem Laden eines Elektrofahrzeuges im PV-optimierten Betrieb. Die Leistungsaufnahme der Wärmepumpe (dunkelblau für Heizen, hellblau für Warmwasser) ist im Vergleich zum Elektrofahrzeug der wesentlich kleinere Verbraucher. Da es sich um die Übergangszeit handelt (10. März), läuft die Inverter-WP nicht durchgehend (was in diesem Fall auch völlig normal ist).

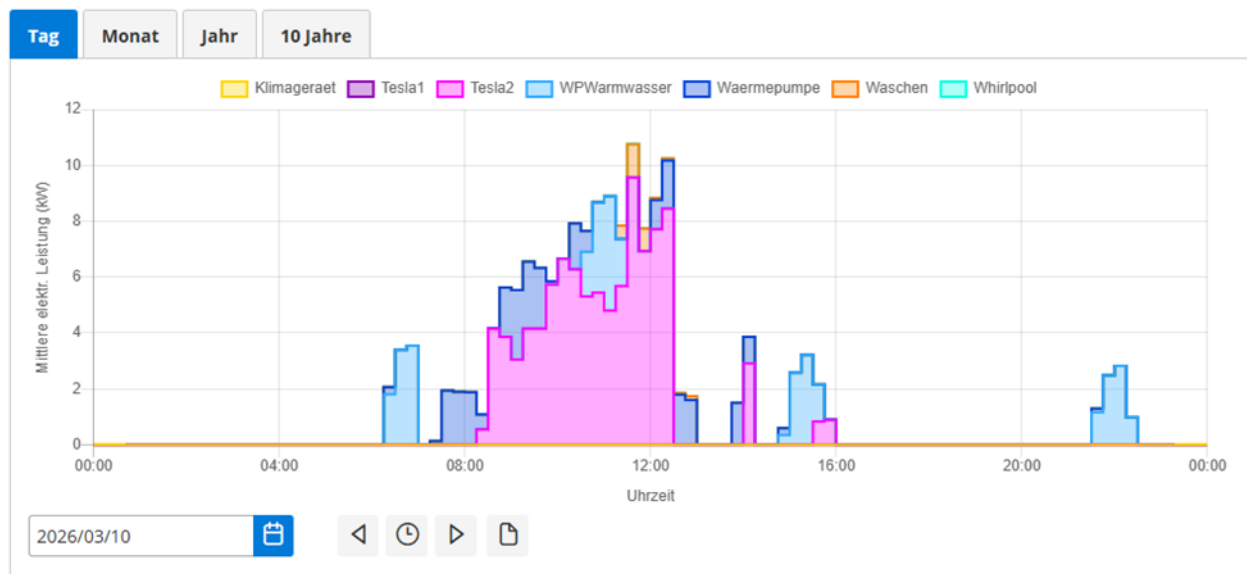


Abbildung 46: Beispiel einer Visualisierung der täglichen elektrischen Leistungsverläufe im 15-Minuten-Intervall, leistungsgeregelte Wärmepumpe und leistungsgeregeltes Laden eines Elektrofahrzeuges.

Abbildung 47 zeigt den gleichen Tag wie oben, jedoch summarisch für den Eigenverbrauch (blau), Netzbezug (rot) und der Überschuss (grün). Da ein Batteriesystem vorhanden ist, ist auch in der Nacht ein hoher Eigenverbrauchsanteil vorhanden. Im summarischen Verlauf ist die Wärmepumpe jedoch nicht mehr erkennbar. Dies ist auch der Grund, warum die elektrische Leistungsaufnahme der Wärmepumpe separat erfasst werden muss. Würde bei diesem Gebäude nur über den Smart-Meter am Netzanschlusspunkt gemessen, wäre praktisch gar kein Netzbezug mehr vorhanden. Bei solchen Gebäuden ist es also unmöglich, nur aus den Daten des Smart-Meters Rückschlüsse zu machen auf den Betrieb der Wärmepumpe.

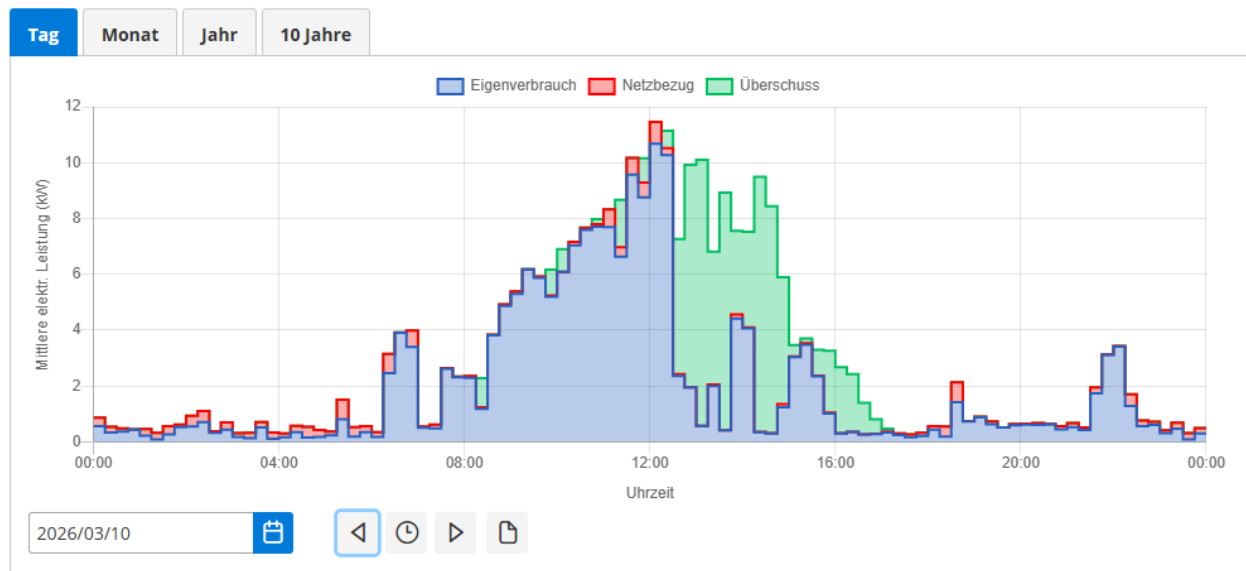


Abbildung 47: Gleiches Beispiel wie Abbildung oben, jedoch summarischer Verlauf von Eigenverbrauch, Netzbezug und Einspeisung (ebenfalls 15-Minuten-Intervall).

Neben täglichen Verläufen, die zur Funktionsüberprüfung und Fehlererkennung wichtig sind, liefern monatliche Statistiken Informationen zum Jahresgang. Auf Basis dieser aggregierten Kennwerte ist eine detaillierte Fehleranalyse einzelner Betriebsereignisse nur eingeschränkt möglich, jedoch lassen sich wichtige Rückschlüsse auf den Anlagenbetrieb ziehen. So kann beispielsweise anhand monatlicher Effizienz- und Betriebskennzahlen eine vereinfachte Zustandsbewertung im Sinne eines Ampelsystems vorgenommen werden – etwa mit den Kategorien «unauffällig», «überprüfen» und «auffällig/fehlerhaft». Das Beispiel in Abbildung 48 zeigt wieder die Daten eines Altbaus mit nachgerüsteter L/W-WP. Hier sind die erwartbaren hohen elektrischen Verbrauchswerte in den Wintermonaten ersichtlich. Es zeigt sich zudem deutlich, dass die Heizsaison von September bis Mai dauert. Bei einem gut gedämmten Neubau wäre diese voraussichtlich kürzer.

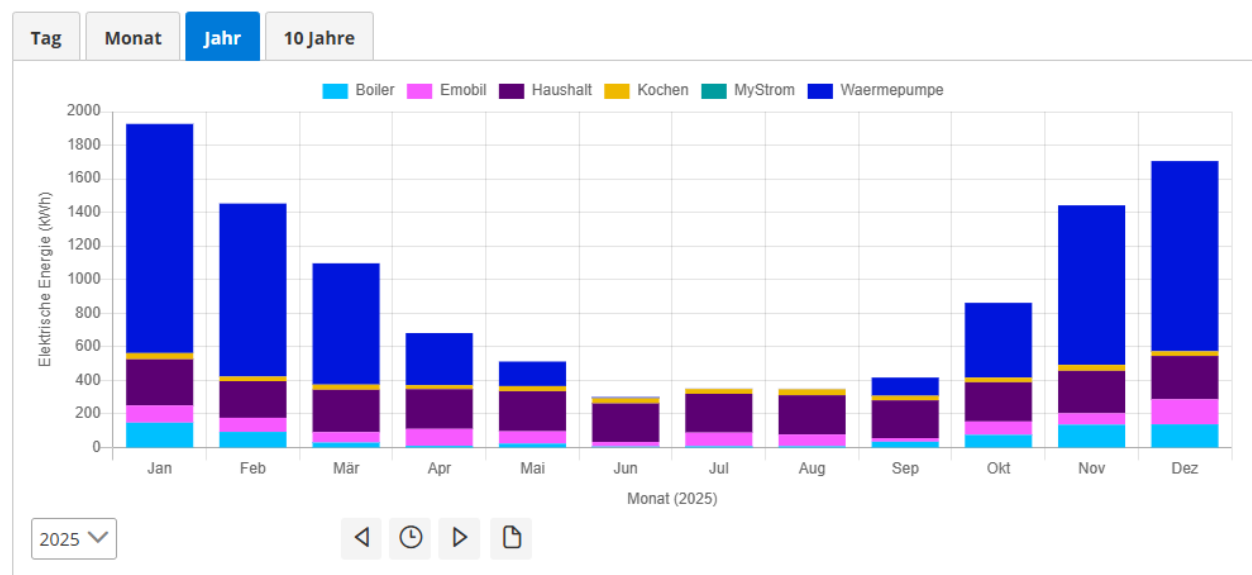


Abbildung 48: Beispiel für monatlichen elektrischen Energiekonsum mehrerer Verbraucher inkl. Wärmepumpe (Altbau mit L/W-WP nachgerüstet)

Als Vergleich dazu zeigt Abbildung 49 die monatlichen Statistiken für einen Neubau mit Inverter-L/W-WP, an einem ähnlichen Standort und in demselben Jahr (2025). Der Verbrauch der Wärmepumpe in den Win-

termonaten ist wesentlich tiefer. Im Sommer wird über die Wärmepumpe aktiv gekühlt, was den Verbrauch in den Sommermonaten erklärt. Das Elektrofahrzeug fällt als grosser Verbraucher auf, wobei die Nutzung hier sehr unterschiedlich ist.

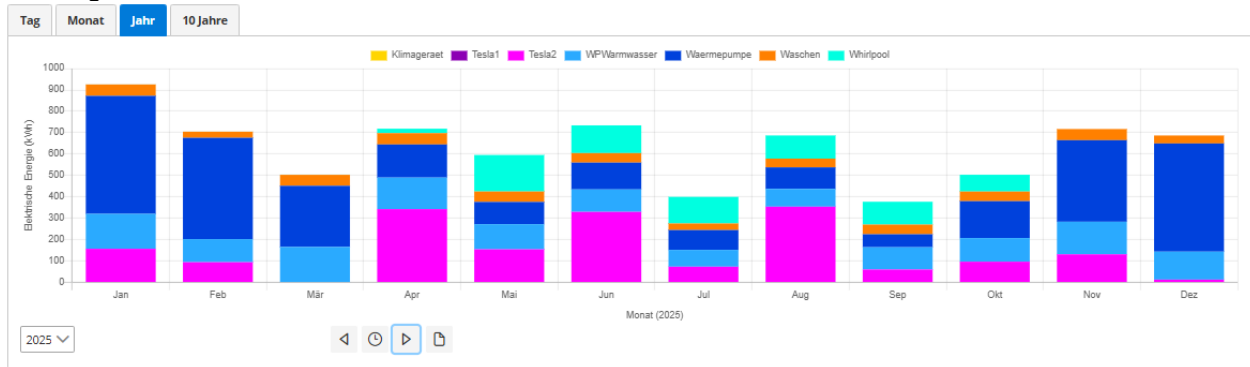


Abbildung 49: Beispiel für monatlichen elektrischen Energiekonsum mehrerer Verbraucher inkl. Wärmepumpe (Neubau mit Inverter-L/W-WP und Kühlfunktion im Sommer)

Abbildung 50 zeigt eine jährliche Statistik über die letzten 10 Jahre für einen Altbau mit L/W-WP. Es sind deutliche Unterschiede zwischen den Jahren erkennbar, was in diesem Beispiel vor allem durch die Witterung und klimatische Bedingungen (unterschiedliche Heizgradtage im Bereich +/- 10 %) verursacht wird. Im Verbrauch sind aber auch veränderte Komfortansprüche oder Einstellungen der Wärmepumpe erkennbar. Dazu ist jedoch eine witterungs-bereinigte Darstellung notwendig.

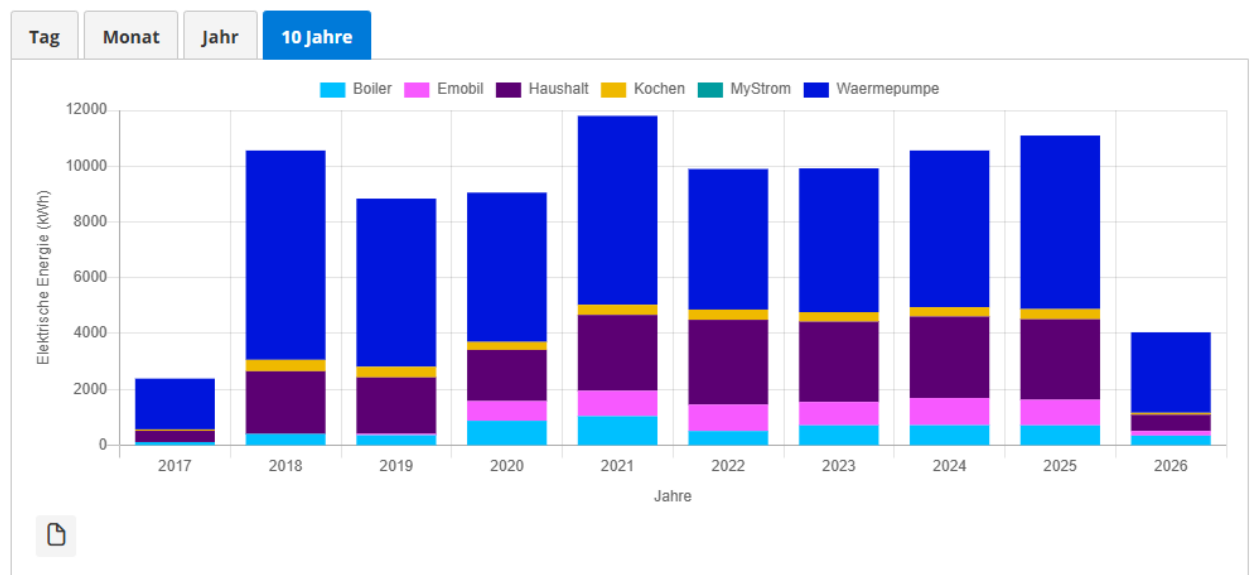


Abbildung 50: Beispiel für jährlichen elektrischen Energiekonsum mehrerer Verbraucher inkl. Wärmepumpe (Altbau mit L/W-WP nachgerüstet, 2017 IBN, 2026 nicht vollständig)

Ähnliche Jahresverläufe wie oben werden auch in der Minergie-Monitoring-Plattform dargestellt (vgl 4.2.1). Dort können die Daten auch witterungs-bereinigt dargestellt werden.

Für eine detaillierte Analyse des Betriebs von Wärmepumpen sind tägliche (Temperatur-)Verläufe notwendig. Die Temperaturverläufe in Abbildung 51 werden über Modbus aus der Wärmepumpe ausgelesen. Es handelt sich hier um ein PV-optimiertes System in einem Neubau. Deshalb variieren die Komfortwerte in Abhängigkeit der PV-Produktion. Hier werden sowohl die Speichertemperaturen wie auch die Gebäudetemperatur (leicht) angehoben («Taganhebung») und abgesenkt, um möglichst viel thermische Energie zu speichern. Die Einschaltzyklen der Wärmepumpe sind in den Temperaturverläufen eindeutig erkennbar (Speichertemperatur2 = Pufferspeicher, Speichertemperatur1 = Warmwasserspeicher). Durch die Einspeicherung von Energie im gesamten Gebäude (Gebäudemasse + technische Speicher) ist abends bis in die frühen Morgenstunden kein Betrieb der WP mehr notwendig. Durch die Absenkung der Temperaturen

nachts wird auch die Effizienz der Luft/Wasser-WP erhöht. Hier handelt es sich also um ein gutes Beispiel, in den Temperaturverläufen wären aber auch Fehleinstellungen bzw. Ursachen für tiefe Arbeitszahlen erkennbar (zu hohe Temperaturen).

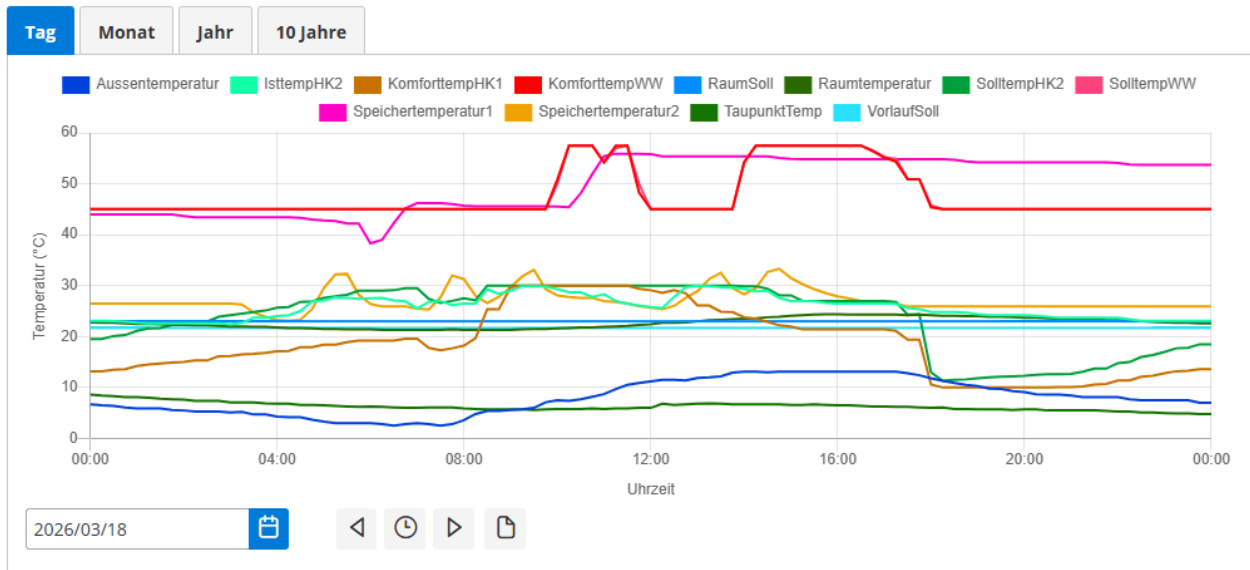


Abbildung 51: Beispiel für tägliche Temperaturverläufe, aus Wärmepumpe ausgelesen (über Modbus)

Abschliessend zeigt Abbildung 52 noch ein Gebäude, welches über einen dynamischen Tarif optimiert wird. Es handelt sich dabei um einen Altbau mit nachgerüsteter Inverter-Luft/Wasser-WP. In der Grafik unten ist der dynamische Tarifverlauf dargestellt, welcher hier aus dem externen Tarif des Energieversorgers und dem lokalen PV-Anteil berechnet wird. Da der lokale Eigenverbrauchstarif mit 0 angenommen wird, sinkt der Stromtarif bei täglichem PV-Überschuss auf 0 ab. Der externe Tarif wird jeweils 1x täglich beim Energieversorger über eine API abgerufen. Es handelt sich dabei um einen 24-h-day-ahead-Tarif mit 15-Minuten-Auflösung. Wie sofort ersichtlich ist, steigt der Tarif abends bei hoher Netzbelastung deutlich an, währenddem er nachts wieder absinkt. Dies wird für den optimierten Betrieb der Wärmepumpe genutzt (der ersichtliche Strombezug ist hier vor allem durch die Inverter-Wärmepumpe verursacht).

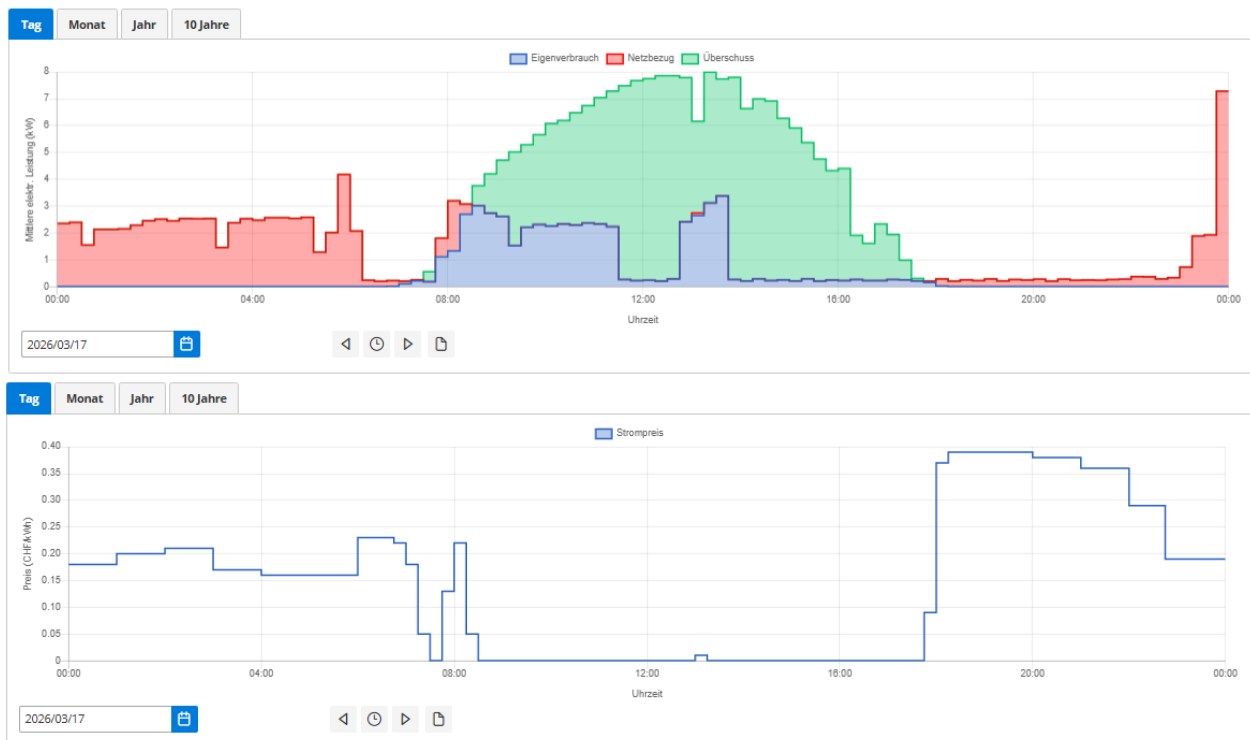


Abbildung 52: Beispiel für Optimierung nach dynamischem Tarif und PV-Produktion (externer 24h-Day-ahead-Stromtarif eines Netzbetreibers, lokaler Tarif mit variablem Solaranteil und Eigenverbrauchstarif = 0)

4.3.4 Schnittstellen und SmartGridready

Eine weitere Herausforderung ist die **Schnittstelle zur Wärmepumpe**. Moderne Geräte verfügen i.d.R. über eine LAN-Schnittstelle mit Modbus-Protokoll. Die Datenpunkte (Register) sind jedoch herstellerspezifisch. Deshalb hat sich der Verein **SmartGridready** zum Ziel gesetzt, die Datenpunkte zu vereinheitlichen. In Zusammenarbeit mit drei Wärmepumpenherstellern wurden verschiedene Funktionsprofile erstellt, welche für alle Wärmepumpen gleich aufgebaut sind. Darunter fällt auch das Funktionsprofil «EnergyMonitor», welches in folgender Abbildung dargestellt ist (Auszug).

Functional Profile - EnergyMonitor

Category	HeatPumpControl
Type	EnergyMonitor
Level	m
Version	1.0.0

EMS

←

M

Aufzeichnen der Wärmepumpen-Betriebsdaten durch das EMS.

Bemerkungen:

1. Energiewerte, Laufzeiten und Anzahl Starts werden typischerweise 1x täglich abgefragt. Die Leistungsmessungen werden häufiger abgefragt und können zur Regelung dienen. Deshalb die Anforderung einer maximalen Abtastzeit.
2. Die intern ermittelten Energiewerte ersetzen externe Zähler für Monitoring-Zwecke. Es wird erwünscht, dass der Hersteller Genauigkeitsangaben zu seinen intern ermittelten Werten macht. Dies ist eine wichtige Information für Monitoring-Systeme, um die Fehlertoleranz der energetischen Auswertungen abzuschätzen

Datapoint	Description	Unit	Type	RWPC ¹⁾
ActiveEnergyACheat	Summe der aufgenommenen elektrischen Energie des Verdichters für das Heizen. Summe der aufgenommenen elektrischen Energie für das Heizen.	kWh	double	R

ActiveEnergyACDomHotWater	Summe der aufgenommenen elektrischen Energie des Verdichters für die Brauchwarmwasser-Erwärmung. Summe der aufgenommenen elektrischen Energie für die Warmwasseraufbereitung	kWh	double	R
---------------------------	---	-----	--------	---

ThermalEnergyHeat	Summe der abgegebenen thermischen Energie für das Heizen.	kWh	double	R
-------------------	---	-----	--------	---

ThermalEnergyDomHotWater	Summe der abgegebenen thermischen Energie für die Brauchwarmwasser-Erwärmung. Summe der abgegebenen thermischen Energie für die Warmwasseraufbereitung.	kWh	double	R
--------------------------	--	-----	--------	---

RuntimeHeating	Summe der Laufzeit in der Heizphase. Summe der Laufzeit des Verdichters seit Inbetriebnahme. http://tempuri.org	h	double	R
----------------	--	---	--------	---

Abbildung 53: Funktionsprofil «EnergyMonitor» für Wärmepumpen von SmartGridready (Auszug)

Das vollständige Funktionsprofil für das Energie-Monitoring ist im «Anhang A5 SmartGridready WP-Monitoring-Profil» zu finden. Alle verfügbaren Funktionsprofile sind unter diesem Link abrufbar (SmartGridready Deklarations-Datenbank):
<https://library.smartgridready.ch>

Das Funktionsprofil «EnergyMonitor» verfügt bereits über die wesentlichen energetischen Datenpunkte, welche für das WP-Monitoring notwendig sind. Auch für das Auslesen von Temperaturwerten existieren bereits Funktionsprofile (z.B. «HeatPumpBase», «HeatCoolCtrl», «DomHotWaterCtrl», «BufferStorageCtrl»). Über diese Funktionsprofile können auch Sollwerte geschrieben werden, also die Wärmepumpe gesteuert werden.

Aktuell haben erst zwei Hersteller (Stiebel Eltron und Hoval) ihre Produkte nach SmartGridready deklariert. Für zwei weitere Hersteller (CTA und Heliotherm) gibt es Entwürfe. Das geringe Interesse der Hersteller könnte allenfalls mit einem vorgeschriebenen WP-Monitoring erhöht werden.

Bemerkung: SmartGridready ist nicht mit dem Standard SG-Ready nach bwp (Bundesverband Wärmepumpen Deutschland) zu verwechseln, welcher seit 2013 existiert (und 2025 überarbeitet wurde). Dieser definiert nur 4 (bzw. 3) Betriebszustände, welche über 2 Kontakte an der Wärmepumpe angesteuert werden können. Damit ist kein Auslesen von Daten aus der Wärmepumpe oder keine variable Steuerung möglich.

5. Technologische Entwicklung (Steuerung und Netzdienlichkeit)

Zu den Schlüsselherausforderungen zählen die Definition der Innovationsrichtung, die Standardisierung von Daten- und Kommunikationsschnittstellen sowie die Entwicklung passender, intelligenter Produkte. Regulatorische Vorgaben sind erforderlich, um übergeordnete Funktionen und Eigenschaften im Hinblick auf die Netzdienlichkeit sicherzustellen.

Tabelle 10: Fragestellungen Entwicklung

Fragestellung und Vorgehen	Ergebnisse
1) Relevante Entwicklungen in der Wärmepumpentechnologie [5.1]	- Eine Roadmap mit wichtigsten Meilensteinen zu den aktuellen Innovationsrichtungen inkl. EMS-Ansteuerungsmöglichkeiten. - Erwartete Entwicklungsschritte in den kommenden 5–10 Jahren - Einschätzung der Relevanz für Neubau vs. Sanierung.
2) Integration der Wärmepumpe im Energiesystem Gebäude [5.2]	- Aktueller Stand von Energiemanagementsystemen (EMS) - Eignung der EMS bezüglich Integration von Wärmepumpen und zur Ferndiagnose. - Empfehlungen für weitere Entwicklungsschritte in Richtung "intelligente Wärmepumpe mit EMS" als Standardprodukt.
3) Netzdienlicher Betrieb von Wärmepumpen mit Heizleistungen ≤ 70 kW [5.3]	- Quantifizierte Ergebnisse zum Verschiebepotenzial von Wärmepumpen ≤ 70 kW (Flexibilisierung und Netzdienlichkeit). - Technische und hardwareseitige Voraussetzungen für netzdienlichen Echtzeitbetrieb, einschliesslich Schnittstellen, Speicherintegration und Steuerbarkeit. - Kategorische Analyse der Funktionalitäten marktreifer EMS (regelbasiert vs. mathematische Optimierung, z. B. MPC) mit systematischer Gegenüberstellung von Vorteilen und Einschränkungen bzgl. Netzdienlichkeit. - Vergleichende Analyse unterschiedlicher Betriebsziele: netzdienlich, eigenverbrauchsoptimiert und ökonomisch optimal (unter Berücksichtigung dynamischer Stromtarife) - Bewertung regulatorischer Rahmenbedingungen sowie Identifikation notwendiger Anpassungen. - Handlungsempfehlungen für die Umsetzung in Pilotprojekten oder Feldtests.

5.1 Relevante Entwicklungen in der Wärmepumpentechnologie

Folgende Entwicklungen im Bereich der Wärmepumpen sind aktuell im Vordergrund:

- Natürliche Kältemittel (Propan). Daraus leiten sich auch ab:
- Spezielle Sicherheitskonzepte.

- Weniger innenaufgestellte Luft/Wasser Geräte⁷.
- Generell mehr aussenaufgestellte Geräte, auch Sole/Wasser und Wasser/Wasser Geräte.
- Geräte mit mehreren Kältekreisen unterhalb der «Bagatellgrenze» von 152 g Propan-Füllmenge.
- Ausreizen des technisch machbaren mit der oben genannten Füllmenge. Das kann die Effizienz negativ beeinflussen.

Zudem sind folgende Entwicklungen im Gange:

- Günstigere Geräte, Entwicklung von «Günstig-Linien» bei verschiedenen Herstellern.
- Viele neue Fernost-Geräte (wo der Service oft nicht vollständig gewährleistet ist)
- Entwicklung Schalloptimierung hin zu A2 (54 % Teillast gegenüber Volllast bei A-10)
- Ausstattung Self-Monitoring

Der letzte Punkt «Self-Monitoring» ist hier von Bedeutung. Damit sind in der Wärmepumpe integrierte Überwachungsfunktionen gemeint.

5.1.1 Ecodesign

Aktuell (Frühjahr 2026) befindet sich die Europäische Regulierung zu Wärmeerzeugern in den letzten Schritten der Novellierung. Hier speziell relevant ist die Nachfolgeregelung der Verordnung (EU) 813/2013, deren Anforderung u.a. an Wärmepumpen gemäss Energieeffizienzverordnung auch in der Schweiz Gültigkeit haben. Ohnehin stammt ein Grossteil der in der Schweiz verbauten Seriengeräte aus der EU. Es darf daher davon ausgegangen werden, dass die Europäische Regulierung die Eigenschaften von Wärmepumpen auf dem Schweizer Markt prägt.

Gleichzeitig muss festgehalten werden, dass sich die nachfolgenden Inhalte auf Entwürfe beziehen, welche noch nicht der definitiven Umsetzung entsprechen und auch massgeblichen Änderungen unterworfen sein können. Eine Finalisierung des Novellierungsprozesses ist auf Anfang 2027 vorgesehen. Verbindlich am Markt umzusetzende Anforderungen würden dann aufgrund von Übergangsfristen spätestens ab 2033 in Kraft treten.

Der neue Ecodesign-Entwurf umfasst 115 Seiten. Hier relevant sind die Anforderungen betreffend Self-Monitoring von sämtlichen (sic!) von der Regulierung betroffenen Raum- und Kombiheizgeräten, d.h. u.a. auch Öl- und Gaskessel. Die Regulierung bezieht sich auf Heizgeräte, nicht Gesamtanlagen. Damit sind die Systemgrenzen (zumindest grob) festgelegt.

Anforderungen betreffend Self-Monitoring (Auszug). Erfasst werden müssen:

- die Energiezufuhr zum Heizgerät (Strom, gasförmige oder flüssige Brennstoffe); werden mehrere Arten von Energiequellen vom Gerät genutzt, ist die Energiezufuhr für jede einzelne Energiequelle zu bestimmen
- die Wärmeabgabe, d. h. die Raumheizung für alle Heizgeräte und auch die Raumkühlung für reversible Heizgeräte; die thermische Energieabgabe ist zu messen
- die Energieeffizienz (das Verhältnis von thermischer Energieabgabe und elektrischer Energieabgabe zur Energiezufuhr); Stufe Primärenergie
- Anzahl der Ein-/Ausschaltzyklen (Anzahl der Zeiträume, in denen die Heizung durch den Thermostat abgeschaltet wurde)
- bei Kombi-Heizgeräten, unabhängig davon, ob das Heizgerät zur Raumheizung oder zur Warmwasserbereitung verwendet wird

⁷ Situation hat sich durch eine Übergangslösung entschärft: Innenaufgestellte in sich geschlossene WPs mit maximal 50 kW dürfen bis Ende 2027 noch abgegeben werden, wenn das GWP des Kältemittels unter 2100 liegt.

Zeitauflösung:

- Momentanwerte sind mit einer Abtastrate von maximal 1 Minute anzuzeigen
- Die [unter «Anforderungen» genannten Werte] sind mit folgender Häufigkeit zu speichern: Momentanwerte für zwei Tage, Durchschnittswerte für jede Stunde, jeden Tag, jede Woche, jeden Monat und jedes Jahr, wobei der Zeitraum mindestens die letzten 24 Monate oder den Zeitraum seit der Installation der Heizung umfasst, je nachdem, welcher Zeitraum kürzer ist.

Die Daten müssen über das Controller-Display für Endnutzer einsehbar und auch für Dritte über eine «übliche Schnittstelle» (USB, SD-Karte, WiFi) sein. Die Speicherung in einem übergeordneten Regler ist zulässig.

Aus der aktuellen Entwurfsfassung gehen keine zweifelsfreien Anforderungen an die Messunsicherheit hervor. Als Variante zu deren Bestimmung sind aber Vergleiche zu Laborprüfungen im Rahmen des Konformitätsnachweises angegeben.

Als in der Verordnung genannte Richtgrößen können verwendet werden:

- 15 % Wärmeabgabe (Annahme $\Delta T = 5 \text{ K}$)
- 10 % Energieverbrauch

5.2 Integration der Wärmepumpe im Energiesystem Gebäude

5.2.1 Übergeordnete Betrachtungsweise

Die Wärmepumpe ist die zentrale Komponente des Energiesystems Gebäude. Sie koppelt die beiden Sektoren Strom und (Komfort-)Wärme und trägt wesentlich bei zur Energieeffizienz des Systems. Deshalb ist ein möglichst gut abgestimmter Betrieb mit Monitoring dieser Komponente wichtig.

Andererseits hat die Wärmepumpe auch ein hohes Potential zur Stabilisierung des Stromnetzes (weitere Details im Abschnitt 5.3). Durch die Speicherung von Energie in den thermischen Speichern sowie dem Gebäude hat die Wärmepumpe eine hohe Flexibilität. Durch gezielten Betrieb der Wärmepumpen in Tief- lastphasen und Reduktion der Leistung in Hochlastphasen kann ein Lastenausgleich stattfinden. Ein adäquates Anreizsignal ist ein dynamischer Stromtarif, welcher abhängig von der Last im Stromnetz variiert (s. Abbildung 54).

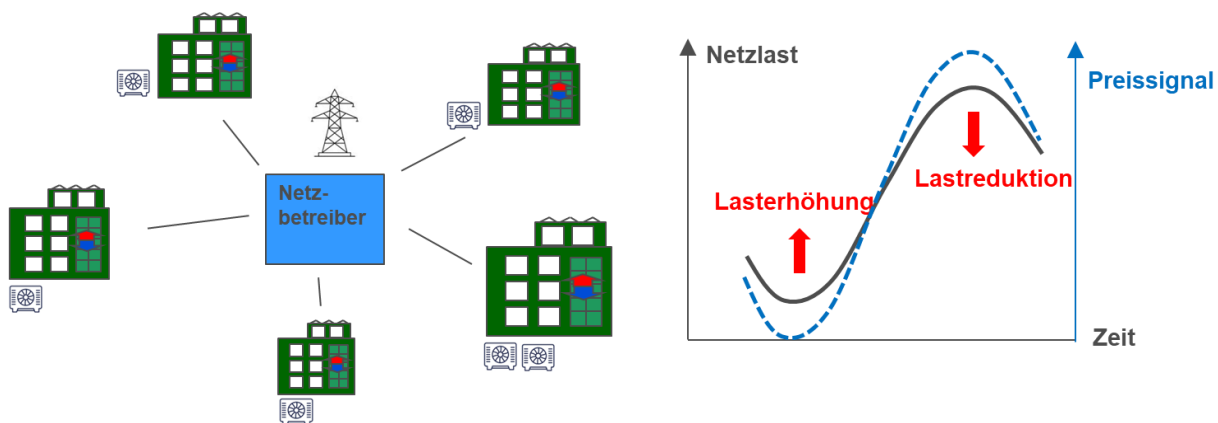


Abbildung 54: Nutzung der Wärmepumpen zur Stabilisierung des Stromnetzes

5.2.2 Datenflüsse und mögliche technische Umsetzung

Folgend werden die Datenflüsse bei einem Monitoring mit übergeordneter, herstellerunabhängiger Monitoring-Plattform betrachtet (siehe Monitoring Stufen 2 bis 7 weiter oben). Dazu gibt es unterschiedliche Wege zur technischen Umsetzung.

5.2.2.1 Unabhängige Gateway-Lösung mit Anbindung an Monitoring-Cloud

Ein Monitoring-Gateway dient dazu, die herstellerspezifischen Produktschnittstellen abzudecken und die Monitoring-Daten an eine zentrale Cloud weiterzuleiten. Hier würde sich beispielsweise die existierende Monitoring-Cloud von Minergie anbieten, welche entsprechend angepasst werden müsste. Für die Abdeckung der herstellerspezifischen Kundenschnittstellen könnten die Funktionsprofile von SmartGridready verwendet werden (oder ein generisches Mapping der Datenpunkte implementiert werden). Es müssten jedoch Hersteller gefunden werden, welcher das Gateway entwickeln und pflegen. Dazu kämen die bereits nach Minergie zertifizierten Hersteller in Frage oder in der Schweiz etablierte Hersteller von EMS (z.B. Solarmanager.ch). Das Gateway sollte möglichst einfach aufgebaut sein (z.B. Hardware basierend auf Raspberry Pi mit einem LAN-Anschluss) und kostengünstig sein (maximal CHF 300).

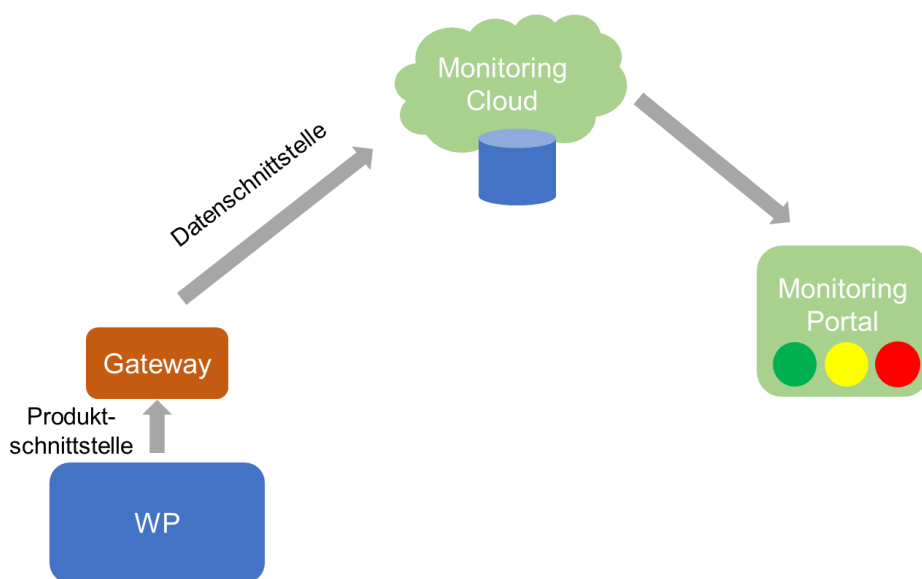


Abbildung 55: Einbindung der Wärmepumpe (WP) über ein Gateway und Monitoring-Cloud
Im Falle von Minergie ist die Datenschnittstelle zur Monitoring-Cloud bereits dokumentiert: [35]

5.2.2.2 Einbindung über Service-Cloud des Wärmepumpenherstellers

Eine Alternative wäre die Einbindung über die Service-Cloud des Wärmepumpen-Herstellers gemäss folgender Abbildung. Der Vorteil dieser Lösung wäre, dass kein zusätzliches Monitoring-Gateway entwickelt werden muss. Allerdings müssten die Wärmepumpen-Hersteller bereit sein, ihre Cloud mit einer standardisierten Datenschnittstelle zur Monitoring-Cloud zu erweitern. Dies verursacht wiederum einen gewissen Entwicklungsaufwand auf Seite Wärmepumpen-Hersteller. Es könnte für sie aber auch einen gewissen Anreiz geben, hier eine CH-spezifische Lösung zu entwickeln.

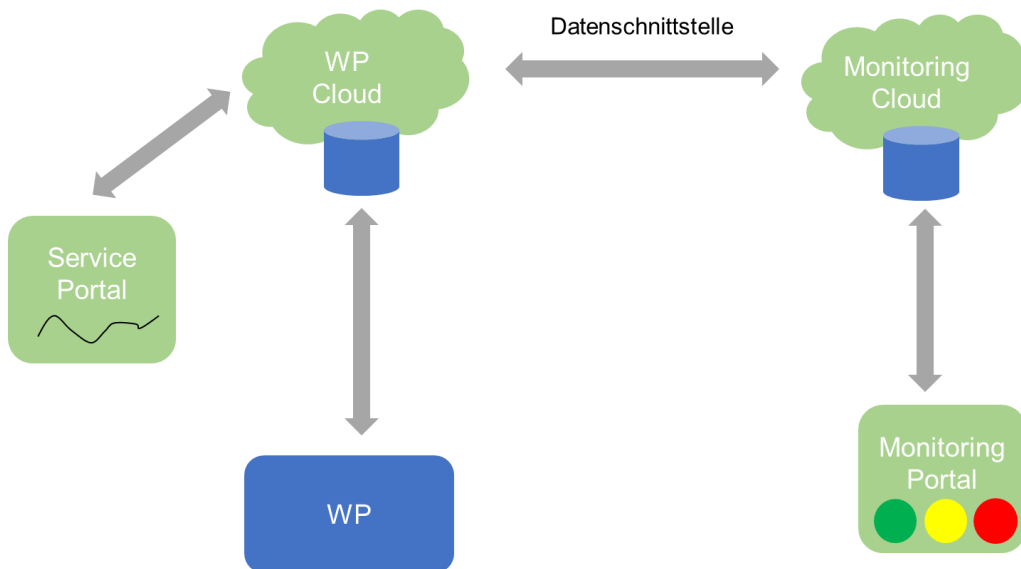


Abbildung 56: Einbindung der Wärmepumpe (WP) über die Cloud des Herstellers

5.2.2.3 Einbindung über ein Energiemanagementsystem (EMS)

Heutzutage werden vermehrt Energiemanagementsystem (EMS) in Gebäuden eingesetzt, welche die Wärmepumpen, Ladestationen für Elektromobile und weitere Verbraucher ansteuern, um beispielsweise den Eigenverbrauch von PV-Anlagen zu erhöhen. Unter folgendem Link sind alle in der Schweiz verfügbaren Systeme abrufbar:

<https://www.ems-vergleich.ch/>

In diesem Falle besteht bereits eine Schnittstelle zur Wärmepumpe, welche genutzt werden kann. Etablierte Hersteller bieten auch eine Kompatibilitätsliste mit einer Vielzahl von Wärmepumpen an, welche in der CH weit verbreitet sind. Die Hersteller der EMS müssten ihre Cloud-Lösungen mit einer Datenschnittstelle zur Monitoring-Cloud erweitern. Da einige Hersteller von EMS in der CH angesiedelt sind (z.B. Solarmanager AG) bzw. bereits von Minergie zertifiziert wurden (z.B. Neovac AG und weitere), besteht hier eine grosse Chance für die Realisierung.

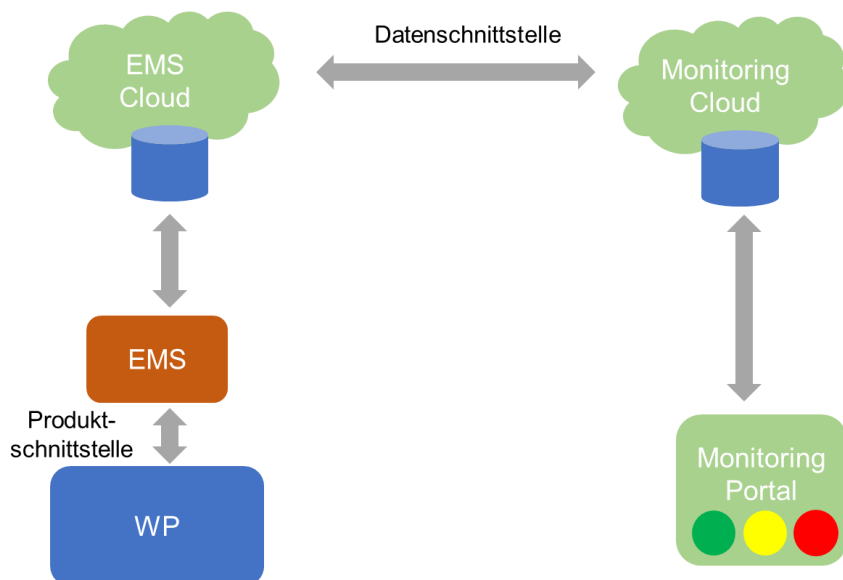


Abbildung 57: Einbindung der Wärmepumpe (WP) über ein Energiemanagementsystem (EMS)

5.2.2.4 Anbindung an das Smartgrid

In Zukunft werden alle EMS eine Schnittstelle zum Verteilnetzbetreiber (VNB) haben. Damit können heute schon dynamische Stromtarife berücksichtigt werden. Im Verein SmartGridready wird zudem an einem standardisierten «Smart Grid Connection Point (SGCP)» gearbeitet, welcher zusätzliche Flexibilitätssignale wie dynamische Leistungsbegrenzungen ermöglichen soll. Mit einer solchen Lösung wäre auch die netzdienliche Einbindung der Wärmepumpe abgedeckt.

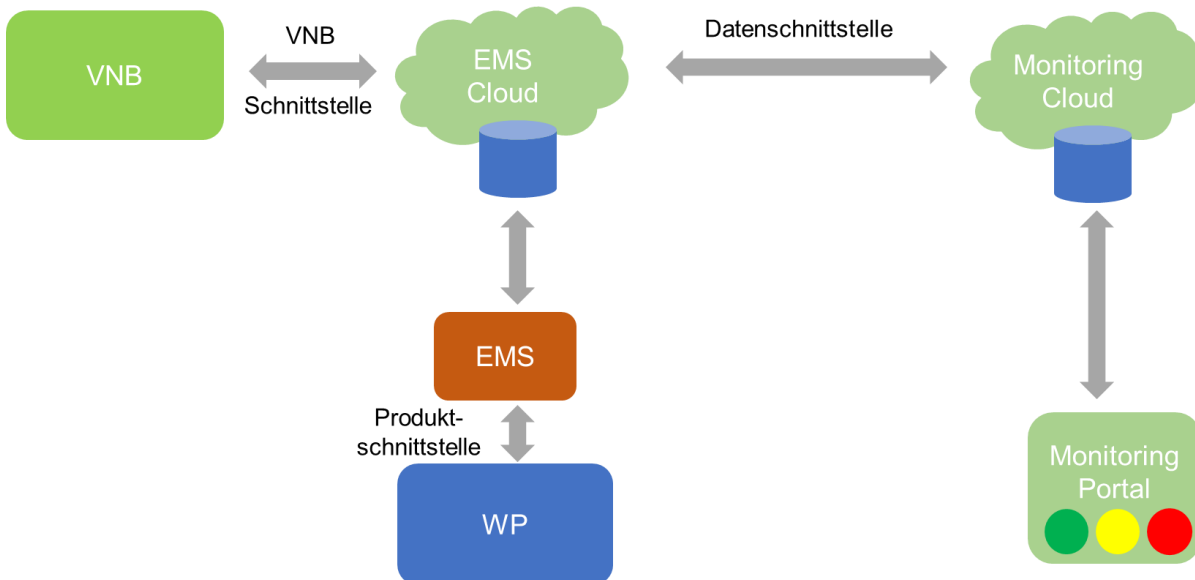


Abbildung 58: Einbindung der Wärmepumpe (WP) über ein Energiemanagementsystem (EMS)

5.2.2.5 Rolle des Wärmepumpen-Herstellers

Bei obigen Lösungen stellt sich die Frage nach der Rolle des Wärmepumpen-Herstellers. Dazu gibt es folgende Varianten:

- Der Wärmepumpen-Hersteller liefert «nur» eine offene Schnittstelle. Dazu kann beispielsweise Smart-Gridready verwendet werden (oder standardisierte Modbus-Datenpunkte). Die Gateways bzw. EMS werden von unabhängigen Herstellern geliefert.
- Der Wärmepumpen-Hersteller liefert auch eine Gateway-Lösung bzw. entwickelt eine Schnittstelle zur Monitoring Cloud (Cloud-to-Cloud). Einige Hersteller haben bereits Gateway-Lösungen für ihre eigenen Clouds und könnten diese allenfalls erweitern.
- Der Wärmepumpen-Hersteller liefert auch eine EMS-Lösung. Hier sind bereits einige herstellerspezifische Lösungen auf dem Markt (z.B. Stiebel Eltron und SMA). Allerdings sind diese (noch) nicht offen für die Einbindung beliebiger Komponenten anderer Hersteller (z.B. E-Mobil-Ladestationen).

5.2.3 Einfache Installation im Heimnetzwerk

Entscheidend für den Erfolg eines Monitoring-Systems ist die einfache Installation und Inbetriebnahme. Folgende Abbildung zeigt eine «Plug&Play-Lösung» über ein Monitoring-Gateway, welche nur geringe Installationskosten verursacht. Somit wäre auch eine nachträgliche Installation problemlos möglich. Das Gateway liest die Daten im herstellerspezifischen Modbus-Protokoll aus der Wärmepumpe, aggregiert diese und sendet die berechneten Kennzahlen weiter an die Monitoring Cloud. Im «Anhang A4 Vorgaben für das Monitoring nach Minergie» sind Fotos von möglichen Gateway-Lösungen abgebildet.

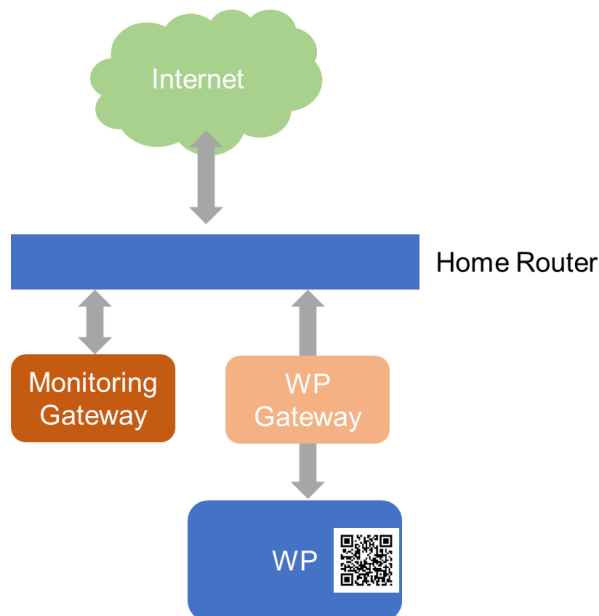


Abbildung 59: Anschluss eines Monitoring-Gateways über das Heimnetzwerk (Leistungsklasse 0..30 kW)

Dabei wird das Monitoring-Gateway über den Home Router in das Heimnetzwerk (LAN) des Gebäudes eingebunden (bei MFH ist dazu ein separater LAN-Anschluss im Technikraum notwendig). Da moderne Wärmepumpen ohnehin über LAN eingebunden werden (für die Fernwartung und Bedienung per App), kann davon ausgegangen werden, dass die Netzwerkinstallationen bereits vorhanden sind bzw. ohnehin eingeplant werden müssen. Das Monitoring-Gateway bezieht die Daten über LAN aus der Wärmepumpe. Dazu ist bei manchen WP-Herstellern ein separates WP-Gateway notwendig, welches die Daten vom internen WP-Bus auf die externe LAN-Schnittstelle transferiert und in ein Modbus-Protokoll wandelt. Weil die Datenpunkte des Modbus-Protokolls herstellerspezifisch sind, müssen diese vom WP-Hersteller dokumentiert werden (Modbus-Register-Liste muss über Website abrufbar sein).

Für kleinere Installationen sind keine zusätzlichen Sensoren notwendig. Für grössere Installationen können allenfalls zusätzliche Strom- und Wärmehzähler oder Temperatursensoren über das Gateway eingebunden werden.

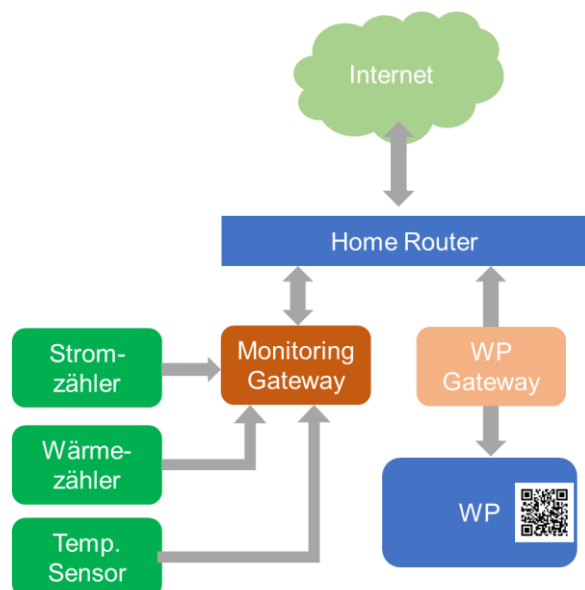


Abbildung 60: Monitoring-Gateway mit externen Zählern (Leistungsklasse 30..70 kW)

Bemerkung: Die Kosten für die WP-Gateways sind zum Teil erheblich (CHF 300 bis 600). Nur wenige Hersteller bieten standardmässig eine Anbindung an LAN über Modbus ohne Zusatzkosten. Durch eine flächendeckende Einführung von Monitoring-Lösungen könnten Rahmenbedingungen entstehen, die die Entwicklung kostengünstiger, interoperabler Monitoring-Anbindungen durch die Hersteller unterstützen.

5.3 Netzdienlicher Betrieb von Wärmepumpen mit Heizleistungen ≤ 70 kW

Die zunehmende Elektrifizierung des Wärmesektors führt zu einer strukturellen Verschiebung der Lastprofile in den Stromverteilnetzen. Insbesondere Wärmepumpen tragen durch ihre temperaturabhängige Leistungsaufnahme zu einer erhöhten Gleichzeitigkeit im Winter bei. In Kombination mit weiteren elektrischen Verbrauchern wie Elektromobilität entstehen dadurch neue Lastspitzen, welche primär in den unteren Netzebenen wirksam werden [36].

Aus systemischer Perspektive ist daher nicht allein der Energieverbrauch von Bedeutung, sondern insbesondere die zeitliche Verteilung der Last. Netzdienlichkeit adressiert genau diese Dimension, indem sie den Betrieb von Wärmepumpen so gestaltet, dass die Interaktion mit dem Stromnetz optimiert wird. Damit verschiebt sich die Rolle der Wärmepumpe von einem rein passiven Verbraucher hin zu einem aktiven Systemelement innerhalb eines flexibilisierten Energiesystems.

5.3.1 Begriff und funktionale Mechanismen der Netzdienlichkeit

Im Kontext dieser Studie wird Netzdienlichkeit als die Fähigkeit von Wärmepumpensystemen definiert, ihren elektrischen Leistungsbezug zeitlich so anzupassen, dass netzseitige Belastungsspitzen reduziert und systemische Effizienzgewinne ermöglicht werden.

Diese Anpassungsfähigkeit basiert im Wesentlichen auf drei physikalisch-technischen Mechanismen:

- Thermische Speicherfähigkeit von Gebäuden (abhängig von Gebäudecharakteristik)
- Speicherung von Wärme in Warmwassersystemen (abhängig von Systemauslegung)
- Regelbarkeit der Wärmepumpenleistung (abhängig von Betriebsstrategie)

Diese Eigenschaften ermöglichen eine zeitliche Entkopplung von Strombezug und Wärmebedarf und bilden die Grundlage für Demand-Side-Management-Ansätze im Gebäudesektor [37].

Konkret bedeutet dies, dass durch das gezielte Vorheizen von Gebäuden und Warmwasserspeichern in Tieflastphasen oder bei hoher PV-Produktion die Wärmepumpe in Hochlastphasen teilweise oder vollständig abgeschaltet werden kann, ohne den thermischen Komfort der Nutzenden zu beeinträchtigen. Abbildung 61 veranschaulicht das Prinzip des netzdienlichen Betriebs anhand eines schematischen 24-Stunden-Vergleichs an einem typischen Wintertag. Im oberen Diagramm ist der elektrische Leistungsverlauf einer Wärmepumpe bei konventionellem (rot) und netzdienlichem (grün) Betrieb dargestellt, überlagert mit der PV-Produktionskurve und einem dynamischen Stromtarif. Im konventionellen Betrieb folgt die Wärmepumpe primär dem aktuellen Wärmebedarf des Gebäudes und weist entsprechend hohe Leistungsbezüge in den Morgen- und Abendstunden auf – also genau in den Zeiten mit hoher Netzbelastung und hohen Tarifpreisen. Im netzdienlichen Betrieb wird der Leistungsbezug hingegen gezielt in die Mittagsstunden verschoben, in denen sowohl die PV-Produktion hoch als auch der Stromtarif tief ist. Die Gebäudemasse und der Warmwasserspeicher werden in dieser Phase thermisch vorgeladen, sodass die Wärmepumpe in den Abendspitzenstunden weitgehend abgeschaltet werden kann. Das untere Diagramm zeigt, dass die resultierende Raumtemperatur in beiden Szenarien innerhalb des Komfortbands von 20 bis 22 °C verbleibt. Im netzdienlichen Betrieb sind die Schwankungen etwas ausgeprägter – insbesondere ist ein leichtes Absinken der Raumtemperatur in den Abendstunden erkennbar –, der thermische Komfort wird jedoch zu keinem Zeitpunkt unterschritten. Die dargestellten Daten sind synthetisch und dienen der konzeptionellen Veranschaulichung.

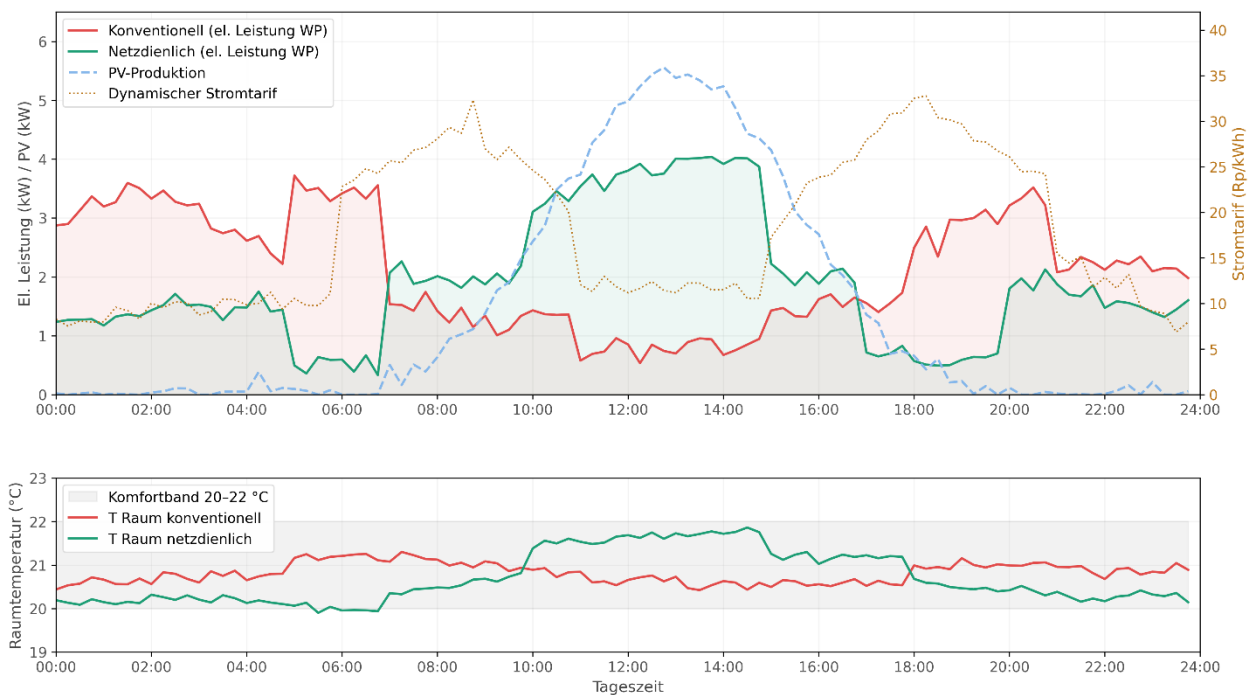


Abbildung 61: Konventioneller vs. netzdienlicher Wärmepumpenbetrieb an einem typischen Wintertag – elektrische Leistungsaufnahme, PV-Produktion, dynamischer Stromtarif (oben) und Raumtemperaturverlauf (unten). Eigene Darstellung mit synthetischen Daten.

5.3.2 Quantifizierung und Systemwirkung der Flexibilität

Szenario-basierte Modellierungen sowie Feldstudien zeigen, dass Wärmepumpen ein signifikantes, jedoch begrenztes Flexibilitätspotenzial aufweisen [36], [37], [38]. Auf aggregierter Ebene kann Flexibilität dazu beitragen, Lastprofile zu glätten und den Bedarf an Netzausbau zu reduzieren. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Wirksamkeit einzelner Anlagen gering ist, während sich erst durch Aggregation (z. B. Quartierebene) relevante systemische Effekte ergeben. Eine Quantifizierung der systemweiten Vorteile durch WP-Flexibilität liefert der PATHFINDER-Synthesebericht [38], der Szenario-basierte Modellprojektionen für die Schweiz bis 2050 auf Basis eines Least-Cost-Optimierungsmodells entwickelt. Alle ausgewiesenen Werte sind Projektionen – keine Prognosen – und beziehen sich auf ein «Both off»-Referenzszenario ohne WP- oder EV-Flexibilität. Allein durch den koordinierten Einsatz von WP-Flexibilität lassen sich demnach die Gesamtsystemkosten um 2 %, die Nettostromimporte um 12 % und die Grosshandelspreise um 5 % reduzieren. Gleichzeitig sinkt der Bedarf an Gaskraftwerkskapazität um 8 % und an systemseitiger Batteriespeicherkapazität um 11 %. Zusätzlich können durch vermiedene Abregelung von PV- und Windenergie rund 4 % mehr erneuerbare Energie ins System integriert werden (siehe Abbildung 62).

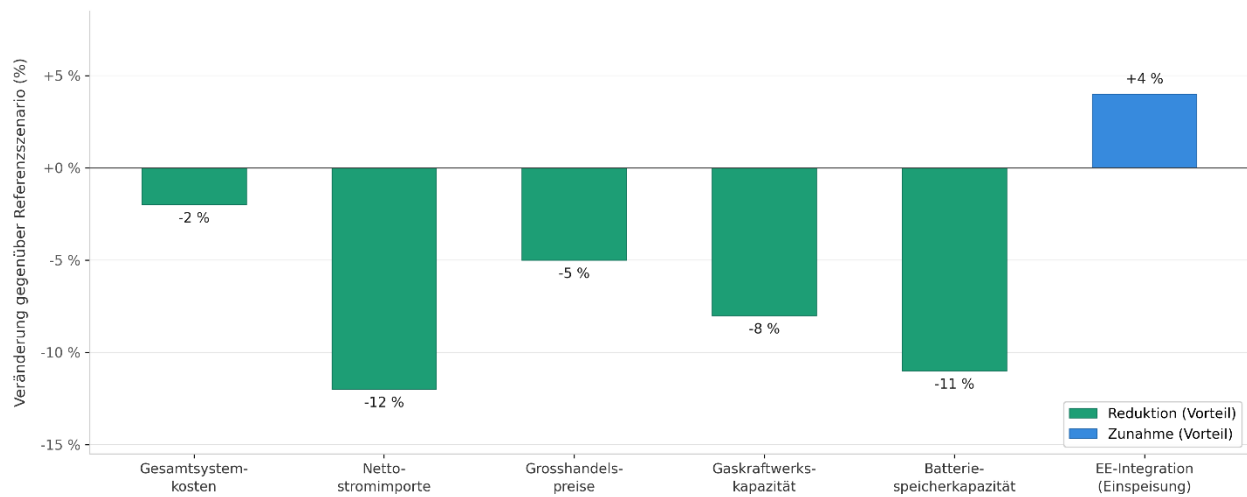


Abbildung 62 Systemvorteile durch WP-Flexibilität allein – szenariobasierte Modellprojektionen für die Schweiz bis 2050 relativ zum «Both off»-Referenzszenario ohne WP- oder EV-Flexibilität. Quelle: PATHFINDER Synthesis Report (2025) [26]; eigene Darstellung.

So weisen diese Studien darauf hin, dass durch koordinierte Betriebsstrategien:

- lokale Lastspitzen signifikant reduziert werden können
- die Integration erneuerbarer Energien verbessert wird
- zusätzliche Netzkapazitäten teilweise substituiert werden können

Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass ein erheblicher Anteil der Lasten nicht flexibel ist, wodurch das insgesamt realisierbare Potenzial begrenzt bleibt. Es lässt sich ableiten, dass Netzdienlichkeit eng mit den zuvor diskutierten Themen der Planung und Betriebsoptimierung verknüpft ist.

Insbesondere besteht ein direkter Zusammenhang zwischen:

- Dimensionierung der Wärmepumpe
- Betriebsverhalten im Teillastbereich
- resultierenden Lastprofilen im Netz

Überdimensionierte Anlagen führen tendenziell zu höheren Anschlussleistungen und verstärken somit potenzielle Netzbelastungen, während gleichzeitig ihre Flexibilität im unteren Leistungsbereich eingeschränkt sein kann.

Netzdienlichkeit ist nicht primär eine Frage der Betriebsstrategie, sondern beginnt bereits bei der korrekten Systemauslegung.

Eine integrative Betrachtung von Dimensionierung, Regelung und Monitoring ist daher Voraussetzung, um sowohl Effizienz- als auch Netzanforderungen gleichzeitig zu erfüllen.

Dabei ist hervorzuheben, dass netzdienliche Betriebsweisen nicht ausschliesslich neue Wärmepumpenanlagen betreffen. Auch bestehende Systeme können nachträglich für einen netzdienlicheren Betrieb ertüchtigt werden, sofern geeignete Steuerungsschnittstellen vorhanden sind oder nachgerüstet werden. Zentral hierfür ist der Einsatz von Energiemanagementsystemen. Diese Nachrüstbarkeit bestehender Anlagen ist insbesondere für den Schweizer Gebäudebestand von hoher Relevanz, da ein Grossteil der installierten Wärmepumpen über eine verbleibende Nutzungsdauer von mehreren Jahren verfügt und ein vollständiger Anlagenersatz weder ökologisch noch ökonomisch sinnvoll wäre.

5.3.3 Technische und betriebliche Umsetzungsansätze

Die praktische Umsetzung netzdienlicher Betriebsweisen erfordert eine Kombination aus geeigneter Gebäudeautomation, standardisierten Schnittstellen und optimierten Regelstrategien. Im Folgenden werden

diese drei Säulen dargestellt und hinsichtlich ihres Umsetzungsstands und ihrer Weiterentwicklungsbedarfe eingeordnet.

5.3.3.1 *Intelligente Gebäudeautomation*

Die Verteilnetzstudien des BFE [36] und praxisbasierte Studienergebnisse der BKW [39] stimmen in ihrer Beurteilung überein, dass das Kundenverhalten einen massgeblichen Einfluss auf die Netzausbaukosten der Energiewende hat. Eine intelligente Gebäudeautomation, die Kundinnen und Kunden im Wesentlichen zu aktiven Teilnehmenden im elektrischen Gesamtsystem macht, ermöglicht Lastreduzierung und Lastverschiebung und weist damit ein erhebliches Potenzial zur Verminderung von Netzausbaukosten auf.

Die Umsetzung eines solchen netzdienlichen Betriebs kann grundsätzlich auf zwei Wegen erfolgen: über ein gebäudeseitiges Energiemanagementsystem (EMS), in der Regel von Drittanbietern, das die Wärmepumpe als einen von mehreren Verbrauchern koordiniert, oder über die WP-herstellereigene integrierte Regelung (embedded oder cloudbasiert). Die technischen EMS-Stufen sind in Abschnitt 4.3.2 beschrieben.

Im heutigen Marktangebot zeigt sich, dass die Umsetzung über EMS den dominierenden Ansatz darstellt, insbesondere wenn es um die Reaktion auf dynamische Preissignale oder externe Netzsignale geht. Die fortgeschrittenen internen Regler der Wärmepumpenhersteller – soweit sie über die klassische Heizkurven- und Speichertemperaturregelung hinausgehen – sind hingegen überwiegend auf die Eigenverbrauchsoptimierung von PV-Strom ausgerichtet und implementieren netzdienliche Betriebsstrategien bislang, wenn überhaupt, nur über Sperrzeiten des VNB oder EVU.

Unabhängig vom gewählten Umsetzungsweg sind jedoch für die technische Realisierung zwei Aspekte von zentraler Bedeutung: erstens geeignete Steuerungsschnittstellen zwischen EMS, Wärmepumpe und Preissignalgebern und zweitens fortschrittliche Regelstrategien, die über die heutigen Ansätze hinausgehen.

- **Schnittstellen**

Für die Umsetzung netzdienlicher Betriebsweisen sind geeignete Steuerungsschnittstellen erforderlich. Das in der Schweiz etablierte SmartGridready-Stufenmodell definiert hierzu sechs Kommunikationsstufen – von der einfachen Freigabe/Sperrung (Stufe 1, vergleichbar mit der bisherigen EVU-Sperre) über diskrete Betriebsmodi (Stufe 2, entsprechend SG-Ready nach BWP) bis hin zu dynamischen Sollwerten (Stufe 4) und prognosebasierten Regelstrategien (Stufe 6) [26]. Die Schnittstellen und Umsetzungskonzepte werden sowohl in Kapitel 4 dieses Berichts (vgl. Abschnitte 4.3.4) als auch im WP-Buch [26] vertieft behandelt. Darüber hinaus wurde die praktische Umsetzbarkeit moderner Schnittstellen für die Eigenverbrauchsoptimierung von Wärmepumpen in Arealen bereits in praxisorientierten Projekten nachgewiesen [40].

- **Fortschrittliche Regelstrategien**

Für eine effektive netzdienliche Betriebsführung werden Regler benötigt, die mehrere Eingangsgrössen gleichzeitig verarbeiten und unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen – wie Komfortanforderungen, Speicherkapazitäten und Tarifstrukturen – optimale Betriebsentscheide treffen können. Konventionelle regelbasierte Ansätze, wie sie heute in den meisten EMS implementiert sind, arbeiten typischerweise nach einer Wenn-dann-Logik und stossen bei der gleichzeitigen Berücksichtigung mehrerer Eingangsgrössen und Nebenbedingungen an ihre Grenzen. Fortschrittliche Ansätze wie die modellprädiktive Regelung (MPC) oder mathematische optimierungsbasierte Verfahren bieten hier einen vielversprechenden Lösungsansatz, da sie vorausschauend und unter gleichzeitiger Abwägung aller relevanten Randbedingungen optimale Betriebsentscheide berechnen können.

Obwohl prädiktive Regelungsansätze für Heizungsanlagen kein grundsätzlich neues Thema darstellen und bereits in der Vergangenheit erprobt wurden (NEUROBAT [41], Project OptiControl [42]) – teils mit noch nicht zufriedenstellenden Ergebnissen –, haben die jüngsten Fortschritte in der Rechenkapazität,

datenbasierte Modellierungsansätze sowie verbesserte Kommunikationsschnittstellen diesem Forschungsfeld neuen Auftrieb gegeben. In jüngster Zeit konnten Forschende und Ingenieure erfolgreiche Demonstrationen für optimale Wärmepumpenregelung im Feld durchführen [43] [44] [45].

Das Forschungsprojekt OPERA hat die erfolgreiche Umsetzung eines MPC-basierten Ansatzes in einem 2023 sanierten Mietgebäude mit 20 Wohnungen in Neuenburg demonstriert [43]. Die prädiktive Regelung optimiert den Betrieb der Wärmepumpen und Fussbodenheizungsventile auf Basis von Wetter- und Preisprognosen über einen Solltemperaturbereich anstelle fester Sollwerte. Das Projekt belegt, dass die thermische Flexibilität des Gebäudes gezielt genutzt werden kann, ohne den Komfort der Bewohnenden zu beeinträchtigen – und dass konventionelle EMS-Lösungen, die primär auf PV-Eigenverbrauchsoptimierung ausgerichtet sind, bei grösseren Gebäuden an ihre Grenzen stossen und unter bestimmten Bedingungen sogar die Effizienz der Wärmepumpe verschlechtern können.

- **EMS-Wirksamkeit im Hinblick auf netzdienliche Betriebsweisen:**

Verschiedene EMS-Lösungen sind bereits am Markt verfügbar, und ein Vergleichsportal für Nutzerinnen und Nutzer aus der Immobilienbranche und für EVU wird von Renera und EnergieSchweiz entwickelt und betrieben [46]. Diese Lösungen fokussieren sich jedoch vorwiegend auf die stromseitige Koordination von Haushaltsgeräten und PV-Eigenverbrauchsoptimierung. Ihre tatsächliche Wirksamkeit im Hinblick auf netzdienliche Betriebsweisen von Wärmepumpen ist bislang nicht systematisch quantifiziert. Die bestehenden Vergleichsportale weisen zwar eine vom jeweiligen Hersteller selbstdeklarierte Angabe aus, ob das System dynamische Tarife verarbeiten kann. Wie diese Fähigkeit jedoch konkret implementiert ist und wie effektiv die Umsetzung im realen Betrieb erfolgt, bleibt unklar.

Ohne umfassende Prüfung lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgehen, dass die verfügbaren EMS-Lösungen eine gewisse Intelligenz bei der Koordination der gebäudeseitigen Komponenten bieten und Funktionen wie Wetterprognosen oder Eigenverbrauchsoptimierung umsetzen, da diese über vergleichsweise einfache logische Algorithmen realisierbar sind. Eine Verifikation optimierungsbasierter netzdienlicher Betriebsstrategien etwa über MPC steht hingegen noch aus. Für eine weiterführende Qualitätssicherung wäre daher ein standardisiertes Prüf- und Bewertungsverfahren für EMS-Lösungen zielführend – beispielsweise in Form eines Qualitätslabels, das die Schnittstellen und die Regellogik verschiedener Systeme systematisch bewertet. Ein möglicher Ansatz zur Umsetzung bestünde in der Entwicklung eines Prüfstands (Testbench), auf dem die Schnittstellenfähigkeit und die Regelperformance verschiedener EMS-Lösungen bezüglich Netzdienlichkeit unter definierten Bedingungen getestet werden können. Verschiedene Laboratorien an Schweizer Hochschulen und Forschungsinstituten verfügen bereits über die notwendige Infrastruktur, um derartige Prüfungen durchzuführen. Einige Beispiele sind:

- FHNW: Energy Research Lab [47] / SmartGridready [48] / Prosumerlabor [49]
- HSLU: Gebäude-Elektro-Engineering Lab [50]
- EMPA: Energy Hub [51]
- HES-SO: Energy Living Lab [52]

Ergänzend zu laborbasierten Versuchen wäre eine Software-in-the-Loop-Architektur (SiL) ein weiterer vielversprechender Ansatz, der eine systematische und reproduzierbare Bewertung kommerzieller EMS-Lösungen hinsichtlich ihrer Netzdienlichkeit ermöglicht. Das Grundprinzip besteht darin, das reale EMS – als Black Box – in einer simulierten Umgebung gegen ein validiertes Surrogatmodell eines typischen Wärmepumpensystems zu testen. Die vom EMS in Echtzeit ausgegebenen Sollwerte und Steuerbefehle werden direkt auf das Surrogat angewendet, dessen Reaktion in den nächsten Regelschritt zurückfliesst. Über vordefinierte Szenarien – etwa Kaltwetterperioden, dynamische Preissignale oder netzkritische Hochlastphasen – lässt sich so die Regelperformance verschiedener EMS-Lösungen unter identischen Bedingungen vergleichen. Die Surrogatmodelle werden, als FMU (Functional Mock-up Units nach FMI-Standard) bereitgestellt, was eine modulare Abdeckung typischer Wärmepumpenkonfigurationen im Leistungsbereich bis 70 kW erlaubt – von Luft/Wasser-Anlagen in Einfamilienhäusern bis zu Sole/Wasser-Systemen in kleineren Mehrfamilienhäusern. Eine methodisch wichtige Eigenschaft des Frameworks be-

steht in der bewussten Trennung zwischen Disturbance-Modell und Forecast-Modell: Während das Disturbance-Modell die realen, dem EMS unbekannten Störungen (Wetter, Bewohnerverhalten) auf das Surrogat einwirken lässt, erhält das EMS nur die jeweiligen Prognosewerte als Eingang. Damit lässt sich nicht nur die Funktionalität der Regelung, sondern auch ihre Robustheit gegenüber Prognoseunsicherheit prüfen – ein für die Praxis besonders relevanter Aspekt. Abbildung 63 zeigt den schematischen Aufbau einer solchen SiL-Testbench. Das EMS unter Test reagiert auf Prognosewerte (Forecast-Modell) und Steuerbefehle des Surrogatmodells. Reale, dem EMS unbekannte Störungen (Disturbance-Modell) wirken parallel auf das FMU-basierte Surrogatmodell typischer Wärmepumpenkonfigurationen bis 70 kW.

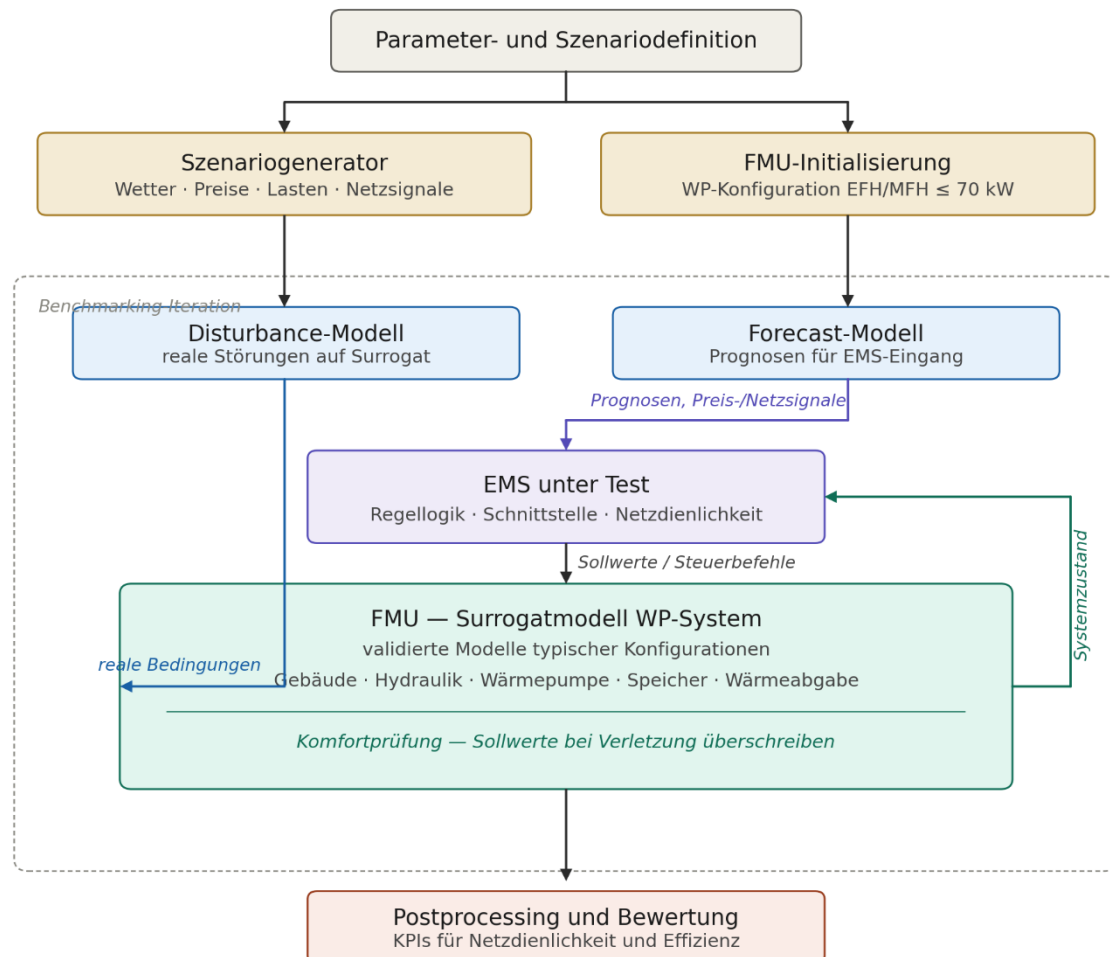


Abbildung 63 Schematischer Aufbau einer Software-in-the-Loop-Testbench zur Bewertung von EMS-Lösungen hinsichtlich Netzdienlichkeit.. Eigene Darstellung.

5.3.3.2 Thermische Speicherintegration

Thermische Speicher leisten einen substantziellen Beitrag zur Reduktion elektrischer Lastspitzen, indem sie den Strombezug zeitlich vom aktuellen Wärmebedarf entkoppeln. Sie stellen die robusteste und technologisch am weitesten entwickelte Form der Flexibilisierung dar. Dabei spielt die thermische Speichermasse des Gebäudes selbst eine wesentlich grössere Rolle als technische Speicher: In Gebäuden in Massivbauweise mit Fussbodenheizung kann die Raumtemperatur typischerweise um 1 bis 3 K angehoben werden, was einer erheblichen Speicherkapazität entspricht [26]. Technische Puffer- und Warmwasserspeicher ergänzen dieses Potenzial, sind jedoch in ihrer Kapazität begrenzt. Netzseitig entfalten thermische Speicher ihre Wirkung vor allem in der Nieder- und Mittelspannungsebene, indem sie die Wärmenachfrage zeitlich von den Stromspitzen entkoppeln und so die lokale Gleichzeitigkeit senken.

5.3.3.3 Aggregation und Koordination

Besonders wirksam wird der Effekt thermischer Speicher, wenn er nicht isoliert auf einzelne Anlagen beschränkt bleibt, sondern auf Quartier- oder Verbundebene koordiniert erfolgt. Die Ergebnisse der BFE-Studie «BigStoreSwarm» belegen, dass durch eine dezentrale Koordination mehrerer Wärmepumpenanlagen mit thermischen Speichern und einer Überbrückungszeit von rund acht Stunden Leistungsspitzen um etwa 30 % reduziert werden können [53]. Die koordinierte Steuerung mehrerer Anlagen erhöht die Systemwirksamkeit erheblich, da zufällige Lastspitzen reduziert und Prognosen verbessert werden [54].

5.3.3.4 Markt- und Tarifsignale

Dynamische Tarife und Demand-Response-Mechanismen stellen einen zentralen Hebel dar, um netzdienliches Verhalten ökonomisch zu incentivieren. Allerdings bieten die meisten Stromversorger in der Schweiz derzeit keine dynamischen Tarife an, da hierzu keine regulatorische Verpflichtung besteht. Dies verhindert, dass Endkundinnen und Endkunden ihre Flexibilität aktiv anbieten können. Um die Verbreitung netzdienlicher Betriebsweisen zu fördern, sind daher gezielte regulatorische Massnahmen erforderlich – beispielsweise die Einführung oder Weiterentwicklung dynamischer Tarifmodelle, ein klar definierter Marktzugang für Aggregatoren, optionale Direktsteuerungsmodelle (Opt-in) sowie ergänzende Finanzierungsinstrumente.

5.3.4 Herausforderungen

5.3.4.1 Technischen und Systemischen Rahmenbedingungen

Trotz des vorhandenen Potenzials ist die Netzdienlichkeit von Wärmepumpen durch mehrere systemischen Faktoren begrenzt. Dazu zählen:

- Komfortanforderungen der Nutzer
- physikalische Grenzen der Wärmespeicherung
- heterogene Gebäudestrukturen
- begrenzte Standardisierung von Schnittstellen

Zudem besteht ein grundlegender Zielkonflikt zwischen:

- Effizienzoptimierung (JAZ)
- Netzdienlichkeit (Lastverschiebung)

Eine starke Lastverschiebung kann unter Umständen zu suboptimalen Betriebspunkten führen und damit die Effizienz reduzieren. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer integrierten Betrachtung beider Zielgrössen.

Zusätzlich deuten Unterschiede zwischen den vorliegenden Netzausbauanalysen darauf hin, dass das tatsächliche Potenzial netzdienlicher Betriebsweisen differenzierter zu bewerten ist. Während die Verteilnetzstudie des BFE den Netzausbaubedarf vorwiegend durch die Lastzunahme getrieben sieht und ihn hauptsächlich im Hoch- und Mittelspannungsnetz verortet, kommt die netzbasierte Analyse der BKW zu abweichenden Schlüssen: Sie zeigt erstens, dass der Ausbaubedarf in erheblichem Mass auch erzeugungsgetrieben ist – stärker als in der BFE-Studie ausgewiesen –, und zweitens, dass er sich insbesondere im ländlichen Mittel- und Niederspannungsnetz manifestiert [36], [39]. Diese Abweichungen sind methodisch relevant, da sie auf unterschiedliche Netzstrukturen und Ausgangsdaten zurückzuführen sind. Sie unterstreichen, dass die Ergebnisse Szenario-basierter Modellierungen mit Vorsicht zu interpretieren sind und eine kritischere Auseinandersetzung mit den zugrunde liegenden Annahmen erforderlich ist, bevor aus ihnen direkte Schlussfolgerungen für den Nutzen netzdienlicher Wärmepumpensteuerung abgeleitet werden.

5.3.4.2 Eigentümerschaft und Operative Betriebsführung

Neben den technischen und systemischen Rahmenbedingungen spielt die Eigentümerschaft sowie die operative Betriebsführung eine zentrale Rolle für die Realisierung netzdienlicher Betriebsweisen. Wärmepumpen im Leistungsbereich ≤ 70 kW sind überwiegend in dezentralen Gebäudestrukturen (EFH und kleinere MFH) installiert, die sich durch hohe Stückzahlen bei geringer Einzelleistung, begrenzte wirtschaftliche Komplexität und heterogene Systemauslegung auszeichnen. Hier sind die Entscheidungen über Planung, Betrieb und Optimierung in hohem Mass durch private oder institutionelle Eigentümer geprägt. Daraus ergeben sich mehrere strukturelle Herausforderungen:

- **Informationsasymmetrien:**

Eigentümer verfügen häufig nicht über ausreichende Kenntnisse hinsichtlich netzdienlicher Betriebsstrategien oder deren Auswirkungen auf Effizienz und Kosten. Dabei zeigen übereinstimmende Analysen des BFE und der BKW, dass das Kundenverhalten einen entscheidenden Einfluss auf den Netzausbaubedarf hat – abhängig davon, ob Flexibilität genutzt wird oder nicht, können die erforderlichen Netzinvestitionen erheblich variieren [36], [39]. Ein verbessertes Qualitätssicherungssystem sollte Eigentümer gezielt befähigen, fundierte Entscheidungen im Sinne einer hohen Anlagenqualität zu treffen.

- **Anreizproblematik (Split Incentives):**

Investitions- und Betriebskosten sowie der Nutzen aus Flexibilisierungsleistungen fallen oft bei unterschiedlichen Akteuren an. Dies betrifft insbesondere Mietverhältnisse, wo Flexibilitätsvereinbarungen an individuelle Mietparteien geknüpft sind und daher naturgemäss zeitlich begrenzt bleiben. Wechselt die Mieterschaft, entfällt die vereinbarte Flexibilitätszusage – mit der Konsequenz, dass der Netzausbau, der ursprünglich durch das Flexibilitätsangebot vermieden werden sollte, nachträglich und zu höheren Kosten realisiert werden muss. Bei Einfamilienhäusern und Stockwerkeigentum ist diese Problematik weniger ausgeprägt, da Investition, Betrieb und Nutzen in der Regel bei derselben Partei liegen.

- **Komfortpriorisierung:**

Die Sicherstellung thermischen Komforts hat in der Praxis höchste Priorität, wodurch die Bereitschaft zur aktiven Lastverschiebung begrenzt ist. Intelligente Gebäudeautomation kann diesen Zielkonflikt auflösen, indem sie Lastverschiebungen automatisiert und komforterhaltend durchführt – ohne aktives Zutun der Bewohnenden. Die soziale Akzeptanz netzdienlicher Massnahmen lässt sich darüber hinaus durch transparente Kommunikation des Nutzens – beispielsweise in Form sichtbarer Kostenersparnisse auf der Stromrechnung oder verständlicher Verbrauchsrückmeldungen – sowie durch einfache Opt-out-Möglichkeiten wesentlich erhöhen. Es ist davon auszugehen, dass netzdienliche Eingriffe von Nutzenden eher akzeptiert werden, wenn Komforterhalt und Kostenvorteil transparent kommuniziert werden.

- **Begrenzte Betriebsführung:**

Im Gegensatz zu grösseren Anlagen fehlt bei kleineren Systemen häufig eine kontinuierliche, professionelle Betriebsoptimierung. Komplexe Optimierungsansätze sind hier nur bedingt geeignet. Standardisierte Lösungen mit geringem Integrationsaufwand – etwa einfache Steuerlogiken oder vorkonfigurierte Betriebsmodi – weisen ein deutlich höheres Umsetzungspotenzial auf und sollten bei der Produktentwicklung und Systemauslegung gezielt priorisiert werden.

Diese Faktoren führen dazu, dass vorhandene technische Flexibilität in vielen Fällen nicht ausgeschöpft wird. Netzdienliche Funktionen können in diesem Segment daher nur dann skaliert werden, wenn sie:

- nutzerfreundlich sind,
- robust gegenüber Fehlbedienung funktionieren und
- ohne kontinuierliche manuelle Intervention betreibbar sind.

Damit wird deutlich, dass die erfolgreiche Umsetzung netzdienlicher Wärmepumpensysteme nicht allein eine technische Fragestellung ist, sondern wesentlich von geeigneten organisatorischen und regulatorischen Rahmenbedingungen abhängt.

5.3.4.3 Regulatorische Einordnung

Die MuKE 2025, die von der EnDK im August 2025 verabschiedet wurden, zeigen exemplarisch, wie regulatorische Instrumente auf kantonaler Ebene gezielt weiterentwickelt werden können, um die Netzdienlichkeit von Wärmepumpen zu fördern. Das Basismodul führt eine Ausrüstungspflicht für Gebäudeautomation bei grösseren Neubauten ein und schafft damit eine verbesserte Datengrundlage für Betriebsoptimierung und netzdienliche Steuerung. Für kleinere Wohngebäude – in denen der überwiegende Teil der dezentralen Wärmepumpenanlagen bis 70 kW installiert ist – greift diese Anforderung jedoch nicht unmittelbar. Zwei freiwillige Zusatzmodule zu Energiedaten und intelligenten Steuerungen bieten den Kantonen einen konkreten Rahmen, um weitergehende Anforderungen einzuführen. Ihre Wirksamkeit hängt jedoch von einer aktiven kantonalen Umsetzung ab. In Verbindung mit geeigneten Anreizinstrumenten – etwa dynamischen Tarifen oder Förderbeiträgen für netzdienliche Systemkonfigurationen – können solche regulatorischen Instrumente dazu beitragen, das vorhandene Flexibilitätspotenzial im dezentralen Wärmepumpensegment systematisch zu erschliessen [55].

5.3.5 Empfehlungen für die Qualitätssicherung

Tabelle 11 führt die in den vorhergehenden Abschnitten identifizierten Herausforderungen mit Lösungsansätzen aus unserer Analyse und der Literatur zusammen und leitet daraus konkrete Empfehlungen für die Weiterentwicklung des bestehenden Qualitätssicherungssystems (insbesondere des WPSM) ab. Die Tabelle zeigt, dass ein erheblicher Teil der heute bestehenden Hemmnisse für eine flächendeckende netzdienliche Betriebsweise von Wärmepumpen im Leistungsbereich ≤ 70 kW durch eine systematische Erweiterung der Qualitätssicherung adressiert werden kann. Während einzelne Massnahmen primär auf Bundes- oder Kantonsebene anzusiedeln sind, lassen sich viele Aspekte direkt in die bestehenden Strukturen des WPSM, der MuKE-Module 10 und 14 sowie der branchenspezifischen Förderbedingungen integrieren.

Tabelle 11 Identifizierte Herausforderungen, Lösungsansätze und vorgeschlagene Integration in das Qualitätssicherungssystem für netzdienliche Wärmepumpensysteme

Herausforderung	Lösungsansätze	Empfohlene Integration in das Qualitätssicherungssystem (QS)
Komfortanforderungen und Komfortpriorisierung der Nutzer	Automatisierte, komforterhaltende Steuerung mit «Opt-out-Voreinstellung»; appliance-level Direct Load Control; transparente Kommunikation des Nutzens und sichtbare Kostenersparnis	QS-Pflichtanforderung: Nachweis automatisierter, komforterhaltender Steuerlogik ohne manuelle Eingriffe (z. B. SiL-Prüfung mit definierten Komfortbandgrenzen 20–22 °C); standardisierte Komfortmetrik und Verbrauchsrückmeldung als Bestandteil der EMS-Schnittstelle
Physikalische Grenzen der Wärmespeicherung	Nutzung der thermischen Gebäudemasse; Auslegung dezidiert thermischer Speicher; quartiersbezogene Wärmenetze	QS-Erweiterung: Bewertung der nutzbaren thermischen Flexibilität bereits in der Planungsphase (vgl. Kap. 3); Aufnahme einer Speicherkennzahl (kWh _{th} nutzbar) in die Anlagendokumentation

Heterogene Gebäudestrukturen	Standardisierte, low-touch Steuerlösungen für dezentrale Anlagen; quartiersbezogene Flexibilitätskoordination	QS-Klassifizierung typischer WP-Systemkonfigurationen (EFH, MFH-Stockwerkeigentum, MFH-Miete) mit jeweils zugeordneten Standardlösungen für netzdienlichen Betrieb
Begrenzte Standardisierung von Schnittstellen	Offene Standards (z. B. Smart-Gridready); flexibility-ready Geräte mit Steuerautomatisierung und Messschnittstellen; Interoperabilität als Pflichtmerkmal	QS-Mindestanforderung: EMS Basic ab Stufe 5 für alle neuen Anlagen bis 70 kW; Pflicht zur dokumentierten Schnittstellenspezifikation im WPSM
Zielkonflikt JAZ vs. Lastverschiebung	Integrierte Bewertung; flexibility-aware Planungsframeworks; kombinierte KPI-Bewertung von Effizienz und Flexibilität	QS-Doppelmetrik: gleichzeitige Bewertung von JAZ und Flexibilitätsindex (z. B. realisierbare Lastverschiebung in kWh/Tag bei JAZ-Verlust $\leq X$ %)
Informationsasymmetrien (Eigentümer)	Befähigung der Eigentümer; transparente Kommunikation des Flexibilitätswerts; öffentliche Förderprogramme	QS-Erweiterung: Eigentümerinformationspflicht im Rahmen der WPSM-Abnahme (Datenblatt zu Flexibilitätspotenzial, JAZ-Erwartung, Kostenstruktur); Energie-Schweiz-Informationsmaterialien
Anreizproblematik (Split Incentives)	Aggregator-Marktzugang; risk-hedging Verträge; dynamische und hybride Tarife mit Opt-out-Voreinstellung; nutzungsunabhängige Vertragsmodelle	QS-Vorschlag: Standardisierte Flexibilitätsverträge mit Übertragbarkeit bei Mieterwechsel; Modulpaket «Mietgebäude» mit klar geregelter Aufteilung von Kosten/Nutzen zwischen Eigentümer und Mietpartei
Begrenzte professionelle Betriebsführung	Skalierbare, low-touch Lösungen mit vorkonfigurierten Betriebsmodi; automatisierte Inbetriebnahme und Fernüberwachung	QS-Erweiterung: Pflicht zur automatisierten Selbstdiagnose (FDD-Funktionalität) und Fern-Monitoring-Anbindung bei der Inbetriebnahme; Erweiterung des WPSM um eine Betriebsphase-Qualifikation

6. Durchgeführte Meinungsumfragen

6.1 BFE Umfrage «Verbesserungspotenziale im Schweizer Wärmepumpenmarkt»

Das BFE hat zusammen mit der intervista AG vom 7. November 2025 bis 16. Januar 2026 eine umfassende Umfrage mit dem Titel «Verbesserungspotenziale im Schweizer Wärmepumpenmarkt» durchgeführt, mit dem Ziel, den aktuellen Stand des Marktes zu erheben. Die folgende Zusammenfassung basiert auf dem Abschlussbericht der Umfrage [13].

Aktueller Stand des Qualitätssystems

Das WPSM ist in der Branche etabliert und schafft fachliche Mindeststandards. Seine Wirkung auf die tatsächliche Systemperformance wird jedoch als begrenzt eingeschätzt – insbesondere bei Dimensionierung, Parametrierung und Systemintegration. Betriebsphase und Monitoring sind bislang nur teilweise Bestandteil der Qualitätssicherung.

Weiterentwicklung des Qualitätssystems

Die Berufsgruppen setzen komplementäre Schwerpunkte: «Planung & Umsetzung» sowie «Technologie & Marktangebot» fordern klare Standards, digitale Unterstützung und einheitliche Prozesse, während «Rahmenbedingungen & Vollzug» Ausbildung, Kompetenzsicherung und Zusammenarbeit in den Vordergrund stellt. Ein zukünftiges Qualitätssystem muss daher sowohl technische Vereinheitlichung als auch Kompetenzentwicklung adressieren.

Qualitätssystem im Marktumfeld

Das Qualitätssystem wird breit befürwortet, entwickelt sich jedoch in einem zunehmend komplexen Umfeld mit steigenden technischen Anforderungen (Effizienz, Flexibilität, Netzdienlichkeit), wirtschaftlichen Unsicherheiten und kantonalen Regulierungsunterschieden. Die Branche fordert höhere Systemkompetenz durch verstärkte Ausbildung und verbesserte Leistungsüberwachung, warnt aber vor zusätzlichem administrativem Aufwand.

Gesellschaftliche Akzeptanz

Die Akzeptanz wird primär durch Investitionskosten und lokale Faktoren wie Lärmemissionen geprägt. Betriebskosten und reale Effizienz spielen bei Investitionsentscheiden eine geringere Rolle, was auf ein Informations- und Transparenzdefizit gegenüber den Endkundinnen und Endkunden hinweist.

Fördersystem

Das Fördersystem wird grundsätzlich positiv bewertet, mit Optimierungspotenzial in der Ausgestaltung. Mehrfach wird angeregt, Förderinstrumente stärker an der realen Systemperformance auszurichten, um die Anreizstruktur entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu vereinheitlichen.

Zukünftige Markt- und Branchenentwicklung

Die Branche erwartet, dass Wärmepumpen fossile Heizsysteme langfristig auch ohne Förderung ablösen werden, sieht die Schweiz jedoch nicht auf Kurs für die Klimaziele 2050. Zentrale Hemmnisse sind wirtschaftliche Unsicherheiten, regulatorische Komplexität und Fachkräftemangel. Damit steht die Branche vor der doppelten Herausforderung, Wachstum zu sichern und gleichzeitig Qualität zu gewährleisten.

6.2 Technischen Vertiefungsumfrage «Planung, Monitoring, Qualitätssicherung und neue Trends»

Ausgehend von den Ergebnissen der BFE-Umfrage «Verbesserungspotenziale im Schweizer Wärmepumpenmarkt» wurde im Rahmen dieses Projekts eine vertiefende, technisch stärker differenzierte Befragung durchgeführt. Ziel war es, die Rückmeldungen der ersten Umfrage gemeinsam mit der Branche weiter zu konkretisieren und praxisnah zu schärfen. Dabei wurden reale Betriebserfahrungen, typische Herausforderungen im Alltag sowie relevante Marktmechanismen berücksichtigt. Die Ergebnisse fliessen in die Ausgestaltung eines zukünftigen Qualitätssicherungssystems ein, das technisch und organisatorisch umsetzbar sowie marktgerecht ist.

Die gestellten Fragen sind in Anhang A12 Umfrage «Wärmepumpen: Monitoring, Qualitätssicherung und neue Trends».

Tabelle 12 zeigt die Rückmeldungszahlen der jeweiligen Befragungsgruppen.

Tabelle 12: Übersicht der Rückmeldungen

Befragungsgruppen	Anzahl Rückmeldungen
Planer	24
Hersteller/Lieferant	21
Energieberater	17
Installateur	16
Behörden, EVU, Normen/Standard, FWS, Sonstige	11
Berufsverband	7
Forschung	5
Total	101

Die detaillierten Auswertungen und Darstellungen sind ebenfalls in Anhang A12 Umfrage «Wärmepumpen: Monitoring, Qualitätssicherung und neue Trends» zu finden.

7. Ergebnisse und Diskussion der technischen Vertiefungsumfrage

7.1 Zusammenfassung

Die erfolgreiche Integration von Wärmepumpen in den Gebäudebestand erfordert nicht nur leistungsfähige Geräte, sondern einen durchgängigen Qualitätssicherungsprozess über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage. Planung, Dimensionierung, Inbetriebsetzung, Betrieb sowie die kontinuierliche Optimierung beeinflussen die Energieeffizienz und die Betriebssicherheit in gleichem Masse.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Fachumfrage mit Vertretenden aus Planung, Installation, Industrie, Energieberatung, Forschung und weiteren Organisationen durchgeführt. Ziel war es, die heutige Praxis zu erfassen, bestehende Herausforderungen zu identifizieren und zukünftige Anforderungen an einen wirksamen Qualitätssicherungsprozess für Wärmepumpenanlagen abzuleiten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die grössten Potenziale derzeit weniger in zusätzlichen technischen Innovationen liegen, sondern in einer konsequenten Umsetzung bewährter Prozesse sowie in einer schrittweisen Digitalisierung und dem gezielten Einsatz von Monitoring über den gesamten Anlagenlebenszyklus.

7.2 Ergebnisse der technischen Vertiefungsumfrage

Die Ergebnisse sind im Anhang A12 Umfrage «Wärmepumpen: Monitoring, Qualitätssicherung und neue Trends» detailliert aufgeführt.

7.3 Zentrale Erkenntnisse

Qualitätssicherung umfasst den gesamten Lebenszyklus

Die Umfrage zeigt deutlich, dass Qualitätssicherung nicht auf einzelne Projektphasen beschränkt werden kann. Von der Planung über die Inbetriebsetzung bis zum laufenden Betrieb werden in allen Phasen Massnahmen als wesentlich für einen effizienten und zuverlässigen Anlagenbetrieb angesehen.

Bereits in der Planungsphase werden eine sorgfältige Dimensionierung, geeignete Planungswerkzeuge sowie die Berücksichtigung zukünftiger Gebäudesanierungen als wichtige Voraussetzungen für einen erfolgreichen Anlagenbetrieb betrachtet.

Die Inbetriebsetzung als kritischer Erfolgsfaktor

Besonders hohe Bedeutung messen die Befragten der fachgerechten Inbetriebsetzung bei. Die Optimierung der Heizkurve, der hydraulische Abgleich sowie die Überprüfung von Regelparametern und Betriebszeiten werden als zentrale Elemente eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses bewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass Optimierungspotenziale weniger in zusätzlichen technischen Komponenten als vielmehr in einer konsequenten und dokumentierten Inbetriebsetzung gesehen werden.

Monitoring als wichtiger Bestandteil zukünftiger Qualitätssicherung

Monitoring wird von den Befragten überwiegend als Instrument zur Betriebsoptimierung und Qualitätssicherung verstanden. Im Vordergrund stehen dabei die Unterstützung von Serviceprozessen, die kontinuierliche Optimierung des Anlagenbetriebs sowie die Bereitstellung aussagekräftiger Betriebsdaten.

Als besonders relevante Monitoringdaten werden Temperaturen, Verdichterdaten, Energieverbräuche sowie erzeugte Wärmemengen genannt. Demgegenüber besitzen gebäudespezifische Zusatzinformationen eine geringere Priorität.

Verantwortung liegt bei den Fachakteuren

Die Verantwortung für die Auswertung von Monitoringdaten wird hauptsächlich bei Herstellern, Lieferanten und Installationsbetrieben gesehen. Unabhängige Dienstleister werden als sinnvolle Ergänzung betrachtet. Endkunden sowie Behörden werden dagegen deutlich seltener als Hauptverantwortliche genannt. Dies unterstreicht, dass Monitoring primär als professionelles Werkzeug für Service, Diagnose und Betriebsoptimierung verstanden wird.

Digitalisierung wird differenziert beurteilt

Cloud-basierte Monitoring- und Serviceplattformen sowie Endkunden-Apps werden bereits heute als vergleichsweise etablierte Technologien wahrgenommen. Ebenfalls wird die Integration von Wärmepumpen in Energiemanagementsysteme gemeinsam mit Photovoltaik, Batteriespeichern und Elektromobilität als weit fortgeschritten eingeschätzt.

Automatisierte Fehlerdiagnose, digitale Zwillinge sowie VR-/AR-Anwendungen werden dagegen überwiegend als technisch verfügbar, jedoch noch nicht breit im Markt etabliert beurteilt.

Netzdienliche Funktionen besitzen Potenzial, sind jedoch noch wenig verbreitet

Anwendungen zur netzdienlichen Steuerung von Wärmepumpen werden überwiegend als Zukunftstechnologien angesehen. Während einfache Funktionen wie der Lastabwurf einzelner Anlagen bereits teilweise umgesetzt werden, werden komplexere Konzepte zur netzlastabhängigen Koordination mehrerer Wärmepumpen oder zur Berücksichtigung von Flexibilität beim Netzausbau noch als wenig praxisreif eingeschätzt.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Branche derzeit weniger auf neue technische Funktionen als vielmehr auf die konsequente Umsetzung bestehender Möglichkeiten konzentrieren möchte. Ein zukünftiger Qualitätssicherungsprozess sollte daher den gesamten Lebenszyklus einer Wärmepumpenanlage abdecken und insbesondere folgende Schwerpunkte setzen:

- hochwertige Planung und korrekte Dimensionierung,
- strukturierte und dokumentierte Inbetriebsetzung,
- kontinuierliches Monitoring und Betriebsoptimierung,
- klare Verantwortlichkeiten für Service und Datenauswertung,
- schrittweise Einführung digitaler und netzdienlicher Funktionen entsprechend ihrem technologischen Reifegrad.

Insgesamt bestätigt die Umfrage, dass die grössten Potenziale für eine nachhaltige Verbesserung der Effizienz und Qualität von Wärmepumpenanlagen derzeit nicht in zusätzlichen technischen Innovationen liegen, sondern in einer systematischen Qualitätssicherung über den gesamten Anlagenlebenszyklus.

8. Fazit und Ausblick

8.1 Planung und Umsetzung

8.1.1 Sicherstellung einer bestmöglichen Planung, Umsetzung und Inbetriebnahme

Es wäre empfehlenswert, die Planungs- und Umsetzungsschritte analog dem WPSM mit standardisierten Unterlagen, Hydraulikschemen, Auslegungs-Tools, Merkblätter und Vademecums sicherzustellen. Der Branchenverband suissetec macht den Hinweis, dass die Standardisierung bei mittelgrossen Anlagen kaum möglich ist. Dies müsste im Detail geprüft werden. Wenn 80% der Anlagen auf standardisierten Schemen erstellt werden können, ist das schon ein wichtiger Schritt.

Erfahrene Installateure und Planer haben eigene Unterlagen, Tools und qualitätssichernde Massnahmen, mit denen sie bereits effiziente Anlagen realisieren.

Die Hilfestellung wäre besonders für junge Unternehmen wichtig, welche im Aufbau des Wissens und der Erfahrung unterstützt werden sollten.

8.1.2 Best-Practice-Beispiele von guter Planung und Umsetzung

Zu empfehlen ist eine Sammlung von Best-Practice-Beispielen von realisierten Anlagen/Lösungen, an welchen sich Unternehmen orientieren können.

8.1.3 KPI und Leistungsgarantie

Das Qualitätssystem des WPSM deckt Anlagen für Heizleistungen bis 15 kW ab. Bei grösseren Anlagen gilt die Empfehlung der Vereinbarung einer Leistungsgarantie. Diese ist für Wärmepumpen grundsätzlich keine gesetzliche Pflicht. Sie ist jedoch in vielen Schweizer Kantonen eine Voraussetzung für den Erhalt von Fördergeldern.

Es wird empfohlen, die Leistungsgarantie mit festgelegten KPI für alle Leistungsgrössen und dem jeweiligen Anlagentyp vorzusehen. Wichtig sind eine sinnvolle, der Komplexität entsprechende und messbare Ausgestaltung der Leistungsgarantie.

8.2 Monitoring und Energiemanagement

8.2.1 Empfehlung für die Umsetzung von Monitoring- und Energiemanagement-Systeme

Das Projektteam empfiehlt als Minimum die Stufe 2 («Monitoring Basic») mit Fernabfrage und Anbindung an eine schweizweite, standardisierte Monitoring-Plattform (vgl. Anhang A7 Tabellendarstellung vorgeschlagene Monitoring-Stufen), falls angedacht. Dies ermöglicht eine automatische und vollständige Überwachung aller neuen WP-Anlagen. Der Detaillierungsgrad der angezeigten Kennzahlen kann je nach Nutzergruppe variieren – von einem einfachen Ampelsystem für Endkunden bis zu detaillierten Betriebsdaten für Service-Techniker.

Die technische Machbarkeit ist gegeben: Aktuelle EMS können bereits über das Modbus-Protokoll eine Vielzahl von Wärmepumpen einbinden. Ein reduziertes Monitoring-Gateway lässt sich mit geringem Entwicklungsaufwand und minimalen Hardware-Kosten realisieren und als Plug-and-Play-Lösung über das Heimnetzwerk installieren.

Als nächster Schritt wird empfohlen, die technische Umsetzbarkeit und den Entwicklungsaufwand mit Anbietern von Monitoring-Plattformen, EMS-Herstellern und WP-Lieferanten abzuschätzen.

8.2.2 Argumente für das WP-Monitoring

Ein WP-Monitoring bietet Vorteile für alle beteiligten Akteure: Endkunden erhalten Transparenz über den Betrieb ihrer Anlage und können Energiekosten einsparen. Hersteller und Installateure gewinnen Felddaten, können Betriebsoptimierung als Dienstleistung anbieten und verfügen über ein Frühwarnsystem. Energieberater und Betriebsoptimierer profitieren von automatisierter Datenverfügbarkeit und neuen Geschäftsmodellen. Kantone und Bund erhalten einen nachweisbaren Effizienzbeitrag zur Energiestrategie bei geringem Förderaufwand. Energieversorger gewinnen Ansteuerbarkeit und Prognosemöglichkeiten für das Lastmanagement. Gateway-Lieferanten profitieren von einem planbaren Markt mit hohen Stückzahlen und geringen Herstellkosten.

8.2.3 Zweck und Nutzen einer Datenerfassung

Die Speicherung und Nutzung der Anlagedaten im Betrieb, wie Temperaturen, Zählerwerte und Kennzahlen bieten viele Möglichkeiten und Vorteile in Bereich der Betriebsoptimierung und der Effizienzkontrolle. Es muss vertraglich festgehalten werden, wer welche Daten braucht, wann, für welche Zwecke und in welchem Auftragsverhältnis. Mit der Datenerfassung besteht die Gefahr der Bildung von Datenfriedhöfen. Hier müssten Datenreduktionen stets durchgeführt werden. Weiter muss die Datensicherheit und der Datenschutz gewährleistet sein. Die suissetec vertritt den Standpunkt, dass die Daten einzig dem Kunden gehören, siehe Anhang A11 Stellungnahme suissetec Monitoring und Betriebsoptimierung.

8.2.4 Mögliche Förderinstrumente für eine Monitoring-Lösung

Es wäre anzustreben, wenn Monitoring-Lösungen gänzlich ohne Förderung umgesetzt werden könnten. Falls aber nötig, wären aus Sicht des Projektteams verschiedene Ansätze denkbar: die direkte Förderung des Monitoring-Gateways (CHF 300–500), der verpflichtende Einbau als Bedingung für den Erhalt einer Wärmepumpen-Förderung, die Förderung einer anschliessenden Betriebsoptimierung sowie leistungsbezogene Zielvereinbarungen für grössere Systeme. Die Förderung kann als sofortige Investitionshilfe oder an einen späteren Effizienznachweis geknüpft ausgestaltet werden. Beim letzten Punkt wird der Aufwand seitens der Behörden kritisch betrachtet.

8.2.5 Zertifizierung der Monitoring-Gateways und EMS-Systeme

Zur Sicherstellung der Qualität und Genauigkeit sollten sowohl Monitoring-Gateways als auch Energiemanagementsysteme (EMS) einem standardisierten Prüfverfahren unterzogen werden. Für die Monitoring-Gateways wird empfohlen, auf bereits zertifizierte Plattformen wie Minergie aufzubauen und die Gateways im bestehenden SmartGridready-Testlabor [48] der FHNW zu zertifizieren.

Für EMS-Systeme besteht ein weitergehender Prüfbedarf, da deren Wirksamkeit im Hinblick auf netzdienliche Betriebsweisen bislang nicht systematisch quantifiziert ist (vgl. Abschnitt 5.3.3). Ein standardisiertes Bewertungsverfahren – beispielsweise über eine Software-in-the-Loop-Testbench – würde eine objektive Bewertung der Regelperformance bezüglich Netzdienlichkeit ermöglichen. Die notwendige Laborinfrastruktur hierfür ist an Schweizer Hochschulen und Forschungsinstituten bereits vorhanden [47], [48], [49], [50], [51], [52].

8.3 Systemintegration und Netzdienlichkeit

8.3.1 Integration der Wärmepumpe in das gebäudeseitige Energiesystem sicherstellen

Die Wärmepumpe ist die zentrale Komponente im Energiesystem Gebäude und koppelt die Sektoren Strom und Wärme. Für eine optimale Systemintegration müssen standardisierte Datenflüsse zwischen Wärmepumpe, Monitoring-Plattform und übergeordnetem Energiemanagementsystem gewährleistet sein.

Es wird empfohlen, im künftigen QS die Bereitstellung einer offenen, dokumentierten Kommunikationschnittstelle (z. B. über standardisierte Modbus-Datenpunkte oder SmartGridready-Funktionsprofile) als Pflichtanforderung für WP-Hersteller zu verankern. Damit wird die herstellerunabhängige Einbindung in Monitoring- und EMS-Lösungen ermöglicht – eine wesentliche Voraussetzung sowohl für die Betriebsoptimierung als auch für die spätere netzdienliche Steuerung.

Mit Fokus auf Systemintegration und Netzdienlichkeit lässt sich die in Abschnitt 8.2 empfohlene Instrumentierung auf Monitoring-Stufe 2 schrittweise ausbauen – über externe, geeichte Sensorik (Stufen 3–4) bis hin zu vollwertigen EMS-Funktionen (Stufen 5–7) einschliesslich netzdienlicher Steuerung über die thermischen Speicher des Gebäudes. So können die technischen Voraussetzungen für Eigenverbrauchsoptimierung und eine spätere netzdienliche Ansteuerung bereits bei der Inbetriebnahme geschaffen werden. Die Schnittstellenspezifikation sollte verbindlich in der Anlagendokumentation festgehalten werden.

8.3.2 Effizienz und Flexibilität gemeinsam bewerten

Der heute bestehende Zielkonflikt zwischen Effizienzoptimierung (JAZ) und Lastverschiebung (Netzdienlichkeit) erfordert eine integrierte Bewertung beider Zielgrössen. Es wird empfohlen, im künftigen QS eine Doppelmetrik einzuführen, die neben der JAZ auch einen Flexibilitätsindex erfasst – beispielsweise die realisierbare Lastverschiebung in kWh pro Tag bei einem JAZ-Verlust von maximal X %. Damit wird ein Anreiz geschaffen, netzdienliche Funktionen nicht auf Kosten der Effizienz umzusetzen, sondern beide Ziele systematisch in Einklang zu bringen.

8.3.3 Regulatorische Rahmenbedingungen nutzen und weiterentwickeln

Die Studie empfiehlt, die Kompatibilität der QS-Anforderungen mit den bestehenden MuKE-Modulen 10 und 14 sicherzustellen, um Synergien bei einer allfälligen kantonalen Umsetzung zu ermöglichen. Ergänzend sind dynamische Tarifmodelle als ökonomischer Enabler für netzdienliches Verhalten zu fördern, da die Mehrheit der Stromversorger derzeit keine dynamischen Tarife anbietet.

8.4 Kompetenzentwicklung und Sensibilisierung

8.4.1 Gezielte Ausbildung der Fachkräfte

Planung, Monitoring und netzdienlicher Betrieb sind von Natur aus interdisziplinär. Sie erfordern eine konsequente Verankerung in Ausbildung und Weiterbildung sowie die systematische Integration von Erkenntnissen aus Feldmessungen und dem Betrieb. Wichtig ist eine gezielte Aus- und Weiterbildung der Installateure und Planer. «suissetec» und der «FWS» spielen hier eine entscheidende Rolle. Das Fachwissen ist da.

8.4.2 Sensibilisierung der Endkunden

Die Endkunden können durch ihre Nachfrage nach guten und effizienten Systemen die Marktentwicklung positiv beeinflussen. Informationskampagnen durch die kantonalen Impulsprogrammen z.B. helfen, die Endkunden zu sensibilisieren.

8.4.3 Mobilisierung der Marktteilnehmer

Die direkten Marktteilnehmer, also die Installateure und Lieferanten von WP-Systemen können die Effizienzthematik ebenfalls proaktiv den Kunden erläutern und deren Wichtigkeit betonen. Sie helfen damit, zusammen mit den WP-Herstellern marktgerechte Systeme zu entwickeln. Zentral und unterstützend ist die Konkurrenz der WP-Lieferanten und Hersteller. Bietet ein Hersteller schon eine Applikation, mit welcher

die Anlagen optimiert werden können, werden die anderen mit einer gewissen Sicherheit solche Anwendungen entwickeln.

8.5 Strategischer Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die Erkenntnisse der EnergieSchweiz-Marktbefragung [13]: Die Wärmepumpentechnologie ist grundsätzlich ausgereift, gleichzeitig bestehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette weiterhin relevante Potenziale bei Planung, Integration, Inbetriebnahme und Betrieb. Effizienzverluste entstehen oftmals nicht auf Geräteebene, sondern im Zusammenspiel von Hydraulik, Regelung, Betriebsführung und Gebäudesystem.

Die Weiterentwicklung einer Qualitätssicherung für Wärmepumpen im gesamten Gebäudebereich bewegt sich dabei in einem Spannungsfeld verschiedener Anforderungen:

- Marktakteure verlangen praxistaugliche und wirtschaftliche Lösungen.
- Bund und Kantone müssen die Wirksamkeit der Fördermittel sicherstellen.
- Die technische Entwicklung eröffnet neue Möglichkeiten für Monitoring, Betriebsoptimierung und Flexibilisierung.
- Gleichzeitig bestehen begrenzte Ressourcen bei Fachkräften und Vollzugsbehörden.
- Neue Anforderungen müssen von Branche, Eigentümerschaft und Vollzug akzeptiert und umgesetzt werden können.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das BFE keine Strategie einer generellen Monitoringpflicht. Vielmehr soll ein skalierbarer und verhältnismässiger Ansatz entwickelt werden, der sich an der Komplexität und den Anforderungen der jeweiligen Anlage orientiert.

Für standardisierte Kleinanlagen stehen weiterhin einfache und robuste Lösungen im Vordergrund. Bei grösseren und komplexeren Systemen gewinnen zusätzliche Anforderungen an Betriebsqualität, Monitoring, Betriebsoptimierung sowie Systemintegration an Bedeutung. Die zukünftige Qualitätssicherung soll damit stärker auf die tatsächlich erreichte Effizienz und Anlagenperformance ausgerichtet werden, ohne unnötige administrative Belastungen zu schaffen.

Ein zentrales Ziel der zukünftigen Qualitätssicherung besteht darin, die Transparenz über die reale Anlagenperformance zu erhöhen. Dabei steht nicht die Kontrolle einzelner Anlagen im Vordergrund, sondern der Nutzen für Eigentümerinnen und Eigentümer, Fachpersonen und Förderstelle. Was gemessen und verständlich dargestellt wird, kann gezielt verbessert werden. Monitoring und digitale Werkzeuge sollen deshalb dazu beitragen, die Betriebsqualität sichtbar zu machen, Optimierungspotenziale frühzeitig zu erkennen und das Vertrauen in die Wärmepumpentechnologie langfristig zu stärken.

Abbildung 64A zeigt, dass die heute eingesetzten Qualitätssicherungsinstrumente primär leistungsabhängig organisiert sind. Für kleine Anlagen wird die Qualitätssicherung insbesondere über das Wärmepumpen-Systemmodul (WPSM) sichergestellt. Im mittleren Leistungsbereich kommen Instrumente wie die Leistungsgarantie zum Einsatz. Für Anlagen ab 70 kW sieht das im Rahmen des Klima- und Innovationsgesetzes (KIG) eingeführte Impulsprogramm zusätzlich eine fachgerechte Strom- und Wärmemessung als Fördervoraussetzung vor. Die Anforderungen orientieren sich damit heute überwiegend an der installierten Leistung der Anlage. Abbildung 64A zeigt einen möglichen Ansatz für eine leistungsübergreifende Qualitätssicherung vom Einfamilienhaus bis zu komplexen Mehrfamilienhäusern und grösseren Gebäudesystemen. Die dargestellte Abgrenzung bei rund 30 kW ist als indikative Orientierung zu verstehen. Sie leitet sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie sowie den Rückmeldungen aus den Befragungen und Experteninterviews ab. Mit zunehmender Leistung steigen typischerweise die Systemkomplexität, die Anzahl beteiligter Akteure sowie die Anforderungen an Planung, Integration, Betriebsoptimierung und Qualitätssicherung. Die Grenze ist daher nicht als starre technische oder regulatorische Schwelle zu ver-

stehen; im Einzelfall können standardisierte Lösungen auch oberhalb von 30 kW beziehungsweise projektoptimierte Lösungen bereits unterhalb dieser Leistung zweckmässig sein. Im Vordergrund stehen dabei aber nicht mehr ausschliesslich Geräteeigenschaften oder Leistungsklassen, sondern die tatsächlich erreichte Betriebsqualität, Energieeffizienz, Systemintegration und Netzverträglichkeit. Für standardisierte Kleinanlagen bleiben einfache und robuste Qualitätsanforderungen zentral, während bei komplexeren Systemen zusätzliche Anforderungen an Monitoring, Betriebsoptimierung, Betriebsnachweis und Flexibilitätsbereitstellung hinzukommen können. Die Darstellung berücksichtigt zudem die im Klima- und Innovationsgesetz vorgesehenen Förderbereiche für Unternehmen, die Branche sowie thermische Netze und Langzeitspeicher gemäss Art. 5, 6 und 7 KIG und zeigt deren Einordnung in ein kohärentes, skalierbares Qualitätssicherungssystem.

Abbildung 64 illustriert eine mögliche strategische Stossrichtung. Die künftige Ausgestaltung eines Qualitätssicherungssystems für Wärmepumpenanlagen mit Anwendung ins gesamten Gebäudebereich muss aber gemeinsam mit den relevanten Akteuren weiter konkretisiert werden. Dazu gehören insbesondere Vertreterinnen und Vertreter der Branche, der Kantone, der Forschung sowie weiterer betroffener Organisationen. Die vorliegende Studie und die EnergieSchweiz-Marktbefragung [13] bilden hierfür eine gemeinsame fachliche Grundlage.

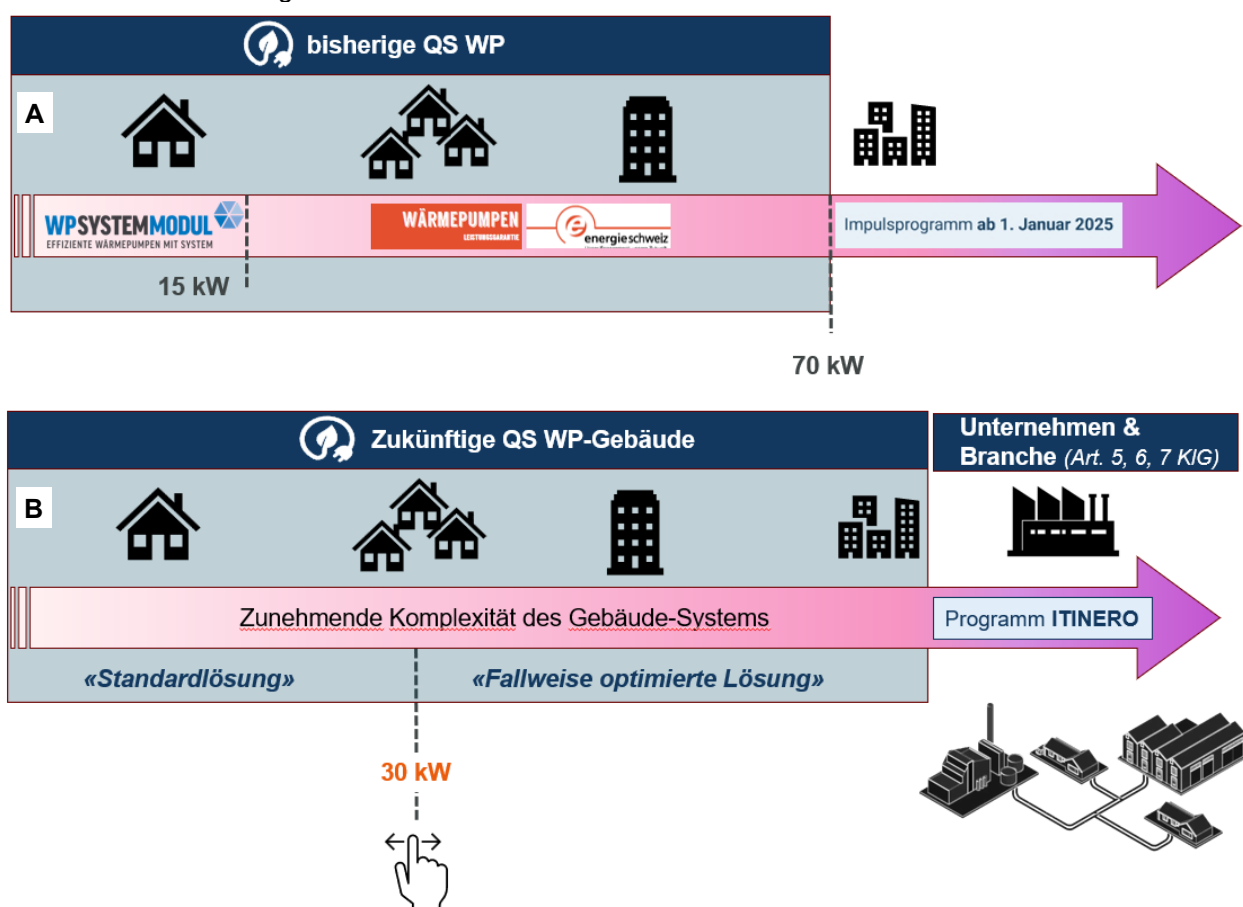


Abbildung 64: Heutige und zukünftige QS bei Wärmepumpensystemen

Abbildung 64 zeigt: A) Heutige, überwiegend leistungsabhängige Qualitätssicherung mit WPSM, Leistungsgarantie und den Anforderungen des Impulsprogramms ab 70 kW. B) Mögliche zukünftige, skalierbare Qualitätssicherung mit Fokus auf reale Betriebsqualität, Energieeffizienz, Betriebsoptimierung und Netzdienlichkeit über alle Gebäudetypen und Leistungsklassen hinweg. Die dargestellte Grenze bei rund 30 kW ist indikativ. Die vorgeschlagene QS-Abgrenzung dient als konzeptionelle Grundlage für die Weiterentwicklung eines technologieoffenen und skalierbaren Qualitätssicherungssystems und ist von den Förderbereichen des Klima- und Innovationsgesetzes (KIG) für Unternehmen, Branche sowie thermische Netze und Langzeitspeicher (Art. 5–7 KIG) zu unterscheiden (s. Programm ITINERO <https://www.itinero.admin.ch/de>).

Literaturverzeichnis

- [1] H. R. Gabathuler et al., „Projektbezogene Qualitätssicherung, Qualitätssicherungsmodell für Haustechnikprojekte“, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1996.
- [2] Bundesamt für Energie, „Wärmestrategie 2050“, 2023.
- [3] Bundesamt für Energie BFE, „Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2023“, 2023.
- [4] M. Prinzing, M. Berthold und S. Bertsch, „Ausblick auf mögliche Entwicklungen von Wärmepumpen-Anlagen bis 2050“, Bundesamt für Energie, 2019.
- [5] Bundesamt für Energie BFE, „Pflichtenheft: Schweizer Wärmepumpenmarkt: Fokus auf Energieeffizienz und Flexibilität“, 2025.
- [6] Fachvereinigung Wärmepumpe Schweiz - FWS, „Wärmepumpen-System-Modul (WPSM) Jahresbericht“, Bundesamt für Energie BFE, EnergieSchweiz, 2024.
- [7] S. Bernal, M. Berthold, S. Bertsch und M. Eschmann, „Bericht "Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen Heizsaison 2022/23",“ Bundesamt für Energie BFE, 2023.
- [8] T. Brudermueller, U. Potthoff, E. Fleisch, F. Wortmann und T. Staake, „Estimation of energy efficiency of heat pumps in residential buildings using real operation data“, Nature Communications, 2025.
- [9] D. Zogg und D. E. Shafai, „Kurztestmethode für Wärmepumpenanlage“, Bundesamt für Energie BFE, 2001.
- [10] R. Agner, M. Etterlin, D. Troxler, L. Gasser und B. Wellig, „Vermeidung von Effizienzeinbussen von Heizungswärmepumpen durch digitale Betriebsanalyse“, Bundesamt für Energie, 2022.
- [11] D. Zogg, R. Kobler und M. Bättschmann, „Wärmepumpen, Photovoltaik und Elektromobilität“, 2023.
- [12] CSD Ingenieure, „Atelier Assurance qualité PAC urbaines sur mandat de SIG“, Olten, 2022.
- [13] intervista AG, Carmen Bauer und Nicole Imhof, „Verbesserungspotenziale im Schweizer Wärmepumpenmarkt“, intervista AG, Zürich, 2026.
- [14] I. Bosshard, M. Troxler, A. Guliyeva, K. Krisztina, M. Haller, C. Meier, M. Werro, C. Wemhöner, R. Novoa-Herzog und P. Hollmüller, „OptiPower - Untersuchung der optimalen Auslegung der Leistung von Heiz- und Kühlsystemen für Wohn- und Verwaltungsgebäude“, Bundesamt für Energie BFE, Bern, 2023.
- [15] D. K. Kelevitz, D. Philippen und A. Schmitt, „OptiSanPower: Untersuchung der optimalen Auslegung des Wärmeerzeugers beim Heizungsersatz in Wohngebäuden“, Bundesamt für Energie BFE, 2025.
- [16] M. Erb, P. Hubacher und M. Ehrbar, „Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996-2003“, Bundesamtes für Energie BFE, Bern, 2004.
- [17] D. Günther, J. Wapler, S. Herkel, S. Helmling, K. Geimer, M. Miara, B. Nienborg, A. Uhl, J. Kähler und R. Langner, „Wärmepumpen in Bestandsgebäuden“, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2025.
- [18] suissetec, *Wärmepumpen mit Invertern*, Zürich: suissetec, 2022.
- [19] A. Genkinger, „Mehrverbrauch durch leistungsreduzierten WP-Betrieb (nicht veröffentlicht)“, FHNW INEB, 2018.
- [20] Peterhans, Stephan (Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz), „Untersuchung der Wärmeversorgung von Gebäuden mit Luft/Wasser-Wärmepumpen im Silent-Modus (nicht Veröffentlicht)“, Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz, Bern, 2021.
- [21] Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien, *Stand der Technik stationäre Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln*, 2026.
- [22] Huber Energietechnik AG, *Aktennotiz Nr. 2: Strom – Mehrverbrauch von Propan-Wärmepumpen*, Zürich, 2026.
- [23] H. Gabathuler, H. Mayer und T. Afjei, „Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen“, Bundesamt für Energie, Bern, 2002.
- [24] CSD INGÉNIEURS SA, *Aufdach-Wärmepumpen*, Bern: EnergieSchweiz, 2018.

- [25] G. Steinke, A. Genkinger, R. Kobler, R. Dott, T. Afjei, G. Naef und L. Steiner, „Luft/Wasser-Wärmepumpen im städtischen Kontext,“ Muttenz, 2018.
- [26] A. Genkinger, R. Dott, R. Kobler, Z. Alimpic, P. Hubacher und T. Afjei, Wärmepumpen - planen, optimieren, betreiben, warten, Faktor Verlag, 2018.
- [27] Zentrale Kommission Planer von suissetec, „Merkblatt 1|2022 Betriebsoptimierung und Energiecontrolling,“ suissetec, 2022.
- [28] EnergieSchweiz, „BO-Anleitung für die Praxis,“ 2020.
- [29] P. Sawant, B. Sintzel, R. Eismann und J. Hofmann, „LoCoSol+: Low-Cost Monitoring thermischer Solaranlagen mit IoT-Sensor und maschinellem Lernen,“ Bundesamt für Energie BFE, 2024.
- [30] M. Eschmann und N. Zimmermann, „Bericht «Weiterführung der Feldmess-datenbank Wärmepumpen» (im Auftrag von EnergieSchweiz, noch nicht veröffentlicht),“ EnergieSchweiz, 2026.
- [31] P. Sawant, „FLASH-FAULT: Fast Learning Algorithm for a Single Sensor Based Heating System Fault Detection,“ 2025. [Online]. Available: <https://www.fhnw.ch/de/architektur-bau-geomatik/forschung-dienstleistungen/forschung/projekte/flash-fault>. [Zugriff am März 2026].
- [32] Vaillant, „Vaillant Energiemanagement: EnergiePLUS,“ Vaillant, 2026. [Online]. Available: <https://www.vaillant.de/service/energiemanagement/>. [Zugriff am 26 05 2026].
- [33] „iON,“ iDM, 2026. [Online]. Available: <https://www.idm-energie.at/ion/>. [Zugriff am 26 05 2026].
- [34] S. Bernal, L. Brendel und U. Potthoff, „Monitoring von Wärmepumpen - Vergleich zwischen eingebaute Komponente und Feldmessdaten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE (noch nicht veröffentlicht),“ BFE, 2026.
- [35] M. Krebs und M. Schaffrinna, „Datenschnittstelle für Modulanbieter,“ MINERGIE, 2022.
- [36] S. Willemsen, C. Linke, D. Kemnitz, W. Fritz, S. Rosser, M. Müller, L. Lanz, G. Gehwolf, L. Zölch, H. Worm und J. Mollet, „Auswirkungen einer starken Elektrifizierung und eines massiven Ausbaus der Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien auf die Schweizer Stromverteilnetze,“ Bundesamt für Energie BFE, 2022.
- [37] Y. Sidqi, P. Ferrez, D. Gabioud und P. Roduit, „Flexibility quantification in households: Flexibility quantification in households: a swiss case study,“ *Energy Informatics*, 2020.
- [38] PATHFINDER (ETH Empa, PSI, ZHAW, HSLU, UNIGE, EPFL, TU Delft), „Flexibility provision from electromobility and buildings,“ 2025.
- [39] BKW Power Grid, „Auswirkungen der Energiewende auf die Schweizer Verteilnetze,“ Bern, 2023.
- [40] D. Zogg, „Eigenverbrauchsoptimierung von Wärmepumpen im Areal über moderne Schnittstellen,« in *27. Tagung des BFE-Forschungsprogramms «Wärmepumpen und Kältetechnik»*, BFH Burgdorf, 2021.
- [41] N. Morel, M. Bauer, M. El-Khoury und J. Krauss, „NEUROBAT, A Predictive and Adaptive Heating Control System Using Artificial Neural Networks,“ *International Journal of Solar Energy*, 1999.
- [42] D. Gyalistras und M. Gwerder, „Use of Weather and Occupancy Forecasts For Optimal Building Climate Control (OptiControl),“ Zug, 2010.
- [43] S. Yves, G. Tomasz, B. Max, A. Alain, U. Michael und B. Christoph, „OPERA Optimal use of renewable energy with Heat Pumps for renovated Multi-family houses,“ Swiss Federal Office of Energy SFOE, Bern, 2025.
- [44] P. Sawant, O. Mier, M. Schmidt und J. Pfafferott, „Demonstration of Optimal Scheduling for a Building Heat Pump System Using Economic-MPC,“ *Energies*, Nr. 14-23, 2021.
- [45] D. Sturzenegger, D. Gyalistras und M. Morari, „Model Predictive Climate Control of a Swiss Office Building: Implementation, Results, and Cost–Benefit Analysis,“ *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2016.
- [46] Renera , „EMS-Marktübersicht,“ Januar 2026. [Online]. Available: <https://www.ems-vergleich.ch/de/welcome>. [Zugriff am 22 05 2026].
- [47] FHNW, „Energy Research Lab,“ [Online]. Available: <https://www.fhnw.ch/de/architektur-bau-geomatik/ueber-uns/institute/nachhaltigkeit-und-energie-am-bau/wpsl>.

- [48] FHNW, „SmartGridready-Testlabor,“ [Online]. Available: <https://www.fhnw.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/labore-der-hochschule-fuer-technik-fhnw/smartgridready-testlabor> . [Zugriff am 05 2026].
- [49] FHNW, „Prosumerlabor FHNW,“ [Online]. Available: <https://www.fhnw.ch/de/technik-umwelt/forschung-dienstleistungen/zusammenarbeit/dienstleistungen/prosumerlabor>.
- [50] HSLU Hochschule Luzern, „GEE Live Forschungslabor für das Gebäude-Elektro-Engineering der HSLU,“ [Online]. Available: <https://www.hslu.ch/de-ch/technik-architektur/institute/gebaeudetechnik-und-energie/gee-live/>.
- [51] EMPA , „ehub – Energy Hub,“ [Online]. Available: <https://www.empa.ch/web/energy-hub>.
- [52] HES-SO, „Energy Living Lab,“ [Online]. Available: <https://www.hevs.ch/en/projects/energy-living-lab-8908>.
- [53] T. Calabrese, „BigStoreSwarm Reduktion der Winterstromspitzen von Wärmepumpenheizungen durch grosse Wasserspeicher für Bestandsgebäude und Neubauten,“ 2025.
- [54] M. Koch, P. Scharnhorst, P. Sawant und C. N. Jones, „Frequency control with aggregated heat pumps in buildings: A comparison of complex and simple control strategies,“ *Energy and Buildings*, Nr. 2026-01-11, 2026.
- [55] Konferenz Kantonalen Energiedirektoren, *Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich*, 2025.
- [56] Energie Zukunft Schweiz AG; Hochschule Luzern; Minergie; Swissolar, „Merkblatt - Einfaches und günstiges Monitoring für die Gebäudetechnik,“ suissetec nordwestschweiz, 2020.

Anhang A

Anhang A1 Begrifflichkeiten

1. Grundgrössen & Effizienzkennzahlen

Tabelle 13: Effizienzbezeichnungen

Kennzahl	Beschreibung	Beschreibung	Festlegung
Heizbetrieb / Warmwasserbetrieb			
COP	Coefficient of Performance	Effizienz an bestimmtem Betriebspunkt	EN 14511/ EN 16147
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance	Saisonale Effizienz unter Berücksichtigung der ändernden Betriebsbedingungen	EN 14825/ EN 16147
η_s / η_{wh}	Primärenergieeffizienz	Primärenergieeffizienz, basierend auf SCOP	EN 14825/ EN 16147
Kühlbetrieb			
EER	Energy Efficiency Ratio	Analogon zum COP für den Kühlfall	EN 14511
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio	Analogon zum SCOP für den Kühlfall	EN 14825
ESEER	European Seasonal Energy Efficiency Ratio	Vergleichbar SEER, aber andere Lastverteilung und ohne Standby-Verluste. Kein Ecodesign-Begriff.	Eurovent/ SIA 382/1

Quelle: Wärmepumpen - planen, optimieren, betreiben, warten, 2018. [26]

- **Heizleistung / Leistung der Wärmepumpe**
Momentane Wärmeabgabe der WP in kW (z. B. bei A-7/W35). Wichtig für: Geltungsbereich 15–70 kW, Dimensionierung, Förderung.
- **Heizlast / Wärmeleistungsbedarf des Gebäudes**
Normativ ermittelter Bedarf des Gebäudes (kW) bei Auslegungstemperatur. Basis für die richtige WP-Grösse.
- **Jahresarbeitszahl (JAZ)**
Verhältnis *abgegebene Wärmeenergie* zu *aufgenommener elektrischer Energie* über ein Jahr; verschiedene Systemgrenzen (nur WP, WP+Hilfsenergie, gesamtes System).
- **Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG)**
Systembezogene Effizienzkennzahl, in Feldmessungen verwendet (Verhältnis von abgegebener Wärme zu aller eingesetzter Energie auf Erzeugerebene).
- **Systemnutzungsgrad / JAZ_System (inkl. Verteilung)**
Wie WNG, aber inkl. Hilfsenergien Verteilung/Zirkulation. Wichtig für Beurteilung „realer“ Anlagen.
- **Eigenverbrauch / Eigenverbrauchsgrad**
Anteil des WP-Stroms, der direkt aus PV stammt bzw. der PV-Lokalverbrauch insgesamt.
- **Autarkiegrad**
Anteil des gesamten Stromverbrauchs des Gebäudes, der durch z.B PV gedeckt wird
- **Solarer Deckungsgrad der Wärmepumpe**
Anteil des WP-Stroms, der aus PV stammt (wichtig für Smart-Grid- und PV-Integration im Projekt.)
- **Betriebsarten**

- **Heizbetrieb**
- **Trinkwarmwasser (TWW) / Brauchwarmwasser (BWW)**
- **Kühlbetrieb (aktiv/passiv)**
Diese sollten klar getrennt definiert sein, weil Kennzahlen je nach Betriebsart unterschiedlich ausfallen.

3. Systemgrenzen & Betriebsweise

- **Systemgrenze „Wärmepumpe“**
Was wird zur WP gezählt (Verdichter, interne Pumpen, Regelung, Abtauung ...)?
- **Systemgrenze „Heizungsanlage“**
WP + Verteilung + Speicher + Zirkulation etc. – relevant für WNG und JAZ-System.
- **Monovalent / monoenergetisch / bivalent**
 - *Monovalent*: nur WP deckt die Heizlast
 - *Monoenergetisch*: WP + elektrischer Heizstab
 - *Bivalent*: WP + zweiter Wärmeerzeuger (z. B. Kessel, Fernwärme)
plus: **Bivalenzpunkt** (Temperatur, ab der Zweiterzeuger unterstützt)
- **Teillast / Vollast / Modulationsbereich**
Wie stark die WP ihre Leistung herunterregeln kann – wichtig für Taktverhalten und Effizienz.
- **Silent-Mode / Nachtbetrieb / Sperrzeiten**
Betriebsart mit reduzierter(n) Drehzahl(en) von Kompressor und/oder Ventilator sowie entsprechend reduzierter Heizleistung (für Schallreduktion); Anwendbar bei leistungsgeregelten und nicht-leistungsgeregelten Wärmepumpen. Oft in verschiedenen Stufen wählbar (10 % Reduktion, 20 % Reduktion, ...) braucht klare Definition für die Bewertung von Komfort und Zusatzheizung.-

4. Anlagentypen & Komponenten

- **Luft/Wasser- / Sole/Wasser-Wärmepumpe (Erdsonden, Erdregister)**
- **Wasser/Wasser-Wärmepumpe (Grundwasser)**
- **Abwärmenutzung / Prozesswärme**
- **Erdwärmesonde (EWS)**
inkl. Sondenfeld, Regeneration, passive Kühlung.
- **WP-Boiler / Trinkwarmwasser-Wärmepumpe**
Separate WP nur für TWW-Aufladung.
- **Pufferspeicher / Heizwasserspeicher**
Entkopplung WP–Heizkreise, Taktreduzierung, Integration PV/Netz.
- **Schichtenspeicher / Kombispeicher**
Wichtig für komplexere Systeme (Heizen + TWW + evtl. Solar).
- **Frischwasserstation**
Hygienische BWW/TWW-Bereitung; relevant für grosse Anlagen/MFH.

5. Gebäude- & Projektbegriffe

- **Neubau**
Gebäude mit Planung nach aktueller Norm (z. B. SIA 380/1, 382/2), normalerweise mit dokumentierter Heizlastberechnung.

- **Modernisierung / Heizungsersatz**
Bestehendes Gebäude, bei dem WP eine fossile Anlage ersetzt; Heizleistungsbestimmung oft über Verbrauch (Hottinger-Methode, SIA 384-1:2022 Anhang C).
- **Bestand / Altbau**
Gebäude mit unsicherem Datenstand (U-Werte, Luftdichtheit), HGT-basierte Dimensionierung.
- **EFH / MFH / Nichtwohnbau/Gewerbe**
Unterschiedliche typische Lastgänge und WW-Anteile; auch MFH und Anlagen >15 kW
- **Energiebezugsfläche (EBF)**
m², auf die viele Kennwerte und Normen Bezug nehmen.
- **Komfortkühlung / Gebäudekühlung**
Kühlfunktion der WP (aktiv oder passiv) – muss von „Prozesskälte“ klar getrennt werden.

6. Netz, PV & Smart Grid

- **Eigenverbrauchsoptimierung / Eigenverbrauchssteuerung**
Betriebsstrategie, die WP-Betrieb mit PV-Produktion synchronisiert.
- **Energiemanagementsystem (EMS)**
Zentrale Steuerung für WP, PV, Speicher, ggf. E-Mobilität etc.
- **SmartGridready / SG-Ready**
Schnittstellenstandard, mit dem das Netz bzw. der Energieversorger Leistungsanforderungen an die WP übermitteln kann.
- **Sperrzeiten / Lastmanagement EVU**
Zeiten, in denen die WP gedrosselt/gesperrt werden kann; relevant für Dimensionierung (Speicher, Leistung) und Komfort.

7. Kältemittel, Normen & Qualität

- **Kältemittel** (R- Bezeichnung)
- **GWP (Global Warming Potential)**
- **ODP (Ozone Depletion Potential)**
- **TEWI (Total Equivalent Warming Impact)**
- **SN EN 378**
Norm für Sicherheit und Umweltschutz bei Kälteanlagen/WP.
- **EHPA-Gütesiegel / WPSM-Anlagenzertifikat**
Qualitätssicherung auf Geräte- und Anlagenebene; relevant für Förderprogramme und Mindestanforderungen.
- **WPZ (Wärmepumpen-Testzentrum)**
Unabhängige Prüfungen von Geräten – wichtig als Referenz für COP/SCOP und Datenblattwerte.
- **EVU (Energieversorgungsunternehmen)**

Anhang A2 Normen, Gesetze, Verordnungen und Richtlinien

In der Tabelle 14 sind ausgewählte Normen im Wärmepumpenbereich zusammengestellt. Diese bilden die Grundlage für Produktprüfungen und Anlagenplanungen und spiegeln den aktuellen Stand der Technik wider. Zudem dienen sie häufig als Basis für Qualitätsnachweise und gesetzliche Anforderungen.

Tabelle 14: Ausgewählte wichtige Normen im Zusammenhang mit Wärmepumpen

Norm	Beschreibung	Anwendung
Prüfnormen		
SN EN 14511	Grundlegende Prüfnorm für Wärmepumpen	Qualitätslabels, Datenblattangaben
SN EN 14825	Prüfnorm für Wärmepumpen. Legt die Verfahren zur Berechnung von SCOP und SEER fest.	Energieetikette, Qualitätslabels, Datenblattangaben, Marktzulassung
SN EN 16147	Prüfnorm für Warmwasser-Wärmepumpen	Energieetikette, Qualitätslabels, Datenblattangaben, Marktzulassung
Planungsnormen		
SIA 181	Schallschutz im Hochbau	Grundlage für den Schallschutz bei Wärmepumpenanlagen
SN EN 378	Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen	Einsatz von Kältemitteln
SIA 382/1	Anforderungen an Kältemaschinen	-
SIA 384/1	Grundlagen von Heizungsanlagen. Beinhaltet auch Wärmepumpen.	Berechnung der Wärmeerzeugerleistung
SIA 384/3	Verfahren zur Bestimmung des Endenergiebedarfs von Heizungsanlagen. Beinhaltet auch Wärmepumpen.	Vereinfachte Abschätzung (Typologietool) und detaillierteres Rechenprogramme (WPesti)
SIA 384/6	Erdwärmesonden	Grundlage zu Planung, Ausführung und Betrieb von Erdwärmesonden
SIA 384/7	Grundwasserwärmenutzung	Ergänzung zur Norm SIA 384/6
SIA 384.201	Berechnung der Norm-Heizlast von Räumen und Gebäuden	Zusammen mit SIA 384/1 Grundlage zur Dimensionierung der Wärmeerzeugerleistung
SIA 385/2	Auslegung von Anlagen für Trinkwarmwasser	Zusammen mit SIA 384/1 Grundlage zur Dimensionierung der Wärmeerzeugerleistung
SIA MB 2048	Energetische Betriebsoptimierung	-

Quelle: Wärmepumpen - planen, optimieren, betreiben, warten, 2018. [26]

Bei der Planung, Installation und Inbetriebnahme von Wärmepumpenanlagen müssen gesetzliche Vorgaben eingehalten werden, die je nach Region auf nationaler, kantonaler oder kommunaler Ebene festgelegt sind. Tabelle 15 bietet hierzu einen Überblick. Für verbindliche Auskünfte sind die zuständigen lokalen Behörden zu konsultieren.

Tabelle 15: Ausgewählte Gesetze, Verordnungen und Richtlinien für Wärmepumpenanlagen

Grundlage	Inhalt	Bemerkung
Energieverordnung (EnV), Seit 2018: Energieeffizienzverordnung (EnEV)	Marktzulassung und Informationspflicht für das Inverkehrbringen von Wärmepumpen	Umfasst Deklarationspflicht von Produktdaten und Pflicht zur «Energieetikettierung»
Lärmschutzverordnung (LSV)	Anforderungen an Aussenlärmimmissionen	-

Musterverordnung der Kantone im Energiebereich (MuKEEn)	Anforderungen an den Einsatz von Wärmepumpen, insbesondere zu zulässigen Vorlauftemperaturen Heizsystem, Dimensionierung (el. Heizeinsatz)	Die MuKEEn ist eine Vorlage, die kantonal umgesetzt wird
Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV)	Umgang und Einsatz von Kältemitteln	Unter anderem Meldepflicht für Anlagen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln
Gewässerschutz-Gesetz (GSchG), Gewässerschutzverordnung (GSchV)	z. B. für die Nutzung von Grundwasser oder Erdwärme	Kantonal geregelt
Baubewilligungsverfahren	z. B. für die Nutzung von Grundwasser oder Erdwärme	Kommunal/kantonal
Brandschutzrichtlinie (VKF 24-15)	Brandschutzanforderungen an wärmetechnische Anlagen	Kantonal
Pflichtenheft Wärmepumpen-System-Modul (WPSM)	Anforderungen an Komponenten, Hydraulik, Regelung sowie Betriebsoptimierung von Gesamtanlagen	Grundlage finanzieller Förderung von Kleinwärmepumpenanlagen bis 15 kW Heizleistung

Quelle: Wärmepumpen - planen, optimieren, betreiben, warten, 2018. [26]

Anhang A3 Mögliche Visualisierungen und technische Umsetzungen

Wärmepumpen-Cockpit von Solarmanager (Neuentwicklung)

Beispiel WP-Monitoring mit KPIs (Zahlenwerte nicht realistisch, nur simuliert)



Abbildung 65: Beispiel WP-Monitoring mit KPIs (Zahlenwerte nicht realistisch, nur simuliert)

Beispiel WP-Monitoring real



Abbildung 66: Beispiel WP-Monitoring real

Solarmanager, am weitesten verbreitetes EMS in der CH:



Abbildung 67: (links Variante für Hutschienen-Montage, rechts Gateway für LAN-Anschluss)

EMS mit individueller Strommessung der Verbraucher und Produzenten

Zeitlicher Verlauf der elektrischen Aufnahmeleistung im 15-Minuten-Takt über einen Tag (taktende WP):

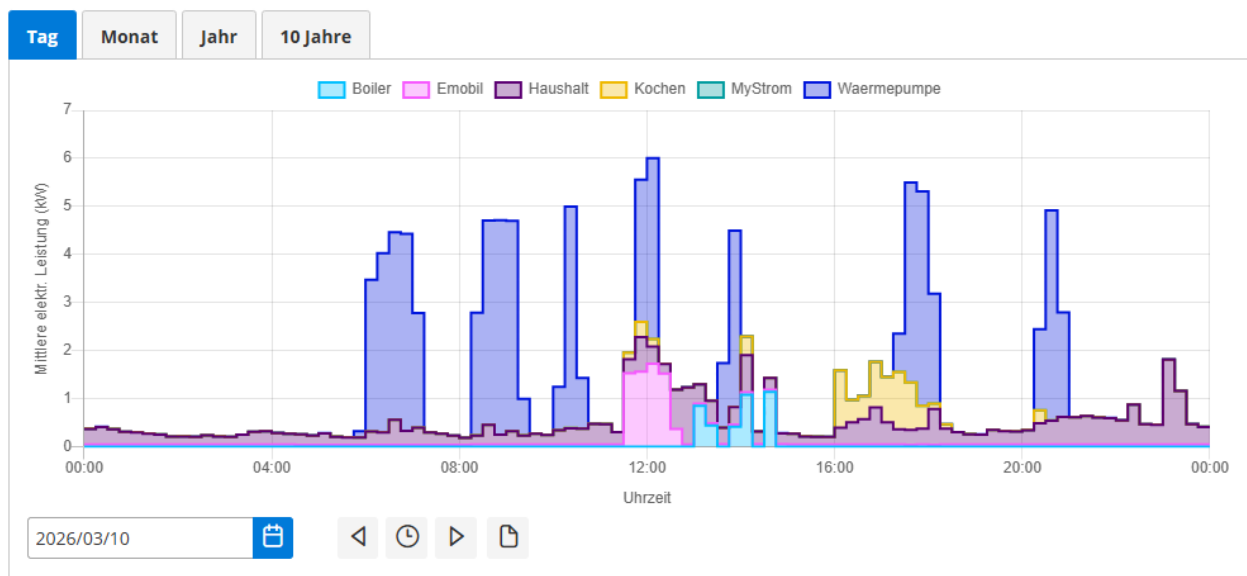


Abbildung 68: Zeitlicher Verlauf der elektrischen Aufnahmeleistung im 15-Minuten-Takt über einen Tag (taktende WP):

Bei getrennter Messung der Wärmepumpe reicht eine 15-Minuten-Messintervall in der Regel aus. Höhere Auflösungen könnte die Qualität der Auswertung jedoch steigern.

Zeitlicher Verlauf der elektrischen Aufnahmeleistung im 15-Minuten-Takt über einen Tag (Inverter WP):

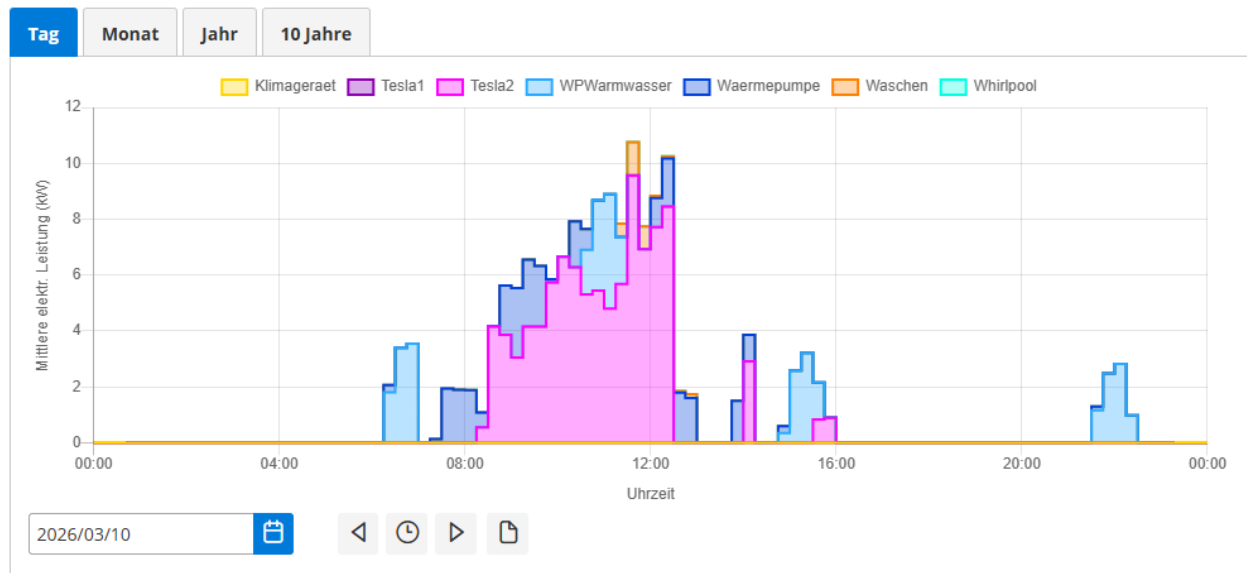


Abbildung 69: Zeitlicher Verlauf der elektrischen Aufnahmeleistung im 15-Minuten-Takt über einen Tag (Inverter WP):

Bei Inverter-Wärmepumpen ist kein Takten mehr ersichtlich, hier ist eine getrennte Messung sinnvoll. Die Leistungsaufnahme kann auch wesentlich kleiner sein als andere Verbraucher im Gebäude (hier Ladestation für Elektrofahrzeug).

Zeitlicher Verlauf von Eigenverbrauch, Netzbezug und Überschuss im 15-Minuten-Takt (gleicher Tag):

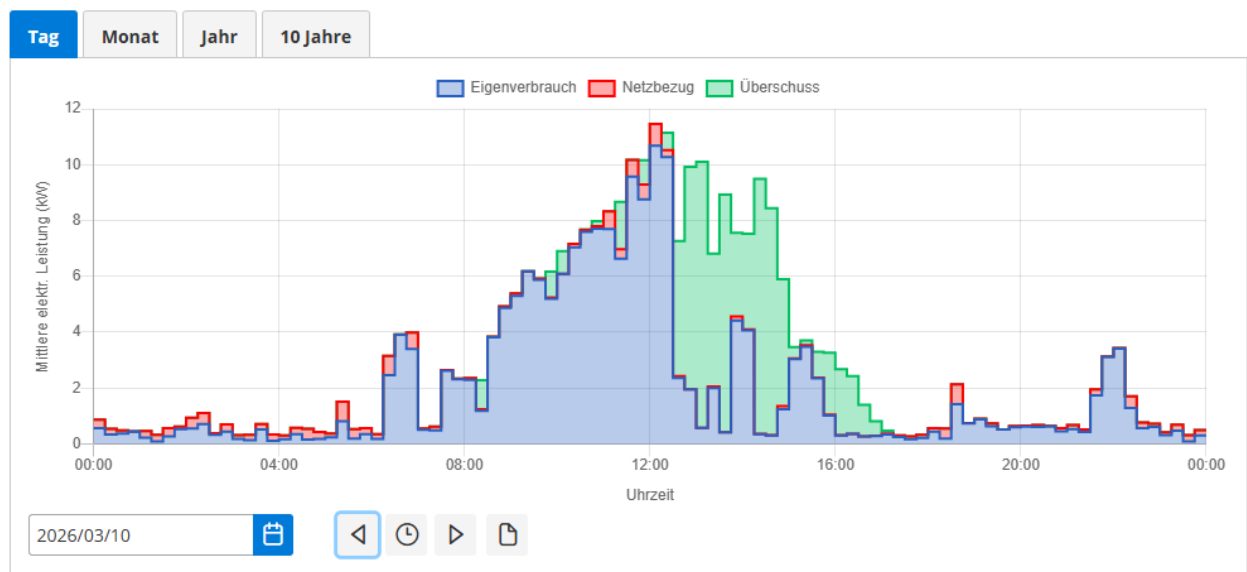


Abbildung 70: Zeitlicher Verlauf von Eigenverbrauch, Netzbezug und Überschuss im 15-Minuten-Takt (gleicher Tag):

In der Bilanz am Netzanschlusspunkt ist eine Inverter-Wärmepumpe nicht mehr einzeln erkennbar. Im Gegensatz zu einem SmartMeter liefert ein EMS hier auch den Eigenverbrauch im Gebäude selbst (bei einem SmartMeter wären nur der Netzbezug und der Überschuss ersichtlich).

Tagesstatistiken für elektrischen Energieverbrauch über einen Monat:

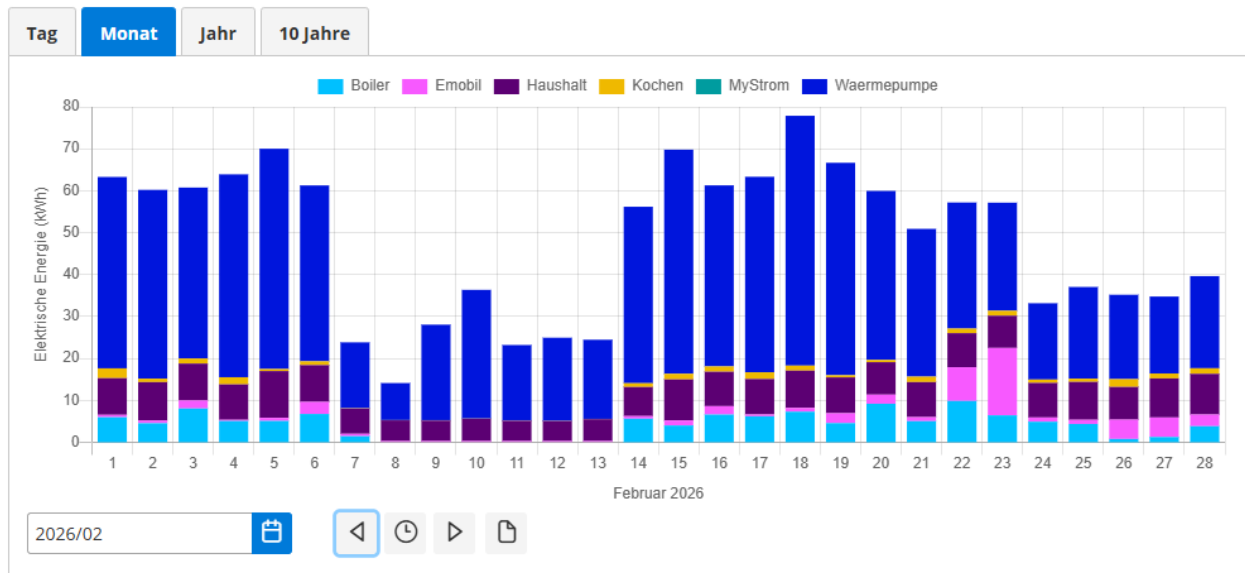


Abbildung 71: Tagesstatistiken für elektrischen Energieverbrauch über einen Monat

Die elektrische Leistungsaufnahme kann aufgrund der Witterung (Aussentemperatur) und des Benutzerverhaltens (z.B. Absenkung während Ferien) variieren. Eine separate Messung des Elektroeinsatzes im Boiler ist sinnvoll (in diesem Beispiel wirkt dieser nur ergänzend zu einer thermischen Solaranlage).

Monatsstatistiken für elektrischen Energieverbrauch über ein Jahr:

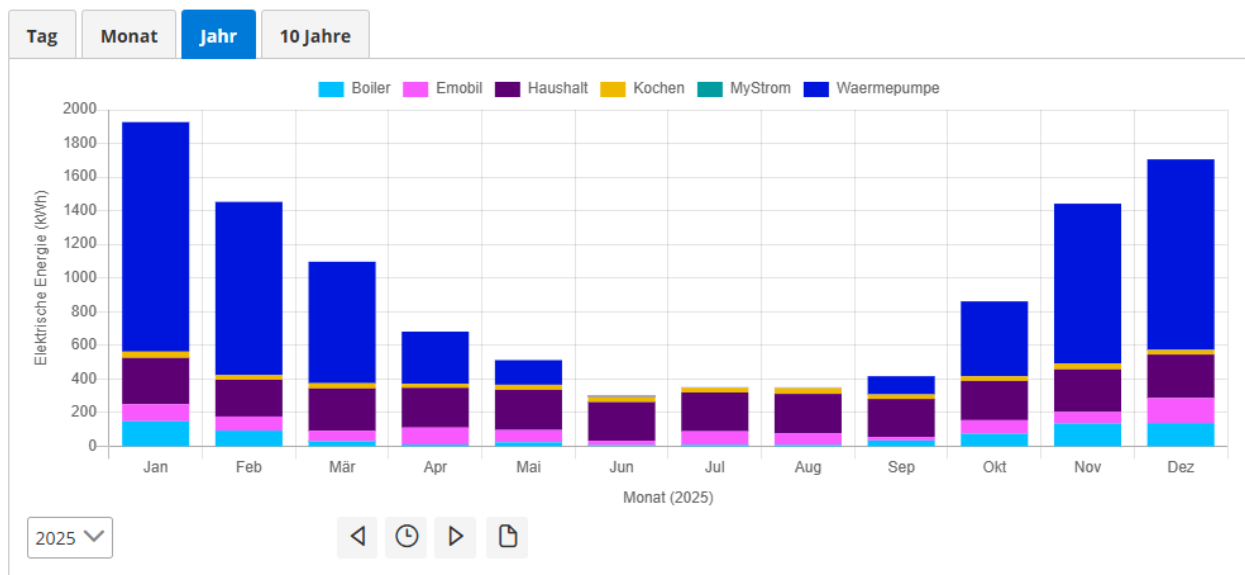


Abbildung 72: Monatsstatistiken für elektrischen Energieverbrauch über ein Jahr

Die jahreszeitlichen Abhängigkeiten werden in der Monatsstatistik deutlich erkennbar.

Jahresstatistiken für elektrischen Energieverbrauch über mehrere Jahre:

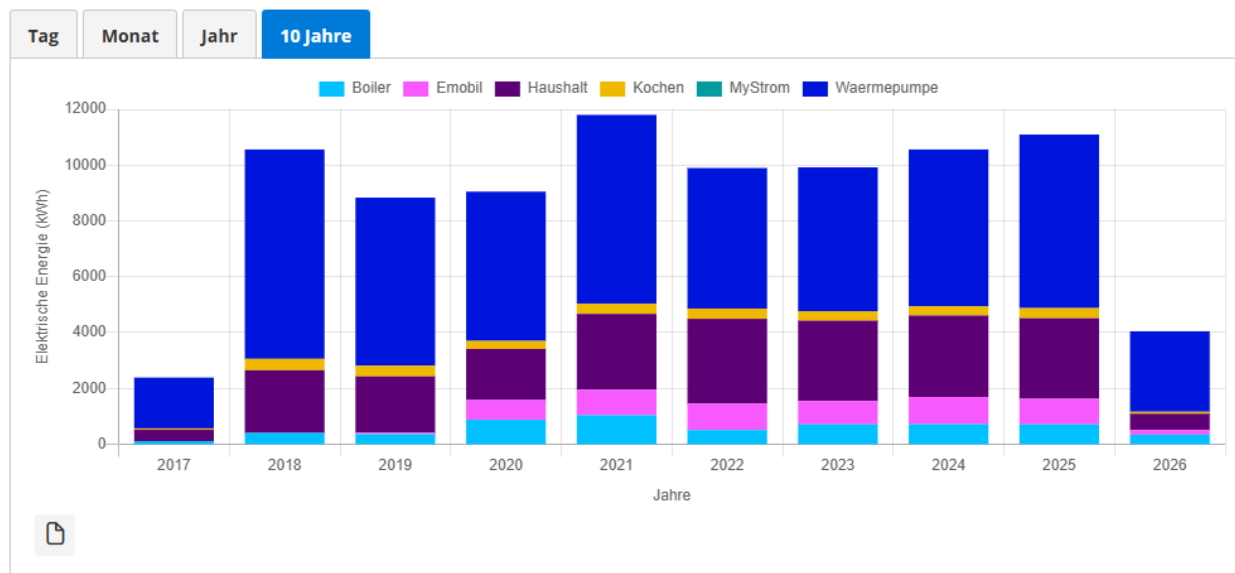


Abbildung 73: Jahresstatistiken für elektrischen Energieverbrauch über mehrere Jahre

Der jährliche elektrische Energieverbrauch ist eine wichtige Kennzahl zur Beurteilung und Vergleich zwischen den Jahren (Wirkung von allfälligen Betriebsoptimierungen). Sie ist jedoch abhängig vom klimatischen Verlauf (mittlere Aussentemperatur, Heizgradtage). Deshalb wäre eine witterungsbereinigte Darstellung sinnvoll (Minergie Monitoring).

Monatsstatistik von Eigenverbrauch, Netzbezug und Überschuss (kWh) über ein Jahr:

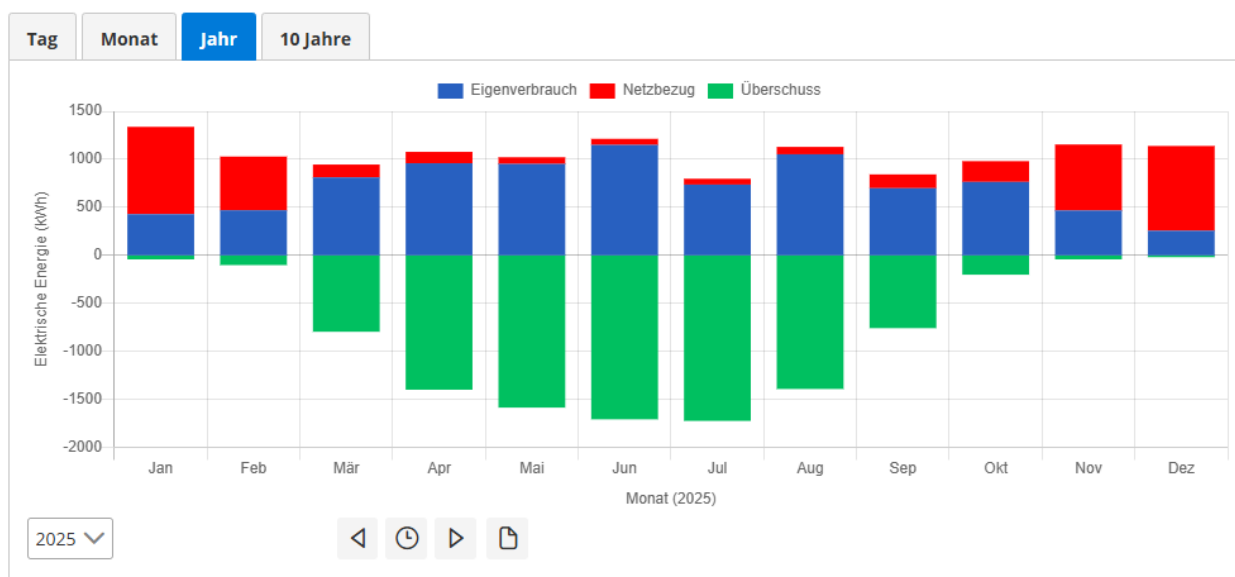


Abbildung 74: Monatsstatistik von Eigenverbrauch, Netzbezug und Überschuss (kWh) über ein Jahr:

Diese Kennzahlen sind zur Beurteilung der Wirkung des EMS von zentraler Bedeutung.

Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im 15-Minuten-Takt über einen Tag:



Abbildung 75: Zeitlicher Verlauf der Temperaturen im 15-Minuten-Takt über einen Tag

Tägliche Temperaturverläufe sind entscheidend für die Beurteilung der Betriebsweise, Speichertemperaturen und Temperaturhübe als Ursache für mögliche Effizienzeinbussen.

Tagesstatistik der mittleren täglichen Temperaturen über einen Monat:

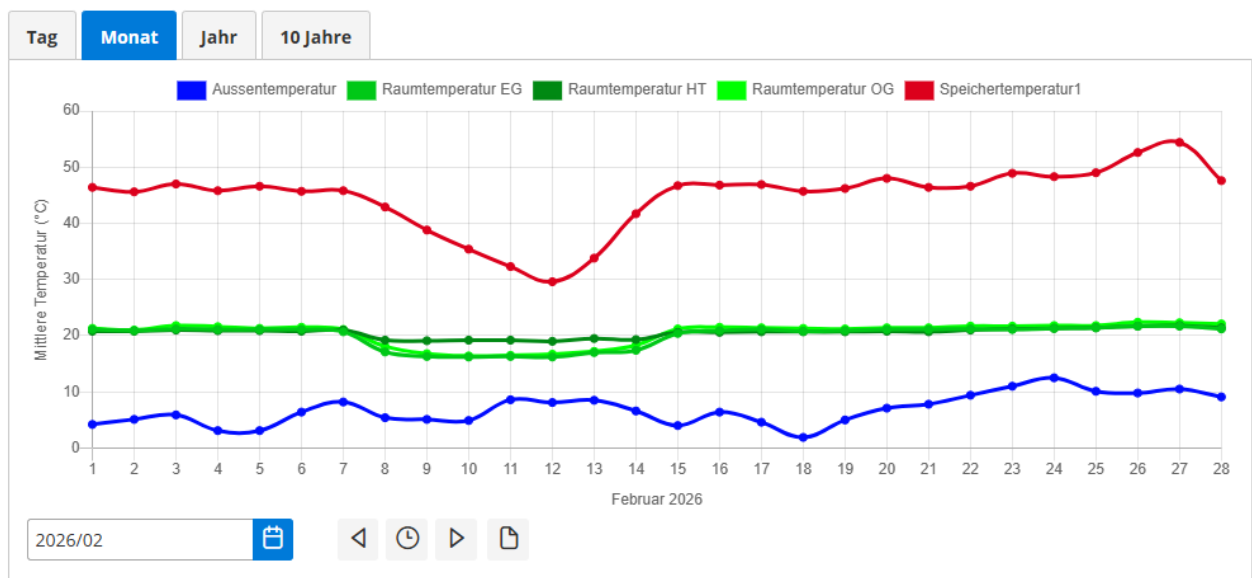


Abbildung 76: Tagesstatistik der mittleren täglichen Temperaturen über einen Monat

Mittlere tägliche Temperaturen geben Auskunft über den längerfristigen Betrieb und unterschiedliche Betriebsweisen (hier z.B. Ferienperiode mit Absenkung)

Monatsstatistik der mittleren monatlichen Temperaturen über ein Jahr:

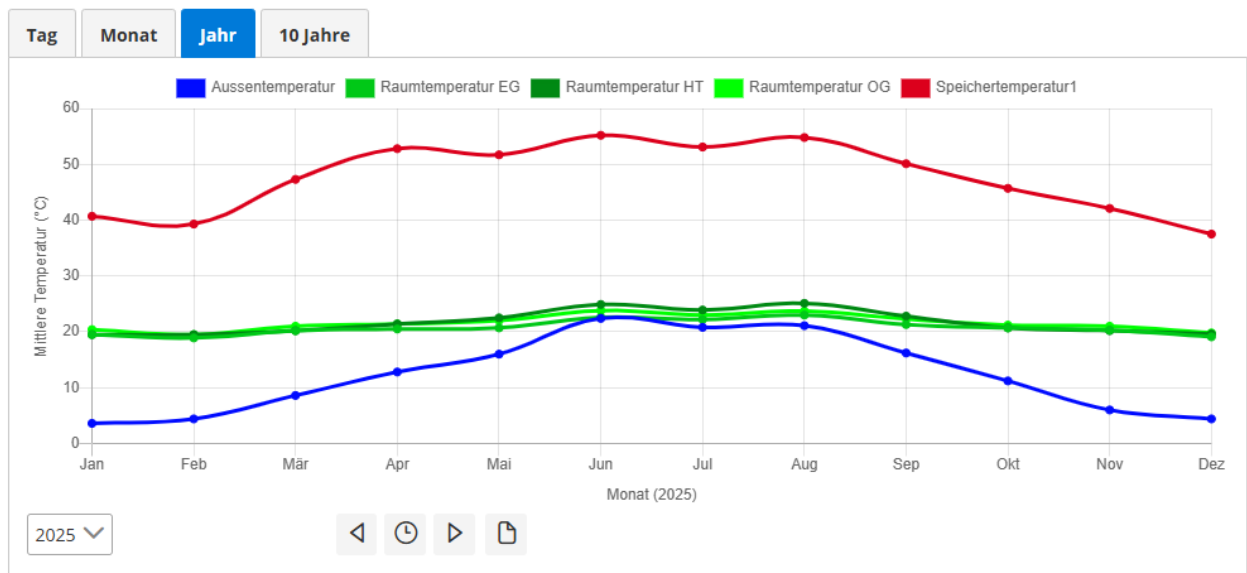


Abbildung 77: Monatsstatistik der mittleren monatlichen Temperaturen über ein Jahr

Die Jahres-Übersicht der monatlichen Mittelwerte gibt Auskunft über die typischen Temperaturen zu den unterschiedlichen Jahreszeiten (hier relativ hohe Aussentemperaturen im Winter und erhöhte Speichertemperaturen im Sommer wegen PV-Optimierung).

Weiter sind Jahresstatistiken der mittleren jährlichen Temperaturen über mehrere Jahre denkbar.

Darstellung mit hoher zeitlicher Auflösung über Direktzugang zu einem EMS:

Folgende Darstellung zeigt die Leistungswerte in einer 20-sec-Auflösung, welche direkt auf dem EMS abgespeichert und angezeigt werden (hier mit leichter Filterung, auch Rohdaten-Anzeige möglich).

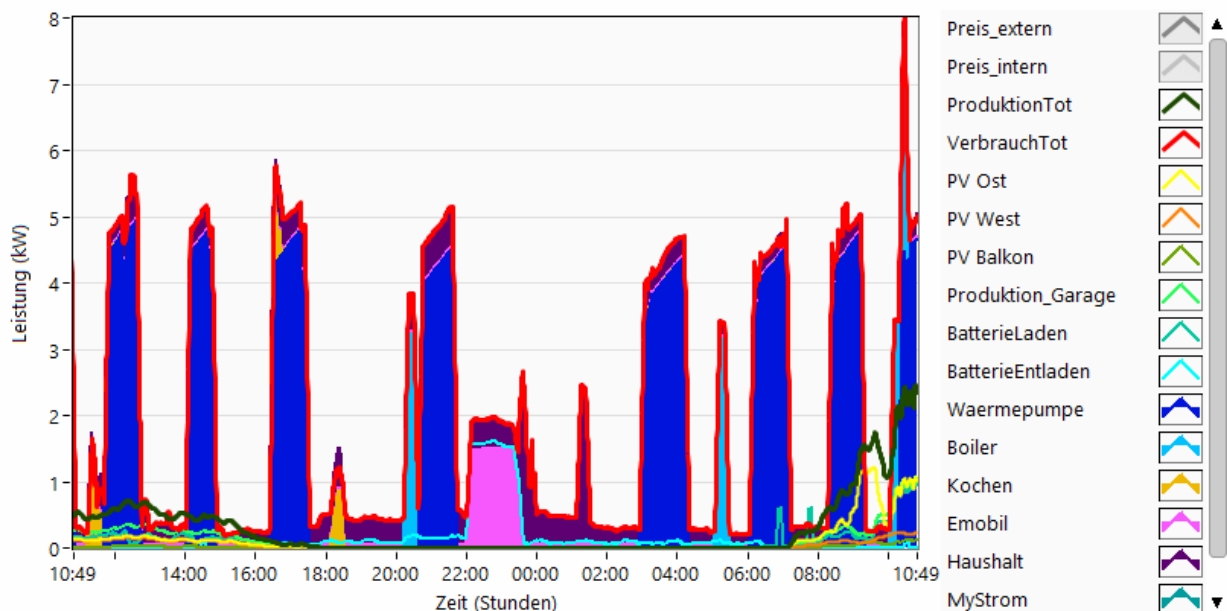


Abbildung 78: Elektrische Leistungswerte in einer 20-sec-Auflösung

Die hohe zeitliche Auflösung ist für Regelungszwecke notwendig. Hier können sogar Abtauzyklen von Wärmepumpen und dergleichen erkannt werden.

EMS für grössere Installationen basierend auf Industrie-PC:

Beispiel eines Embedded Industrie-PCs als Basis für ein EMS, welches für grössere Gebäude oder ganze Areale verwendet werden kann.



Abbildung 79: Embedded Industrie-PCs als Basis für ein EMS

Einfaches EMS mit individueller Anzeige für Stromverbrauch WP und Ladestation:

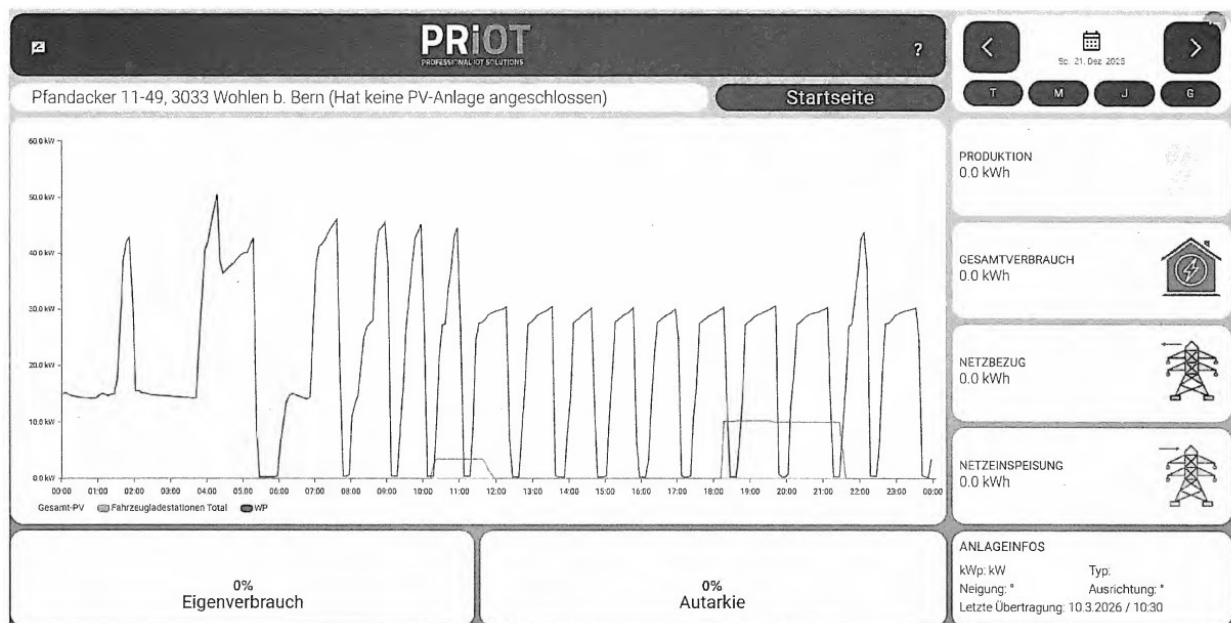


Abbildung 80: Einfaches EMS mit individueller Anzeige für Stromverbrauch WP und Ladestation

Dank hoher zeitlicher Auflösung ist das Takteln der Wärmepumpe sofort ersichtlich. Für diese Darstellung ist eine separate Messung der WP erforderlich oder eine Anbindung der WP über Modbus TCP (siehe Abbildung 81).

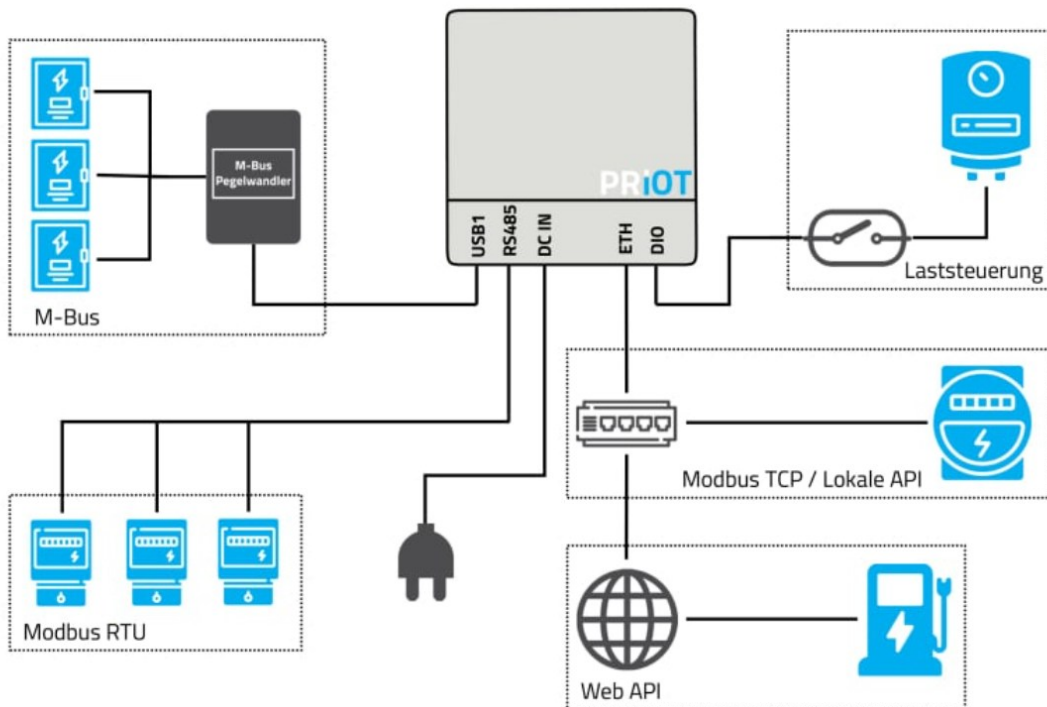


Abbildung 81: Schema der Anbindung des Priot Systems

Kostengünstiger 3-Phasen-Wandler-Stromzähler mit App

Shelly 3EM Pro z.B. ist ein kostengünstiger Wandler-Stromzähler (Kosten ca. CHF 100.-)

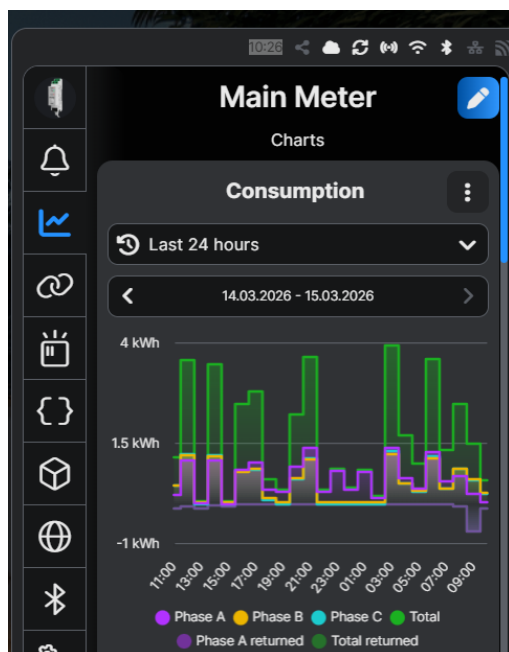


Abbildung 82: Visualisierung technische Ausführung des 3-Phasen-Wandler-Stromzählers Shelly 3EM Pro

Das Gerät wird typischerweise am Netzanschlusspunkt des Gebäudes installiert und über LAN oder WLAN mit Heimnetzwerk verbunden. Es kann auch für die Wärmepumpen-Messung genutzt werden. Zeitliche Auflösung in der Shelly App leider nur stündlich, kann aber über externe Software häufiger ausgelesen werden (Momentanmessung).

Weitere Beispiele:

Es gibt zahlreiche ähnliche Lösungen auf dem Markt (Tuya, Luminea, Refoss). Die Kosten liegen bei allen im Bereich von CHF 70 ...120.

Die meisten werden über WLAN mit dem Heimnetzwerk verbunden, und es wird eine App für das Monitoring über Fernzugriff zur Verfügung gestellt.

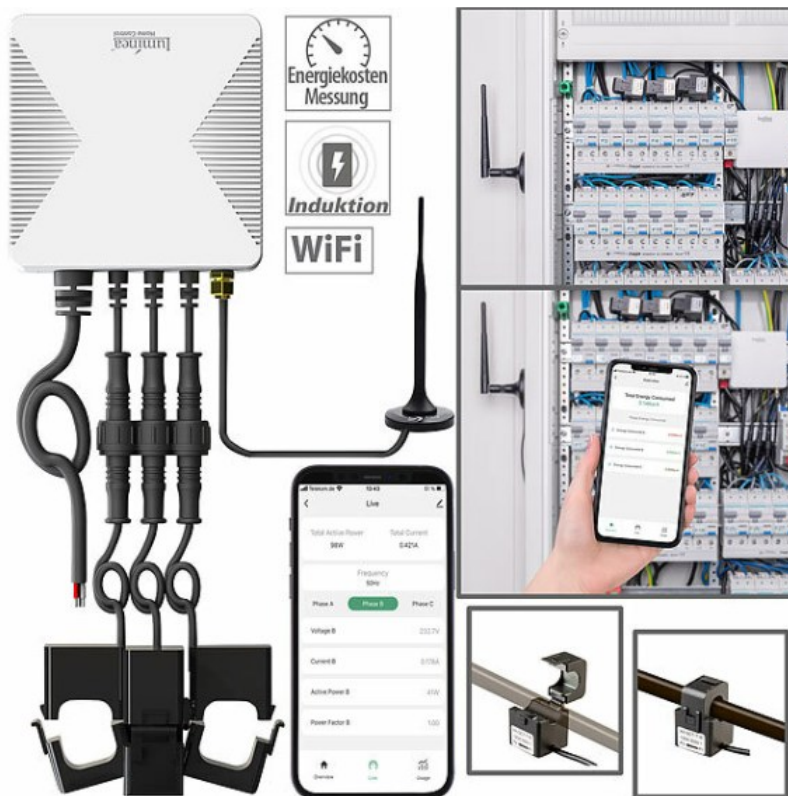


Abbildung 83: Weitere technische Lösungen

Hardware-Kosten ab CHF 450 (inkl. RAM, SSD, Betriebssystem konfiguriert)

Smart-Meter mit Messung Gesamtverbrauch am Netzanschlusspunkt

Beispiel eines täglichen Lastgangs:

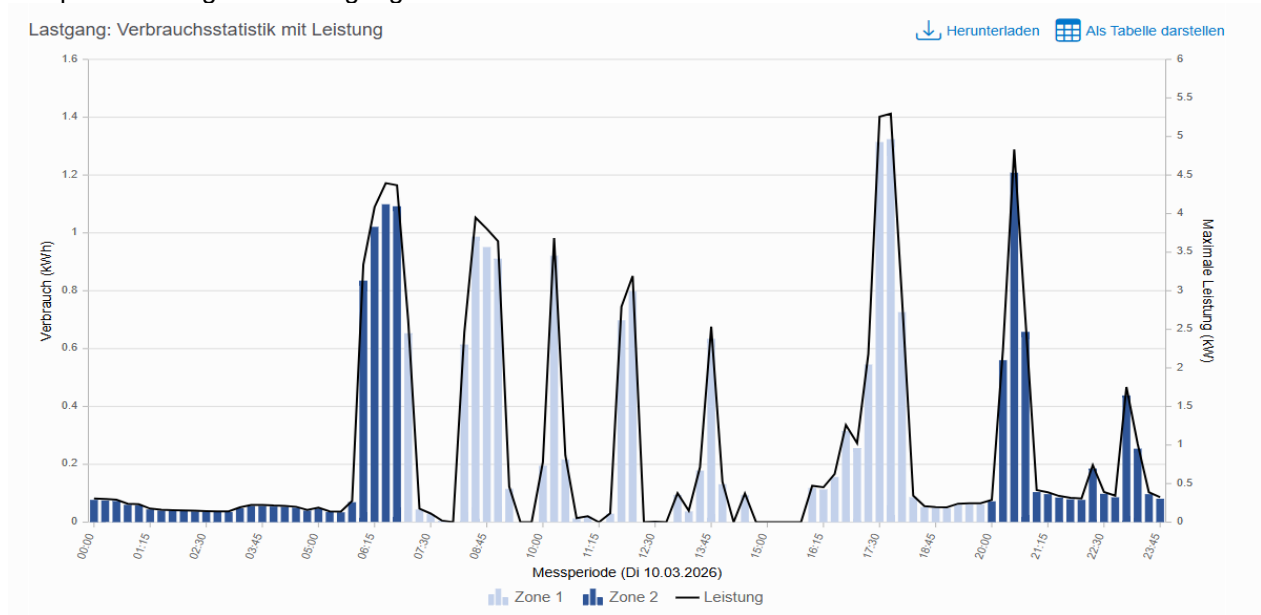


Abbildung 84: Täglicher Lastgang bei einem Smart-Meter Messung des Gesamtverbrauchs am Netzanschlusspunkt

Im 15-Minuten-Tagesgang des Smart-Meters sind die Einschaltzyklen für taktende Wärmepumpen sichtbar. Allerdings sind diese nicht immer eindeutig unterscheidbar von sonstigen Verbrauchern im Gebäude mit ähnlichem Muster (z.B. Kochherd, Waschmaschine, usw.). Auch die lokale Produktion über eine PV-Anlage hat einen Einfluss auf den Netzbezug (abnehmende Peaks oben). Bei Inverter-Wärmepumpen ist keine eindeutige Zuordnung mehr möglich (siehe Ausführungen weiter unten).

Beispiel eines Smart-Meters:



Abbildung 85: Beispiel Smart-Meter egs US



Der Smart-Meter wird vom Energieversorgungsunternehmen (EVU) installiert und misst am Netzanschlusspunkt. Die Daten werden vom EVU per Fernabfrage periodisch ausgelesen und können per

Webportal dem Endkunden zur Verfügung gestellt werden (bis zum Vortag). Um Daten in Echtzeit auszu-
lesen, ist eine Kundenschnittstelle mit Adapter notwendig. Die Kundenschnittstelle muss vorgängig vom
EUV freigeschaltet werden und der Adapter vom Kunden beschafft werden (Kosten ca. CHF 100).

Visualisierung der Echtzeit-Daten über die App von WhatWatt (Beispiele aus dem Internet):

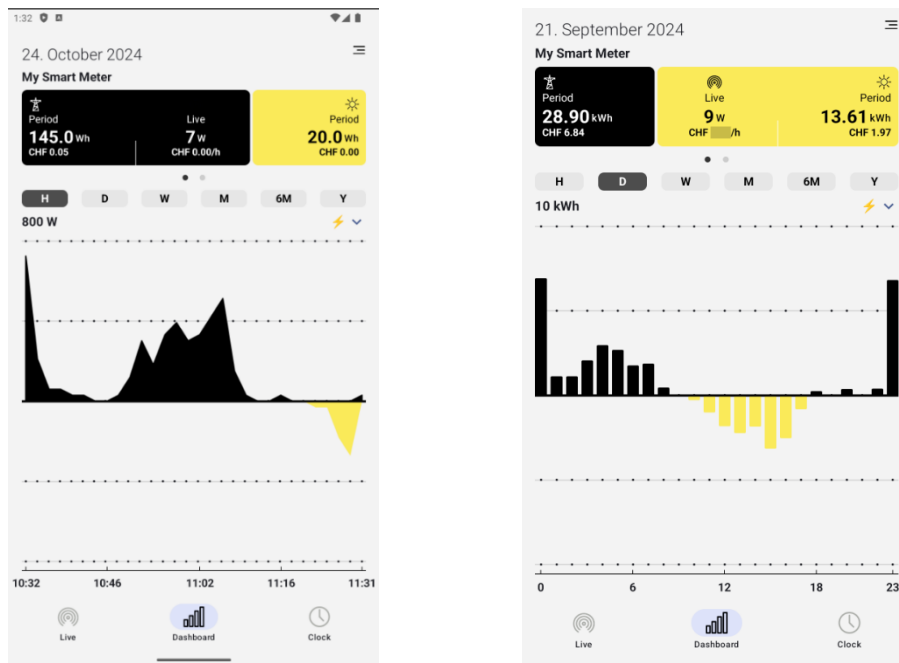


Abbildung 86: Visualisierung der Echtzeit-Daten über die App von WhatWatt (Beispiele aus dem Internet)

Die Echtzeit-Datenauslesung hat eine höhere zeitliche Auflösung und kann in Kombination mit einem
EMS zur Regelung von Verbrauchern genutzt werden. Ein direktes Monitoring für Wärmepumpen ist je-
doch auch nur sehr beschränkt möglich (siehe Bemerkung weiter oben).

Wärmepumpen-Gateways (aus SmartGridready-Testlabor FHNW)



Abbildung 87: Wärmepumpen-Gateway (aus SmartGridready-Testlabor FHNW)

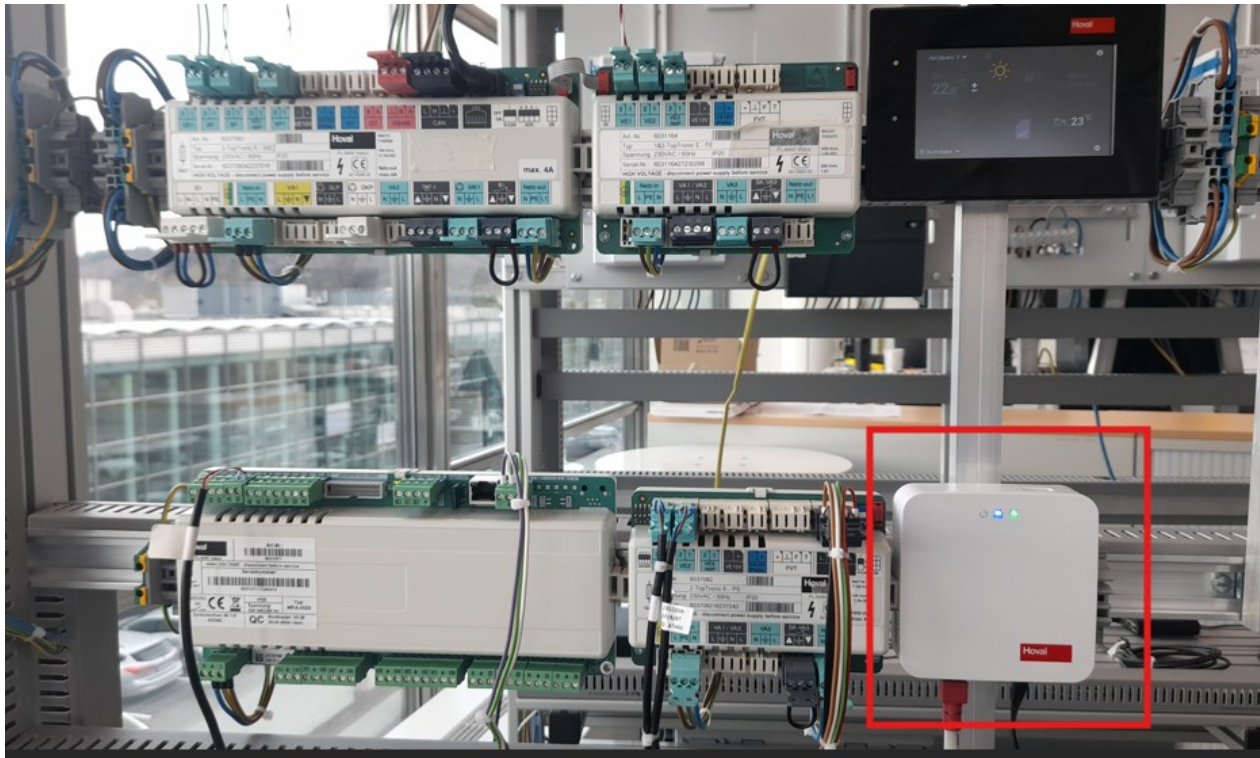


Abbildung 88: Wärmepumpen-Gateway Hoval (aus SmartGridready-Testlabor FHNW)

Weitere Hardware-Komponenten (aus SmartGridready-Testlabor FHNW)

Gateway für DIN-Schienen-Montage (KUNBUS mit Raspberry Pi)



Abbildung 89: Gateway für DIN-Schienen-Montage (KUNBUS mit Raspberry Pi)

3-Phasen-Stromzähler geeicht, direktmessend (Einbindung über Modbus RTU):



Abbildung 90: 3-Phasen-Stromzähler geeicht, direktmessend, Stark Elektronik (Einbindung über Modbus RTU):

3-Phasen-Stromzähler zu Wechselrichter, über Wandler-Messung (Einbindung über Modbus TCP):



Abbildung 91: 3-Phasen-Stromzähler zu Wechselrichter, über Wandler-Messung, Fronius (Einbindung über Modbus TCP):

Messung über Stromwandler (hier wurde zu Testzwecken 1 Phase durch mehrere Wandler geschlaucht):

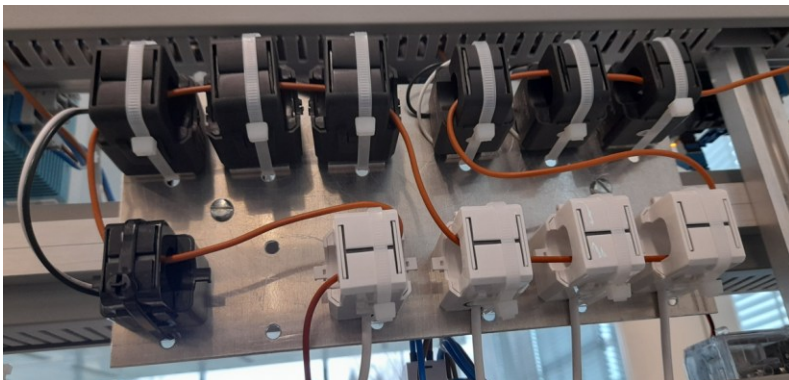


Abbildung 92: Messung über Stromwandler (hier zu Testzwecken 1 Phase durch mehrere Wandler geschlaucht)

Anhang A4 Vorgaben für das Monitoring nach Minergie

Die Abbildung 93 zeigt das Monitoring-Schema nach Minergie für Gebäude mit mehr als 1000 m² EBF. Ziel dieser Vorgabe ist, dass sämtliche relevante Energieflüsse und Kennzahlen korrekt ausgewertet und gebildet werden können.

Datenpunkte Minergie Monitoring

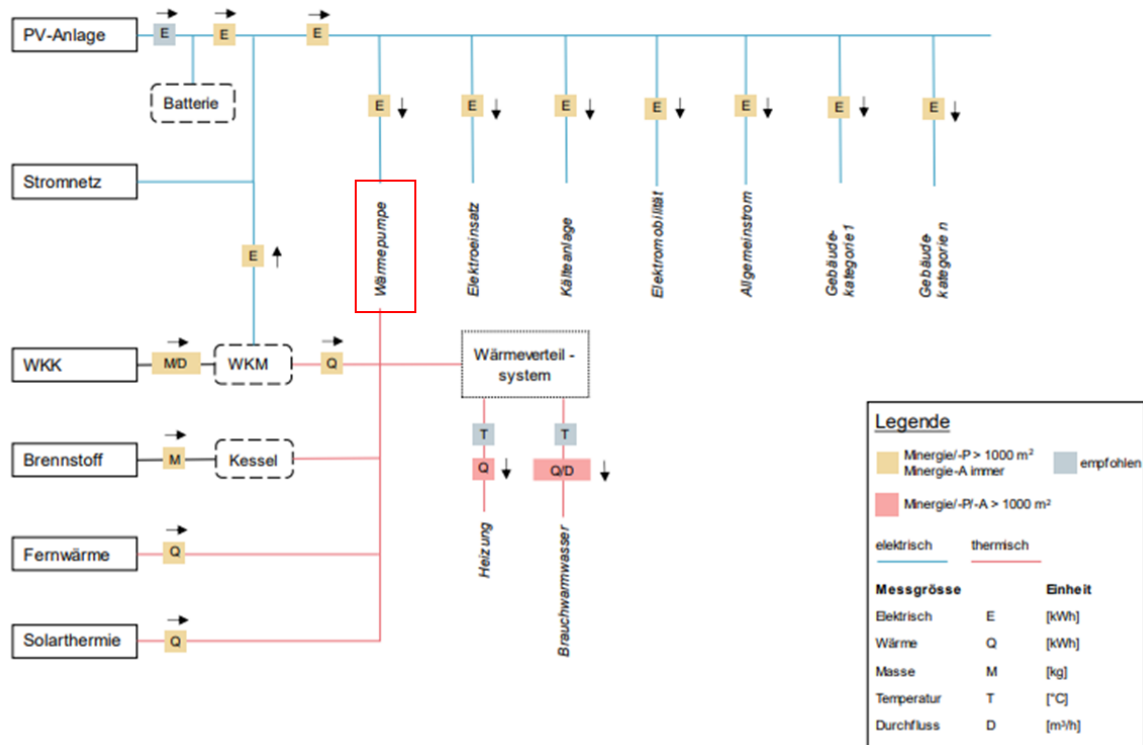


Abbildung 93: Monitoring-Schema nach Minergie

Auflösung und Genauigkeit der Messdaten:

Tabelle 16: Auflösung und Genauigkeit der Messdaten

Messgrösse	Bez.	Messbereich (Indikativ)	Genauigkeit (mind.)	Zulassung	Zeitliche Auflösung
Elektrisch [kWh]	E	Un = 230 V; 3 x 230 / 400 V f = 50 Hz	Klasse A (EN 50470-3)	MID oder gleichwertig	15 min.
Wärme [kWh]	Q	Θ = 15 °C – 150 °C qp = 0.6 – 2.5 m³/h	Klasse 3 (EN 1434)	MID oder gleichwertig	24 h
Masse [kg]	M	-	10%	-	1 Monat
Temperatur [°C]	T	0 – 110 °C	Klasse B (IEC751)	-	15 min.
Durchfluss [m³]	D	Q3 = 2.5 – 10 m³/h	Richtlinie 2014/32/EC	MID oder gleichwertig	24 h

Quelle Produktreglement Minergie:

https://www.minergie.ch/media/reglement_modul_monitoring-v2025.1.pdf

Anhang A5 SmartGridready WP-Monitoring-Profil

https://library.smartgridready.ch/FP_SGr_HeatPumpControl_EnergyMonitor_m_1.0.xml?viewProfile



Functional Profile Definition

HeatPumpControl - EnergyMonitor (Level m)

Release State	Published		
Change Log	Version	Date	Author
	1.0.0	2024-06-18	WP Gruppe
Classification	Category	HeatPumpControl	
	Type	EnergyMonitor	
	Level	m	
	Version	1.0.0	

SGr label V1 (legacy)	EnergyMonitor
 Dieses Profil dient dem Aufzeichnen von internen Daten aus der Wärmepumpe für Monitoring-Zwecke. Bemerkung: Die intern ermittelten Energiewerte sind i.d.R. berechnete Werte. Für eine exakte Messung werden externe, geeichte Zähler empfohlen.	

Data Point	Description	Unit	Type	MRO ¹⁾	RW ²⁾
ActiveEnergyACtot	 Summe der aufgenommenen elektrischen Energie des Verdichters inkl. Hilfsaggregate total.	kWh	double	R	R
ActiveEnergyACheat	 Summe der aufgenommenen elektrischen Energie des Verdichters für das Heizen.	kWh	double	R	R
ActiveEnergyACcool	 Summe der aufgenommenen elektrischen Energie des Verdichters für das Kühlen (nur bei aktiver Kühlung über Verdichter).	kWh	double	R	R
ActiveEnergyACDomHotWater	 Summe der aufgenommenen elektrischen Energie des Verdichters für die Brauchwarmwasser-Erwärmung.	kWh	double	R	R
ThermalEnergyTot	 Summe der abgegebenen thermischen Energie total	kWh	double	R	R
ThermalEnergyHeat	 Summe der abgegebenen thermischen Energie für das Heizen.	kWh	double	M	R
ThermalEnergyCool	 Summe der aufgenommenen thermischen Energie für das Kühlen (nur bei aktiver Kühlung über Verdichter).	kWh	double	R	R
ThermalEnergyDomHotWater	 Summe der abgegebenen thermischen Energie für die Brauchwarmwasser-Erwärmung.	kWh	double	R	R

ActivePowerACtot	 Aktuell aufgenommene elektrische Leistung des Verdichters.	kW	double	O	R
ThermalPower	 Aktuell abgegebene thermische Leistung der Wärmepumpe	kW	double	O	R
RuntimeCompressor	 Summe der Laufzeit des Verdichters seit Inbetriebnahme.	h	double	O	R
RuntimeHeating	 Summe der Laufzeit in der Heizphase.	h	double	O	R
RuntimeCooling	 Summe der Laufzeit in der Kühlphase.	h	double	O	R
RuntimeDomHotWater	 Summe der Laufzeit in der Brauchwarmwasser-Phase.	h	double	O	R
NoOfStartupsCompressor	 Anzahl Starts des Verdichters seit Inbetriebnahme.	-	double	O	R

Anhang A6 Vorgeschlagene Datenpunkte für das WP-Monitoring

Typ/Daten	Einheit	Mind. Auflösung für Monitoring	Genauigkeit (% Messbereich)	Schnittstelle/Sensor
Energetisch				
Elektrische Leistungsaufnahme Wärmepumpe und Elektroeinsatz (separat)	kW	Tägliche Verläufe: 15-Minuten-Mittelwerte*	+/- 5% (der Nennleistung)	WP Modbus*** oder externer Stromzähler
elektrischer Energieverbrauch Wärmepumpe und Elektroeinsatz (separat)	kWh	Tages-, Monats- und Jahresstatistiken (Summen)	+/- 5% (WP Modbus) +/- 2 % (ext. Zähler geeicht)	WP Modbus*** oder externer Stromzähler
<i>Optional: Wärmeleistung Wärmepumpe</i>	<i>kW</i>	<i>Tägliche Verläufe: 15-Minuten-Mittelwerte*</i>	<i>+/- 5% (der Nennleistung)</i>	<i>WP Modbus*** oder externer Wärmepumpen</i>
Abgegebene Wärmeenergie Heizen	kWh	Tages-, Monats- und Jahresstatistiken (Summen)	+/- 10% (WP Modbus) +/- 10 % (ext. Zähler geeicht)	WP Modbus*** oder externer Stromzähler
Abgegebene Wärmeenergie Warmwasser	kWh	Tages-, Monats- und Jahresstatistiken (Summen)	+/- 10% (WP Modbus) +/- 10 % (ext. Zähler geeicht)	WP Modbus*** oder externer Stromzähler
Kältemenge Kühlen	kWh	Tages-, Monats- und Jahresstatistiken (Summen)	+/- 10% (WP Modbus) +/- 10 % (ext. Zähler geeicht)	WP Modbus*** oder externer Stromzähler
Effizienz				
Arbeitszahl (AZ)**** Gesamt Heizen Kühlen Warmwasser	-	Tages-, Monats- und Jahreswerte (TAZ, MAZ, JAZ, WRG, SNG, SNG+)	+/- 10% (WP Modbus) +/- 10 % (ext. Zähler geeicht)	Berechnet aus energetischen Kennzahlen
Temperaturen				
Quelle VL und RL** Senke VL und RL Heizkreise VL und RL Speichertemperaturen Ev. Raumtemperatur	°C	Tägliche Verläufe: 15-Minuten-Messwerte*	+/- 1 °C	WP Modbus***
Quelle VL und RL Senke VL und RL Heizkreise VL und RL Speichertemperaturen Ev. Raumtemperatur	°C	Tages-, Monats- und Jahresstatistiken (Mittelwerte)	+/- 1 °C	gemittelt
Verdichter (Lebensdauer)				
Laufzeit Gesamt Laufzeit Heizen (Kühlen) Laufzeit Warmwasser Laufzeit Elektroeinsatz	h	Tages-, Monats- und Jahresstatistiken (Summen)		WP Modbus***
Anzahl Einschaltungen	-	Tages-, Monats- und Jahresstatistiken (Anzahl)		WP Modbus***

Anhang A7 Tabellendarstellung vorgeschlagene Monitoring-Stufen

Stufe	Monitoring-Art	Primäres Ziel	Messgrössen	Einsatzbereich	Leistungsklasse	Instrumente	Indikative Hardware-Kosten	Indikative Installationskosten	Reifegrad und Marktdurchdringung	Anbindung CH-Monitoring-Plattform
0	Minimal Strommessung mit Fernzugriff	Günstige Einstiegslösung	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW)	Einfache Anlagen (EFH, Standard-WP, gute Erschliessung & Hydraulik)	Bis 15 kW (Einsatzbereich WPSM)	Stromwandler-Messung mit Cloud-Anbindung / App z.B. Shelly Pro 3EM	100 CHF total	300 CHF	mittel	nicht möglich
1	Monitoring Hersteller Monitoring-System des WP-Herstellers mit Fernzugriff (Service-Portal)	Frühwarnsystem für Fehlfunktionen Sicherstellen, dass Dimensionierung & Regelung real funktionieren Erkenntnisse aus Anlaufphase und stabile Betriebsparameter	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW) Elektrischer Energieverbrauch (kWh) Heizen, WW, Gesamt Wärmeproduktion (kWh) Heizen, WW, Gesamt Arbeitszahl (AZ) Heizen, WW, Gesamt	Primär für Service-Zwecke Neue Anlage, speziell in den ersten 1 bis 3 Jahre nach IBN Hohe Heizlast / grösserer WP-Anteil Verdacht auf suboptimale Parametrierung (z. B. nach Sanierungen)	Bis 30 kW (erweiterter Einsatzbereich WPSM)	Gateway WP	300 CHF 600 CHF total	 300 CHF	hoch	beschränkt möglich
2	Monitoring Basic Interne Messungen/Kennzahlen aus WP mit Fernzugriff	Frühwarnsystem für Fehlfunktionen Sicherstellen, dass Dimensionierung & Regelung real funktionieren Erkenntnisse aus Anlaufphase und stabile Betriebsparameter Universelle Lösung	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW) Elektrischer Energieverbrauch (kWh) Heizen, WW, Gesamt Wärmeproduktion (kWh) Heizen, WW, Gesamt Arbeitszahl (AZ) Heizen, WW, Gesamt Temperaturen Vor-/Rücklauf, Speicher, etc (°C) Laufzeiten und Anzahl Einschaltungen Verdichter	Fälle, in denen einfache Betriebsüberwachung spürbaren Mehrwert liefert, z. B.: Neue Anlage, speziell in den ersten 1 bis 3 Jahre nach IBN Hohe Heizlast / grösserer WP-Anteil Verdacht auf suboptimale Parametrierung (z. B. nach Sanierungen) Verdacht auf suboptimale Parametrierung (z. B. nach Sanierungen)	Bis 30 kW (erweiterter Einsatzbereich WPSM)	Gateway WP Gateway Monitoring	300 CHF 300 CHF 600 CHF total	 300 CHF	Weiterentwicklung basierend auf bestehenden Lösungen	möglich
3	Monitoring Advanced Externe Strom- und Wärmemessung mit Fernzugriff	Frühwarnsystem für Fehlfunktionen Sicherstellen, dass Dimensionierung & Regelung real funktionieren Erkenntnisse aus Anlaufphase und stabile Betriebsparameter Externe, unabhängige gezielte Messung	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW) Elektrischer Energieverbrauch (kWh) Heizen, WW, Gesamt Wärmeproduktion (kWh) Heizen, WW, Gesamt Arbeitszahl (AZ) Heizen, WW, Gesamt	Fälle, in denen einfache Betriebsüberwachung spürbaren Mehrwert liefert, z. B.: Neue Anlage, speziell in den ersten 1 bis 3 Jahre nach IBN Hohe Heizlast / grösserer WP-Anteil Verdacht auf suboptimale Parametrierung (z. B. nach Sanierungen)	Bis 70 kW	Externer Stromzähler geeicht 2x externe Wärmezähler geeicht Gateway Monitoring	200 CHF** 2 x 300 CHF** 300 CHF 1100 CHF total	 1000 CHF Mehrkosten Neubau** 2000 CHF Kosten Nachrüstung**	Weiterentwicklung basierend auf bestehenden Lösungen	möglich
4	Monitoring Plus Externe Strom- und Wärmemessung, kombiniert mit interner Messung/Kennzahlen aus WP, mit Fernzugriff	Frühwarnsystem für Fehlfunktionen Nachweis energetischer Qualität Sicherstellung eines stabilen & robusten Betriebs Vorbereitung für optionale Förderlogiken („Effiziente Anlage belohnt“) Regelungsoptimierung (z. B. Heizkurve, Taktraten, Sperrzeiten) Automatisierte Algorithmen zur Betriebsoptimierung	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW) Elektrischer Energieverbrauch (kWh) Heizen, WW, Gesamt Wärmeproduktion (kWh) Heizen, WW, Gesamt Arbeitszahl (AZ) Heizen, WW, Gesamt Temperaturen Vor-/Rücklauf, Speicher, etc (°C) Raumtemperaturen (°C) Laufzeiten und Anzahl Einschaltungen Verdichter	Fälle, in denen einfache Betriebsüberwachung spürbaren Mehrwert liefert, z. B.: Neue Anlage, speziell in den ersten 1 bis 3 Jahre nach IBN Hohe Heizlast / grösserer WP-Anteil Verdacht auf suboptimale Parametrierung (z. B. nach Sanierungen)	Bis 70 kW	Externer Stromzähler geeicht 2x externe Wärmezähler geeicht Gateway Monitoring Gateway WP Raumtemperatursensoren z.B. Shelly H&T	200 CHF** 2 x 300 CHF** 300 CHF 300 CHF 100 CHF (3 Stk) 1500 CHF total	 1000 CHF Mehrkosten Neubau** 2000 CHF Kosten Nachrüstung**	Weiterentwicklung basierend auf bestehenden Lösungen	möglich
5	EMS Basic Energienagementsystem mit Einbindung PV und WP zur Eigenverbrauchsoptimierung inkl. Monitoring-Funktion	Steuerung WP und weitere Verbraucher zur Eigenverbrauchsoptimierung Zusätzliche Monitoring Funktionen wie Monitoring Basic	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW) PV, WP, Gesamt Elektrischer Energieverbrauch (kWh) Heizen, WW, Gesamt Wärmeproduktion (kWh) Heizen, WW, Gesamt Arbeitszahl (AZ) Heizen, WW, Gesamt Temperaturen Vor-/Rücklauf, Speicher, etc (°C) Laufzeiten und Anzahl Einschaltungen Verdichter	EFH oder kleines MFH mit PV-Anlage und WP	Bis 30 kW (erweiterter Einsatzbereich WPSM)	Gateway WP EMS inkl. Monitoring Stromwandler-Messung Gesamt Stromwandler-Messung WP	300 CHF 1000 CHF 100 CHF 100 CHF 1500 CHF total	 1000 CHF		möglich
6	EMS Advanced Energienagementsystem mit Einbindung PV und WP zur Eigenverbrauchs- und Tarifoptimierung mit Komfortfunktionen, inkl. Monitoring-Funktion	Steuerung WP und weitere Eigenverbrauchsoptimierung Steuerung WP und weitere Verbraucher nach dynamischen Tarifen Erfassung und Überwachung Raum- und Speichertemperaturen Gebäudemasse als Speicher nutzbar Berücksichtigung Wetterprognose Zusätzliche Monitoring Funktionen wie Monitoring Basic	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW) PV, WP, Gesamt Elektrischer Energieverbrauch (kWh) Heizen, WW, Gesamt Wärmeproduktion (kWh) Heizen, WW, Gesamt Arbeitszahl (AZ) Heizen, WW, Gesamt Temperaturen Vor-/Rücklauf, Speicher, etc (°C) Raumtemperaturen (°C) Laufzeiten und Anzahl Einschaltungen Verdichter	EFH oder kleines MFH mit PV-Anlage und WP	Bis 30 kW (erweiterter Einsatzbereich WPSM)	Gateway WP EMS inkl. Monitoring Stromwandler-Messung Gesamt Stromwandler-Messung WP Raumtemperatursensoren z.B. Shelly H&T	300 CHF 1000 CHF 100 CHF 100 CHF 100 CHF (3 Stk) 1600 CHF total	 1000 CHF		möglich
7	EMS Plus Energienagementsystem mit netzdienlichen Funktionen sowie externer Strom- und Wärmemessung, kombiniert mit interner Messung/Kennzahlen aus WP, mit Fernzugriff, inkl. Monitoring-Funktion	Steuerungsfunktionen wie EMS Advanced Netzdienliche Steuerungsfunktionen wie Lastabwurf, Lastreduktion/erhöhung, usw. Schnittstelle zum VNB (Smart Grid Connection Point) Vorbereitung für optionale Förderlogiken („Netzdienliche Anlage belohnt“) Adaptive, selbstlernende Regelalgorithmen (modellbasiert, KI, etc) Automatisierte Algorithmen zur Betriebsoptimierung	Verlauf elektrische Leistungsaufnahme (kW) für alle Produzenten/Verbraucher Elektrische Energieproduktion/verbrauch (kWh) für alle Produzenten/Verbraucher Wärmeproduktion (kWh) Heizen, WW, Gesamt Arbeitszahl (AZ) Heizen, WW, Gesamt Temperaturen Vor-/Rücklauf, Speicher, etc (°C) Raumtemperaturen (°C) Laufzeiten und Anzahl Einschaltungen Verdichter	Netzdienliche Einbindung grosser WP-Anlagen Grosses MFH, Zweckbau, Areal, usw. Hohe Heizlast / grösserer WP-Anteil	Bis 70 kW	Externe Stromzähler geeicht (FV, WP, Gesamt) 2x externe Wärmezähler geeicht, grosser Durchfluss EMS mit VNB-Schnittstelle und Monitoring Gateway WP Raumtemperatursensoren z.B. Shelly H&T	3 x 200 CHF** 2 x 500 CHF** 1500 CHF 300 CHF 100 CHF (3 Stk) 3500 CHF total	 ab 3000 CHF Mehrkosten Neubau** ab 6000 CHF Kosten Nachrüstung**		möglich
			* nicht bei allen Herstellern unterstützt			** wenn Strom- und Wärmemessung für Abrechnungszwecke bereits vorhanden, fallen diese Kosten tiefer aus.				

Anhang A8 Bisherige Lösungen (ohne Fernzugriff/Datenübertragung)

«Stand der Technik» in folgenden Bereichen:

1. WP-Cockpit
2. Klima- und Innovationsgesetz (KIV) ab 70 kW
3. Förderungen durch Energie-Versorger

«*Fachgerechte Strom- und Wärmemessung*» steht in der Verordnung zum Klima- und Innovationsgesetz als Fördervoraussetzung:

- 1.2 Ersatz durch Luft/Wasser-Wärmepumpe

- 1.2.1 Voraussetzungen

Der Ersatz wird gefördert, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- a. Die thermische Nennleistung der Wärmepumpe ist grösser als 70 kW bei Betriebspunkt A-7/W34 nach der Norm SN EN 14825, Juli 2022¹⁵.
- b. Die Wärmepumpe ist eine Elektromotor-Wärmepumpe.
- c. Die fossile Spitzenlastabdeckung der Gesamtanlage übersteigt den folgenden Anteil des jährlichen Gesamtwärmebedarfs für Heizung und Warmwasser nicht:
 - 0 Prozent bei einer Gesamtanlage mit einer thermischen Nennleistung von höchstens 100 kW
 - 10 Prozent bei einer Gesamtanlage mit einer thermischen Nennleistung von mehr als 100 kW
- d. Die Wärmepumpe verfügt über ein in der Schweiz gültiges internationales oder nationales Wärmepumpen-Gütesiegel.
- e. Die Wärmepumpe verfügt über eine fachgerechte Strom- und Wärmemessung.

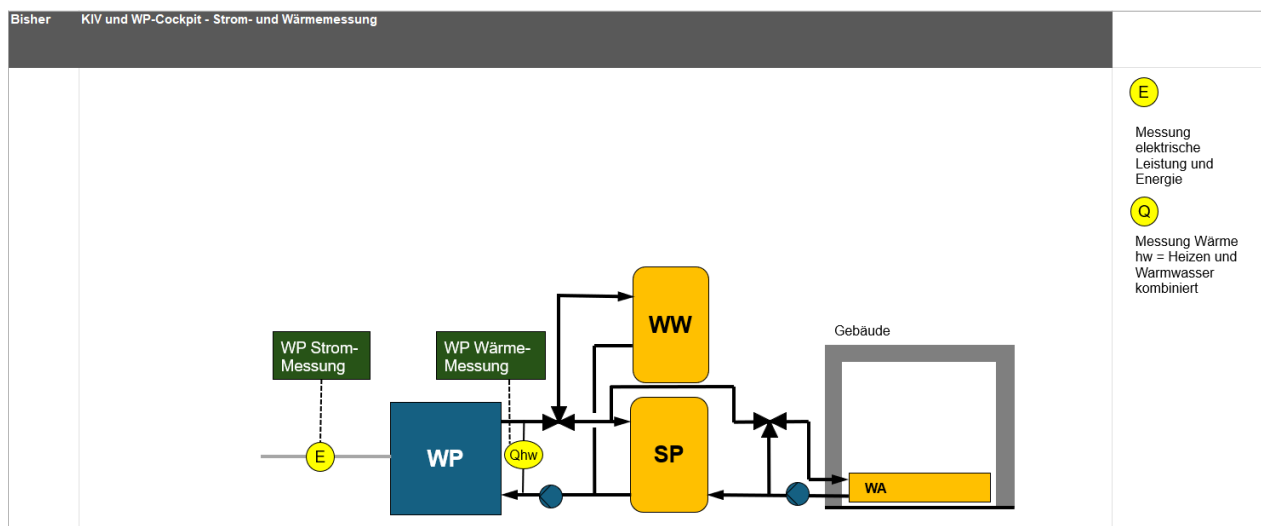


Abbildung 94: KIV und WP-Cockpit Strom- und Wärmemessung

Anhang A9 Systematische Verbesserung der JAZ von Wärmepumpenanlagen über die Betriebsdauer

In der Tabelle wird die Wirkung der einzelnen Massnahmen auf die Jahresarbeitszahl (JAZ) in einer gemeinsamen Bewertung «JAZ-Wirkung» dargestellt. Diese Bewertung berücksichtigt sowohl die direkte Effizienzsteigerung durch die Massnahme als auch deren Dauerhaftigkeit im Anlagenbetrieb. Die Einstufung erfolgt qualitativ auf einer fünfstufigen Skala von sehr gering über gering, mittel und hoch bis sehr hoch. Die Bewertung dient als Orientierung zur Priorisierung von Betriebsoptimierungsmassnahmen und basiert auf Erfahrungen aus Praxis, Literatur und Experteneinschätzungen.

Tabelle 17: Systematische Verbesserung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen über Betriebsdauer

Kategorie	BO-Ebene	Massnahme	Wirkmechanismus auf JAZ	JAZ-Wirkung	Aufwand	Voraussetzung
Regelung / Betrieb	Normalbetrieb	Optimierung der Heizkurve	Senkung der mittleren Vorlauftemperatur	hoch	gering	stabile Betriebsphase, Aussentemperaturdaten
		Kontrolle der Abtauzyklen (L/W-WP)	Reduktion unnötiger Abtauverluste	mittel	gering	Zugriff auf Regelung / Logdaten
		Klare Komfort- und Sollwertdefinition	Vermeidung überhöhter Vorlauftemperaturen	mittel	gering	Abstimmung Betreiber-Nutzer
		Sommerabschaltung Heizung	Vermeidung ineffizienter Kurzläufe	gering	sehr gering	Zugriff auf Regelung
	Unterstützung	Optimierung der Warmwasser-Temperatur und Ladezeiten	Reduktion unnötig hoher Speichertemperaturen und Kompressorlast	mittel bis hoch	mittel	Zugriff auf Regelparameter sowie vertiefte regelungstechnische Fachkompetenz
	Unterstützung	Optimierung der Betriebsstrategie der Wärmepumpe	Anpassung von Hysterese, Sperrzeiten und Betriebsmodi	hoch	hoch bis sehr hoch	Zugriff auf Regelparameter sowie vertiefte regelungstechnische Fachkompetenz
Hydraulik / Systembetrieb	Normalbetrieb	Sicherstellung Mindestdurchfluss	Verbesserung der Wärmeübertragung	mittel	gering	hydraulische Kontrolle
		Optimierung der Umwälzpumpenregelung	Reduktion der Hilfsenergie	hoch	gering bis mittel	Zugriff auf Pumpenregelung

	Unterstützung	Hydraulischer Abgleich	Optimierte Volumenströme im Wärmeverteilsystem und Reduktion unnötig hoher Vorlauftemperaturen	hoch bis sehr hoch	mittel bis hoch	zugängliche Ventile und hydraulisches Konzept des Heizsystems
Systemtemperaturen / Gebäudeintegration	Unterstützung	Reduktion der erforderlichen Systemtemperatur im Wärmeverteilsystem	Senkung der Vorlauftemperatur durch Anpassung der Heizflächen oder Regelstrategie	sehr hoch	mittel	Analyse des Wärmeverteilsystems
Anlagenzustand / Wartung	Normalbetrieb	Reinigung Verdampfer (L/W-WP)	Verbesserung des Wärmeübergangs zwischen Luft und Kältemittel	mittel	gering	Zugang zur Anlage
		Allgemeine Wartung inkl. Kontrolle des Kältemitteldrucks	Sicherstellung optimaler thermodynamischer Betriebsbedingungen und Vermeidung von Effizienzverlusten	mittel bis hoch	gering bis mittel	regelmässige Wartung durch qualifiziertes Fachpersonal
Monitoring / Datenanalyse	Investition	Strom- und Wärmemessung auf WP-Ebene	Transparenz, JAZ-Berechnung und Fehlererkennung	mittel	mittel	Messkonzept, Datenqualität
		Standardisierte Datenschnittstellen	Vergleichbarkeit und automatisierte Auswertung	mittel	gering bis mittel	kompatibles Monitoring
		Zykluserkennung / Taktanalyse	Identifikation ineffizienter Betriebszustände	mittel	gering	hochaufgelöste Stromdaten
		Automatisierte Identifikation ineffizienter Anlagen	Priorisierung von BO-Massnahmen	hoch	gering	Smart-Meter-Daten
Systemintegration / Energiemanagement	Investition	Integration Energiemanagementsystem	Optimierte Betriebsstrategien	hoch	mittel bis hoch	EMS-Integration
	Unterstützung	Systemübergreifende Funktionskontrolle	Erkennung und Vermeidung von Fehlfunktionen und Fehlabstimmungen zwischen Wärmepumpe, Speicher, Verteilung und Zusatzsystemen (z. B. gleichzeitiges Heizen und Kühlen, unnötige Speicherladung)	hoch	hoch bis sehr hoch	Zugriff auf systemübergreifende Betriebsdaten, grundlegendes Systemverständnis

Anhang A10 Überblick Monitoring-Lösungen

Tabelle 18: Überblick Monitoring-Lösungen

Lösung / Plattform	Anbieter / Betreiber (Beispiele)	Hauptnutzer	Funktionaler Schwerpunkt	Systemgrenze	Stromverb rauch WP	Wärm eleistu ng	Wärmee nergie	Temperaturen (Vor-/Rücklauf Verflüssiger)
WPCockpit	Energieagentur St.Gallen	Eigentümer/Be treiber	Jährliche Effizienzbewertu ng	JAZ	Ja	Nein	Ja	Ja
MINERGIE-Monitoring	MINERGIE	Eigentümer/Be treiber	- Vergleich von Plan- und Messdaten, - Vorbereitung	SNG, SNG+	Ja	Nein	Ja	Nein
Hersteller-Telemetrie (Portal)	WP-Hersteller (z B. Stiebel Eltron - ServiceWelt, CTA -	Fachperson	- Fernüberwachun g	JAZ	Ja	Ja	Ja	Ja
SmartMeter-Lastgang Analyse	Kantonale Energiefachstelle,	EVU	Klassifizierung von Anlagen	--	Nein	Nein	Nein	Nein
Gebäudeautomation (GLT / BMS)	Siemens, SAIA, Sauter u. a.	Fachperson	- Fernüberwachun g	SNG, SNG+	Ja	Ja	Ja	Ja
Energiemanagementsystem e (Wohngebäude)	EMS Hersteller	Besitzer	- Energiemanage ment	SNG, SNG+	Ja	Nein	Nein	Nein
WPSM Minimal-Monitoring / BO	WPSM	Wärmepumpe n-	- Fehlererkennung	(SNG+)	(Ja)1	Nein	Nein	(Nein)2
OpenEnergyMonitor	OpenEnergyMonitor	Eigentümer/Be treiber	Jährliche Effizienzbewertu ng	JAZ	Ja	Ja	Ja	Ja
IoT Monitoringsysteme	Renera AG	Eigentümer/Be treiber	Fehlererkennung	--	Nein	Nein	Nein	Ja

Temperaturen (Vor-/Rücklauf Heizkreis)	Raumtempera- tur	Aussentemper- atur	Speichertemp- eratur	Wärmeenergie Heizen + WW	Ventilstell- ungen	Betriebss- tunden	Verdichter An/Aus Zustand	Verdichter- Einschaltungen (Impulszähler)	Jahresarbeitszahl (JAZ)
Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Optional	Zusatzmodul	Zusatzmodul	Zusatzmodul	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
(Ja)2	(Ja)	Nein	(Ja)	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Jahresnutzungsgrade (WNG/SNG)	Coefficient of Performance (COP)	Output	Erforderliche Messhardware	Messhardwarequalität
Nein	Nein	Visualisierung als Ampelsystem Anhand einer typengleichen Referenzanlage	- Wärmemengenzähler (M-Bus) - Stromzähler (S0-Impuls Ausgang) - Temperaturzähler (PT-500) - Data Transmitter	MID / METAS-Zulassung
Nein	Nein	Visualisierung als Balken für eine indikative Auswertung	- Wärmemengenzähler (NA) - Stromzähler (NA) - Temperaturzähler (NA) - Data Transmitter	MID / METAS-Zulassung
Nein	Ja	- Strukturierte Visualisierung - Logging - Berichte	WP-interne Sensorik	Firmenintern
Nein	Nein	Liste auffällige Wärmepumpen anhand Zyklisches Verhalten	Smart Meter (EVU-Spezifikation)	Hoch (geeicht, EVU)
Nein	Nein	- Strukturierte Visualisierung - Logging - Energiebilanz	Gebäudeleitsystem, Sensorik nach Projekt	Hoch (Industriequalität)
Nein	Nein	Eigenverbrauchoptimierte Regelung von PV Systeme	IoT-Komponenten, konfigurierbar	Variabel (abhängig von Sensorik)
Nein	Nein		i.d.R. Funktionalität des WP-Reglers. Ansonsten externe Messung	Variabel / keine Vorgabe
Nein	Ja	- Dashboard - Historigrame - COP vs Temp Scatter Plots	- Empfehlung: Heat Pump Monitoring Bundle (emonHP) - Hardware des WP-Besitzers kann mit	Variabel (abhängig von Sensorik)
Nein	Nein	Logging	LoRALARM	Mittel

Notwendige weitere Daten	Energiedaten- angabe	Datenauflösu- ng	Datenabruf	Datenübermittlung	Datensicherheit	Datenvalidierung / Qualitätssicherung
- Gebäuddaten - Art der Wärmepumpe - Art der Wärmeverteilung - Höhe der Anlage über Meerüber Meer	- manuell - automatisch	15 min - 1 Woche	1 Mal pro Woche	SMS-Protokoll	- Anonymisierung - Server in der Schweiz	NA
NA	- automatisch	15 min - 1 Monat	Monatlich	HTTPS-API	- Verschlüsselung und Zugriffskontrolle - Datenschutzgesetz revDSG (Schweiz)	- Plausibilisierungstest s - Qualitätsniveaus
NA	- automatisch	1 min - 15 min	Real-Time	Internet Service Gateway	Firmeninternes Reglement	QC im Hersteller- Backend
- Gebäuddaten - Wetterdaten	- automatisch	15 min	NA	NA	NA	NA
NA	- automatisch	1 min - 15 min	Real-Time	GA-Protokolle wie BACnet, Modbus, OPC UA	Firmeninternes Reglement	Projektabhängige Umsetzung
- Gebäuddaten - Wetterdaten	- automatisch	1 min - 15 min	Real-Time	MQTT, REST, Modbus	Firmeninternes Reglement	QC im EMS
-	-	-	-	-	-	-
NA	- automatisch	1 min - 15 min	Real-Time	MQTT	- Niedrig	NA
NA	- automatisch	10 min	Real-Time	LoRaWAN	- Firmeninternreglement	QC im Herstellerbackend

Externzugriff auf WP	Verbreitung in der Schweiz	Einsatzbereich nach WP-Leistung (kW)	Skalierbarkeit / Verbreitungsfähigkeit	Nutzererfahrung / Nutzerverhalten	Kosten für Eigentümer	Förderung
Nein	Niedrig		Hoch		- Hardware + Installation - Abonnement für Datenabruf	CHF 1'500
Nein	Mittel (v. a. MINERGIE-A/P Gebäude)	Ab 20 kW (grosse WP, MFH)	Hoch		- Hardware + Installation - Gebühren / Royalties	0
Ja	Mittel (Standard bei modernen WP)	Alle Grössen (nicht WP-spezifisch)	Mittel		Abonnement für Datenabruf	NA
Nein	Niedrig	Alle Grössen (nicht WP-spezifisch)	Hoch		NA	NA
Ja	Mittel (MFH, Bürogebäude, komplexe Anlagen)	Ab 30 kW	Hoch		- Hardware + Installation - Abonnement für Datenabruf	NA
Ja	Wachsend (Forschung, Prosumer)	0–30 kW (EFH, flexible Systeme)	Hoch		- Hardware + Installation - Abonnement für Datenabruf	0
optional	Pflicht WPSM	bis 15 kW	Hoch			Ja (im Rahmen WPSM)
Nein	Nur 1 Anlage	0-30 kW (EFH)	Hoch		- Hardware + Installation (850 CHF)	0
Nein	Niedrig	0-30 kW (EFH)	Hoch		- Hardware + Installation - Abonnement für Datenabruf	0

Stellungnahme

Monitoring und Betriebsoptimierung von Wärmepumpenanlagen > 15 kW

Fachliche Einordnung aus Sicht der Praxis

Absender: suissetec

Adressat: Fachliche Gremien / Verbände / Behörden

Datum: 30.01.2026

1. Ausgangslage und Zielverständnis

Das Ziel, grössere Wärmepumpenanlagen (> 15 kW) effizient, betriebssicher und stromsparend zu betreiben, ist **unbestritten**. Auch Bundesamt für Energie verfolgt mit der Diskussion um Monitoring und Betriebsoptimierung dieses legitime Anliegen.

Unstrittig ist das Ziel, strittig ist der Weg.

2. Einordnung: Monitoring ist ein Hilfsmittel, kein Qualität ersatz

Monitoring bezeichnet die Erfassung und Auswertung von Betriebsdaten. Es kann **unterstützend** wirken, ersetzt jedoch **keine** grundlegende Systemqualität. Die Erfahrung aus Planung, Ausführung und Betrieb zeigt klar:

Die wesentlichen Effizienzdefizite entstehen vor der Inbetriebnahme, nicht im laufenden Betrieb.

Typische Ursachen sind:

- unklare Systemgrenzen,
- fehlerhafte hydraulische Konzepte,
- falsche Auslegung (Leistung, Speicher, Verteilung),
- ungeeignete Regelungsstrategien,
- ungenügende Koordination zwischen Planung, Ausführung und Inbetriebnahme.

Monitoring kann diese Ursachen **nicht beheben**, sondern höchstens **nachträglich sichtbar machen**.

3. Besonderheiten von Anlagen > 15 kW in Mehrfamilienhäusern

Wärmepumpenanlagen in Mehrfamilienhäusern sind in der Regel:

- objektspezifisch und nicht standardisierbar,
- hydraulisch komplex (oft hybrid),
- stark Nutzer und gebäudeabhängig,
- eingebettet in unterschiedliche Betreiber und Eigentümerstrukturen.

Ein **einheitlicher, flächendeckender Monitoringkonzept** ist deshalb:

- fachlich **nicht vergleichbar**,
 - praktisch **nicht skalierbar**,
 - organisatorisch **nicht vollzugstauglich**.
-

4. Grenzen und Risiken eines verpflichtenden Monitorings

Ein verpflichtendes Monitoring > 15 kW hätte folgende Konsequenzen:

4.1 Technische und organisatorische Komplexität

- zusätzliche Messtechnik,
- dauerhafte Online-Anbindung,
- Datenplattformen und Auswertung,
- ungeklärte Zuständigkeiten (Betrieb, Interpretation, Haftung).

4.2 Kosten und Akzeptanzprobleme

- steigende Investitions und Betriebskosten,
- fehlende Kompetenz bei Betreibern (Verwaltungen, STWEG, Contracting),
- geringe Bereitschaft zur Umsetzung.

4.3 Fehlende Wirkung

- Daten allein führen **nicht automatisch** zu Effizienzgewinnen,
- ohne klare Verantwortlichkeit bleiben Massnahmen aus,
- Monitoring wird zum Selbstzweck.

Effizienz entsteht nicht durch Datenmenge, sondern durch Systemqualität und klare Verantwortung.

5. Vergleich mit dem Wärmepumpen-Systemmodul (≤ 15 kW)

Das bestehende Wärmepumpen-Systemmodul war erfolgreich, weil es:

- auf Planung, Ausführung und Abnahme fokussiert,
- klare, einmalige Anforderungen stellt,
- **keine Dauerüberwachung** verlangt.

Der diskutierte Monitoring-Ansatz kehrt diese Logik um:

- weniger Fokus auf präventive Qualität,
- mehr Fokus auf nachträgliche Kontrolle.

Dies stellt einen **systemischen Bruch** dar und ist auf Anlagen > 15 kW **nicht übertragbar**.

6. Fachliche Schlussfolgerung

Aus Sicht der Praxis ist festzuhalten:

Ein verpflichtendes Monitoring von Wärmepumpenanlagen > 15 kW ist kein geeignetes Instrument, um Effizienz, Stromverbrauch und Betriebssicherheit in Mehrfamilienhäusern sicherzustellen.

Sinnvoll sind hingegen:

- klare Anforderungen an **Systemqualität vor Inbetriebnahme**,
 - saubere Planung und hydraulische Konzepte,
 - qualifizierte Inbetriebnahme und Dokumentation,
 - **zielgerichtetes, freiwilliges Monitoring** bei Bedarf,
 - projektbezogene Analysen statt flächendeckender Dauerüberwachung.
-

7. Kernaussagen (Kurzfassung)

- Monitoring kann unterstützen, **ersetzt aber keine Qualität**.
- Effizienzprobleme entstehen überwiegend **vor** dem Betrieb.
- Anlagen > 15 kW sind **nicht standardisierbar**.
- Verpflichtendes Monitoring ist **nicht skalierbar und nicht zielführend**.

Effizienz entsteht durch gute Planung und klare Verantwortung – nicht durch permanente Überwachung.

Anhang A12 Umfrage «Wärmepumpen: Monitoring, Qualitätssicherung und neue Trends»

Nachfolgend sind die Fragen der Umfrage und die Auswertungen in Form von grafischen Darstellungen aufgeführt. Die erste Frage galt der Einteilung der Antworten bezogen auf die Rolle der Umfrageteilnehmenden.

1. Zu welcher Befragungsgruppe gehören Sie? (Pflichtfrage)

- Behörde
- Berufsverband
- Energieberatung
- Energieversorgungsunternehmen
- Forschung
- Hersteller
- Installateur
- Lieferant
- Netzbetreiber
- Planer
- Sonstiges

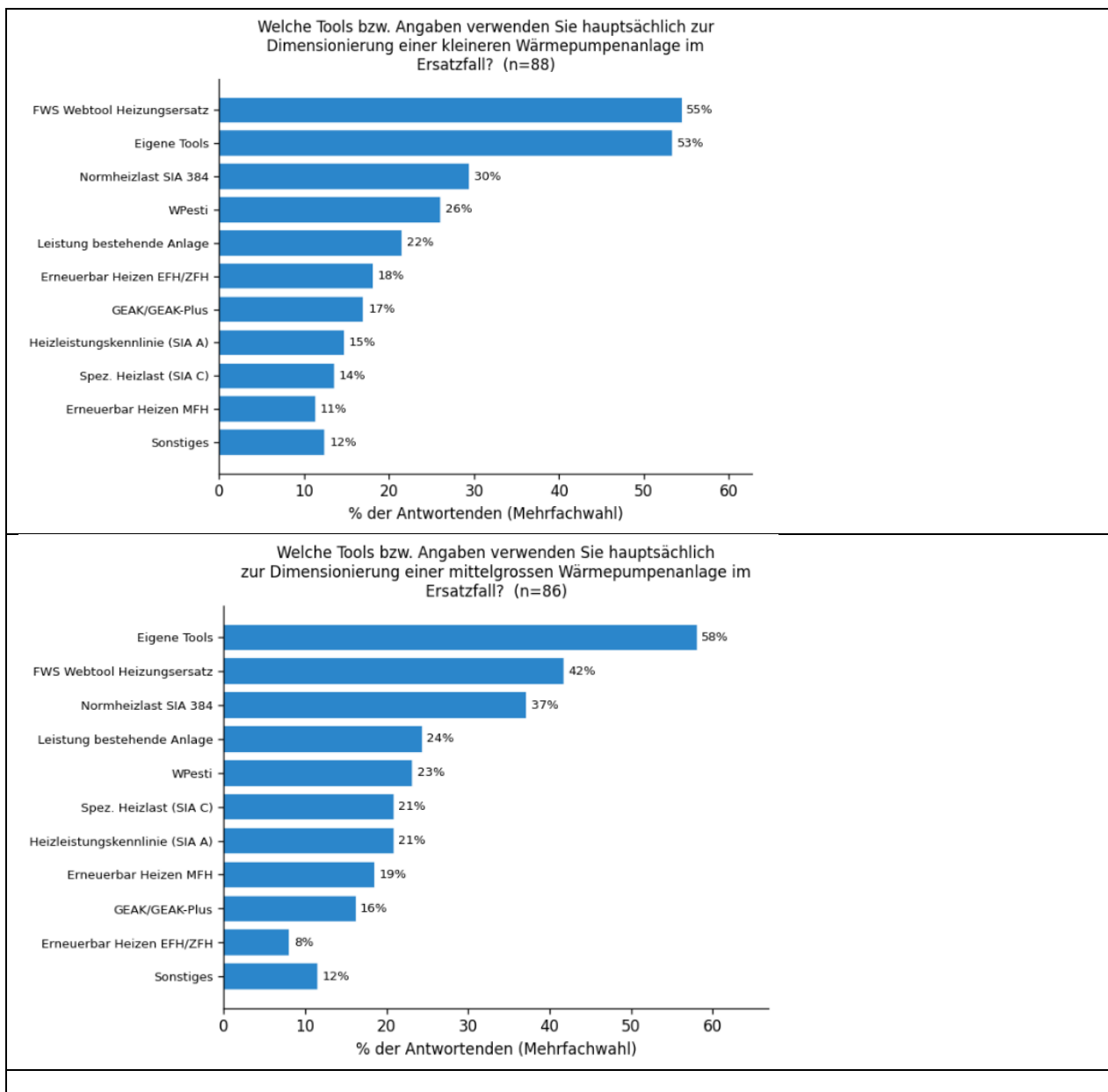
Themenbereich: Planung und Dimensionierung

Die Unterteilung in Ein-/ Zweifamilienhäuser (EFH/ZFH) mit Anlagen bis ca. 30 kW und Mehrfamilienhäuser (MFH) mit Anlagen von ca. 30...70 kW dient einer groben Unterscheidung in kleinere und mittelgrosse Anlagen.

2. Welche Tools bzw. Angaben verwenden Sie **hauptsächlich** zur Dimensionierung einer **kleineren / mittelgrossen** Wärmepumpenanlage im Ersatzfall?

*EFH/ZFH (bis 30 kW) bzw. MFH (30 - 70 kW)
Mehrfachauswahl möglich; Tools bitte ggf. Benennen*

- Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant
- WPesti
- Berechnung Normheizlast nach SIA 384
- Ermittlung Heizleistungskennlinie aus Messung (SIA 384/1:2022 Anhang A)
- Ermittlung der spezifischen Heizlast (SIA 384/1:2022 Anhang C)
- FWS/Suissetec Webtool «Heizungsersatz mit Wärmepumpen»
- Erneuerbar Heizen – EFH/ZFH (Webtool)
- Erneuerbar Heizen – MFH (MS-Excel)
- GEAK/GEAK-Plus
- Eigene Tools
- Leistung bestehender Installation beim Ersatz
- Sonstiges



Bei der Dimensionierung einer kleineren Wärmepumpenanlage im Ersatzfall (EFH/ZFH bis 30 kW) werden am häufigsten das FWS/Suissetec-Webtool «Heizungsersatz mit Wärmepumpen» (55 %) sowie eigene Tools (53 %) eingesetzt. Mit deutlichem Abstand folgen die Berechnung der Normheizlast nach SIA 384 (30 %) und WPesti (26 %). Ebenfalls häufig wird die Leistung der bestehenden Anlage als Grundlage für die Dimensionierung herangezogen (22 %).

Weitere verwendete Hilfsmittel sind das Webtool «Erneuerbar Heizen – EFH/ZFH» (18 %), GEAK/GEAK-Plus (17 %), die Ermittlung der Heizleistungskennlinie gemäss SIA 384/1 Anhang A (15 %) sowie die Ermittlung der spezifischen Heizlast gemäss SIA 384/1 Anhang C (14 %). Das Excel-Tool «Erneuerbar Heizen – MFH» wurde von 11 % der Befragten genannt. Unter der Kategorie Sonstiges wurden weitere, individuell genutzte Werkzeuge und Vorgehensweisen von 12 % der Teilnehmenden angegeben.

Insgesamt zeigt sich, dass sich insbesondere digitale Webtools und unternehmensspezifische Lösungen als zentrale Hilfsmittel für die Dimensionierung kleiner Wärmepumpenanlagen etabliert haben.

Für die Dimensionierung mittelgrosser Wärmepumpenanlagen im Ersatzfall (MFH, 30–70 kW) werden ebenfalls überwiegend eigene Tools eingesetzt. Mit 58 % stellen sie die am häufigsten genannte Methode dar und liegen damit noch vor dem FWS/Suissetec-Webtool «Heizungsersatz mit Wärmepumpen», das

von 42 % der Befragten verwendet wird. Ebenfalls eine bedeutende Rolle spielt die Berechnung der Normheizlast nach SIA 384 (37 %).

Im Vergleich zu kleineren Anlagen wird bei mittelgrossen Anlagen häufiger auf normbasierte Verfahren zurückgegriffen. So werden sowohl die Ermittlung der spezifischen Heizlast gemäss SIA 384/1 Anhang C als auch die Ermittlung der Heizleistungskennlinie gemäss Anhang A von jeweils 21 % der Befragten eingesetzt. Die Leistung der bestehenden Anlage dient für 24 % als Dimensionierungsgrundlage, während WPesti von 23 % der Teilnehmenden genutzt wird.

Das speziell für Mehrfamilienhäuser entwickelte Tool «Erneuerbar Heizen – MFH» erreicht mit 19 % eine deutlich höhere Nutzung als bei kleineren Anlagen (11 %). Demgegenüber wird das Webtool «Erneuerbar Heizen – EFH/ZFH» nur von 8 % der Befragten verwendet. GEAK/GEAK-Plus wird von 16 % eingesetzt, weitere 12 % nannten sonstige Werkzeuge oder Vorgehensweisen.

Insgesamt zeigt sich, dass bei mittelgrossen Wärmepumpenanlagen häufiger auf eigene Werkzeuge sowie auf normbasierte Berechnungsverfahren zurückgegriffen wird.

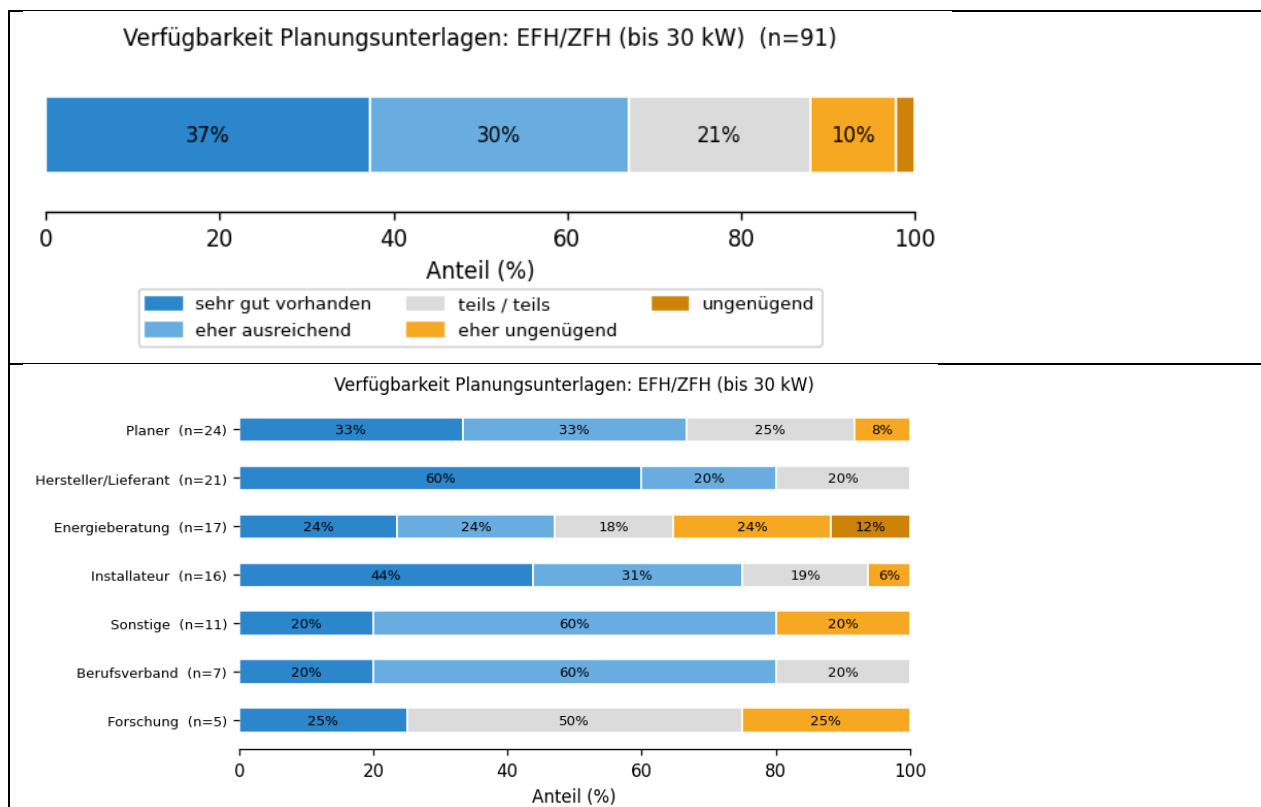
3. Stehen Ihnen im Normalfall genügend **Gerätedaten** (Heizleistung bei verschiedenen Betriebspunkten, Einsatzbereich, ...) seitens Lieferanten zur Verfügung, so dass eine gute Dimensionierung möglich ist?

Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter scrollen

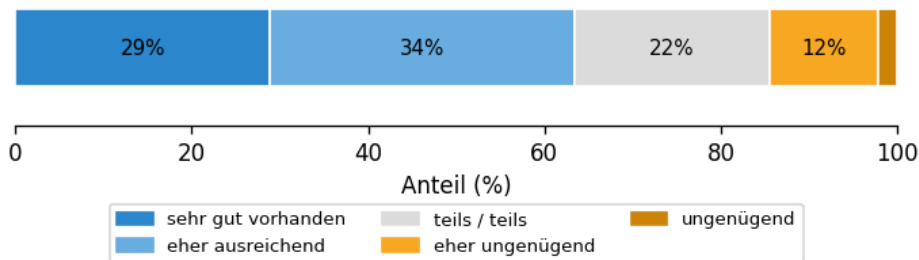
ungenügend	5er-Skala	sehr gut verfügbar
1	---	5

[1] EFH/ZFH (bis 30 kW)

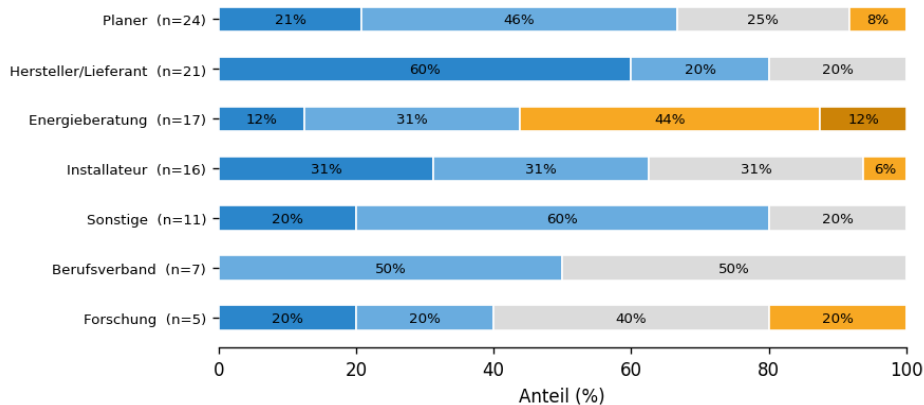
[2] MFH (30 - 70 kW)



Verfügbarkeit Planungsunterlagen: MFH (30–70 kW) (n=90)



Verfügbarkeit Planungsunterlagen: MFH (30–70 kW)



Die Verfügbarkeit von Planungsunterlagen und Gerätedaten seitens der Lieferanten wird für kleinere Wärmepumpenanlagen (EFH/ZFH bis 30 kW) überwiegend positiv beurteilt. Insgesamt bewerten 37 % der Befragten die Verfügbarkeit als sehr gut und weitere 30 % als eher ausreichend. Rund ein Fünftel (21 %) beurteilt die Situation als teils/teils, während 10 % die verfügbaren Unterlagen als eher ungenügend einstufen.

Für mittelgrosse Anlagen (MFH, 30–70 kW) fällt die Einschätzung etwas zurückhaltender aus. Der Anteil der Bewertung sehr gut vorhanden sinkt auf 29 %, während 34 % die Verfügbarkeit als eher ausreichend beurteilen. 22 % vergeben eine neutrale Bewertung, und der Anteil der negativen Einschätzungen (eher ungenügend) steigt auf 12 %.

Zwischen den verschiedenen Befragungsgruppen bestehen teilweise deutliche Unterschiede. Hersteller und Lieferanten bewerten die Verfügbarkeit der Gerätedaten sowohl für kleinere als auch für mittelgrosse Anlagen besonders positiv. Auch Installateure und Planer beurteilen die Situation überwiegend als gut bis ausreichend. Kritischer fällt die Einschätzung hingegen bei den Energieberatenden aus. Insbesondere bei mittelgrossen Anlagen bewertet diese Gruppe die Verfügbarkeit der erforderlichen Planungsunterlagen deutlich häufiger als ungenügend. Aufgrund der teilweise geringen Anzahl an Antworten einzelner Gruppen sollten diese Ergebnisse jedoch mit entsprechender Vorsicht interpretiert werden.

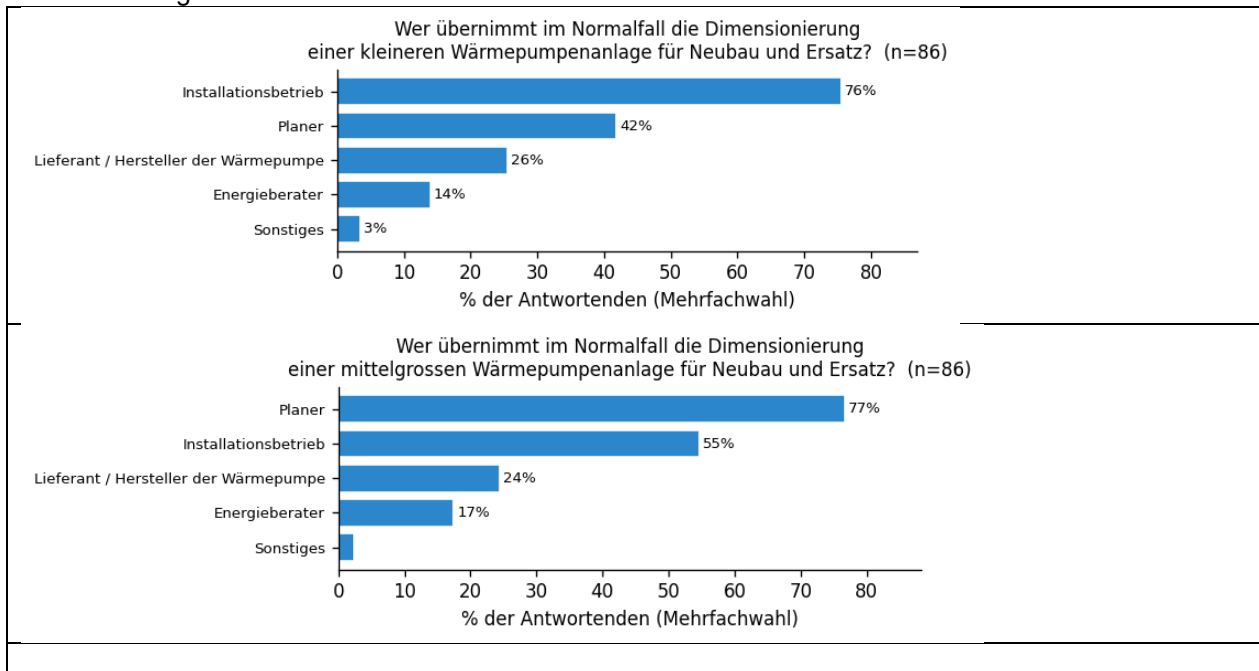
4. Wer übernimmt im Normalfall die Dimensionierung einer **kleineren Wärmepumpenanlage** / **mittelgrossen Wärmepumpenanlage** für Neubau und Ersatz?

EFH/ZFH (bis 30 kW) / MFH (30 - 70 kW)

Mehrfachauswahl möglich

- Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant
- Lieferant der Wärmepumpe
- Energieberater

- Planer
- Installationsbetrieb
- Sonstige



Die Dimensionierung kleinerer Wärmepumpenanlagen (EFH/ZFH bis 30 kW) wird im Normalfall überwiegend durch den Installationsbetrieb übernommen (76 %). Ebenfalls häufig werden Planer genannt (42 %), gefolgt von Lieferanten bzw. Herstellern der Wärmepumpe (26 %). Energieberatende übernehmen die Dimensionierung gemäss 14 % der Befragten, während sonstige Akteure mit 3 % nur eine untergeordnete Rolle spielen.

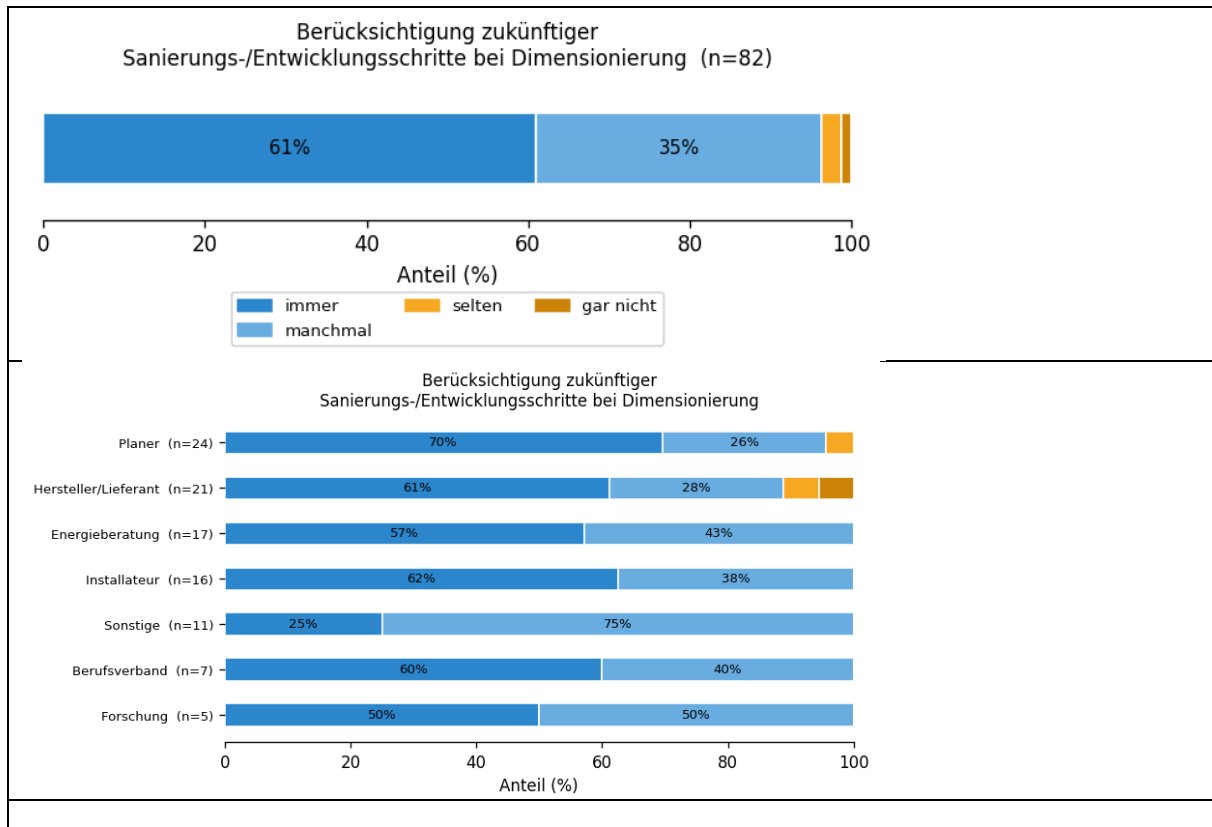
Bei mittelgrossen Wärmepumpenanlagen (MFH, 30–70 kW) verschiebt sich die Verantwortung deutlich. Hier werden Planer mit 77 % am häufigsten genannt, gefolgt von den Installationsbetrieben mit 55 %. Lieferanten bzw. Hersteller (24 %) sowie Energieberatende (17 %) werden ähnlich häufig wie bei kleineren Anlagen in den Dimensionierungsprozess einbezogen. Sonstige Akteure spielen auch bei mittelgrossen Anlagen nur eine geringe Rolle.

Insgesamt zeigt sich, dass die Verantwortung für die Dimensionierung mit zunehmender Anlagengrösse stärker bei spezialisierten Planern liegt, während bei kleineren Anlagen der Installationsbetrieb die zentrale Rolle übernimmt. Die Mehrfachnennungen verdeutlichen zudem, dass die Dimensionierung häufig in Zusammenarbeit mehrerer Beteiligter erfolgt und nicht ausschliesslich einer einzelnen Akteursgruppe zugeordnet werden kann.

5. Berücksichtigen Sie zukünftige Entwicklungs-/ Sanierungsschritte des Gebäudes (z.B. Gebäudehülle, Nutzungsänderung, Gebäudeerweiterungen usw.) bei der Dimensionierung einer Wärmepumpenanlage?

[Dropdown – Radiobutton. Single Choice Only]

- Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant
- immer
- manchmal
- selten
- gar nicht
- Sonstiges



Die Berücksichtigung zukünftiger Sanierungs- und Entwicklungsschritte des Gebäudes stellt für die Mehrheit der Befragten einen festen Bestandteil der Dimensionierung von Wärmepumpenanlagen dar. Insgesamt geben 61 % an, solche Aspekte immer zu berücksichtigen, weitere 35 % tun dies manchmal. Nur ein sehr kleiner Anteil der Befragten berücksichtigt zukünftige Veränderungen selten oder gar nicht.

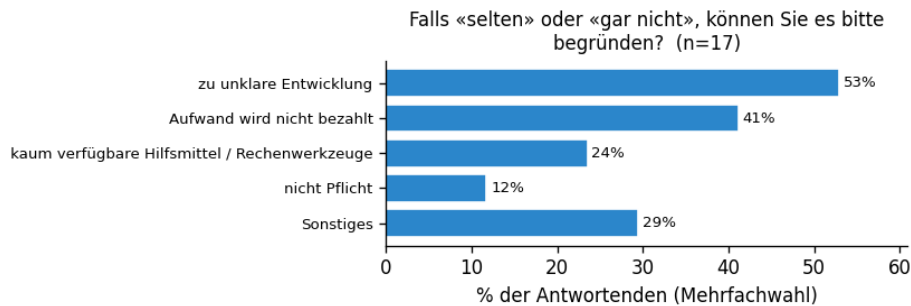
Die Auswertung nach Befragungsgruppen zeigt insgesamt ein ähnliches Bild. Planer berücksichtigen zukünftige Sanierungs- und Entwicklungsschritte am häufigsten konsequent; 70 % geben an, dies immer zu tun. Auch Installationsbetriebe (62 %), Hersteller und Lieferanten (61 %), Berufsverbände (60 %) sowie Energieberatende (57 %) berücksichtigen diese Aspekte überwiegend regelmässig. Die übrigen Gruppen weisen aufgrund der geringen Anzahl an Rückmeldungen eine eingeschränkte Aussagekraft auf.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass zukünftige Veränderungen des Gebäudes – beispielsweise energetische Sanierungen, Nutzungsänderungen oder Erweiterungen – bei der Dimensionierung von Wärmepumpenanlagen von der grossen Mehrheit der Befragten zumindest teilweise und meist sogar konsequent berücksichtigt werden. Dies deutet auf ein hohes Bewusstsein für eine langfristig tragfähige Auslegung der Anlagen hin.

6. Falls «selten» oder «gar nicht», können Sie es bitte begründen?

Mehrfachauswahl möglich

- Aufwand zu gross, auch wenn bezahlt
- zu unklare Entwicklung
- nicht Pflicht
- Aufwand wird nicht bezahlt
- kaum verfügbare Hilfsmittel / Rechenwerkzeuge
- Sonstiges



Die Befragten, welche zukünftige Sanierungs- oder Entwicklungsschritte bei der Dimensionierung nur selten oder gar nicht berücksichtigen, wurden nach den Gründen hierfür gefragt. Da lediglich 17 Personen diese Zusatzfrage beantworteten, sind die Ergebnisse als Tendenz zu verstehen.

Als häufigster Grund wurde die zu unklare zukünftige Entwicklung des Gebäudes genannt (53 %). Ebenfalls häufig wurde angegeben, dass der zusätzliche Aufwand nicht vergütet wird (41 %). Rund ein Viertel der Befragten (24 %) sieht zudem fehlende Hilfsmittel oder Rechenwerkzeuge als Hinderungsgrund. Die Aussage, dass eine Berücksichtigung nicht vorgeschrieben sei, wurde von 12 % der Teilnehmenden genannt. Unter der Kategorie Sonstiges wurden weitere individuelle Gründe von 29 % der Befragten angegeben.

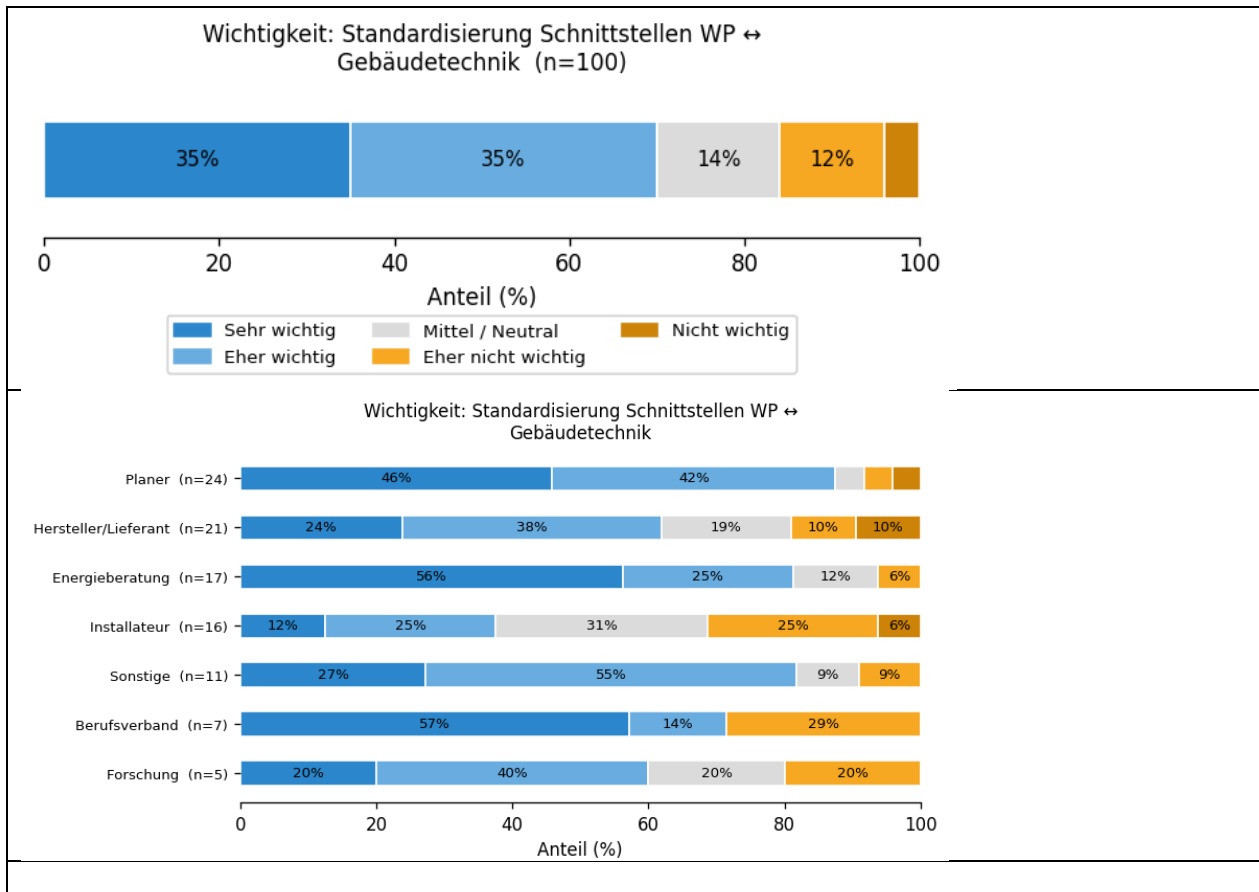
Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die fehlende Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen weniger auf mangelndes Bewusstsein als vielmehr auf Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Gebäudentwicklung sowie auf wirtschaftliche und methodische Rahmenbedingungen zurückzuführen ist.

7. Wie wichtig sind die folgenden Themen für einen zukünftigen Qualitätssicherungs-Prozess bzgl. **Planung und Definition eines Monitoringkonzeptes?**

Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter klicken

Nicht wichtig 5er Skala Sehr wichtig

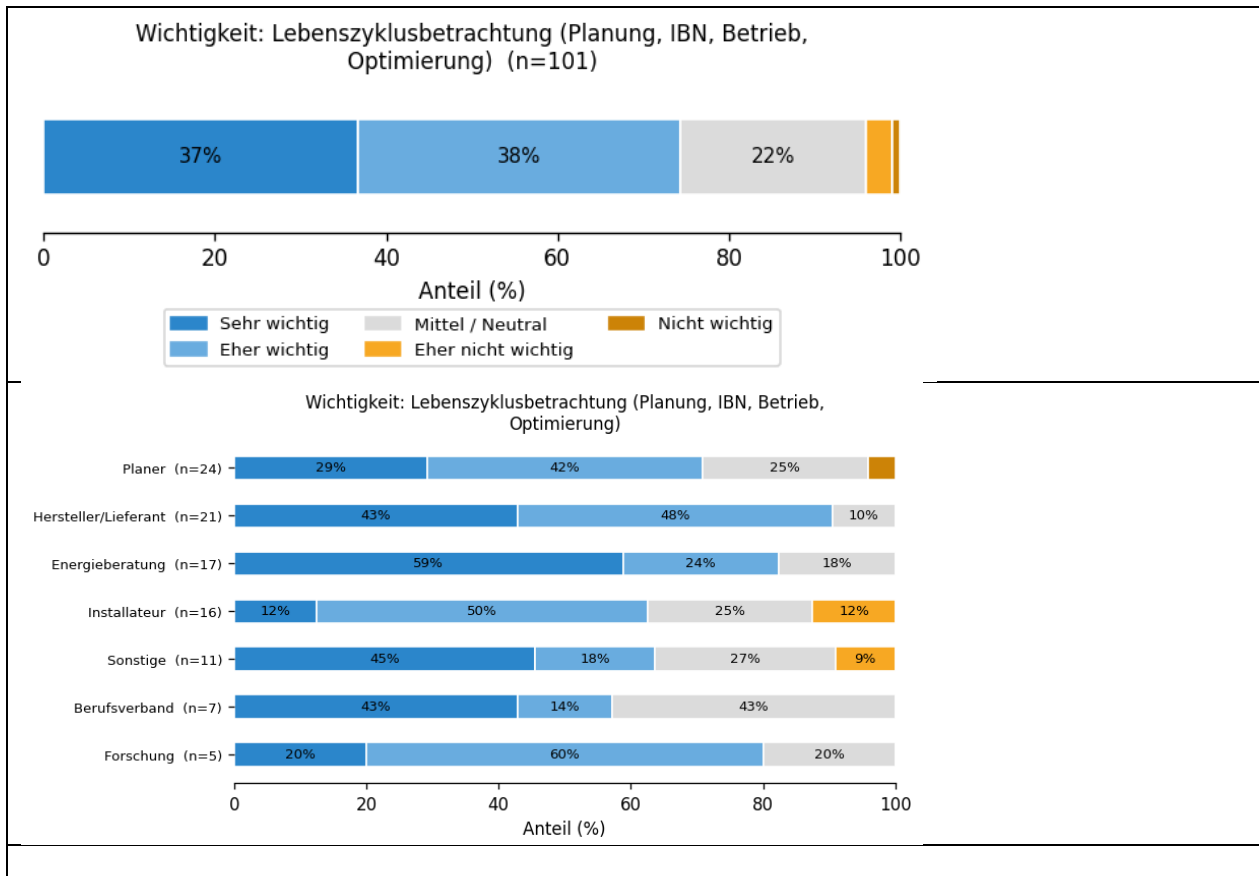
- 1 Bewertung und Standardisierung der Schnittstellen zwischen Wärmepumpe und übriger Gebäudetechnik
- 2 Lebenszyklusbetrachtung (Planung, Inbetriebnahme, Betrieb, Optimierung)
- 3 Wirtschaftlichkeits- und Effizienzbewertung auf Systemebene
- 4 Standardisierung von Hydraulikschemen
- 5 Einbezug Monitoring zwecks Hilfestellung bei Service
- 6 Einbezug Monitoring zwecks Hilfestellung bei Betriebsoptimierung



Die Bewertung und Standardisierung der Schnittstellen zwischen Wärmepumpe und übriger Gebäudetechnik wird von den Befragten als wichtiges Element eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses eingestuft. Insgesamt bewerten 35 % dieses Thema als sehr wichtig und weitere 35 % als eher wichtig. 14 % nehmen eine neutrale Haltung ein, während insgesamt rund 16 % das Thema als eher nicht wichtig oder nicht wichtig beurteilen.

Zwischen den einzelnen Befragungsgruppen zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede. Planer messen der Standardisierung der Schnittstellen die höchste Bedeutung bei: 88 % bewerten das Thema als sehr oder eher wichtig. Auch Energieberatende (81 %), Sonstige (82 %) sowie Hersteller und Lieferanten (62 %) beurteilen die Bedeutung überwiegend positiv. Installationsbetriebe bewerten das Thema hingegen zurückhaltender; lediglich 37 % stufen es als sehr oder eher wichtig ein, während ein vergleichsweise hoher Anteil eine neutrale oder negative Einschätzung abgibt. Aufgrund der teilweise kleinen Anzahl an Antworten einzelner Gruppen sind diese Unterschiede jedoch mit Vorsicht zu interpretieren.

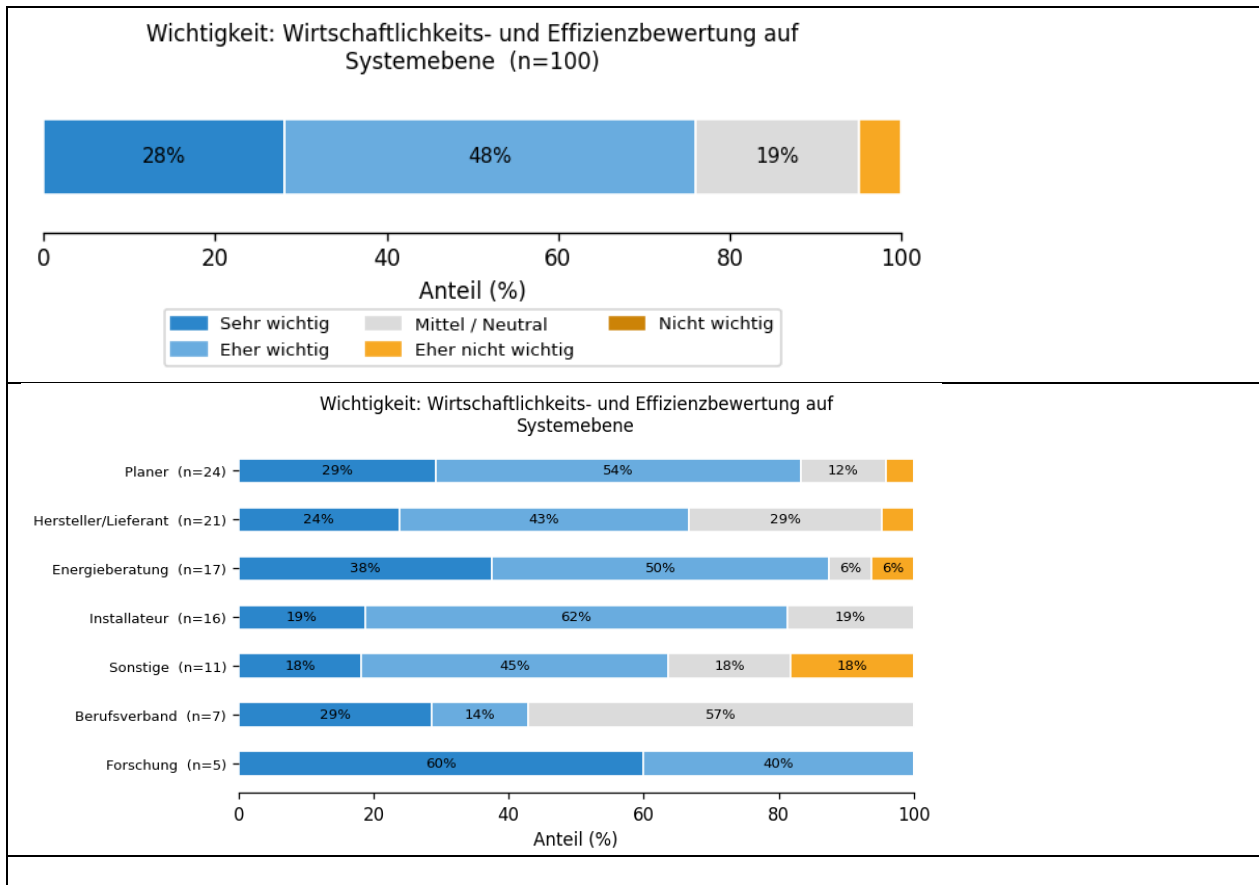
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Standardisierung der Schnittstellen zwischen Wärmepumpe und Gebäudetechnik von einer deutlichen Mehrheit der Befragten als wichtiger Baustein für die zukünftige Qualitätssicherung angesehen wird. Gleichzeitig weisen die unterschiedlichen Bewertungen der einzelnen Akteursgruppen darauf hin, dass die wahrgenommene Relevanz stark vom jeweiligen Tätigkeitsfeld abhängt.



Die Lebenszyklusbetrachtung – von der Planung über die Inbetriebnahme und den Betrieb bis hin zur Optimierung – wird von den Befragten als besonders relevantes Element eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses angesehen. Insgesamt bewerten 37 % dieses Thema als sehr wichtig und weitere 38 % als eher wichtig. 22 % nehmen eine neutrale Haltung ein, während nur ein sehr kleiner Anteil die Lebenszyklusbetrachtung als eher nicht wichtig oder nicht wichtig einstuft.

Die Auswertung nach Befragungsgruppen zeigt insgesamt eine hohe Zustimmung. Besonders Hersteller und Lieferanten bewerten die Lebenszyklusbetrachtung als wichtig; 91 % stufen sie als sehr oder eher wichtig ein. Auch Energieberatende (83 %), Planer (71 %), Installationsbetriebe (62 %) sowie die Gruppe Forschung (80 %) messen diesem Thema eine hohe Bedeutung bei. Die Bewertungen der Berufsverbände fallen aufgrund der kleinen Stichprobe heterogener aus und sind entsprechend mit Vorsicht zu interpretieren.

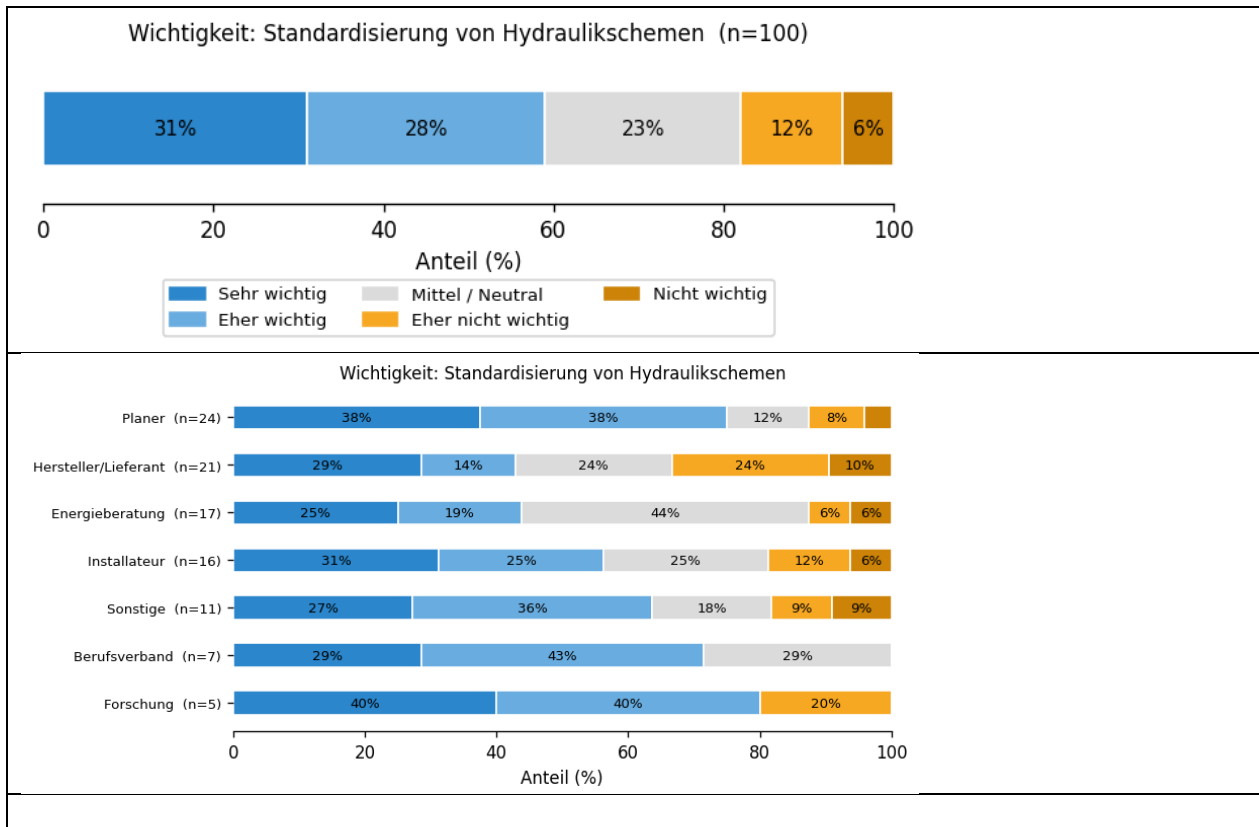
Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die hohe Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtung des gesamten Lebenszyklus einer Wärmepumpenanlage. Damit wird deutlich, dass ein zukünftiger Qualitätssicherungsprozess nicht nur die Planung und Inbetriebnahme, sondern auch den langfristigen Betrieb und die kontinuierliche Optimierung der Anlagen umfassen sollte.



Die Wirtschaftlichkeits- und Effizienzbewertung auf Systemebene wird von den Befragten ebenfalls als wichtiger Bestandteil eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses angesehen. Insgesamt bewerten 28 % dieses Thema als sehr wichtig und 48 % als eher wichtig, sodass rund drei Viertel der Teilnehmenden der Wirtschaftlichkeits- und Effizienzbewertung eine hohe Bedeutung beimessen. Weitere 19 % nehmen eine neutrale Haltung ein, während nur ein kleiner Anteil das Thema als eher nicht wichtig oder nicht wichtig bewertet.

Die Auswertung nach Befragungsgruppen zeigt überwiegend eine hohe Zustimmung. Besonders Energieberatende (88 %), Planer (83 %), Installationsbetriebe (81 %) sowie die Gruppe Forschung (100 %) stufen die Wirtschaftlichkeits- und Effizienzbewertung als sehr oder eher wichtig ein. Auch Hersteller und Lieferanten bewerten das Thema mehrheitlich positiv (67 %). Demgegenüber fallen die Einschätzungen der Berufsverbände deutlich zurückhaltender aus, wobei aufgrund der geringen Anzahl an Antworten die Aussagekraft dieser Ergebnisse eingeschränkt ist.

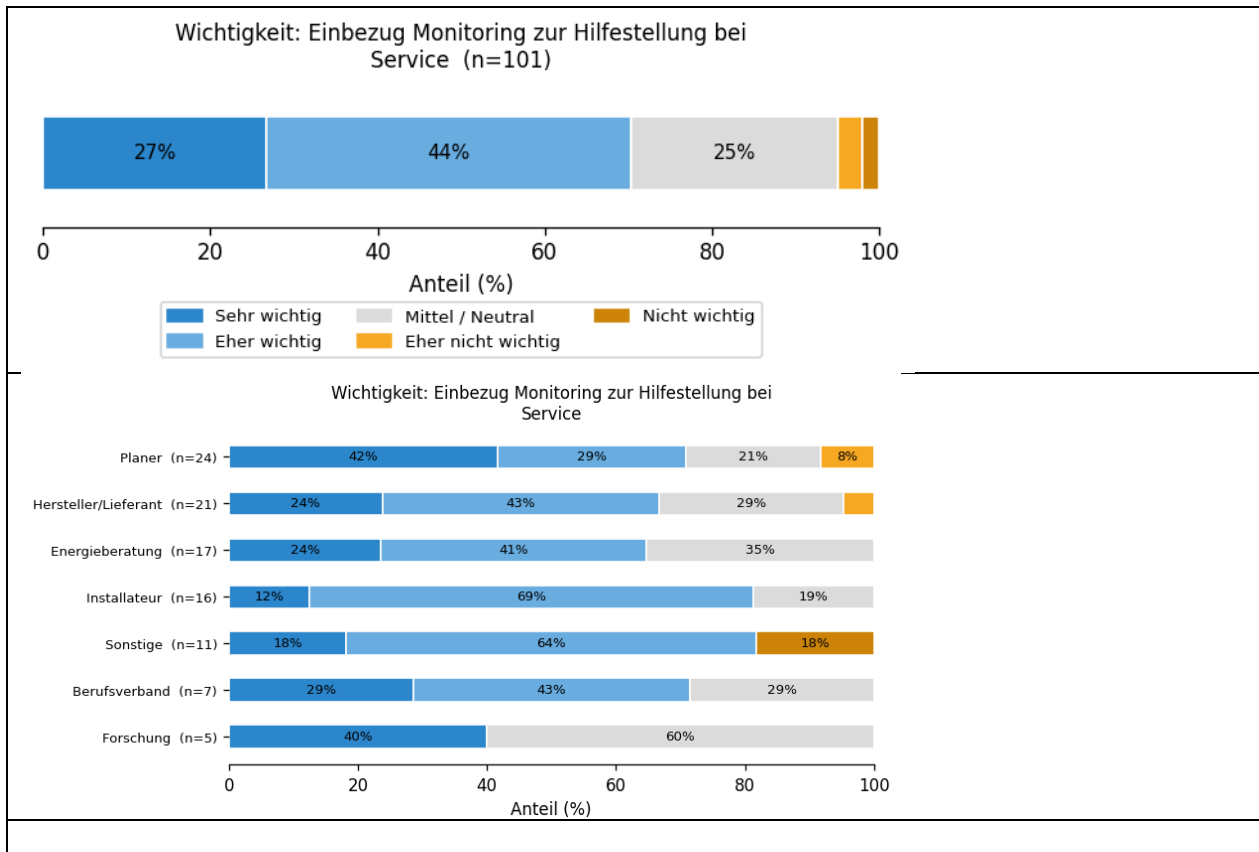
Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass neben der technischen Auslegung auch die wirtschaftliche und energetische Gesamtbewertung einer Wärmepumpenanlage als wesentlicher Bestandteil eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses angesehen wird. Dabei steht insbesondere die Beurteilung des Gesamtsystems und nicht einzelner Komponenten im Vordergrund.



Die Standardisierung von Hydraulikschemen wird von der Mehrheit der Befragten als wichtiges Element eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses angesehen. Insgesamt bewerten 31 % dieses Thema als sehr wichtig und weitere 28 % als eher wichtig. Knapp ein Viertel der Befragten (23 %) nimmt eine neutrale Haltung ein. Demgegenüber stufen 12 % die Standardisierung als eher nicht wichtig und 6 % als nicht wichtig ein.

Die Einschätzungen unterscheiden sich zwischen den einzelnen Befragungsgruppen teilweise deutlich. Planer messen der Standardisierung von Hydraulikschemen eine hohe Bedeutung bei; 76 % bewerten sie als sehr oder eher wichtig. Auch die Gruppen Forschung (80 %), Berufsverbände (72 %) sowie Sonstige (63 %) beurteilen das Thema überwiegend positiv. Installationsbetriebe zeigen ebenfalls mehrheitlich Zustimmung (56 %), allerdings mit einem vergleichsweise hohen Anteil neutraler Bewertungen. Kritischer fällt die Einschätzung bei Herstellern und Lieferanten sowie Energieberatenden aus, die häufiger neutrale oder ablehnende Bewertungen abgeben. Aufgrund der teilweise kleinen Gruppengrößen sollten diese Unterschiede jedoch mit Vorsicht interpretiert werden.

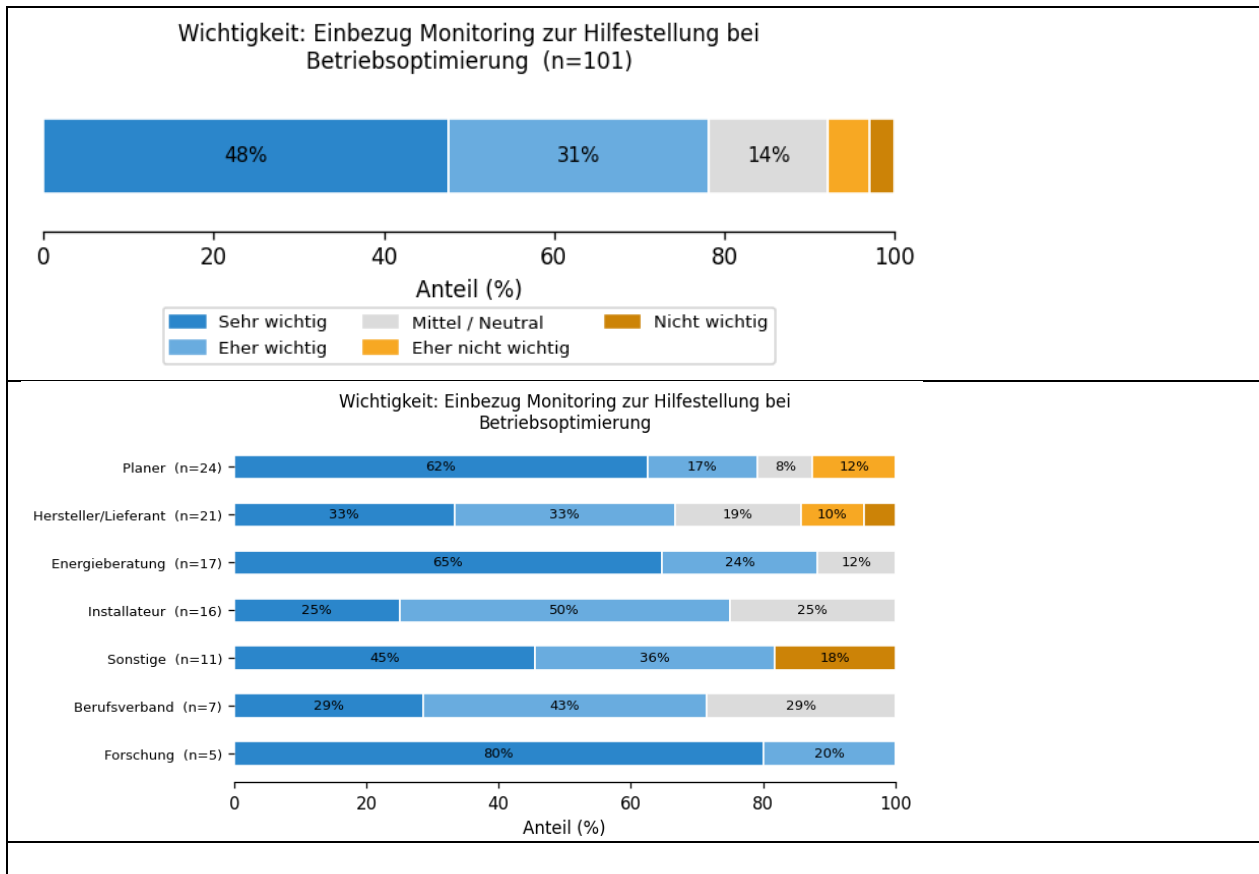
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Standardisierung von Hydraulikschemen von einer Mehrheit der Befragten als wichtiger Beitrag zur Qualitätssicherung angesehen wird. Gleichzeitig verdeutlicht der im Vergleich zu den vorherigen Themen höhere Anteil neutraler und negativer Bewertungen, dass die Bedeutung dieses Aspekts je nach Tätigkeitsbereich unterschiedlich eingeschätzt wird.



Der Einbezug eines Monitorings zur Unterstützung von Servicearbeiten wird von der Mehrheit der Befragten als wichtiger Bestandteil eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses angesehen. Insgesamt bewerten 27 % dieses Thema als sehr wichtig und weitere 44 % als eher wichtig. Ein Viertel der Befragten (25 %) nimmt eine neutrale Haltung ein, während nur wenige Personen den Einbezug eines Monitorings als eher nicht wichtig oder nicht wichtig einstufen.

Die Auswertung nach Befragungsgruppen zeigt überwiegend eine positive Bewertung. Besonders Installationsbetriebe messen dem Monitoring für Servicezwecke eine hohe Bedeutung bei; 81 % beurteilen dieses als sehr oder eher wichtig. Auch Planer (71 %), Berufsverbände (72 %), Hersteller und Lieferanten (67 %) sowie Energieberatende (65 %) bewerten den Einbezug eines Monitorings mehrheitlich positiv. Die Gruppe Forschung beurteilt das Thema ebenfalls ausschliesslich positiv, wobei aufgrund der kleinen Stichprobe die Aussagekraft eingeschränkt ist.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Monitoring nicht nur für die Betriebsführung, sondern auch als Unterstützung bei Service- und Wartungsarbeiten als wichtiger Bestandteil eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses angesehen wird. Gleichzeitig deutet der vergleichsweise hohe Anteil neutraler Bewertungen darauf hin, dass der konkrete Nutzen und der Umfang eines solchen Monitorings je nach Tätigkeitsbereich unterschiedlich eingeschätzt werden.



Der Einbezug eines Monitorings zur Unterstützung der Betriebsoptimierung wird von den Befragten als besonders wichtiger Bestandteil eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses bewertet. Insgesamt stuften 48 % dieses Thema als sehr wichtig und weitere 31 % als eher wichtig ein. Damit messen nahezu vier Fünftel der Teilnehmenden der Nutzung von Monitoringdaten zur kontinuierlichen Optimierung des Anlagenbetriebs eine hohe Bedeutung bei. 14 % bewerten das Thema neutral, während nur ein kleiner Anteil es als eher nicht wichtig oder nicht wichtig einstuft.

Die Ergebnisse der einzelnen Befragungsgruppen bestätigen dieses Bild. Besonders Planer (79 %), Energieberatende (89 %) sowie die Gruppe Forschung (100 %) bewerten den Einbezug eines Monitorings für die Betriebsoptimierung als sehr oder eher wichtig. Auch Installationsbetriebe (75 %), Berufsverbände (72 %), Sonstige (81 %) sowie Hersteller und Lieferanten (66 %) sprechen diesem Thema überwiegend eine hohe Bedeutung zu. Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen vor allem hinsichtlich des Anteils der Bewertungen „sehr wichtig“, während die grundsätzliche Zustimmung insgesamt hoch ausfällt. Aufgrund der teilweise kleinen Gruppengrößen sind die gruppenspezifischen Ergebnisse jedoch mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren.

Insgesamt zeigt sich, dass der Einbezug eines Monitorings zur laufenden Betriebsoptimierung zu den am höchsten bewerteten Massnahmen eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses zählt. Die Ergebnisse verdeutlichen den Wunsch der Befragten, Monitoringdaten nicht nur zur Fehlerdiagnose oder für Servicezwecke einzusetzen, sondern insbesondere zur kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz und des Anlagenbetriebs zu nutzen.

Themenbereich: Monitoring und Betriebsoptimierung

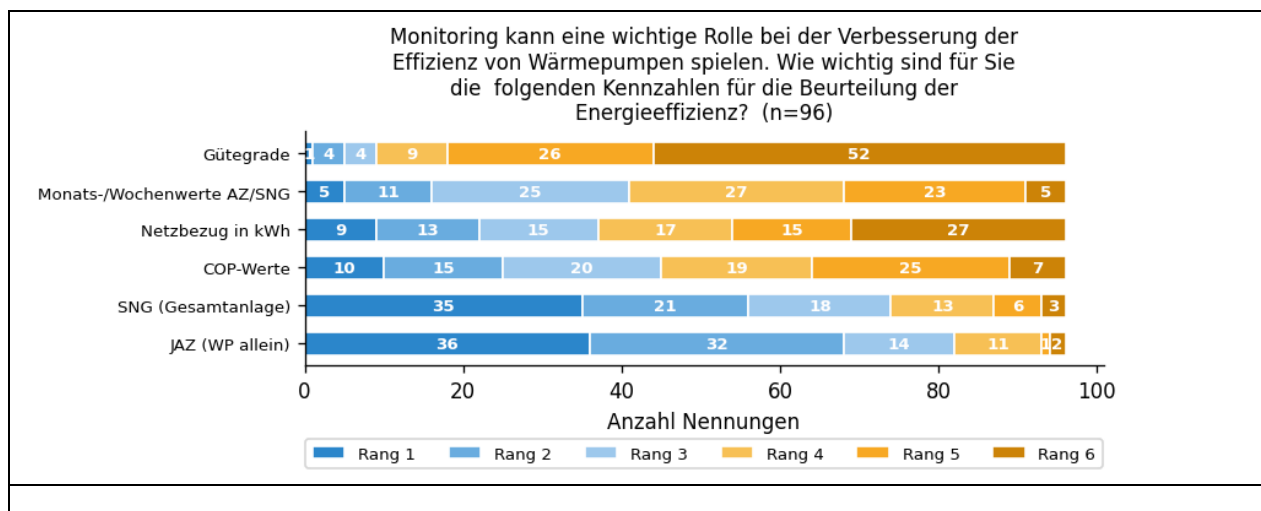
Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf ein hypothetisches Szenario, in dem Monitoring im Rahmen von Qualitätssicherungsansätzen zur Anwendung kommen könnte. Die Umfrage dient ausschliesslich der

neutralen Erhebung von Einschätzungen zu möglichen technischen Umsetzungsvarianten und baut auf den Rückmeldungen zum Thema Monitoring aus der ersten Umfrage auf.

8. Monitoring kann eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Effizienz von Wärmepumpen spielen. Wie wichtig sind für Sie die folgenden Kennzahlen für die Beurteilung der Energieeffizienz?

- Bitte ordnen Sie die Kennzahlen per Drag-and-Drop nach ihrer Wichtigkeit (zuoberst = am wichtigsten) Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter scrollen [Priorisierung mit verschieben]

- Jahresarbeitszahl JAZ (Wärmepumpe allein)
- Jährlicher Systemnutzungsgrad SNG (Gesamtanlage)
- Monats- oder Wochenwerte von Arbeitszahl resp. SNG
- COP-Werte
- Gütegrade
- Netzbezug in kWh



Die Befragten wurden gebeten, verschiedene Kennzahlen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Beurteilung der Energieeffizienz von Wärmepumpenanlagen zu priorisieren. Dabei zeigt sich eine klare Rangfolge.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe wird am häufigsten als wichtigste Kennzahl eingestuft. Insgesamt ordnen 68 % der Befragten diese Kennzahl auf Rang 1 oder 2 ein. Ebenfalls eine hohe Bedeutung wird dem jährlichen Systemnutzungsgrad (SNG) der Gesamtanlage beigemessen. Mehr als die Hälfte der Befragten (56 %) bewertet diese Kennzahl mit Rang 1 oder 2.

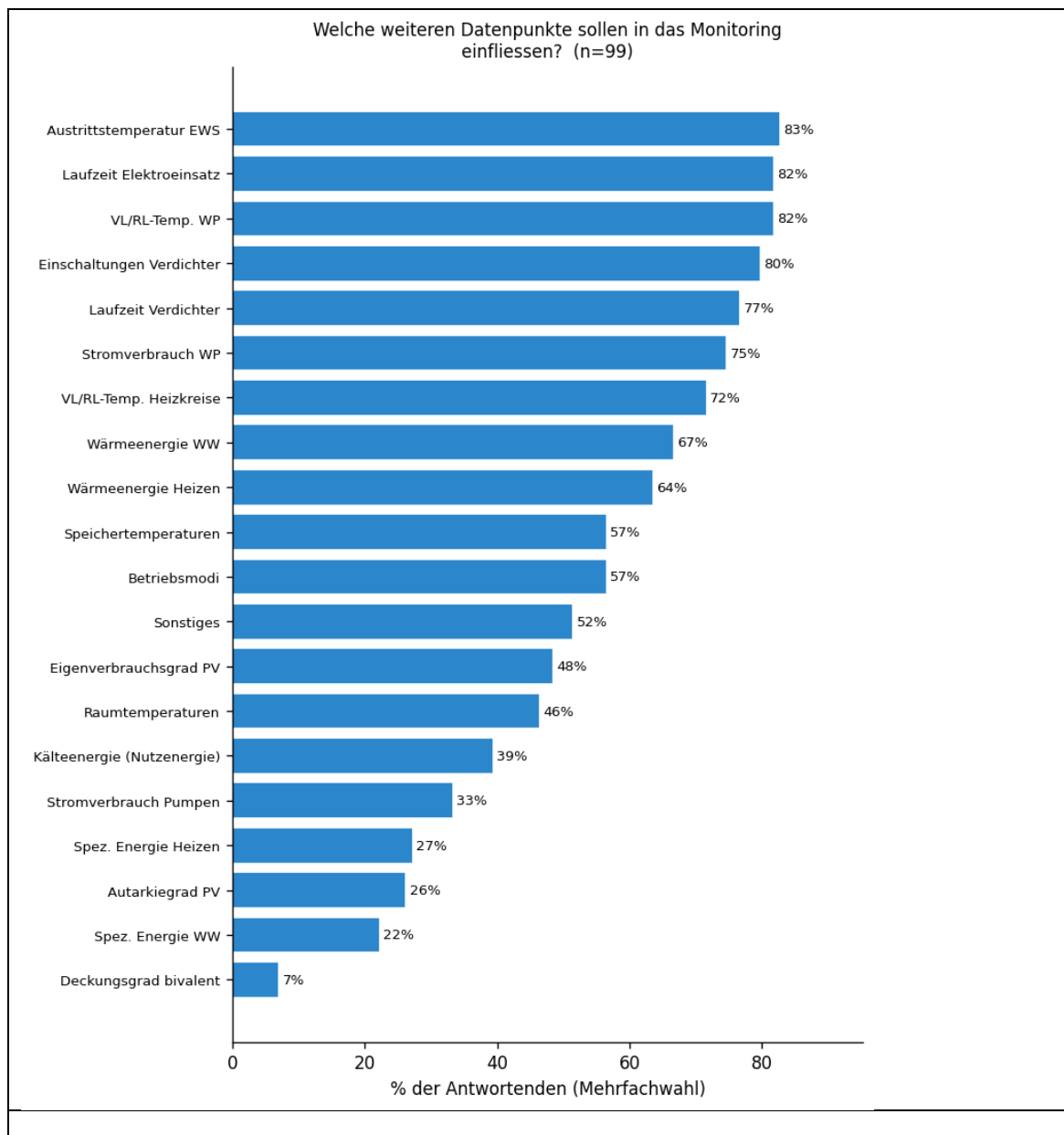
Eine mittlere Priorität erhalten Monats- bzw. Wochenwerte der Arbeitszahl oder des Systemnutzungsgrads sowie die COP-Werte. Diese Kennzahlen werden überwiegend im mittleren Bereich der Rangfolge eingeordnet und seltener als wichtigste Bewertungsgrößen genannt.

Demgegenüber werden der Netzbezug in kWh sowie insbesondere Gütegrade deutlich weniger häufig als zentrale Kennzahlen betrachtet. Die Gütegrade werden von über der Hälfte der Befragten auf den letzten Rang gesetzt und bilden damit das Schlusslicht der Priorisierung.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Befragten Kennzahlen bevorzugen, welche die tatsächliche Energieeffizienz einer Wärmepumpenanlage über einen längeren Zeitraum und möglichst auf Systemebene abbilden. Kurzfristige Kennzahlen oder theoretische Bewertungsgrößen werden demgegenüber als weniger aussagekräftig für die Beurteilung der Energieeffizienz eingestuft.

9. Welche weiteren Datenpunkte sollen in das Monitoring einfließen?
Mehrfachauswahl möglich

- Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant
- Vorlauf-/Rücklauftemperaturen der Wärmepumpe
- Vorlauf-/Rücklauftemperaturen der Heizkreise
- Austrittstemperatur Erdwärmesonde
- Speichertemperaturen
- Raumtemperaturen
- Anzahl Einschaltungen des Verdichters
- Laufzeit Verdichter
- Laufzeit oder Energieverbrauch Elektroeingang
- Betriebsmodi (z.B. Heizen, Kühlen, WW)
- Elektrischer Energieverbrauch Wärmepumpe
- Elektrischer Energieverbrauch Umwälzpumpen
- Wärmeenergie für Heizen (Nutzenergie)
- Wärmeenergie für Warmwasser (Nutzenergie)
- Kälteenergie (Nutzenergie)
- Spezifische Heizenergie für Heizen (kWh/m²)
- Spezifische Heizenergie für Warmwasser (kWh/m²)
- Deckungsgrad bei bivalenten Systemen (Beschreiben)
- Eigenverbrauchsgrad (bei vorhandener PV-Anlage)
- Autarkiegrad (bei vorhandener PV-Anlage)
- Sonstiges



Die Befragten wurden gefragt, welche zusätzlichen Datenpunkte in ein zukünftiges Monitoring von Wärmepumpenanlagen einfließen sollten. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere betriebsrelevante Messgrößen und Zustandsinformationen als wichtig erachtet werden.

Am häufigsten genannt wurde die Austrittstemperatur der Erdwärmesonde (83 %). Ebenfalls von über 80 % der Befragten ausgewählt wurden die Laufzeit bzw. der Energieverbrauch des Elektroeinsatzes (82 %), die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen der Wärmepumpe (82 %) sowie die Anzahl der Verdichtereinschaltungen (80 %). Auch die Laufzeit des Verdichters (77 %) und der elektrische Energieverbrauch der Wärmepumpe (75 %) zählen zu den am häufigsten gewünschten Monitoringgrößen.

Eine hohe Bedeutung wird zudem den Vorlauf- und Rücklauftemperaturen der Heizkreise (72 %), der Wärmeenergie für Warmwasser (67 %) sowie der Wärmeenergie für Heizen (64 %) beigemessen. Speichertemperaturen und Betriebsmodi werden jeweils von 57 % der Befragten als relevante Monitoringgrößen genannt.

Demgegenüber werden gebäudebezogene oder ergänzende Kennzahlen seltener ausgewählt. Dazu gehören der Eigenverbrauchsgrad einer PV-Anlage (48 %), Raumtemperaturen (46 %), die Kälteenergie (39 %), der elektrische Energieverbrauch der Umwälzpumpen (33 %) sowie die spezifische Heizenergie für Heizen (27 %) und Warmwasser (22 %). Am seltensten wird der Deckungsgrad bivalenter Systeme genannt (7 %).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass sich die Befragten für ein zukünftiges Monitoring in erster Linie detaillierte Betriebsdaten der Wärmepumpe und ihrer Hauptkomponenten wünschen. Ergänzende gebäude- oder nutzerspezifische Kennzahlen werden zwar ebenfalls als relevant angesehen, besitzen jedoch eine deutlich geringere Priorität.

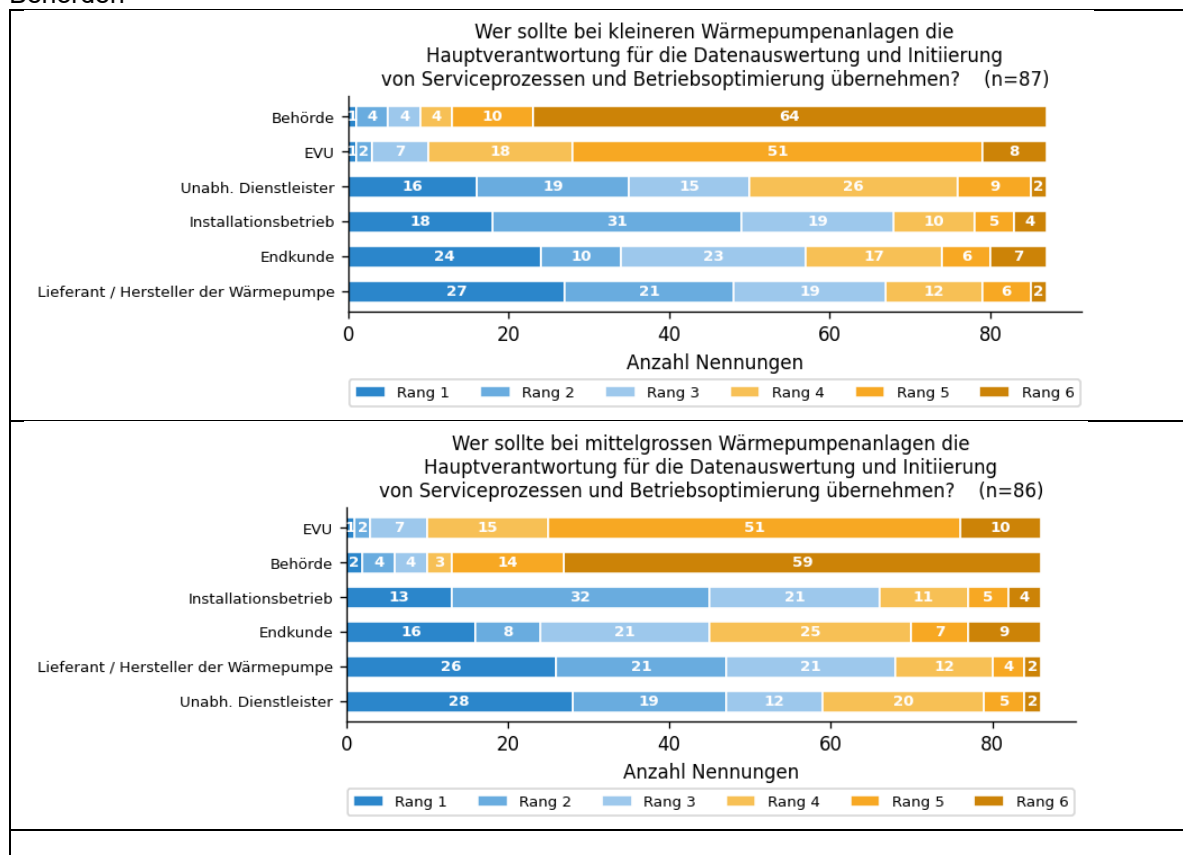
10. Wer sollte bei **kleineren Wärmepumpenanlagen** / **mittelgrossen Wärmepumpenanlagen** die Hauptverantwortung für die Datenauswertung und Initiierung von Serviceprozessen und Betriebsoptimierung übernehmen?

Ordnen Sie (Drag and Drop) bitte die folgenden Akteure gemäss Ihrer Einschätzung (zuoberst = höchste Verantwortung)

Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter scrollen

[Priorisierung mit verschieben]

- Lieferant / Hersteller der Wärmepumpe
- Installationsbetrieb
- Unabhängiger Dienstleister
- Endkunde / Betreiber
- Energieversorgungsunternehmen
- Behörden



Die Befragten wurden gebeten, die Hauptverantwortung für die Datenauswertung sowie die Initiierung von Serviceprozessen und Betriebsoptimierungen verschiedenen Akteuren zuzuordnen. Die Ergebnisse zeigen sowohl für kleinere als auch für mittelgrosse Wärmepumpenanlagen ein weitgehend einheitliches Bild.

Die höchste Verantwortung wird den Lieferanten bzw. Herstellern der Wärmepumpe sowie den Installationsbetrieben zugeschrieben. Beide Akteursgruppen werden am häufigsten auf den ersten beiden Rängen platziert und gelten damit als die zentralen Verantwortlichen für die Auswertung der Monitoringdaten sowie die Einleitung von Service- und Optimierungsmassnahmen. Während bei kleineren Anlagen die Hersteller und Lieferanten leicht häufiger auf Rang 1 genannt werden, unterscheiden sich die Ergebnisse bei mittelgrossen Anlagen nur geringfügig.

Eine mittlere Verantwortung wird unabhängigen Dienstleistern zugeschrieben. Diese werden überwiegend im mittleren Bereich der Rangfolge eingeordnet und können aus Sicht der Befragten eine ergänzende Rolle bei der Datenauswertung und Betriebsoptimierung übernehmen.

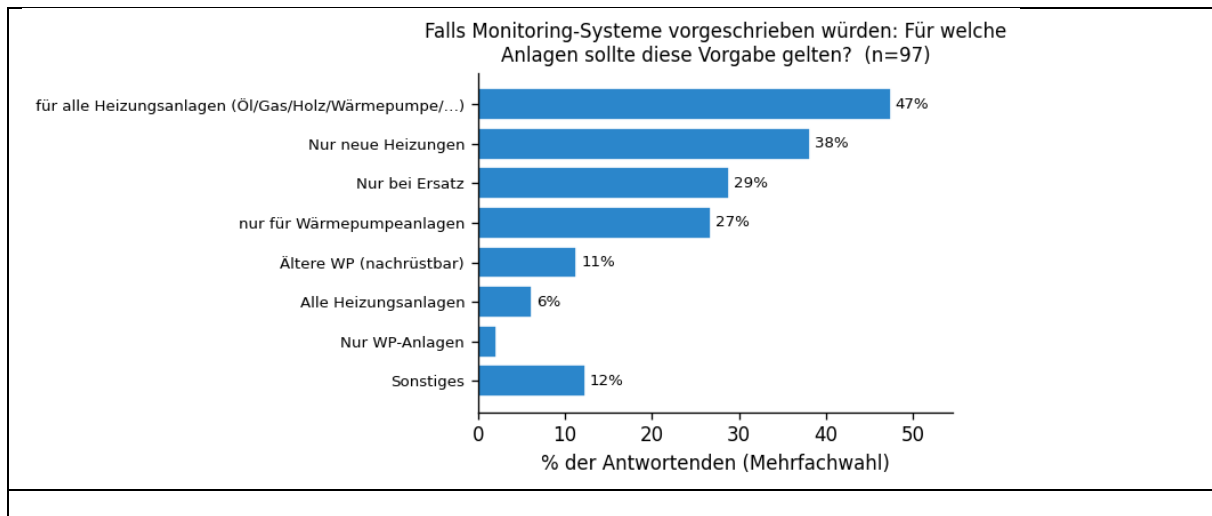
Der Endkunde bzw. Betreiber wird mehrheitlich im mittleren bis hinteren Bereich der Rangfolge eingeordnet. Daraus lässt sich ableiten, dass die Befragten die Verantwortung für die fachliche Auswertung der Monitoringdaten primär bei professionellen Akteuren und weniger bei den Anlagenbetreibenden sehen.

Die geringste Verantwortung wird den Energieversorgungsunternehmen sowie insbesondere den Behörden zugeschrieben. Beide Akteursgruppen werden überwiegend auf den letzten Rangplätzen eingeordnet und spielen aus Sicht der Befragten nur eine untergeordnete Rolle bei der operativen Datenauswertung sowie der Initiierung von Service- und Optimierungsmassnahmen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Verantwortung für ein zukünftiges Monitoring und die daraus abgeleiteten Optimierungsmassnahmen vor allem bei den technisch verantwortlichen Akteuren – insbesondere Herstellern, Lieferanten und Installationsbetrieben – gesehen wird. Zwischen kleineren und mittelgrossen Wärmepumpenanlagen ergeben sich dabei nur geringe Unterschiede.

11. Falls Monitoring-Systeme vorgeschrieben würden: Für welche Anlagen sollte diese Vorgabe gelten?
Mehrfachauswahl möglich

- Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant
- für alle Heizungsanlagen (Öl/Gas/Holz/Wärmepumpe/...)
- nur für Wärmepumpenanlagen
- nur für neue Heizungen
- nur bei Heizungsersatz
- für ältere Wärmepumpenanlagen mit passender/nachrüstbarer Datenschnittstelle
- Sonstiges



Die Befragten wurden gebeten, die Hauptverantwortung für die Datenauswertung sowie die Initiierung von Serviceprozessen und Betriebsoptimierungen verschiedenen Akteuren zuzuordnen. Die Ergebnisse zeigen sowohl für kleinere als auch für mittelgrosse Wärmepumpenanlagen ein weitgehend einheitliches Bild.

Die höchste Verantwortung wird den Lieferanten bzw. Herstellern der Wärmepumpe sowie den Installationsbetrieben zugeschrieben. Beide Akteursgruppen werden am häufigsten auf den ersten beiden Rängen platziert und gelten damit als die zentralen Verantwortlichen für die Auswertung der Monitoringdaten sowie die Einleitung von Service- und Optimierungsmassnahmen. Während bei kleineren Anlagen die Hersteller und Lieferanten leicht häufiger auf Rang 1 genannt werden, unterscheiden sich die Ergebnisse bei mittelgrossen Anlagen nur geringfügig.

Eine mittlere Verantwortung wird unabhängigen Dienstleistern zugeschrieben. Diese werden überwiegend im mittleren Bereich der Rangfolge eingeordnet und können aus Sicht der Befragten eine ergänzende Rolle bei der Datenauswertung und Betriebsoptimierung übernehmen.

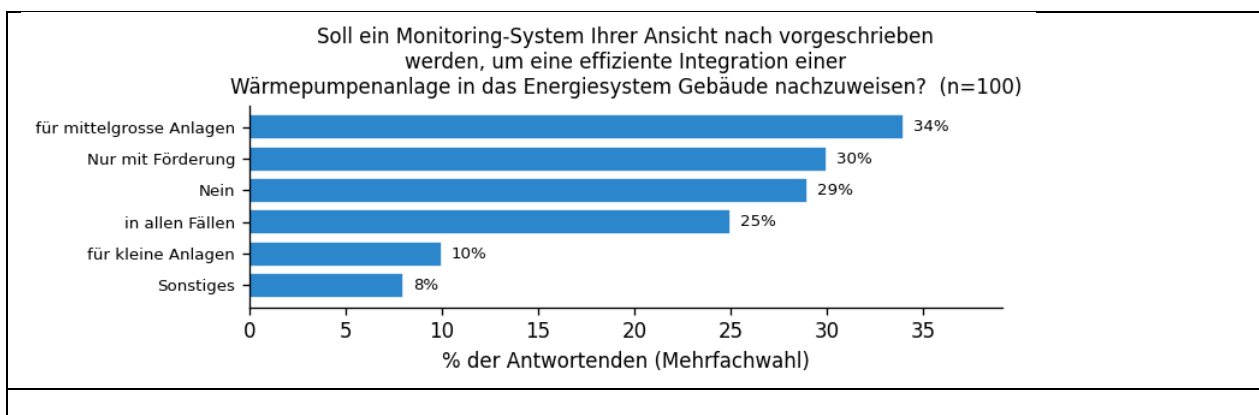
Der Endkunde bzw. Betreiber wird mehrheitlich im mittleren bis hinteren Bereich der Rangfolge eingeordnet. Daraus lässt sich ableiten, dass die Befragten die Verantwortung für die fachliche Auswertung der Monitoringdaten primär bei professionellen Akteuren und weniger bei den Anlagenbetreibenden sehen.

Die geringste Verantwortung wird den Energieversorgungsunternehmen sowie insbesondere den Behörden zugeschrieben. Beide Akteursgruppen werden überwiegend auf den letzten Rangplätzen eingeordnet und spielen aus Sicht der Befragten nur eine untergeordnete Rolle bei der operativen Datenauswertung sowie der Initiierung von Service- und Optimierungsmassnahmen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Verantwortung für ein zukünftiges Monitoring und die daraus abgeleiteten Optimierungsmassnahmen vor allem bei den technisch verantwortlichen Akteuren – insbesondere Herstellern, Lieferanten und Installationsbetrieben – gesehen wird. Zwischen kleineren und mittelgrossen Wärmepumpenanlagen ergeben sich dabei nur geringe Unterschiede.

12. Soll ein Monitoring-System Ihrer Ansicht nach vorgeschrieben werden, um eine effiziente Integration einer Wärmepumpenanlage in das Energiesystem Gebäude nachzuweisen?
Mehrfachauswahl möglich

- Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant
- Nein, gar keine Vorschrift
- für kleine Anlagen
- für mittelgrosse Anlagen
- nur mit finanzieller Förderung des Heizungsersatzes
- in allen Fällen
- Sonstiges



Die Befragten wurden gefragt, ob ein Monitoring-System verpflichtend vorgeschrieben werden sollte, um eine effiziente Integration einer Wärmepumpenanlage in das Energiesystem eines Gebäudes nachzuweisen. Da Mehrfachnennungen möglich waren, konnten verschiedene Ausgestaltungsvarianten gleichzeitig ausgewählt werden.

Mit 34 % der Nennungen wird eine Verpflichtung für mittelgrosse Wärmepumpenanlagen am häufigsten befürwortet. Ebenfalls häufig wird eine Kopplung der Verpflichtung an eine finanzielle Förderung des Heizungsersatzes genannt (30 %). Demgegenüber sprechen sich 29 % der Befragten gegen eine generelle Vorschrift aus.

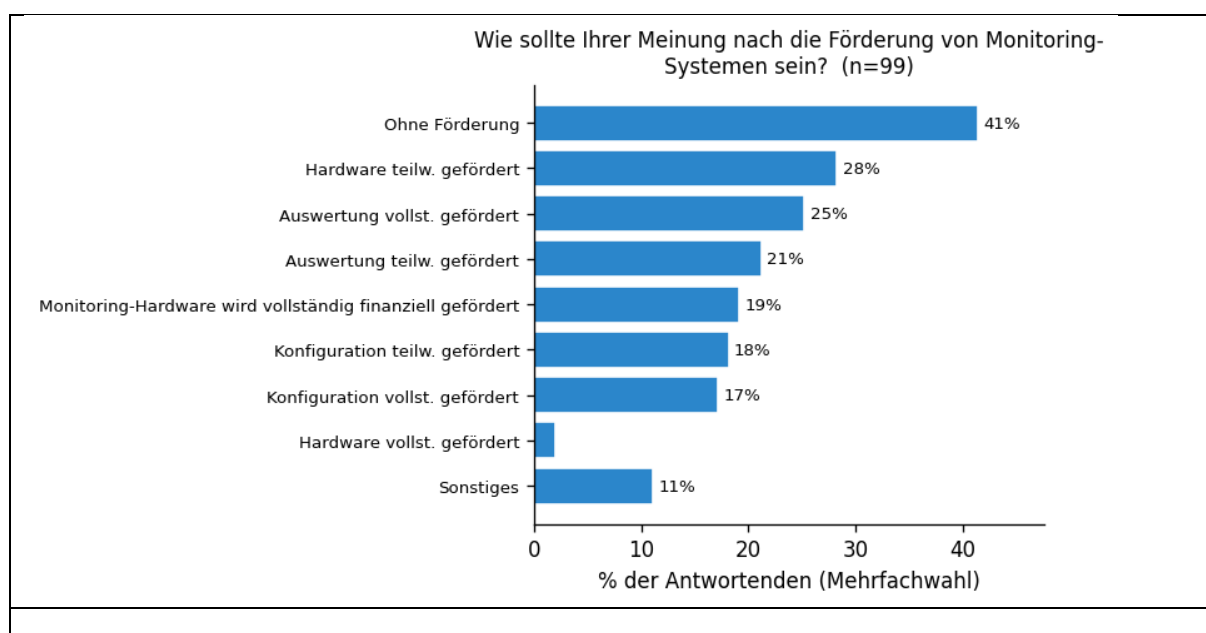
Eine Verpflichtung für alle Wärmepumpenanlagen wird von 25 % der Befragten unterstützt, während lediglich 10 % eine Beschränkung auf kleinere Anlagen befürworten. Weitere 8 % nannten unter der Kategorie Sonstiges alternative Vorschläge oder ergänzende Anmerkungen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Einführung einer verpflichtenden Monitoring-Lösung unterschiedlich beurteilt wird. Während ein Teil der Befragten eine Verpflichtung – insbesondere für mittel-grosse Anlagen oder im Zusammenhang mit Förderprogrammen – unterstützt, lehnt ein ähnlich grosser Anteil eine generelle Vorschrift ab. Die Resultate deuten somit eher auf eine Präferenz für differenzierte und anwendungsbezogene Lösungen als auf eine allgemeine Monitoring-Pflicht hin.

13. Wie sollte Ihrer Meinung nach die Förderung von Monitoring-Systemen sein?

Mehrfachauswahl möglich

- Es geht **ohne Förderung**
- **Monitoring-Hardware** wird **teilweise** finanziell gefördert
- **Monitoring-Hardware** wird **vollständig** finanziell gefördert
- **Konfiguration** wird **teilweise** finanziell gefördert
- **Konfiguration** wird **vollständig** finanziell gefördert
- **Auswertung** wird **teilweise** finanziell gefördert
- **Auswertung** wird **vollständig** finanziell gefördert
- Sonstiges



Die Befragten wurden gefragt, wie Monitoring-Systeme ihrer Ansicht nach finanziell gefördert werden sollten. Da Mehrfachnennungen möglich waren, konnten verschiedene Förderansätze gleichzeitig ausgewählt werden.

Mit 41 % der Nennungen ist die am häufigsten gewählte Antwort, dass Monitoring-Systeme keine finanzielle Förderung benötigen. Gleichzeitig sprechen sich jedoch zahlreiche Befragte für eine gezielte Unterstützung einzelner Bestandteile eines Monitoring-Systems aus. Am häufigsten wird eine teilweise Förderung der Monitoring-Hardware befürwortet (28 %), gefolgt von einer vollständigen Förderung der Datenauswertung (25 %) sowie einer teilweisen Förderung der Datenauswertung (21 %).

Auch die Konfiguration eines Monitoring-Systems wird von einem Teil der Befragten als förderwürdig angesehen. Dabei werden eine teilweise Förderung (18 %) und eine vollständige Förderung (17 %) nahezu gleich häufig genannt. Eine vollständige Förderung der Monitoring-Hardware findet hingegen mit lediglich 2 % der Nennungen nur geringe Zustimmung. Weitere 11 % der Befragten nannten unter der Kategorie Sonstiges alternative Fördermodelle oder ergänzende Anmerkungen.

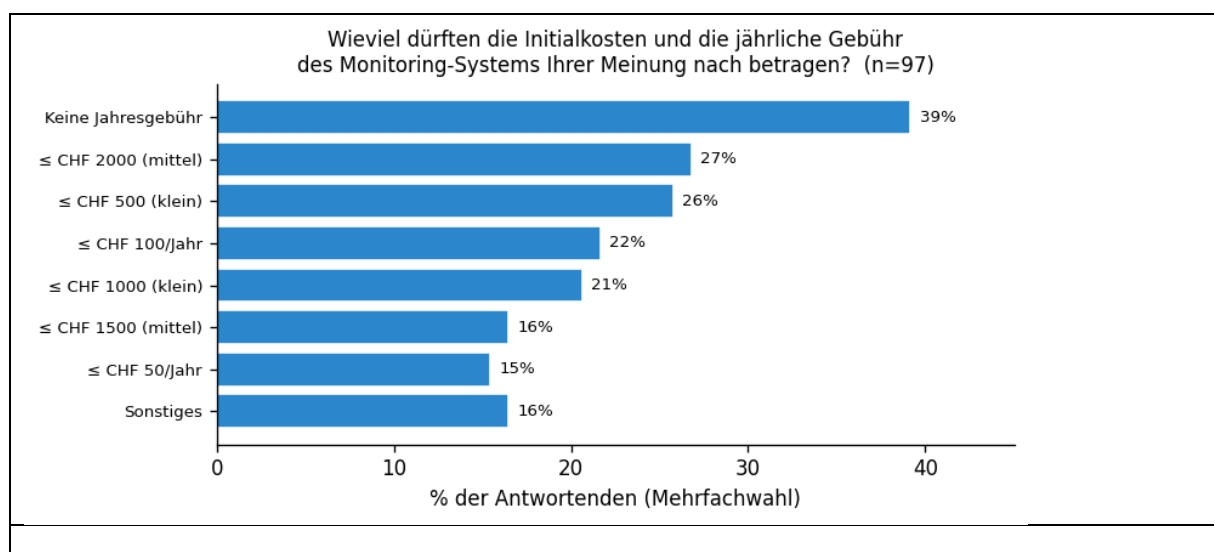
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass eine pauschale Vollfinanzierung von Monitoring-Systemen kaum unterstützt wird. Falls eine Förderung vorgesehen wird, bevorzugen die Befragten vielmehr eine gezielte Unterstützung einzelner Komponenten – insbesondere der Datenauswertung sowie in geringerem Umfang

der Hardware und der Konfiguration. Gleichzeitig zeigt der hohe Anteil der Antwort «Es geht ohne Förderung», dass ein erheblicher Teil der Befragten Monitoring-Systeme auch ohne finanzielle Anreize als umsetzbar erachtet.

14. Wieviel dürften die **Initialkosten** und die **jährliche** Gebühr des Monitoring-Systems Ihrer Meinung nach betragen?

Mehrfachauswahl möglich

- Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant
- max CHF 500 bei kleineren Anlagen
- max CHF 1000 bei kleineren Anlagen
- max CHF 1500 bei mittelgrossen Anlagen
- max CHF 2000 bei mittelgrossen Anlagen
- Es darf keine jährliche Gebühr geben für den Endkunden
- max CHF 50 jährliche Gebühr für den Endkunden
- max CHF 100 jährliche Gebühr für den Endkunden
- Sonstiges



Die Befragten wurden nach ihrer Einschätzung zu den akzeptablen Initialkosten sowie den jährlichen Gebühren eines Monitoring-Systems gefragt. Da Mehrfachnennungen möglich waren, konnten sowohl Aussagen zu den einmaligen Investitionskosten als auch zu den laufenden Kosten gemacht werden.

Mit 39 % der Nennungen wird am häufigsten die Auffassung vertreten, dass keine jährliche Gebühr für den Endkunden anfallen sollte. Falls wiederkehrende Kosten erhoben werden, werden jährliche Gebühren von maximal CHF 100 (22 %) häufiger akzeptiert als Gebühren von maximal CHF 50 (15 %).

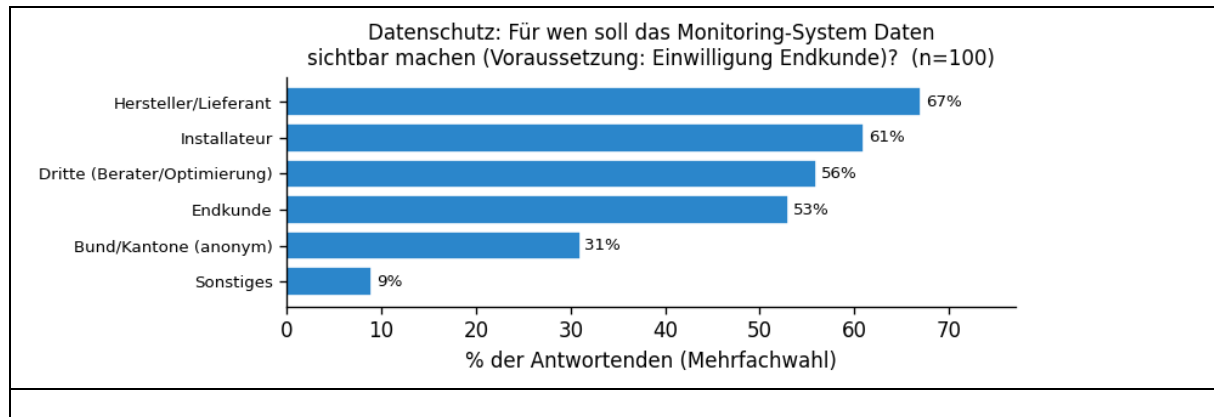
Bei den einmaligen Investitionskosten werden für mittelgrosse Anlagen am häufigsten maximal CHF 2'000 (27 %) genannt, gefolgt von maximal CHF 1'500 (16 %). Für kleinere Anlagen werden vor allem maximal CHF 500 (26 %) beziehungsweise maximal CHF 1'000 (21 %) als angemessen angesehen. Weitere 16 % der Befragten nannten unter der Kategorie Sonstiges alternative Preisvorstellungen oder ergänzende Anmerkungen.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Befragten für die Einführung eines Monitoring-Systems durchaus einmalige Investitionskosten akzeptieren, laufende Gebühren für den Endkunden jedoch möglichst vermieden oder zumindest niedrig gehalten werden sollten. Dies deutet darauf hin, dass insbesondere wiederkehrende Kosten als Hemmnis für die Akzeptanz eines Monitoring-Systems wahrgenommen werden.

15. Datenschutz: Für wen soll das Monitoring-System Daten sichtbar machen (Voraussetzung: Einwilligung Endkunde)?

Mehrfachauswahl möglich

- Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter klicken
- nur für den Endkunden
- für den Hersteller/Lieferanten (inkl. Service)
- für den Installateur (inkl. Service)
- für Dritte (Dienstleister / Berater / Betriebsoptimierung)
- für externe Kontrollinstanzen von Bund und Kantonen für Auswertungen in anonymisierter Form
- Sonstiges



Die Befragten wurden gefragt, welchen Akteuren die Daten eines Monitoring-Systems zugänglich gemacht werden sollten, sofern die Einwilligung des Endkunden vorliegt. Da Mehrfachnennungen möglich waren, konnten mehrere berechnigte Nutzergruppen ausgewählt werden.

Am häufigsten werden Hersteller bzw. Lieferanten als berechnigte Empfänger der Monitoringdaten genannt (67 %). Ebenfalls häufig werden Installationsbetriebe ausgewählt (61 %), gefolgt von unabhängigen Dritten, beispielsweise für Beratung oder Betriebsoptimierung (56 %). Auch der Endkunde selbst soll nach Ansicht von 53 % der Befragten Zugriff auf die Monitoringdaten erhalten.

Eine Weitergabe der Daten an Bund und Kantone für anonymisierte Auswertungen wird von rund einem Drittel der Befragten (31 %) befürwortet. Weitere 9 % nannten unter der Kategorie Sonstiges zusätzliche Berechnigte oder individuelle Vorschläge.

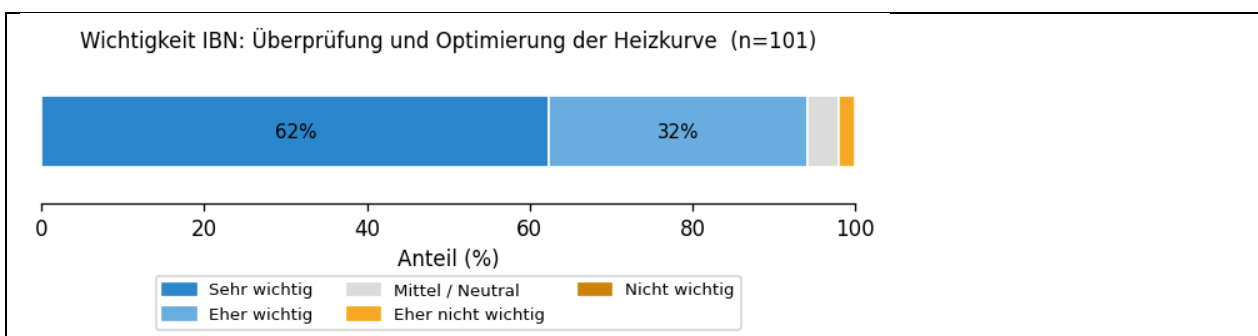
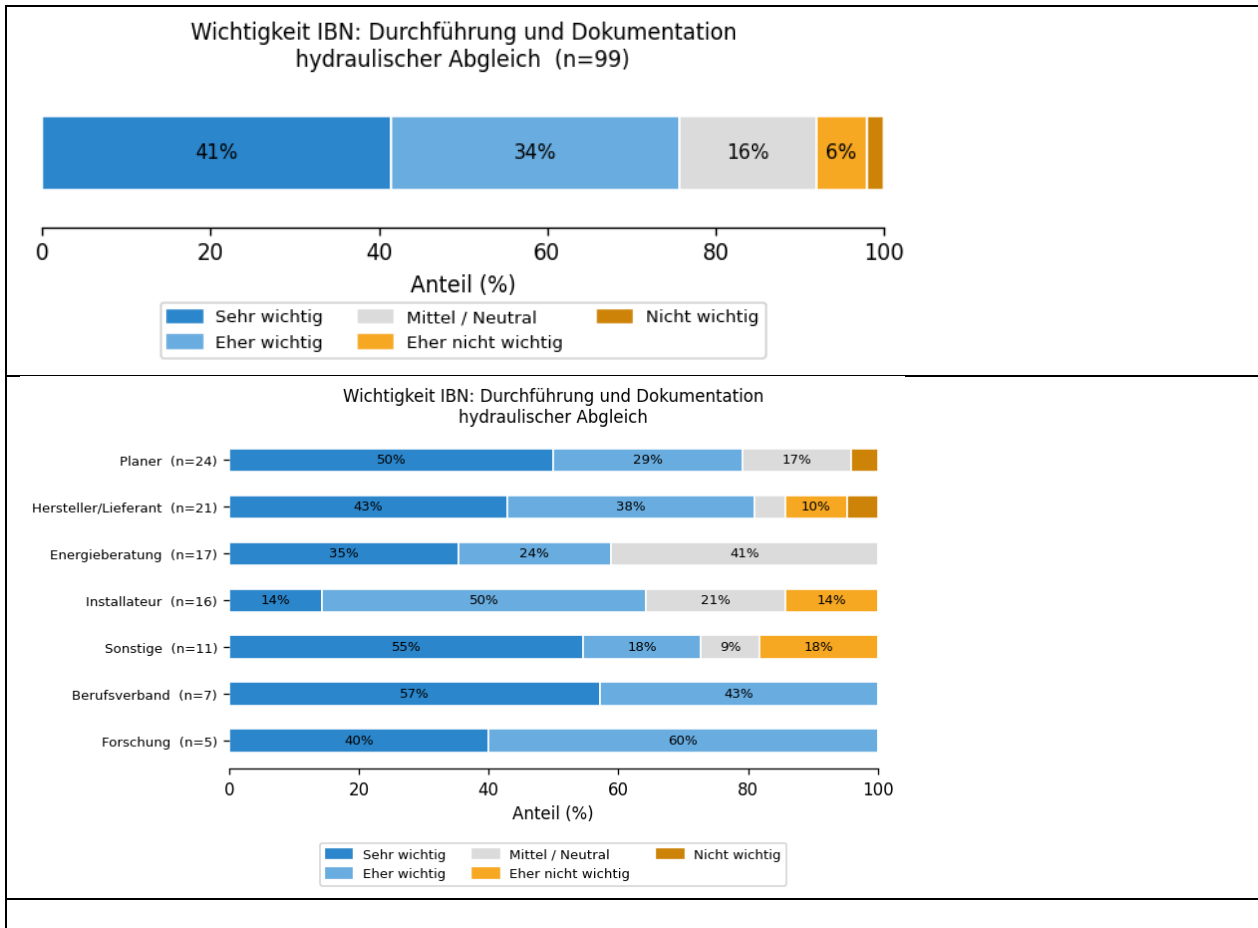
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Monitoringdaten nach Auffassung der Befragten mehreren an Planung, Betrieb und Optimierung beteiligten Akteuren zugänglich gemacht werden sollten. Der Fokus liegt dabei auf denjenigen Personen und Organisationen, welche die Daten für Service, Fehlerdiagnose oder Betriebsoptimierung nutzen können. Gleichzeitig deutet die Zustimmung zur anonymisierten Datennutzung durch Bund und Kantone darauf hin, dass ein Teil der Befragten auch einen Mehrwert in einer aggregierten Datenauswertung für Qualitätssicherung und statistische Analysen sieht.

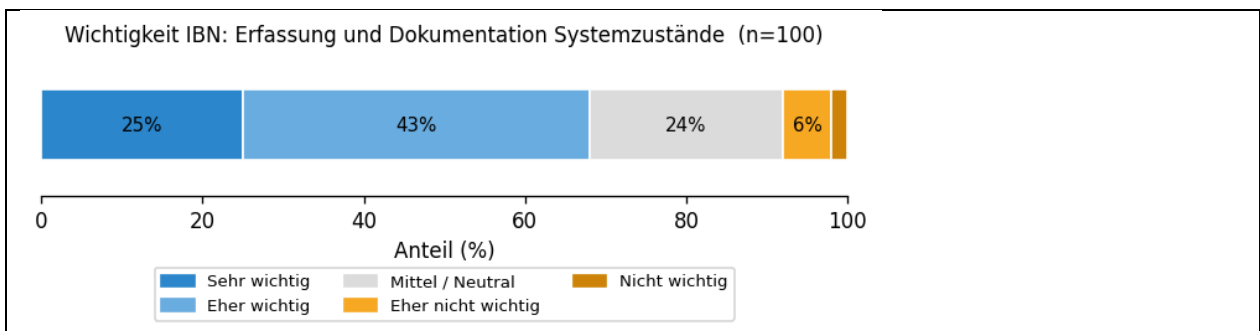
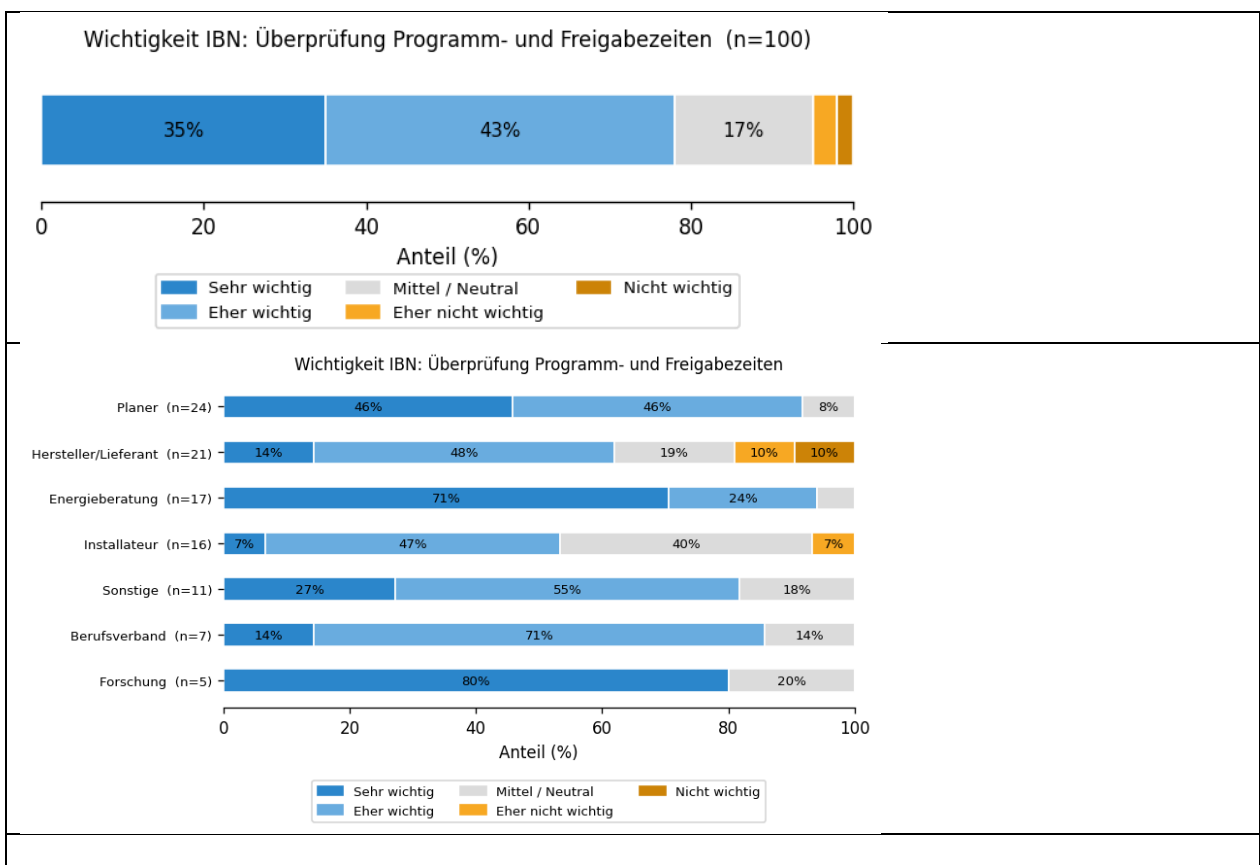
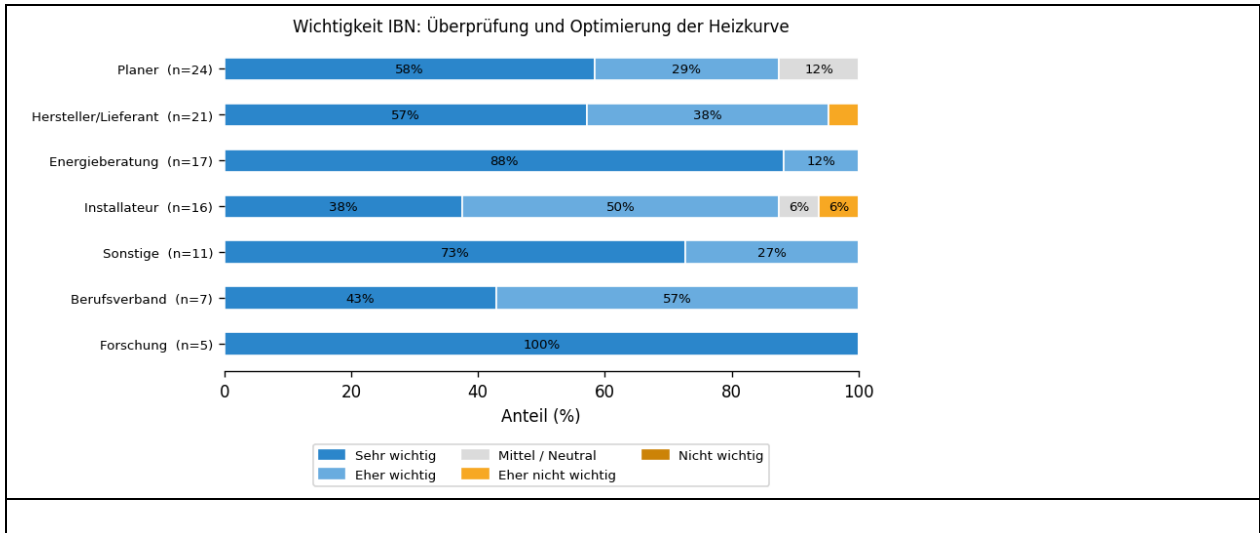
16. Wie wichtig sind die folgenden Schritte für einen zukünftigen Qualitätssicherungs-Prozess bzgl. Inbetriebsetzung und Betrieb?

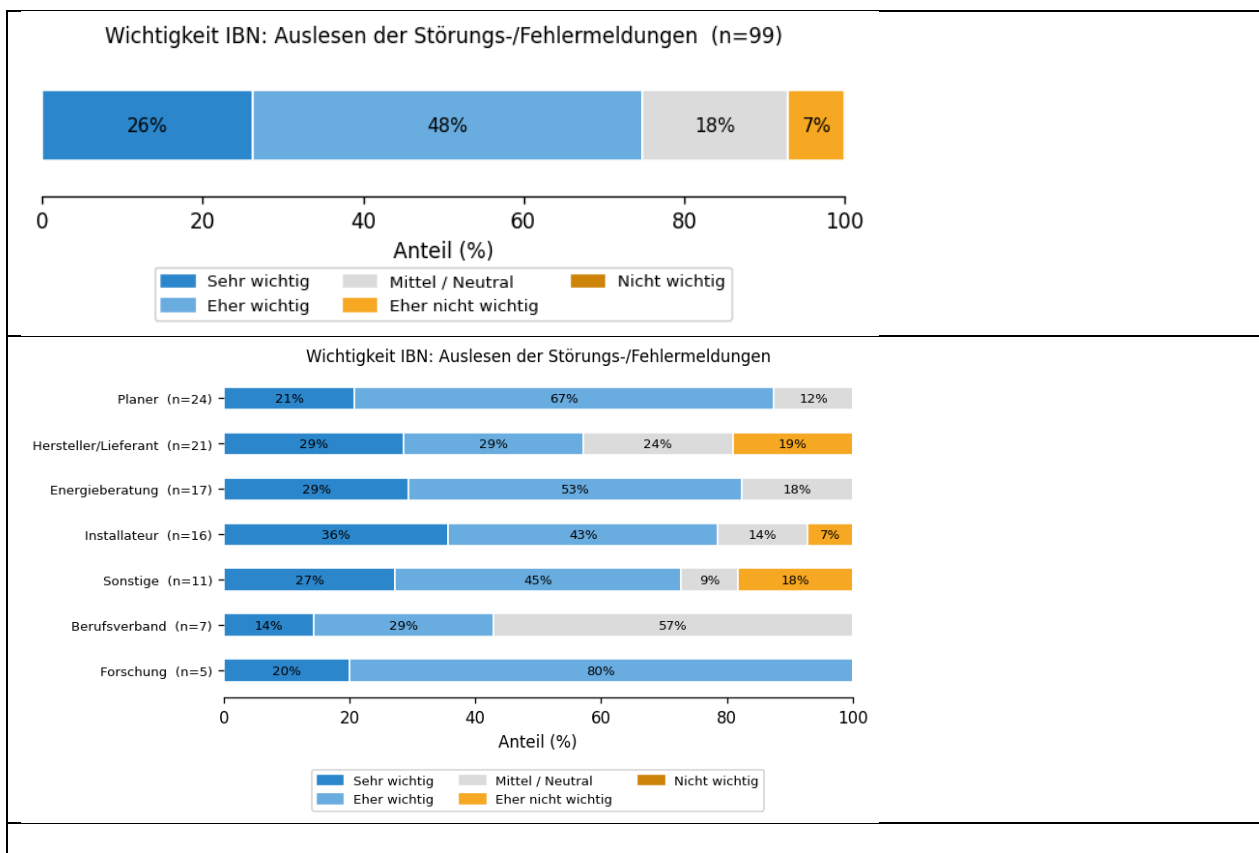
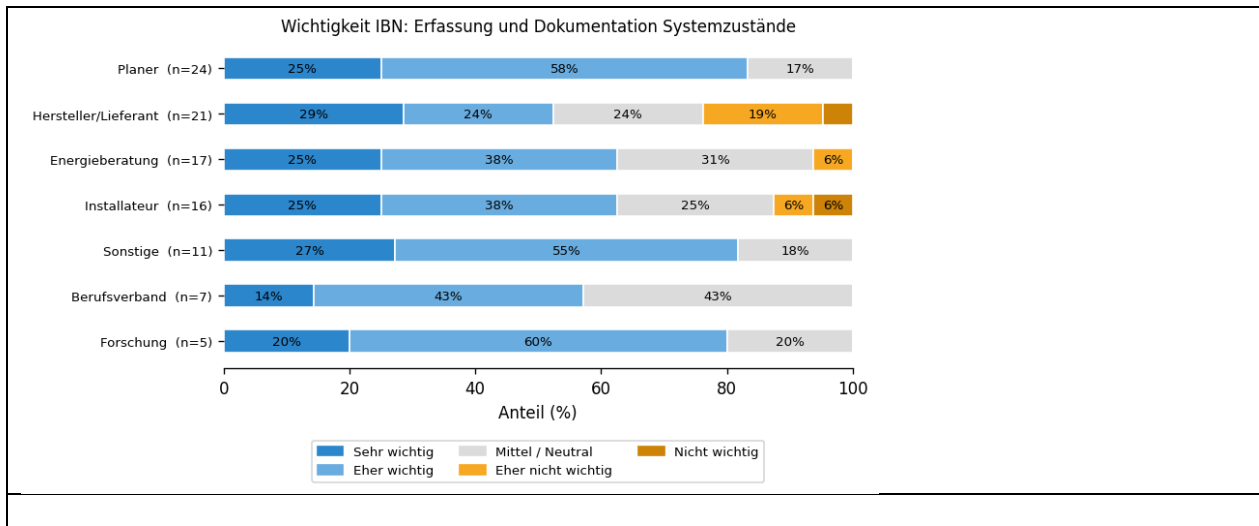
Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter klicken

	Nicht wichtig	5er Skala	Sehr wichtig
[1]	Durchführung und Dokumentation eines hydraulischen Abgleichs		
[2]	Überprüfung und Optimierung von Heizkurve		

- [3] Überprüfung und Optimierung von Programm- und Freigabezeiten für Heizen, Warmwasser und ggf. Kühlen
- [4] Erfassung und Dokumentation relevanter Systemzustände
- [5] Auslesen der Störungs-/Fehlermeldungen







Die Ergebnisse zeigen, dass sämtliche abgefragten Massnahmen im Bereich Inbetriebsetzung und Betrieb von einer deutlichen Mehrheit der Befragten als wichtige Bestandteile eines zukünftigen Qualitätssicherungsprozesses angesehen werden.

Die höchste Zustimmung erhält die Überprüfung und Optimierung der Heizkurve. Insgesamt bewerten 62 % diese Massnahme als sehr wichtig und weitere 32 % als eher wichtig, sodass sich eine Zustimmung von insgesamt 94 % ergibt. Die Ergebnisse der einzelnen Befragungsgruppen bestätigen dieses Bild; insbesondere Energieberatende sowie die Gruppe Forschung stufen diesen Aspekt nahezu ausnahmslos als sehr wichtig ein.

Ebenfalls eine hohe Bedeutung wird der Überprüfung und Optimierung der Programm- und Freigabezeiten für Heizen, Warmwasser und gegebenenfalls Kühlen beigemessen. Insgesamt bewerten 35 % diese

Massnahme als sehr wichtig und 43 % als eher wichtig. Damit sprechen sich rund vier Fünftel der Befragten für deren Einbezug in einen zukünftigen Qualitätssicherungsprozess aus.

Die Durchführung und Dokumentation eines hydraulischen Abgleichs wird ebenfalls mehrheitlich als wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung angesehen. Drei Viertel der Befragten beurteilen diese Massnahme als sehr oder eher wichtig. Besonders Planer, Hersteller und Lieferanten sowie Berufsverbände messen dem hydraulischen Abgleich eine hohe Bedeutung bei, während Energieberatende und Installationsbetriebe etwas häufiger neutrale Bewertungen abgeben.

Etwas zurückhaltender werden die Erfassung und Dokumentation relevanter Systemzustände sowie das Auslesen von Störungs- und Fehlermeldungen beurteilt. Dennoch bewerten 68 % beziehungsweise 74 % der Befragten diese beiden Massnahmen als sehr oder eher wichtig. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Aspekte als sinnvolle Unterstützung für Betrieb, Diagnose und Optimierung angesehen werden, jedoch gegenüber der Optimierung der Heizkurve und der Betriebsparameter eine etwas geringere Priorität besitzen.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass ein zukünftiger Qualitätssicherungsprozess nicht allein die fachgerechte Inbetriebnahme umfassen sollte. Ebenso wichtig werden die systematische Überprüfung der Regelungsparameter sowie die Dokumentation und Auswertung relevanter Betriebsdaten angesehen. Besonders die Optimierung der Heizkurve wird von den Befragten als zentrale Massnahme für einen energieeffizienten und langfristig zuverlässigen Betrieb von Wärmepumpenanlagen betrachtet.

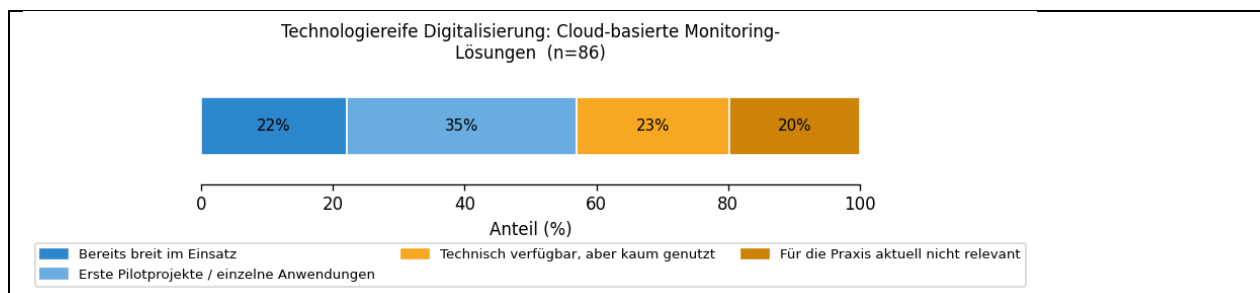
Themenbereich: Zukünftige technologische Entwicklung/Trends

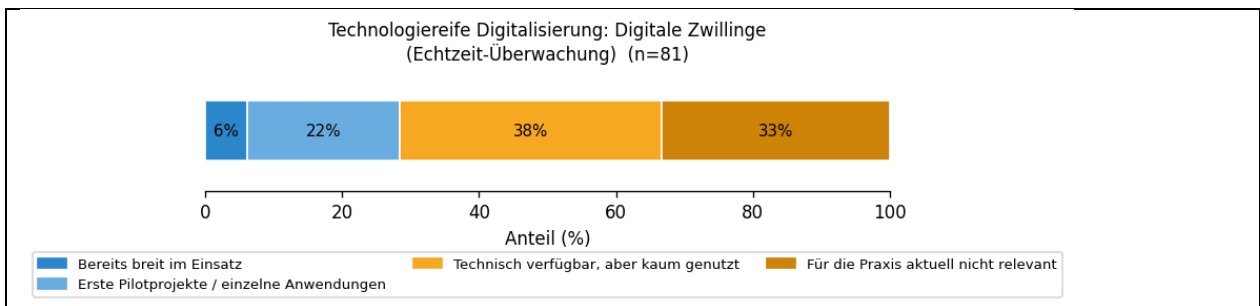
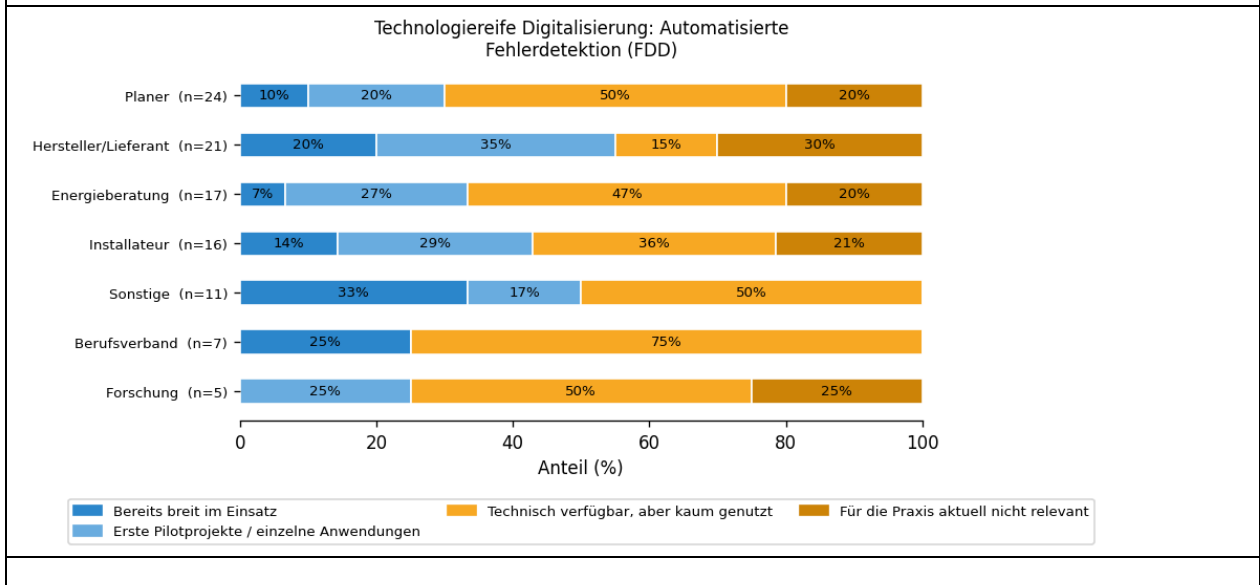
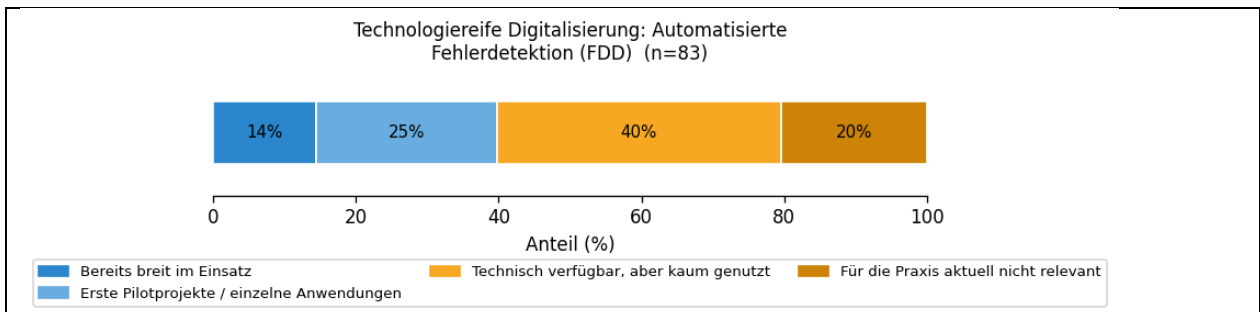
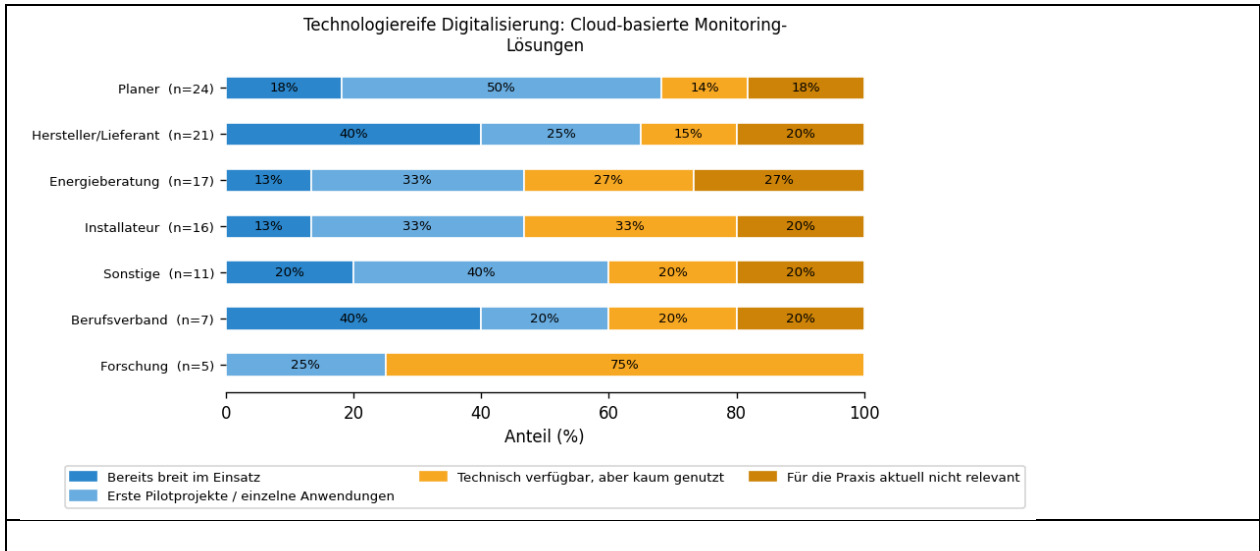
17. Wie beurteilen Sie den aktuellen Reifegrad der folgenden Trends im Bereich **Digitalisierung und KI** für das **Monitoring** von Wärmepumpen?

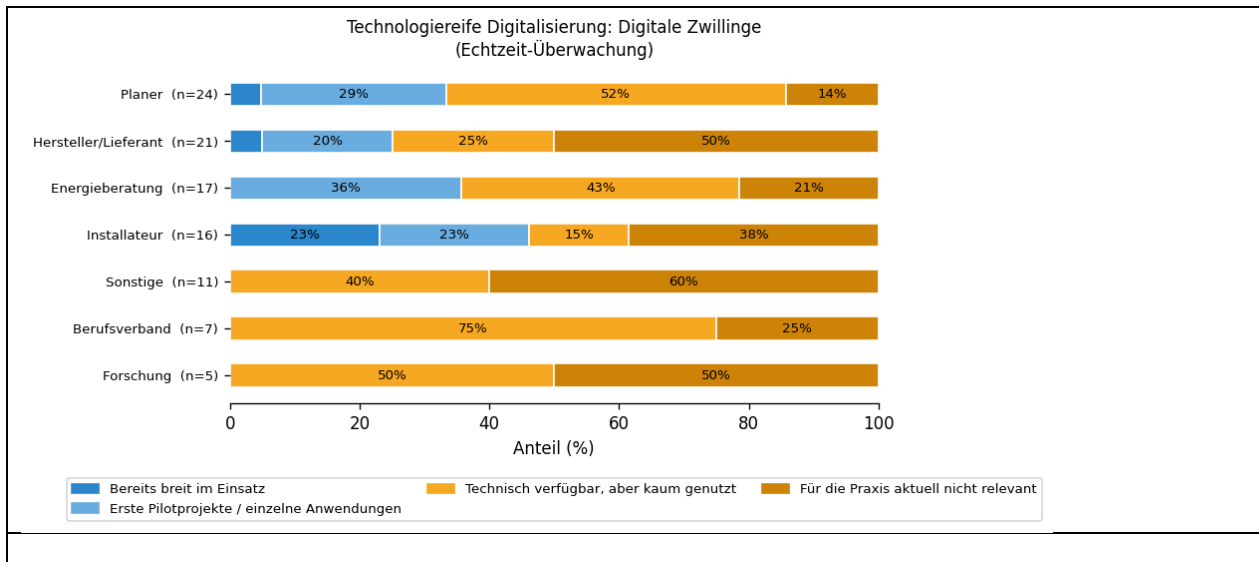
Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter klicken

Bereits breit im Einsatz	Erste Pilot- projekte / einzelne An- wendungen	Tech- nisch ver- fügbar, aber kaum ge- nutzt	Für die Praxis aktuell nicht re- levant
--------------------------------	---	---	---

- [1] Cloud-basierte Monitoring Lösungen
- [2] Automatisierte Fehlerdetektion und -diagnose (FDD)
- [3] Digitale Zwillinge (Virtuelle Modelle) für Echtzeit-Überwachung







Die Befragten wurden gebeten, den aktuellen Technologiereifegrad verschiedener Digitalisierungstrends für das Monitoring von Wärmepumpenanlagen einzuschätzen. Insgesamt zeigt sich ein differenziertes Bild zwischen bereits etablierten Lösungen und Technologien, die zwar als technisch realisierbar gelten, in der Praxis jedoch noch wenig verbreitet sind.

Cloud-basierte Monitoring-Lösungen weisen den höchsten Reifegrad auf. Insgesamt beurteilen 22 % der Befragten diese bereits als breit im Einsatz, weitere 35 % sehen sie in ersten Pilotprojekten oder einzelnen Anwendungen. Demgegenüber sind 23 % der Ansicht, dass die Technologie zwar verfügbar, aber bislang kaum genutzt wird. Nur 20 % bewerten cloudbasierte Monitoring-Lösungen derzeit als für die Praxis nicht relevant. Besonders Hersteller und Lieferanten sowie Planer schätzen den praktischen Einsatz dieser Lösungen vergleichsweise hoch ein.

Die automatisierte Fehlerdetektion und -diagnose (FDD) wird insgesamt als weniger weit entwickelt eingeschätzt. Lediglich 14 % der Befragten sehen diese Technologie bereits breit im Einsatz, während 25 % sie Pilotprojekten oder ersten Anwendungen zuordnen. Mit 40 % ist jedoch die grösste Gruppe der Auffassung, dass FDD technisch bereits verfügbar ist, in der Praxis jedoch noch kaum genutzt wird. Weitere 20 % betrachten diese Technologie derzeit als für die Praxis nicht relevant. Die Ergebnisse deuten somit auf ein erhebliches Potenzial für eine zukünftige breitere Anwendung hin.

Am geringsten wird der Reifegrad digitaler Zwillinge für die Echtzeitüberwachung eingeschätzt. Nur 6 % der Befragten sehen diese Technologie bereits breit im Einsatz, weitere 22 % ordnen sie ersten Pilotprojekten zu. Dagegen beurteilen 38 % digitale Zwillinge als technisch verfügbar, aber bislang kaum genutzt, während ein Drittel der Befragten (33 %) diese aktuell als für die Praxis nicht relevant einstuft. Insbesondere Hersteller und Lieferanten sowie Installationsbetriebe bewerten die praktische Relevanz zurückhaltender als die übrigen Befragungsgruppen.

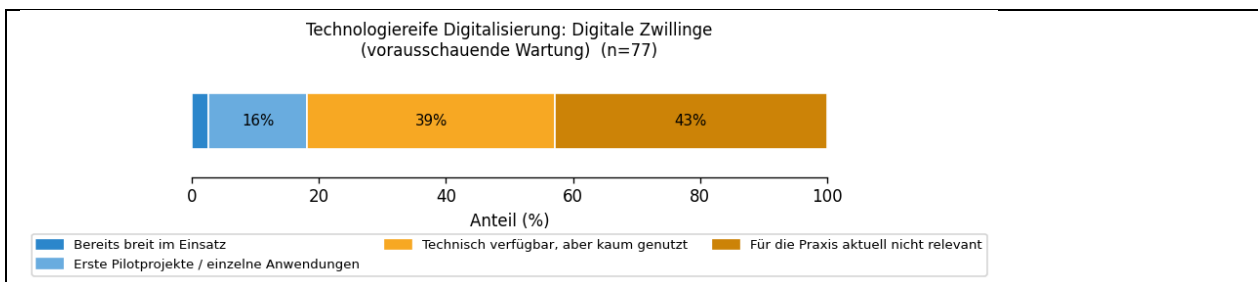
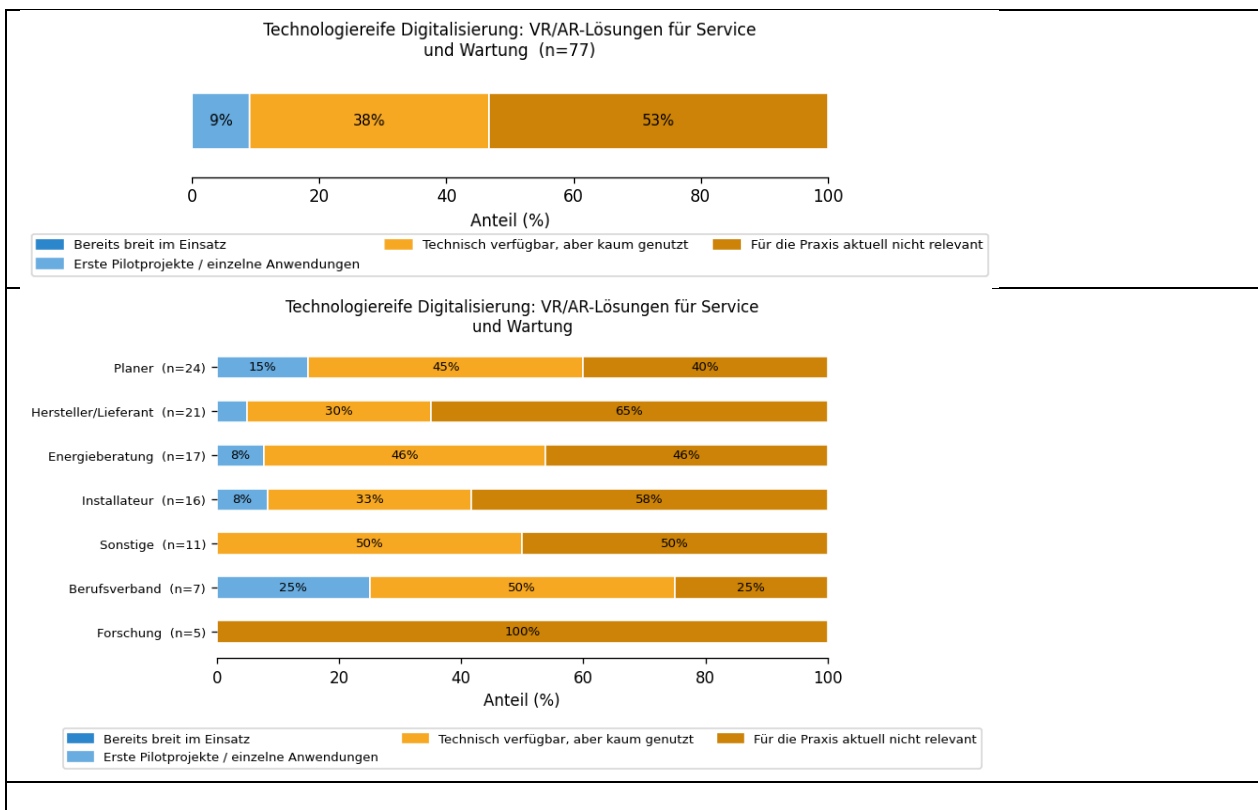
Insgesamt zeigt sich eine klare Abstufung des wahrgenommenen Technologiereifegrads. Cloud-basierte Monitoring-Lösungen werden bereits als weitgehend etabliert angesehen, während automatisierte Fehlerdetektion und insbesondere digitale Zwillinge noch überwiegend als Zukunftstechnologien mit vorhandenem, aber bislang nur begrenzt ausgeschöpftem Praxiseinsatz wahrgenommen werden.

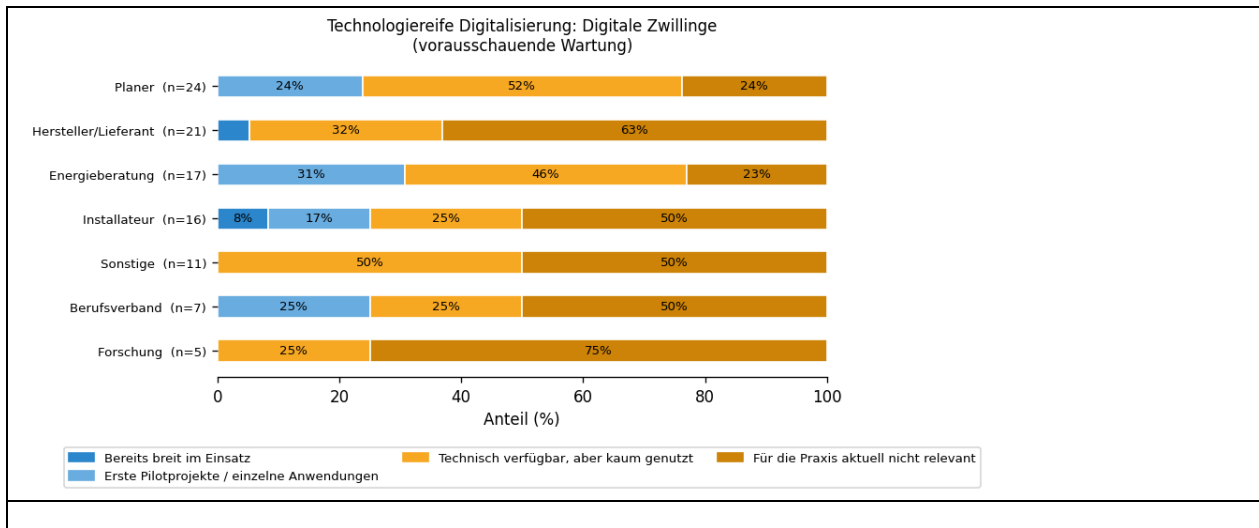
18. Wie beurteilen Sie den aktuellen Reifegrad der folgenden Trends im Bereich **Service und Wartung** von Wärmepumpen?

Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter klicken

Bereits breit im Einsatz	<i>Erste Pilot- projekte / einzelne An- wendungen</i>	Technisch ver- fügbar, aber kaum ge- nutzt	Für die Praxis aktuell nicht re- levant
--------------------------------	---	--	---

- [1] Cloud-basierte Service-Plattformen für Betriebsanalyse
- [2] Virtual-Reality (VR)- oder Augmented-Reality-Lösungen für Service und Wartung z.B. mit VR-Brillen
- [3] Digitale Zwillinge (Virtuelle Modelle) für vorausschauende Wartung





Die Befragten wurden gebeten, den aktuellen Technologiereifegrad verschiedener Digitalisierungstrends im Bereich Service und Wartung von Wärmepumpenanlagen einzuschätzen. Insgesamt zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen bereits etablierten Lösungen und Technologien, die zwar als technisch verfügbar gelten, in der Praxis jedoch noch wenig eingesetzt werden.

Die höchste Marktreife wird cloud-basierten Service-Plattformen für die Betriebsanalyse zugeschrieben. 30 % der Befragten beurteilen diese bereits als breit im Einsatz, weitere 22 % sehen sie in ersten Pilotprojekten oder einzelnen Anwendungen. Demgegenüber sind 33 % der Ansicht, dass die Technologie zwar verfügbar, jedoch bislang kaum genutzt wird, während 16 % sie derzeit als für die Praxis nicht relevant einstufen. Besonders Hersteller und Lieferanten bewerten cloud-basierte Service-Plattformen als bereits etabliert.

VR- bzw. AR-Lösungen für Service und Wartung werden hingegen deutlich zurückhaltender beurteilt. Lediglich 9 % der Befragten sehen erste Pilotprojekte oder einzelne Anwendungen, während 38 % die Technologie als technisch verfügbar, aber kaum genutzt einschätzen. Mehr als die Hälfte der Befragten (53 %) bewertet VR- und AR-Lösungen derzeit als für die Praxis nicht relevant. Insbesondere Hersteller und Lieferanten sowie Installationsbetriebe beurteilen deren aktuellen Nutzen kritisch.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei digitalen Zwillingen für die vorausschauende Wartung. Nur ein kleiner Teil der Befragten sieht diese Technologie bereits im praktischen Einsatz beziehungsweise in ersten Pilotprojekten (insgesamt rund 18 %). 39 % beurteilen digitale Zwillinge als technisch verfügbar, jedoch bislang kaum genutzt, während 43 % sie derzeit als für die Praxis nicht relevant einstufen. Vor allem Hersteller und Lieferanten sowie Installationsbetriebe bewerten die praktische Relevanz dieser Technologie zurückhaltend.

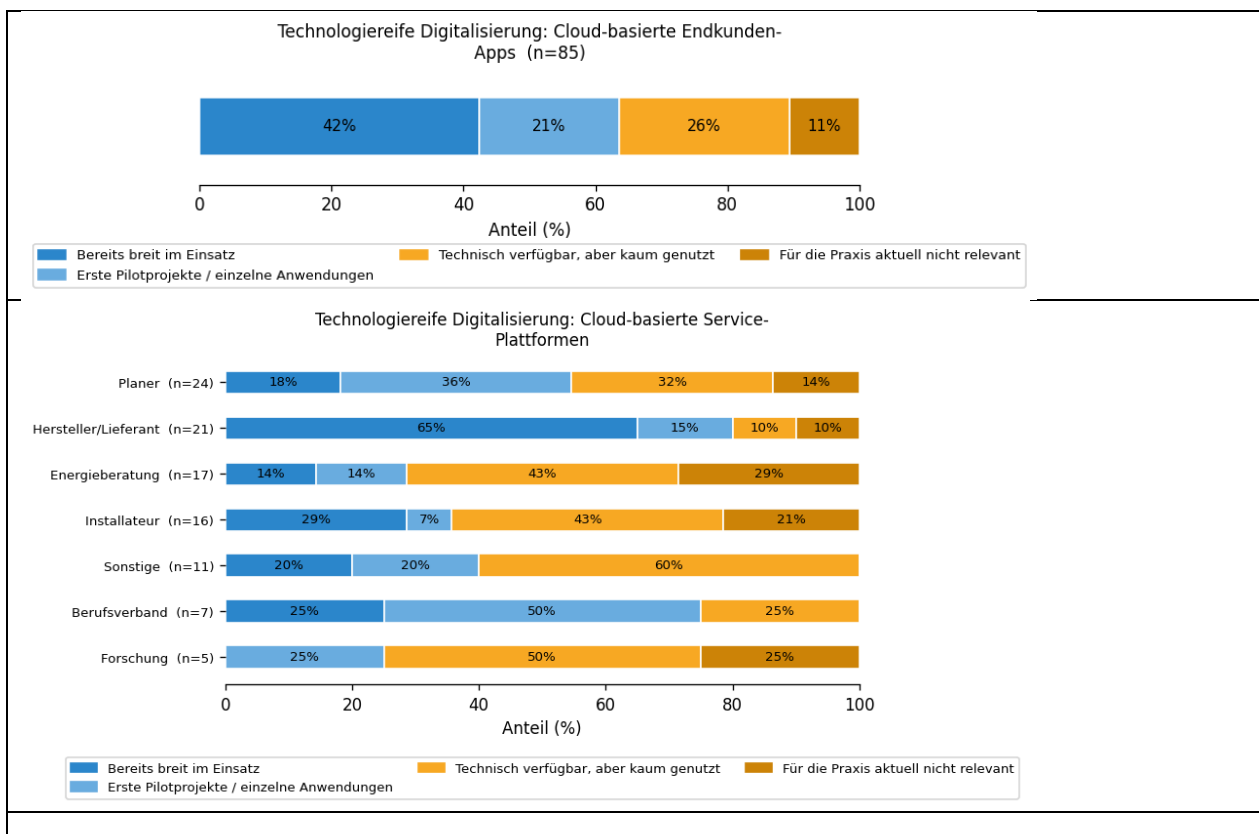
Insgesamt zeigt sich eine klare Abstufung des wahrgenommenen Technologiereifegrads. Cloud-basierte Service-Plattformen werden bereits als vergleichsweise etabliert angesehen und weisen den höchsten Reifegrad der untersuchten Technologien auf. Demgegenüber werden VR-/AR-Lösungen sowie digitale Zwillinge für die vorausschauende Wartung überwiegend als Technologien mit künftigem Potenzial, jedoch noch begrenzter praktischer Bedeutung eingeschätzt.

19. Wie beurteilen Sie den aktuellen Reifegrad der folgenden Trends im Bereich **Betrieb und Kunden-
nutzen** von Wärmepumpen?

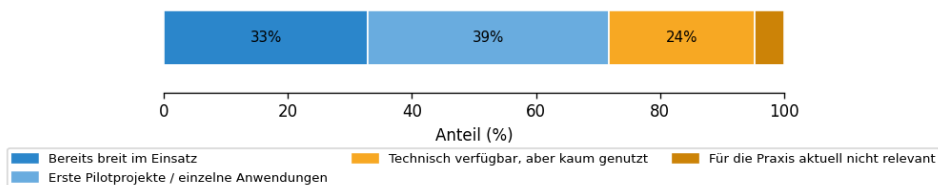
Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter klicken

Bereits breit im Einsatz	Erste Pilot- projekte / ein- zelne Anwen- dungen	Tech- nisch ver- fügbar, aber kaum ge- nutzt	Für die Praxis aktuell nicht re- levant
--------------------------------	---	---	---

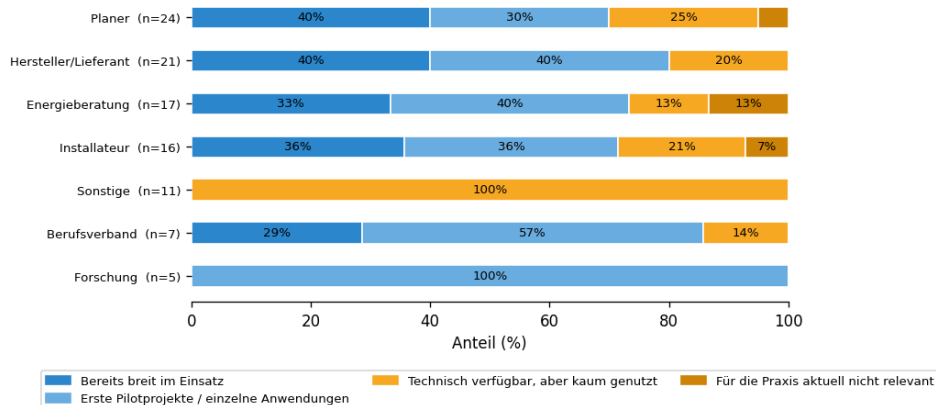
- [1] Cloud-basierte Dienstleistungen
z.B. Endkunden-Apps
- [2] Integration von Wärmepumpen
zusammen mit PV, Speicher,
Elektromobilität usw. in einem
Energiemanagementsystem
(EMS)
- [3] Optimierter Betrieb bei dynami-
schen Stromtarifen durch exter-
nes EMS
- [4] Optimierter Betrieb bei dynami-
schen Stromtarifen durch Wär-
mepumpe selbst



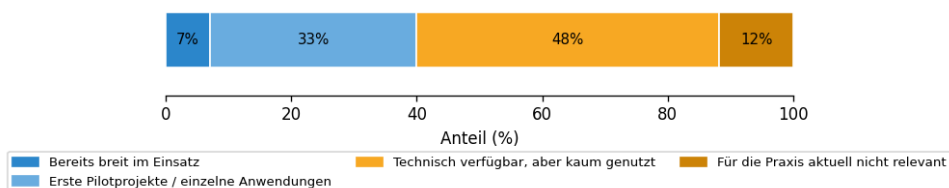
Technologiereife Smart Grid: WP-Integration in EMS (PV, Speicher, E-Mobilität) (n=85)



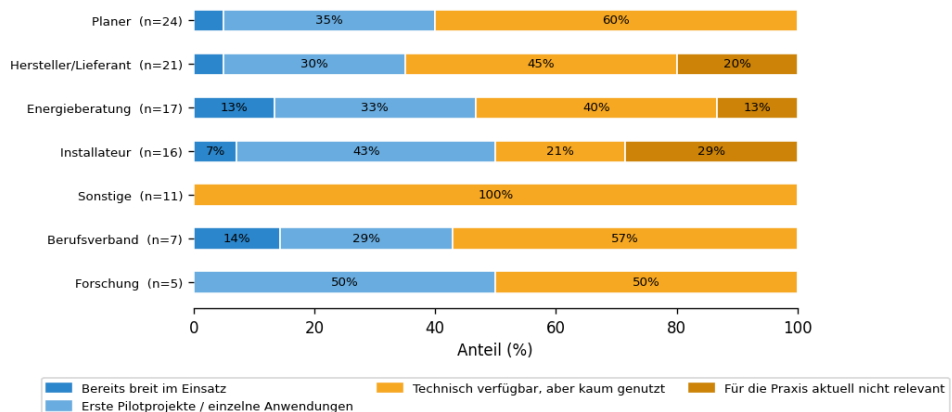
Technologiereife Smart Grid: WP-Integration in EMS (PV, Speicher, E-Mobilität)

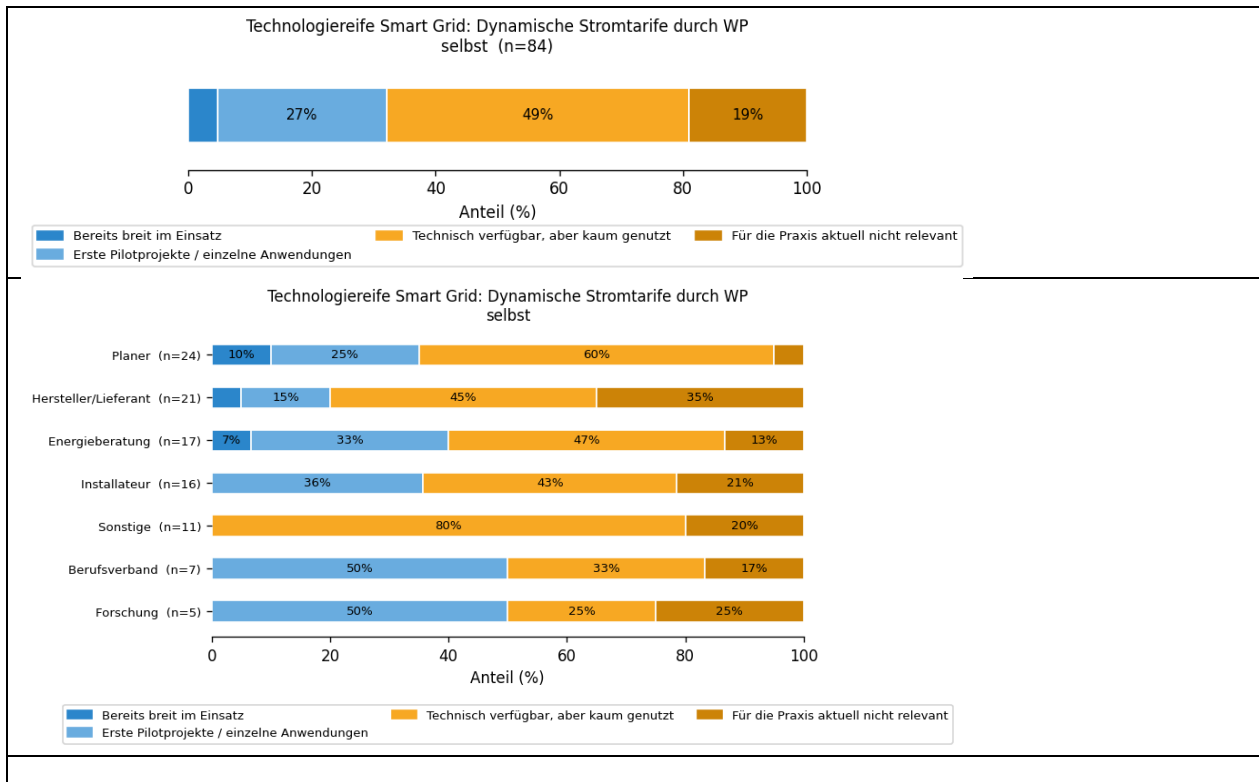


Technologiereife Smart Grid: Dynamische Stromtarife via externes EMS (n=85)



Technologiereife Smart Grid: Dynamische Stromtarife via externes EMS





Die Befragten wurden gebeten, den aktuellen Technologiereifegrad verschiedener Trends im Bereich Betrieb und Kundennutzen von Wärmepumpenanlagen einzuschätzen. Insgesamt zeigt sich, dass etablierte digitale Dienstleistungen und Energiemanagementlösungen als deutlich marktreifer wahrgenommen werden als Anwendungen zur Optimierung dynamischer Stromtarife.

Die höchste Marktreife wird cloud-basierten Dienstleistungen, beispielsweise Endkunden-Apps, zugeschrieben. 42 % der Befragten beurteilen diese bereits als breit im Einsatz, weitere 21 % sehen sie in ersten Pilotprojekten oder einzelnen Anwendungen. Demgegenüber sind 26 % der Ansicht, dass diese Lösungen zwar technisch verfügbar, jedoch bislang kaum genutzt werden. Lediglich 11 % bewerten sie derzeit als für die Praxis nicht relevant.

Ebenfalls einen hohen Reifegrad erreicht die Integration von Wärmepumpen in Energiemanagementsysteme (EMS) gemeinsam mit Photovoltaik, Batteriespeichern oder Elektromobilität. Ein Drittel der Befragten (33 %) sieht diese Technologie bereits breit im Einsatz, weitere 39 % ordnen sie ersten Pilotprojekten oder einzelnen Anwendungen zu. Nur rund ein Viertel bewertet die Integration als technisch verfügbar, aber noch wenig genutzt, während sie lediglich von einem sehr kleinen Anteil als aktuell nicht relevant eingeschätzt wird. Besonders Hersteller und Lieferanten sowie Planer beurteilen diese Entwicklung als bereits weit fortgeschritten.

Die Optimierung des Wärmepumpenbetriebs bei dynamischen Stromtarifen durch ein externes Energiemanagementsystem (EMS) wird überwiegend als Technologie mit Entwicklungspotenzial eingeschätzt. 48 % der Befragten beurteilen diesen Ansatz als technisch verfügbar, jedoch bislang kaum genutzt. Weitere 33 % sehen erste Pilotprojekte oder einzelne Anwendungen, während lediglich 7 % einen breiten Praxiseinsatz erkennen. Nur 12 % stufen diese Technologie derzeit als für die Praxis nicht relevant ein.

Eine ähnliche Einschätzung ergibt sich für den optimierten Betrieb bei dynamischen Stromtarifen durch die Wärmepumpe selbst. Auch hier ist knapp die Hälfte der Befragten (49 %) der Ansicht, dass die Technologie technisch verfügbar ist, bislang jedoch kaum genutzt wird. Der Anteil derjenigen, welche einen breiten Praxiseinsatz oder erste Pilotanwendungen sehen, fällt geringer aus als bei externen EMS-Lösungen, während 19 % diese Funktion aktuell als für die Praxis nicht relevant beurteilen.

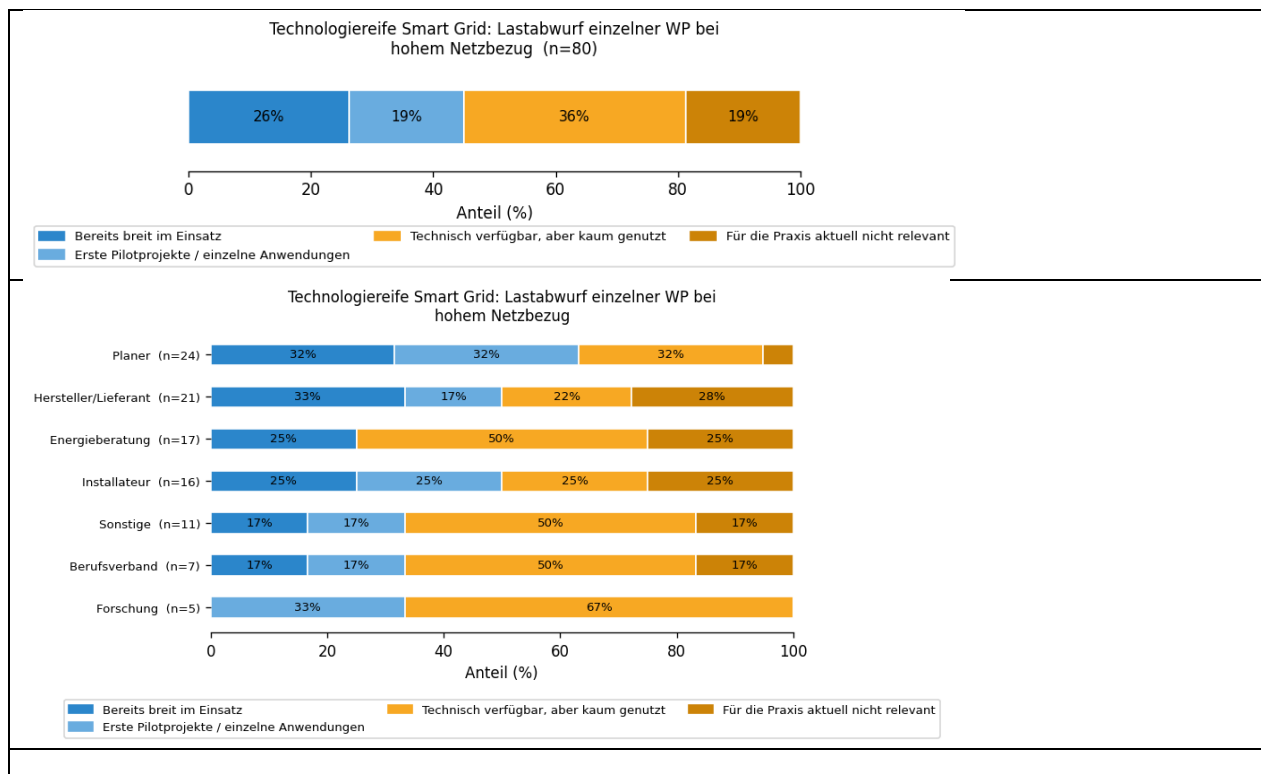
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass cloud-basierte Dienstleistungen und die Integration von Wärmepumpen in Energiemanagementsysteme bereits als vergleichsweise ausgereifte Technologien gelten. Anwendungen zur Optimierung dynamischer Stromtarife – sowohl durch externe Energiemanagementsysteme als auch direkt durch die Wärmepumpe – werden dagegen überwiegend als technisch vorhanden, jedoch noch nicht breit in der Praxis etabliert wahrgenommen.

20. Wie beurteilen Sie den aktuellen Reifegrad der folgenden Trends im Bereich **Netzdienlichkeit** von Wärmepumpen?

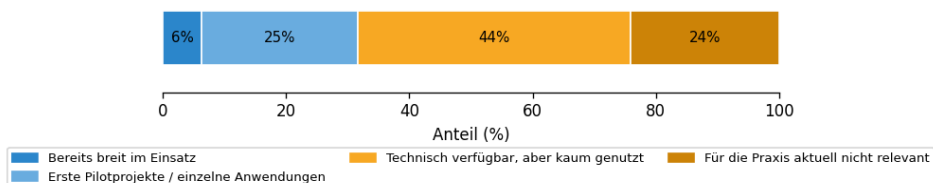
Falls «Nichtzutreffend/Für mein Aufgabengebiet nicht relevant» einfach weiter klicken

Bereits breit im Einsatz	Erste Pilot- projekte / ein- zelne Anwen- dungen	Tech- nisch ver- fügbar, aber kaum ge- nutzt	Für die Praxis aktuell nicht re- levant
--------------------------------	---	---	---

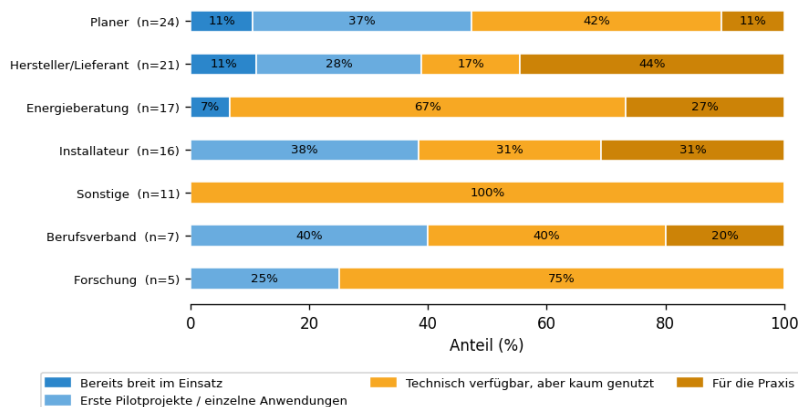
- [1] Lastabwurf einzelner Wärmepumpen bei zu hohem Netzbezug
- [2] Netzlastabhängiger Betrieb einzelner Wärmepumpen (Absenkung und Anhebung)
- [3] Netzlastabhängige Koordination mehrerer Wärmepumpen
- [4] Berücksichtigung der Wärmepumpen-Flexibilität beim Netzausbau



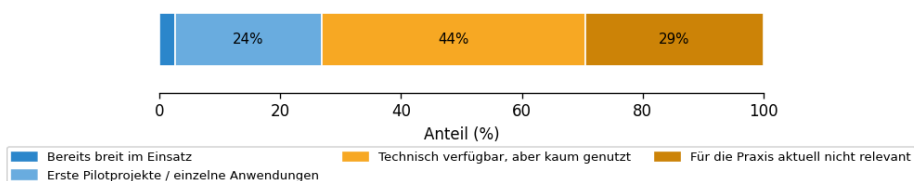
Technologiereife Smart Grid: Netzlastabhängiger Betrieb einzelner WP (n=79)



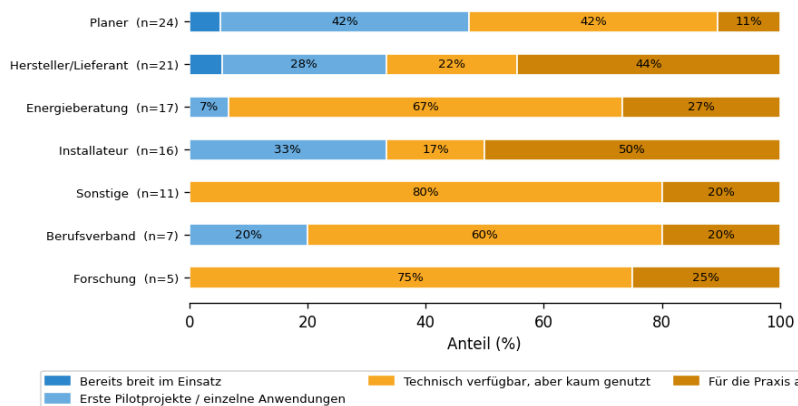
Technologiereife Smart Grid: Netzlastabhängiger Betrieb einzelner WP

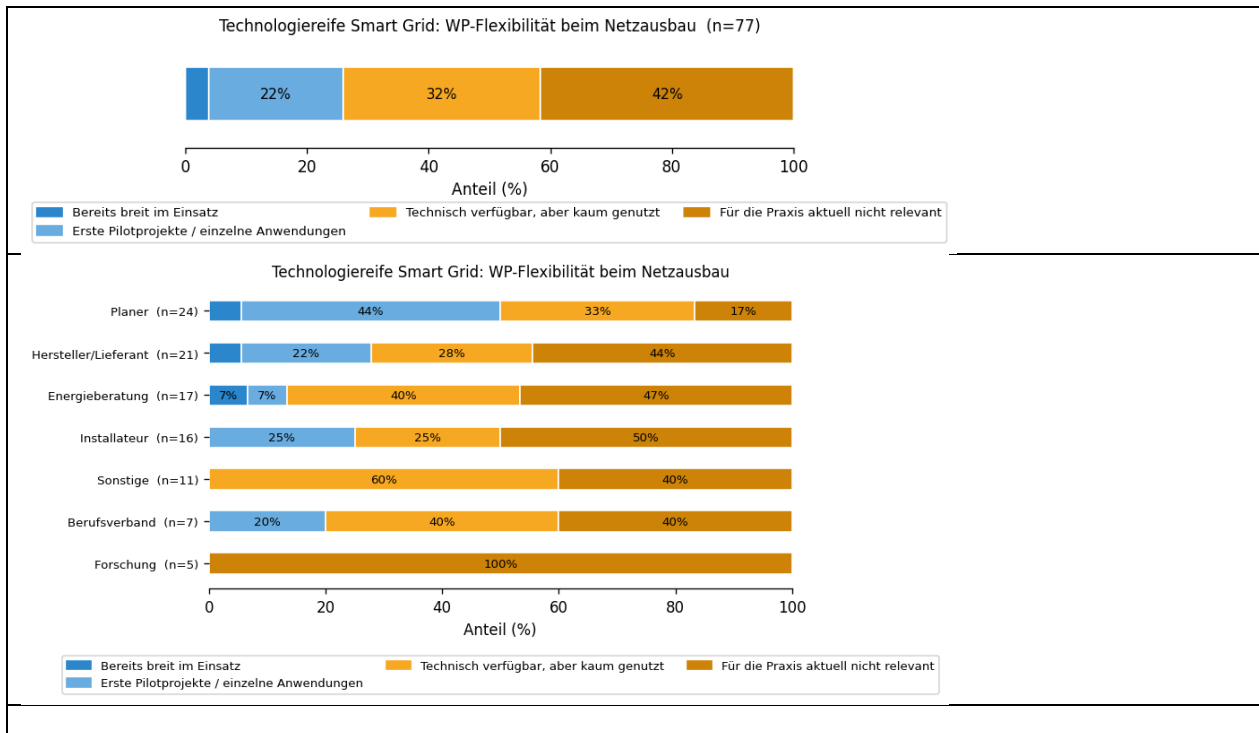


Technologiereife Smart Grid: Netzlastabhängige Koordination mehrerer WP (n=78)



Technologiereife Smart Grid: Netzlastabhängige Koordination mehrerer WP





Insgesamt zeigt sich, dass sämtliche untersuchten Ansätze überwiegend als technisch verfügbar, jedoch noch nicht breit in der Praxis etabliert wahrgenommen werden.

Den höchsten Reifegrad erreicht der Lastabwurf einzelner Wärmepumpen bei hohem Netzbezug. Rund ein Viertel der Befragten (26 %) beurteilt diese Funktion bereits als breit im Einsatz, weitere 19 % sehen erste Pilotprojekte oder einzelne Anwendungen. Gleichzeitig ist mit 36 % die grösste Gruppe der Ansicht, dass diese Technologie zwar technisch verfügbar, bislang jedoch kaum genutzt wird. Weitere 19 % stufen sie derzeit als für die Praxis nicht relevant ein.

Der netzlastabhängige Betrieb einzelner Wärmepumpen wird insgesamt zurückhaltender bewertet. Lediglich 6 % der Befragten sehen diese Funktion bereits breit im Einsatz, während 25 % sie Pilotprojekten oder ersten Anwendungen zuordnen. Mit 44 % beurteilt jedoch die grösste Gruppe diesen Ansatz als technisch verfügbar, aber bislang kaum genutzt. Rund ein Viertel (24 %) bewertet ihn aktuell als für die Praxis nicht relevant.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die netzlastabhängige Koordination mehrerer Wärmepumpen. Nur ein kleiner Teil der Befragten sieht diese Technologie bereits im praktischen Einsatz oder in Pilotanwendungen (insgesamt rund 27 %). Dagegen beurteilen 44 % diesen Ansatz als technisch verfügbar, jedoch noch wenig verbreitet, während 29 % ihn derzeit als für die Praxis nicht relevant einstufen.

Am kritischsten wird die Berücksichtigung der Wärmepumpen-Flexibilität beim Netzausbau eingeschätzt. Lediglich rund ein Viertel der Befragten sieht hierfür bereits einen praktischen Einsatz oder Pilotprojekte. 32 % beurteilen diesen Ansatz als technisch verfügbar, aber noch kaum genutzt. Mit 42 % bewertet jedoch der grösste Anteil der Befragten diese Anwendung derzeit als für die Praxis nicht relevant.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass netzdienliche Funktionen von Wärmepumpen überwiegend als Technologien mit zukünftigem Potenzial wahrgenommen werden. Während einfache Funktionen wie der Lastabwurf einzelner Anlagen bereits vergleichsweise weit entwickelt erscheinen, werden komplexere Konzepte zur netzlastabhängigen Koordination oder zur Berücksichtigung der Wärmepumpen-Flexibilität beim Netzausbau noch deutlich zurückhaltender beurteilt.

Anhang A13 Protokolle der Begleitgruppen-Workshops und Experten Interviews

• Resultate aus Begleitgruppen-Workshop zum AP1 Planung (Dimensionierung)

Im Dezember 2025 wurde ein Workshop durch Andreas Genkinger mit der Begleitgruppe (1. Robert Diana suissetec, Leiter Fachbereich Heizung, Zentr. Komm. Planer, 2. Heinz Etter neukom engineering ag Energieplaner / FWS Weiterbildung, 3. Marc Bättschmann Tend AG, FWS) zum Thema «Planung (Dimensionierung)» durchgeführt. Dabei wurde ein Fragenkatalog mit untenstehenden Punkten diskutiert zusammen mit den Lösungsvorschlägen in Kapitel 3.

Dimensionierungs-Tools

Im Sanierungsfall wird, wenn möglich eine Messung vorgeschlagen, um die effektiven Wärmebedarfe genau erfassen zu können. Wenn dies aussentemperaturmässig nicht umsetzbar ist, sind Dimensionierungs-Tools und Verbrauchsdaten die einzige Möglichkeit, um erforderliche Wärmepumpen-Leistungen zu bestimmen. Es braucht Erfahrung im Abschätzen der Wärmebedarfe für Heizen und Warmwasserbereitung, dabei müssen zahlreiche Annahmen getroffen werden. Fazit: Messungen liefern die besten Informationen. Sie müssen jedoch in Auftrag gegeben werden, und sind in der Regel zeitaufwändig.

Der Energieplaner neukom engineering ag verwendet bei Sanierungen eigene Tools auf Basis der Heizleistung mit Volllaststunden und unterscheiden das Heizen und die Warmwasserbereitung.

SIA 384/1 ist nach ihrer Einschätzung nicht für die «Breite» geeignet. Die Berechnungen mit Volllaststunden sind für neue Gebäude ab Jahr 2000 nicht mehr geeignet. Der Warmwasseranteil ist speziell wichtig bei Niedrigenergie-Häuser.

Das Tool «Burner Replacement» von suissetec «Heizungsersatz mit Wärmepumpen - Berechnung des Heizleistungsbedarfs» eignet sich gut bei Sanierungen.

Der Warmwasser-Bedarf kann nur geschätzt werden, die 75 MJ nach SIA 380/1 sind zu hoch.

Bei MFH betragen die Zirkulationsverluste bis 50% des Warmwasser-Wärmebedarfs.

Bei Neubauten berechnet neukom engineering ag die Anlage nach SIA 384/2 mit 15-20 % Leistungsreserve.

Bsp.: 8 EFH-Einheiten mit 7-11 kW Heizleistung. Als Lösung wurden die gleichen Inverter-Wärmepumpen mit nominal 9 kW Heizleistung für alle EFH eingesetzt.

Bei grösseren Leistungen fehlen oft die Invertergeräte, so dass Kaskaden gewählt werden. Diese Lösung hat auch Vorteile, z.B. kann ein Gerät für das Heizen da sein, das zweite für Heizen und Warmwasserbereitung.

Branchenverbandseitig wird der Hinweis auf die verschiedenen suissetec Merkblätter gemacht.

<https://merkblatt.suissetec.ch/de-CH/>

Neuerscheinung im Januar 2026 zum Thema WW-Bereitung.

Oft ist die gewählte Ladestrategie bei der Warmwasserbereitung nicht energieeffizient.

Zusammenarbeit Installateur/Energieplaner/Hersteller

Gemäss Erfahrung von neukom engineering ag gilt: Je kleiner die Anlage, desto eher ist die Verantwortung beim Installateur. Bei Unsicherheiten und grösseren Anlagen werden Planer hinzugezogen. Dies kann auch vom Eigentümer, Unternehmen oder der Verwaltung gewünscht sein.

Auf die Frage «Soll es Richtlinien geben, wer wann konsultiert werden soll?»

Es könnte heikel sein, wenn die Marktteilnehmer per Definition zum Zuge kommen. Es kommt auf die Komplexität des Objekts an.

Oft wird mit einem aus dem GEAK-Tool ermittelten Leistungswert eines Energieberaters geplant. Dies ist aber heikel und nicht zu empfehlen.

Überdimensionierung

Die Überdimensionierung wird hier als die Differenz zwischen tatsächlicher benötigter Wärmeleistung und Geräteleistung definiert. Im Planungsschritt wird die Differenz auf Basis der Plandaten bezogen.

Je nach Dimensionierungs-Tool ergibt sich eine Überdimensionierung, z.B. Burner-Replacement bis 30% je nach Anlage.

Wenn es die perfekte Invertermaschine gäbe, wäre die Überdimensionierung kein Thema. Ein guter Regelbereich ist daher wichtig.

Die unbewusste Überdimensionierung ist von dem bewussten Vorsehen einer Leistungsreserve zu unterscheiden. Wenn alles eingerechnet ist, kann bei der Auswahl der Wärmepumpe auf Reserven verzichtet werden. Oft ist das Nutzerverhalten nicht bekannt, was hier relevant ist.

Bei Inverter-Wärmepumpen sollte die maximale Heizleistung mindestens 75 % der Wärmepumpen-Nennleistung betragen. Dieser Richtwert wird so auch in FWS-Kursen geschult.

Die Qualität der Herstellerangaben ist in der Regel gut, einzelne Hersteller haben aber schlechte Überlappungen bei den Heizleistungsbereichen.

Zum Thema Kühlen: Der Einfluss auf die Dimensionierung ist eher klein, wenn auch gekühlt oder eine EWS regeneriert wird. Aktive Regeneration wird in der Regel erst ab ca. 100 kW wirtschaftlich interessant. Daher ist die aktive Regeneration bis 70 kW selten ein Thema.

Dies betrifft nicht das Geo-Cooling/Free-Cooling über die Erdsonden. Dies macht immer Sinn.

Einfluss LSV und Einsatz von natürlichen Kältemitteln

Thema Lärmschutzverordnung (LSV):

Seit der Einführung des Teillastwertes bei A2 ist der Silent Mode hinsichtlich der Dimensionierung nicht mehr kritisch.

Grössere Leistungen bedeuten mehr Schallemissionen und damit evtl. nötige Schallschutz-Massnahmen. Die Kaskaden mit mehreren kleineren Geräten sind schalltechnisch einfacher, sie haben aber einen grösseren Installationsaufwand.

Einsatz natürlicher Kältemittel:

Propan wird in den Leistungsbereichen bis 70 kW dominant werden. Dies hat einen kleinen Einfluss auf die Dimensionierung, jedoch einen grossen auf die Planung. Hier sind die Aufstellungsmöglichkeiten vor allem im Sanierungsfall oft eingeschränkt.

Die Entwicklung geht in Richtung kleinerer Kältemittelfüllmengen bei den Wärmepumpen.

Auch wird die EN 378 Bagatellgrenze von 150 Gramm für brennbare Kältemittel stets diskutiert.

Hochskalieren des WPSM auf 70 kW Heizleistungen

Der WPSM-Zyklus der Beteiligten und die Schritte lassen sich für grössere Leistungen übernehmen.

Bei Neuanlagen sind generelle Konzepte und hydraulische Schaltungen analog des WPSM denkbar:

Bei einer Überbauung können Lösungen vorgeschlagen werden, wo eine zentrale Heizung mit dezentralen Warmwasser-Bereitungen ergänzt wird.

Grössere Anlagen sind oft komplexer und individueller. Das macht die Verknüpfung zu einer Förderung etwas schwieriger. Bei grösseren Anlagen wären Leistungsgarantien denkbar und sinnvoll.

Falls eine spezielle Lösung gewählt wird, kann diese z.B. im Sinne einer Selbstdeklaration begründet werden.

- **Resultate aus Begleitgruppen-Workshop zum AP2 Technologische Entwicklung**

Im Dezember 2025 wurde ein Workshop durch David Zogg mit der Begleitgruppe (1.Robert Diana, suisse-tec, Leiter Fachbereich Heizung, Zentr. Komm. Planer, 2.Sabine von Stockar, MINERGIE, Monitoring und Betriebsoptimierung, 3.Maike Schubert, SmartGridReady, Weisskopf Partner GmbH, 4.Marc Bättschmann, Tend AG, FWS) zum Thema «Technologische Entwicklung» durchgeführt. Dabei wurde ein Fragenkatalog mit untenstehenden Punkten diskutiert zusammen mit den Lösungsvorschlägen in Kapitel 4.

Systemgrenzen Monitoring

Der Fokus soll auf neu installierten Wärmepumpenanlagen und Ersatzanlagen mit einer Gesamtleistung bis 70 kW liegen. Dabei sollen alle neuen Geräte mit einem Monitoring-System ausgerüstet werden. Bei bereits bestehenden, älteren Geräten wird darauf verzichtet, da keine Schnittstellen vorhanden sind bzw. eine Nachrüstung der Schnittstellen zu kostspielig wäre.

Das Monitoring soll die gesamte Wärmepumpenanlage inkl. Hydraulik und Speichersystem betrachten. Das Gebäude gehört jedoch nicht dazu. Allenfalls sollen Raumtemperaturen gemessen werden, wenn dies einfach über die Wärmepumpe möglich ist.

Die Kühlung bzw. Klimatisierung in den Sommermonaten sollte auch berücksichtigt werden. Dabei soll sowohl die passive Kühlung über Erdsonden mit Regeneration wie auch die aktive Kühlung über Umkehrprozesse überwacht werden. Die Kühlung wird in Zukunft vermehrt eine Rolle spielen.

Der Anteil der erneuerbaren Energie inkl. PV-Strom und Eigenverbrauch soll berücksichtigt werden. Dies wäre mit der Anbindung an ein Energiemanagementsystem (EMS) gewährleistet.

Gewährleistung und Regulatorien

Ein kritisches Thema ist die Gewährleistung. Ab 2026 muss der Installateur 5 Jahre Gewährleistung geben für die gesamte Installation, während der WP-Hersteller nur 2 Jahre Gewährleistung übernehmen muss für sein Gerät.

Bei einem Nichterfüllen der COP/JAZ-Werte fällt dies auf den Installateur zurück. Beim Erfüllen der Werte hat der Installateur allerdings einen Nachweis, dass seine Anlage korrekt läuft. In diesem Zusammenhang ist es aber wichtig, dass die vom Monitoring angezeigten Werte korrekt sind.

Es braucht ein Rapportiersystem, welches alle involvierten Personen und deren Tätigkeiten auflistet (Log-Buch). So ist die Nachvollziehbarkeit gegeben.

Allgemein sollten die Regulatorien nicht überladen werden, da dies in der aktuell wirtschaftlich angespannten Lage zu weiteren Hemmnissen führen könnte.

Einbezug Systemintegrator und Planung

Es braucht eine Person, welche verantwortlich ist für das Monitoring-Setup. Diese Person braucht eine entsprechende Weiterbildung zum Systemintegrator. Dazu besteht bereits ein Kurs «Systemintegration» von Swissolar und FWS. Bei diesem Kurs könnte das WP-Monitoring einfließen.

Zu viele Personen im Projekt ergeben ein Konfliktpotential. Der Installateur könnte mit einer entsprechenden Weiterbildung die Rolle des Systemintegrators übernehmen.

Das Monitoring-System muss in einer frühen Planungsphase einbezogen werden.

Nutzer des Monitorings

Als Nutzer des Monitorings können folgende Personengruppen identifiziert werden:

- Endkunde: Effizientes System und tiefe Energiekosten im Fokus
- WP-Hersteller: Optimierter Service, Feedback aus dem Feld
- Installateur: Service-Vertrag, Geschäftsmodell für Betrieb
- Verteilnetzbetreiber: Ausgleich der Netzlasten (nur bei aktiver Steuerung über EMS)
- BFE / CH: Stromeffizienz, weniger Import im Winter

Um den unterschiedlichen Nutzern den Zugang zu ermöglichen, sollten verschiedene Benutzer-Level implementiert werden. Auch kostenmässig können sich die verschiedenen Nutzer beteiligen.

Einbezug des Eigentümers und Nutzererfahrung

Es braucht einen Anreiz für das Monitoring. Der grösste Hebel wäre eine Förderung durch Bund oder Kantone. So könnten beispielsweise die Kosten des Gateways (in der Grössenordnung von CHF 300) übernommen werden.

Das Monitoring allein führt nicht automatisch zu tieferen Energiekosten. Dazu ist eine regelmässige Betriebsoptimierung notwendig. Diese könnte durch den Installateur im Rahmen eines Service-Vertrages durchgeführt werden.

Der Endkunde sollte als Mehrwert eine Monitoring-App haben (für die einfache Nutzung auf seinem Smartphone). Eine Darstellung absoluter Zahlen für die JAZ ist heikel wegen Gewährleistungsansprüchen. Hier könnten relative Darstellungen verwendet werden, entweder im Vergleich zur Auslegung oder dem Mittelwert ähnlicher Installationen. Die Darstellung von Ampelfarben und Tendenzen ist sinnvoll.

Wichtig ist die Berücksichtigung des Datenschutzes. Der Endkunde muss eine Einwilligung geben zur anonymen Publikation seiner Daten auf der Monitoring-Plattform. Dabei müssen auch allfällige Eigentümer-Wechsel mit einbezogen werden.

Häufigste Fehlerursachen bei WP-Anlagen

Die häufigsten Fehler werden nicht durch die Wärmepumpe selbst, sondern durch unsachgemässe Installation und Einstellung hervorgerufen:

- Hydraulischer Abgleich nicht sauber durchgeführt
- Falsche Ladestrategie bei WW-Erzeugung (Zirkulation, Elektroeinsatz, etc)
- Störungen bei falscher Auslegung / Installation
- Einstellungsfehler (Heizkurve, Heizgrenze, etc.)

Im Januar 2026 soll eine neue Wegleitung von suissetec in Zusammenarbeit mit der HSLU herauskommen, um obige Punkte zu adressieren.

Das WP-Monitoring kann nicht alle Fehler erkennen. Der Fokus wird bei betrieblichen Fehlern sein wie falsche Ladestrategien, aktivierte Elektroeinsätze, Störungen und Einstellungsfehler. Die Einstellungsfehler können per Fernzugriff behoben werden, sofern die Wärmepumpe an das Service-Portal des Herstellers angebunden ist.

- **Resultate aus Begleitgruppen-Workshop zum AP3 Betriebsphase (Monitoring und Betriebsoptimierung)**

Im Dezember 2025 wurde ein zweiteiliger Workshop durch Parantapa Sawant mit der Begleitgruppe (1. Robert Diana, suissetec, Leiter Fachbereich Heizung, Zentr. Komm. Planer, 2. Maïke Schubert, Smart-GridReady, Weisskopf Partner GmbH, 3. Heinz Etter, neukom engineering ag, Energieplaner / FWS Weiterbildung) zum Themenbereich «Betriebsphase (Monitoring und Betriebsoptimierung)» durchgeführt. Ziel des Workshops war es, die im Projekt erarbeiteten Analysen zu validieren sowie praxisnahe Einschätzungen und Lösungsansätze aus Sicht zentraler Marktakteure zu diskutieren.

Die im Workshop eingebrachten Erkenntnisse wurden konsolidiert und sind in die Ausarbeitung von Kapitel 4 eingeflossen. Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Effizienzprüfung und systematische Verbesserung

Ein zentrales Ergebnis des Workshops ist das Fehlen einer einheitlichen Methodik zur Bewertung der energetischen Performance von Wärmepumpenanlagen.

Die Diskussion zeigte, dass insbesondere folgende Punkte zu Inkonsistenzen führen:

- Unterschiedliche Definitionen der Systemgrenzen
- Heterogene Implementierung von Key Performance Indicators (KPIs) wie Jahresarbeitszahl (JAZ) oder Systemnutzungsgrad
- Unterschiedliche Rollenverteilungen zwischen den beteiligten Akteuren (Planer, Installateur, Betreiber), welche die Datengrundlage und Bewertung beeinflussen

Zudem wurde hervorgehoben, dass bestehende Lösungen teilweise stark proprietär sind, wodurch eine transparente und vergleichbare Bewertung der Methodik erschwert wird.

Die im Projekt entwickelte Matrix zur Betriebsoptimierung mit Bezug zur JAZ-Wirkung wurde von den Workshopteilnehmenden als zielführend beurteilt. Es wurde jedoch empfohlen, diese systematisch zu erweitern, insbesondere um:

- Aspekte der Netzdienlichkeit
- Integration von Energiemanagementsystemen (EMS)

Monitoring-Lösungen

Die Bedeutung von Monitoringlösungen – insbesondere im Kontext von Labels wie Minergie – nimmt im Markt weiter zu. Gleichzeitig wurden jedoch wesentliche Herausforderungen identifiziert.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Kosten wurden als zentrale Hürde genannt, wobei eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich ist. Neben den Hardwarekosten sind insbesondere zu berücksichtigen:

- Aufwand für Installation und Integration der Sensorik
- Kosten für Datenübertragung und -speicherung
- Aufwand für Datenanalyse und Interpretation

Es wurde betont, dass Förderinstrumente diese Gesamtkostenstruktur berücksichtigen sollten.

Rollen und Verantwortlichkeiten

Ein wiederkehrendes Thema war die fehlende Klarheit hinsichtlich:

- Definition des Messkonzepts
- Verantwortung für die energetische Betriebsoptimierung (eBO) im Betrieb

Hier besteht ein klarer Bedarf an standardisierten Zuständigkeitsmodellen.

Differenzierung nach Anlagengrösse

Für kleinere Anlagen (insb. EFH) wurden vereinfachte Ansätze als notwendig erachtet:

- Entwicklung einer vereinfachten eBO-Checkliste
- Reduktion des Integrationsaufwands und der Systemkosten

Für standardisierte, repetitive Anlagen wurde zusätzlich vorgeschlagen:

- Einsatz eines Entscheidungsbaums zur Beurteilung des sinnvollen eBO-Einsatzes

Ziel: Skalierbarkeit und praktische Umsetzbarkeit erhöhen

Messkonzept und Datenbasis

- Separate Erfassung von:
 - o Stromverbrauch
 - o Wärmeenergie für Heizen und Warmwasser
- Einsatz von dedizierten Zählern (Privatzähler)
- Frühzeitige Integration des Messkonzepts in die Planung

Zudem wurde betont, dass elektrische Zusatzheizungen zwingend berücksichtigt werden müssen, da diese den Systemnutzungsgrad (SNG) massgeblich beeinflussen.

Weiterentwicklung von Zielkennzahlen

Die bestehenden Zielwerte für JAZ und COP sollten im Kontext neuer Technologien (insb. Inverter-Wärmepumpen) überprüft werden. Insbesondere wurde vorgeschlagen, Differenzierte Zielwerte für:

- Raumheizung
- Raumheizung + Warmwasser

Da der Warmwasseranteil einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtperformance hat.

Netzdienlicher Betrieb von Wärmepumpen ≤ 70 kW

Zu diesem Themenbereich wurden im Workshop nur begrenzt direkte Inputs geliefert. Es wurde jedoch empfohlen, bestehende Studien kritisch zu analysieren, insbesondere hinsichtlich:

- Zugrunde liegender Annahmen
- Art der Ansteuerung von Wärmepumpen
- Fokus auf marktbasierte Mechanismen (z. B. Bilanzgruppen), welche potenziell zu erhöhten Ausgleichsenergien führen können

Ergänzende Einschätzungen zur Netzdienlichkeit

Im Rahmen der Diskussion wurden folgende praxisrelevante Aspekte identifiziert:

- Dynamische Tarife sind grundsätzlich netzorientiert, jedoch aktuell noch wenig verbreitet
- Die Integration von Wärmepumpen in Smart Grids ist zentral für die zukünftige Netzstabilität
- Lokale Energiegemeinschaften (LEGs) sind derzeit primär auf Eigenverbrauchsoptimierung ausgelegt

Bislang dominieren einfache Betriebsstrategien, wie:

- Überladung von Warmwasserspeichern
- Moderate Anhebung der Raumtemperatur ($\approx 1\text{ °C}$)
- Erhöhung des Eigenverbrauchs bei PV-Anlagen durch gezielten Einsatz von Wärmepumpen

Weitergehende Ansätze wie dynamische Tarife oder systematisches Peak-Shaving sind aktuell noch wenig verbreitet.

Ergänzende Stellungnahme von suissetec

Zusätzlich zu den Workshopdiskussionen wurde eine Stellungnahme von suissetec berücksichtigt. Diese kommt zum Schluss, dass:

«Ein verpflichtendes Monitoring von Wärmepumpenanlagen > 15 kW kein geeignetes Instrument ist, um Effizienz, Stromverbrauch und Betriebssicherheit in Mehrfamilienhäusern sicherzustellen.»

Zielführender erscheinen hingegen folgende Massnahmen:

- klar definierte Anforderungen an die Systemqualität bereits vor der Inbetriebnahme,
- eine sorgfältige Planung sowie durchdachte hydraulische Konzepte,
- eine fachgerechte Inbetriebnahme inklusive vollständiger Dokumentation,
- ein bedarfsgerechtes, freiwilliges Monitoring,
- sowie projektbezogene Analysen anstelle einer flächendeckenden kontinuierlichen Überwachung.

Die vollständige Stellungnahme ist im «Anhang A11 Stellungnahme suissetec Monitoring und Betriebsoptimierung» dokumentiert und wurde in die Gesamtbewertung einbezogen.

• Experteninterviews

Experten:

1) Leo Keller
Mitglied der Zertifizierungsgruppe WPSM
c/o AlpinTherm AG
Energie & Services

2) Daniel Murer
Mitglied der Zertifizierungsgruppe WPSM
c/o Energiesparfuchs GmbH

Leistungsangaben und reale Betriebsbedingungen

Die Leistungsangaben von Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen basieren häufig auf standardisierten Prüfbedingungen, insbesondere dem Betriebspunkt B0. In der Praxis liegen die tatsächlichen Eintrittstemperaturen jedoch häufig höher – beispielsweise bei rund 5 °C oder mehr am Sondenaustritt.

Dies führt dazu, dass die Anlagen im realen Betrieb oft eine höhere Leistung erbringen als anhand der Deklarationswerte erwartet. Gleichzeitig entsteht dadurch eine Diskrepanz zwischen normierten Angaben und realem Betriebsverhalten.

Mit der perspektivischen Einführung von B5 als zusätzlichem bzw. angepasstem Prüfpunkt wird diese Realität künftig besser abgebildet. In der Schweiz wird diese Entwicklung bereits vorweggenommen, indem entsprechende Messungen teilweise schon heute zugelassen werden.

Daraus ergibt sich eine zentrale Fragestellung:

Wie gut spiegeln verfügbare Daten den tatsächlichen Betrieb wider – und wird der relevante Betriebspunkt korrekt berücksichtigt?

Dimensionierung als Schlüsselfaktor für Effizienz

Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor auf die Effizienz von Wärmepumpen ist die Dimensionierung.

Eine Überdimensionierung reduziert systematisch den Optimierungsspielraum im Betrieb. Insbesondere führt sie häufig zu ungünstigem Taktverhalten und ineffizienten Betriebszuständen.

Aus praktischer Sicht lässt sich daher folgende Empfehlung ableiten:

Eine leichte Unterdimensionierung ist in vielen Fällen vorteilhafter als eine deutliche Überdimensionierung.

Konkret bedeutet dies:

eine Unterdimensionierung im Bereich von ca. 5 % ist in der Regel unkritisch

eine Überdimensionierung von 10–15 % oder mehr kann hingegen zu deutlich schlechterem Betriebsverhalten führen.

Hinzu kommt, dass der Auslegungsfall – also die maximale Lastsituation – im realen Betrieb nur sehr selten auftritt.

Regelungssysteme als oft unterschätzter Einflussfaktor

Neben Auslegung und Dimensionierung spielen auch die eingesetzten Regelungssysteme eine zentrale Rolle für die tatsächliche Performance.

In der Praxis zeigen sich dabei zwei gegensätzliche Problemfelder:

Zu komplexe Regler

- sehr viele Einstellparameter
- teilweise unklare oder schwer verständliche Wirkungszusammenhänge
- hohe Hürde für Installateure und Betreiber

Folge: vorhandene Optimierungspotenziale werden nicht genutzt

Zu stark eingeschränkte Regler

- kaum Eingriffsmöglichkeiten
- wenig Transparenz im Verhalten

Folge: Optimierung ist praktisch nicht möglich, nicht optimales Regelverhalten

Ein weiterer Punkt betrifft das konkrete Betriebsverhalten der Regelung:

Anlagen werden teilweise abrupt heruntergeregelt („abgewürgt“), sobald ein Sollwert erreicht ist, dies geschieht auch dann, wenn die Anlage erst kurze Zeit in Betrieb war.

Konsequenzen: ineffiziente Betriebsweise, erhöhte Taktung, unnötiger Verschleiss

Fazit und Relevanz für Monitoring

Die genannten Punkte zeigen deutlich:

Die reale Effizienz von Wärmepumpen wird nicht nur durch die Technologie selbst bestimmt, sondern massgeblich durch:

- Auslegung
- Betriebsbedingungen
- Regelung

Gerade diese Faktoren sind im heutigen System oft nur begrenzt transparent.

Die beschriebenen Herausforderungen unterstreichen die Bedeutung eines systematischen Monitorings:

- Abweichungen zwischen Planung und Realität werden sichtbar
- Fehlverhalten kann frühzeitig erkannt werden
- Optimierungspotenziale werden erschlossen

Anhang A14 Mögliches Geschäftsmodell und Geldflüsse einer CH-weiten Monitoring-Lösung

Folgende Abbildung zeigt die möglichen Geldflüsse für die Entwicklung und den Betrieb einer CH-weiten Monitoring-Plattform. Es handelt sich hierbei um einen Vorschlag des Projektteams.

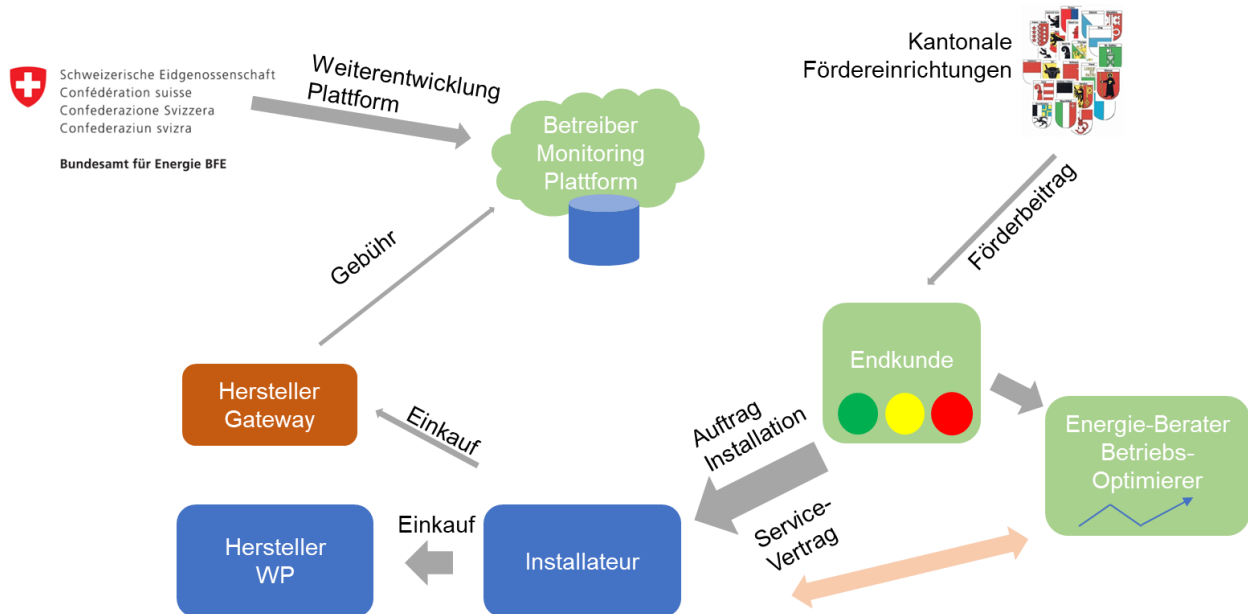


Abbildung 95: Mögliches Geschäftsmodell und Geldflüsse (Entwurf)

Als Anreiz für ein WP-Monitoring braucht es einen Förderbeitrag und gesetzliche Vorgaben. Der Förderbeitrag kann von den kantonalen Fördereinrichtungen kommen (vgl. dazu «Förderinstrumente» im nächsten Abschnitt). Der Endkunde beauftragt einerseits den WP-Installateur zur Planung, Installation und Inbetriebnahme seiner WP-Anlage. Mit diesem schliesst er auch einen allfälligen Service-Vertrag ab. Andererseits kann er einen (externen) Energieberater / Dienstleister mit der Betriebsoptimierung beauftragen. Der WP-Installateur beschafft neben der Wärmepumpe auch das Monitoring-Gateway und nimmt dieses beim Endkunden in Betrieb. Der Hersteller des Monitoring-Gateways liefert die Monitoring-Hardware und gewährleistet einen allfälligen Second-Level-Support gegenüber dem WP-Installateur. Er ist zuständig für die reibungslose Anbindung an die Monitoring-Plattform. Dafür zahlt er eine allfällige Zertifizierungsgebühr an den Monitoring-Anbieter oder eine dritte Zertifizierungsstelle (vgl. Abschnitt «Zertifizierung» weiter unten). Als Monitoring-Plattform wird die bestehende Plattform von Minergie als Basis empfohlen. Die Plattform muss allerdings entsprechend weiterentwickelt werden, um die Bedürfnisse des WP-Monitorings abzudecken (zusätzliche Kennzahlen, Daten, Auswertungen). Die nicht-amortisierbaren Mehrkosten sollten (teilweise) vom Bundesamt für Energie gedeckt werden können.