

# EFFIZIENZERHÖHUNG KOMPLEXER WÄRME- UND KÄLTETECHNIK DURCH SOZIOTECHNISCHE OPTIMIERUNG

Uta Böhm<sup>1</sup>, Oliver Buchin<sup>2</sup>, Heiner Wilkens<sup>2</sup>

1 Technische Universität Berlin, Zentrum Technik und Gesellschaft, Hardenbergstr. 16-18, 10623 Berlin, Tel.: +49 (0)30 314-28872, boehm@ztg.tu-berlin.de, <https://www.tu-berlin.de/ztg>

2 Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik, Marchstr. 18, 10587 Berlin, Tel.: +49 (0)30 / 314 – 73720, oliver.buchin@tu-berlin.de, <https://www.eta.tu-berlin.de>



© TU Berlin / O. Buchin, U. Böhm

**Kurzfassung:** Ein energieeffizienter Betrieb von Heizungs- und Kälteanlagen wird als Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele immer bedeutsamer [1]. Da zukunftsweisende Entwicklungen bisher primär technischen Innovationen zugeschrieben werden, wurden in den vergangenen Jahren in vielen Gebäuden moderne Pilotanlagen installiert. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass die prognostizierten Einsparungen meist nicht im erwarteten Umfang erreicht werden. Anhand der empirischen Ergebnisse des Forschungsprojektes ENGITO (Energieeinsparung durch gering-investive technische und organisatorische Maßnahmen an komplexen Wärme- und Kälteanlagen) wird deutlich, dass dies vielfach auf organisatorische Hemmnisse zurückzuführen ist, die bislang zu wenig berücksichtigt werden.

Der Beitrag widmet sich dem Zusammenwirken technischer und sozialer Faktoren beim Betrieb von Energieanlagen. Betrachtet werden dabei Anlagen in öffentlichen Berliner Nichtwohngebäuden wie Bildungs- und Forschungseinrichtungen, kommunale Unternehmen, Kindertagesstätten und Freizeiteinrichtungen. Es wird auf typische Hindernisse für den effizienten Anlagenbetrieb eingegangen und es werden Lösungsansätze für die Praxis dargestellt. Die Befunde lassen erkennen, dass arbeitsorganisatorische Aspekte bei der Gestaltung und Umsetzung zukünftiger Energiesysteme eine grundlegende Rolle spielen.

**Keywords:** Energieeffizienz, Wärmetechnik, Kältetechnik, soziotechnisches System, Systemeffizienz, Anlagenoptimierung

## 1 Einleitung

Der Wärme- und Kältebedarf in Gebäuden verursacht in Deutschland gut ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs (EEV). Im Jahr 2017 wurde in Deutschland für Raumwärme ca. 27 % des EEV, für Warmwasser ca. 5 % des EEV sowie für Klimatisierung ca. 0,4 % des EEV benötigt [2]. Zur Umsetzung der Energiewende im Wärmesektor ist daher neben einer rationalen Nutzung von Wärme- und Kälteenergie und einer möglichst umfassenden Einbindung erneuerbarer Energien auch die Optimierung bestehender Systeme erforderlich. Die Nutzung gering-investiver Maßnahmen zur Optimierung von Bestandsanlagen wird vielfach als wirtschaftlichste Möglichkeit der Energieeinsparung angesehen.

Der Beitrag basiert auf empirischen Ergebnissen des interdisziplinären Projektes ENGITO, das an der Technischen Universität Berlin von Januar 2017 bis August 2021 durchgeführt und durch das Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung (BENE) gefördert wird. Das Forschungsprojekt identifiziert technische und soziale Hemmnisse für den energieeffizienten Anlagenbetrieb in öffentlichen Liegenschaften, erarbeitet konkrete Optimierungsmöglichkeiten und begleitet deren Umsetzung in der Praxis.

## 2 Methodik

Der Betrieb komplexer Energieanlagen wird aus soziotechnischer Perspektive betrachtet. Die tatsächliche Systemeffizienz ergibt sich dabei aus dem Zusammenspiel zwischen einem technischen und einem sozialen Teilsystem [3]. D.h. es wird im Rahmen des techniksoziologischen Ansatzes der soziotechnischen Systeme davon ausgegangen, dass in Arbeitssystemen technische und soziale Teilsysteme unterschieden werden können, die sich wechselseitig beeinflussen. Bezogen auf den hier dargestellten Kontext umfasst das technische Teilsystem die komplexen Wärme- bzw. Kälteanlagen, die Gebäudeleittechnik, genutzte Werkzeuge (u.a. auch Software) sowie von den Liegenschaften definierte Anforderungen und Formalitäten. Das soziale Teilsystem besteht aus den Organisationsmitgliedern, d.h. den sozialen Akteuren, die als Beschäftigte der Organisation auf unterschiedlichen Ebenen für die Anlagen zuständig sind, sowie den Gebäudenutzer\*innen. Weiterhin zählen dazu die informellen Beziehungen der Organisationsmitglieder, ihre fachlichen Kompetenzen, Interessen und Bedürfnisse sowie der tatsächliche Umgang mit den Regelungen, der in der Praxis durchaus von den formalen

Festlegungen abweichen kann. Im Rahmen des Projektes wird davon ausgegangen, dass Hemmnisse nur hinreichend erkannt und Optimierungen nur erfolgreich umgesetzt werden können, wenn beide Teilsysteme in ihrem Zusammenwirken betrachtet werden. Probleme treten hingegen auf, wenn Optimierungspotentiale ausschließlich im technischen Teilsystem der Anlagentechnik verortet werden. Es wird daher dafür plädiert, Energieeffizienz als Ergebnis der verteilte Handlung zwischen Technik und sozialen Akteuren zu betrachten [4], und auf dieser Grundlage Anlagentechnik und arbeitsorganisatorische Strukturen gestalten zu können, die dauerhaft zu Energieeinsparungen beitragen.

Einen Überblick über das methodische Vorgehen bietet Abbildung 1. Den Ausgangspunkt der Analysen bildet das Zusammenwirken und das sich wechselseitige Beeinflussen des sozialen Systems (soziale Akteure) und des technischen Systems (komplexe Wärme- und Kälteanlagen) während des Anlagenbetriebs. In enger Kooperation erfolgten parallel technische und sozialwissenschaftliche Analysen, um typische technische Fehler und aktors- bzw. organisationsbezogene Hemmnisse im Rahmen dieser Wechselwirkungen zu identifizieren.

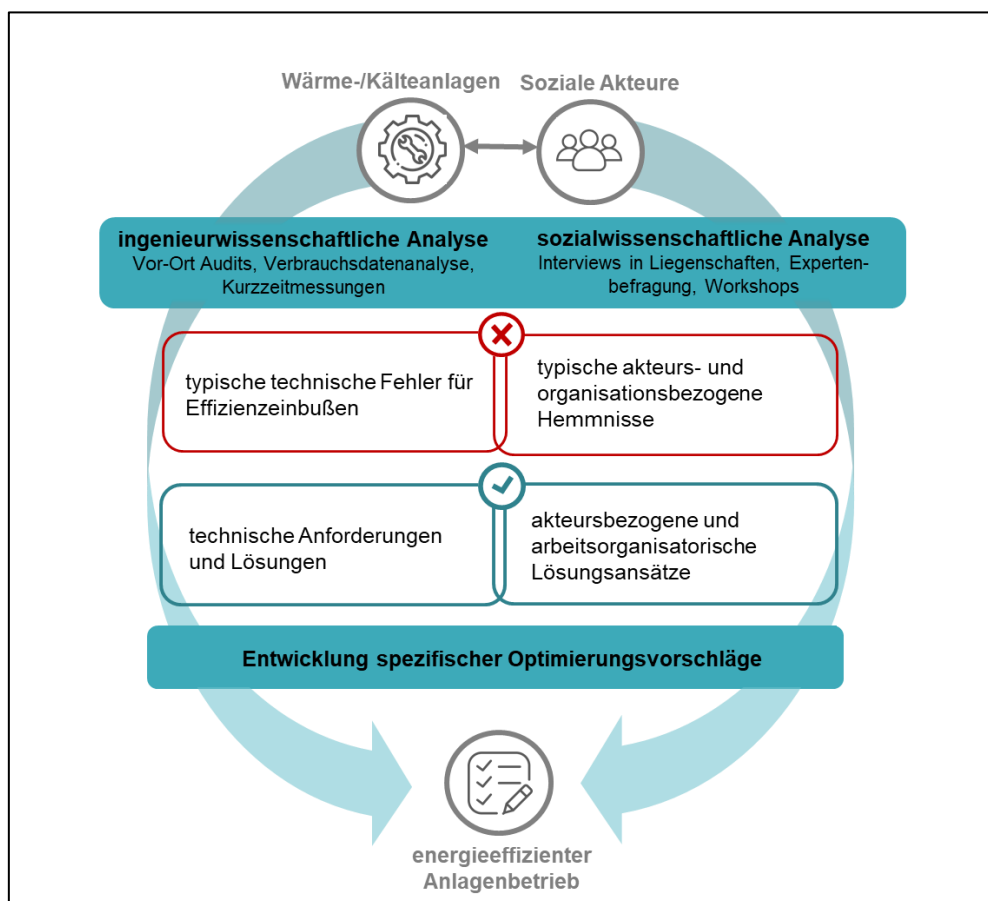


Abbildung 1: Methodischer Ansatz des Projektes ENGITO (eigene Darstellung, Icons Flaticon)

Mittels Vor-Ort Audits, technischer Kurzzeitmessungen und Verbrauchsdatenanalysen sowie sozialwissenschaftlicher Untersuchungen (Befragungen, Workshops) wurde der Betrieb komplexer Wärme- und Kälteanlagen in 18 öffentlichen Berliner Liegenschaften analysiert. Um ein breites Spektrum abzudecken, wurden gezielt Liegenschaften betrachtet, die sich hinsichtlich der technischen Ausstattung (Energieanlagen) sowie organisationsbezogener

Voraussetzungen (Anzahl der Beschäftigten, Organisationsstruktur, Arbeitsorganisation) unterscheiden.

Auf Grundlage der Befunde wurden sowohl technische Anforderungen und Lösungen als auch akteursbezogene und arbeitsorganisatorische Optimierungsmaßnahmen erarbeitet. Aus soziotechnischer Perspektive wurden daraufhin spezifische Optimierungsvorschläge für die teilnehmenden Liegenschaften entwickelt, deren Umsetzung im weiteren Projektverlauf evaluiert wird. Aus den Ergebnissen werden allgemeine Handlungsempfehlungen für den energieeffizienten Betrieb komplexer Energieanlagen abgeleitet.

## 2.1 Technische Messungen

Es wurden Systeme in 18 Liegenschaften untersucht, welche mindestens eines der folgenden Kriterien aufweisen:

- erneuerbare Erzeugerkomponente (u.a. Solarthermie, Wärmepumpen),
- komplexes Netz und komplexe hydraulische Verschaltung (z.B. kaskadierte Verteiler),
- Wärmerückgewinnung und/oder Kraft-Wärme-Kopplungskomponente (BHKW), oder
- komplexe Kälteanlage

Die untersuchten Anlagen weisen eine Nennwärme- bzw. Nennkälteerzeugungsleistung zwischen 36 und 2000 kW auf.

Die Analysen umfassten die Effizienz der Wärme- bzw. Kälteerzeugung, der Wärme- bzw. Kälteverteilung und der Nutzung. Die Messungen erfolgten bis zu den Einzelsträngen der letzten Verteilungsebene, um die strangweise Regelung zu bewerten. Die technischen Analysen erfolgen auf Grundlage nicht-invasiver Messungen von Temperaturen und Volumenströmen sowie der Auswertung von Verbrauchsdaten. Die Messtechnik umfasste mobile Clamp-On Ultraschalldurchfluss-Sensorik (Firma Flexim, Typ Fluxus) und Rohranlege-Temperaturfühler, welche überdämmt wurden, um Umgebungseinflüsse zu kompensieren. Die Auswahl der Messstellen, die Befestigung und ggf. notwendige Korrektur von systematischen Messabweichungen erfolgte entsprechend der Erkenntnisse des Projektes nivEx (EnEff:Wärme 01164633/1).

Die Dauer der Messkampagnen variierte abhängig von der Verzweigungstiefe und der Anzahl der Komponenten des Systems zwischen einer und drei Wochen. Für Detailmessungen wurden die Daten mindestens in Intervallen von 10 s erfasst. Abhängig von den Systemen wurden Messkampagnen in der Heizsaison und z.T. außerhalb der Heizsaison durchgeführt, um saisonal abhängige Optimierungspotenziale zu erfassen. Um eine Vergleichbarkeit verschiedener Messzeiträume zu erreichen, wurden die Außenlufttemperatur und die solare Einstrahlung mittels einer Wetterstation erfasst und die Messdaten entsprechend der Methode der Energieanalyse aus dem Verbrauch (EAV) bewertet.

## 2.2 Sozialwissenschaftliche Analysen

Ziel der sozialwissenschaftlichen Analysen ist es, organisations- und akteursbezogene Hemmnisse für den energieeffizienten Betrieb komplexer Wärme- und Kälteanlagen zu

identifizieren. Dazu wurden ausgewählte Vertreter\*innen der 18 teilnehmenden Berliner Liegenschaften sowie Expert\*innen relevanter Bereiche interviewt und Workshops mit Praxisvertreter\*innen durchgeführt (siehe Abbildung 2).

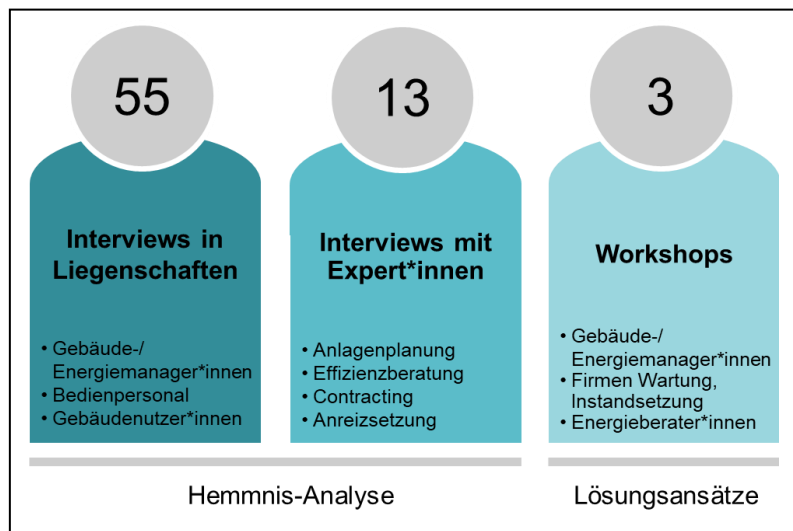


Abbildung 2: Sozialwissenschaftliche Erhebungen des Projektes ENGITO (eigene Darstellung)

Insgesamt wurden 68 qualitative, leitfadengestützte Interviews geführt. Befragt wurden 55 Akteure, die in den teilnehmenden Liegenschaften auf unterschiedlichen Ebenen für den Betrieb der analysierten Anlagen zuständig sind, u.a. Gebäude- und Energiemanager\*innen, das Bedienpersonal der Anlagen (i.d.R. Schlosser, Elektriker, Hausmeister) sowie auch Gebäudenutzer\*innen (z.B. Verwaltungsangestellte, Kita- und Schulleiter\*innen), mit denen über ihre Anforderungen an die Anlagen und ihre Einflussmöglichkeiten auf den effizienten Betrieb gesprochen wurde. Das Nutzerverhalten wurde als ein Einflussfaktor auf den energieeffizienten Anlagenbetrieb betrachtet. Im Focus standen jedoch erstgenannte Personengruppen, die im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit direkt auf den Anlagenbetrieb einwirken (können).

Zu jeder analysierten Anlage wurden drei bis vier Interviews mit Personen der unterschiedlichen Organisationsebenen geführt (Management, Bedienung, Nutzung). Inhaltliche Schwerpunkte der ca. einstündigen Gespräche waren arbeitsorganisatorische Aspekte (u.a. Arbeitsabläufe, Zuständigkeiten, personelle Ressourcen), Anforderungen und Rahmenbedingungen für den Anlagenbetrieb (z.B. Prioritäten der Liegenschaften, gesetzliche Regelungen, arbeitsmarktbezogene Voraussetzungen, externe Dienstleistungen), Kommunikationsstrukturen im Arbeitsalltag, Schwierigkeiten bezüglich des energieeffizienten Anlagenbetriebs sowie der Stellenwert von Energieeinsparungen im Arbeitsbereich. Neben den Akteuren, die direkt in den Anlagenbetrieb involviert sind, wurden insgesamt 13 Expert\*innen aus den Bereichen Anlagenplanung, Effizienzberatung, Anreizsetzung und Contracting zu hemmenden Faktoren für den effizienten Anlagenbetrieb und zu Maßnahmen für deren Bewältigung befragt. Alle Interviews wurden aufgezeichnet (Audioaufnahme), vollständig transkribiert, mittels der Analysesoftware MAXQDA codiert und

inhaltsanalytisch ausgewertet. Im Focus der Auswertung stand die Identifikation typischer sozialer Hemmnisse für den energieeffizienten Anlagenbetrieb.

In enger Kooperation mit dem ingenieurwissenschaftlichen Bereich wurden weiterhin drei Workshops mit Praxisvertreter\*innen der Bereiche Gebäude- und Energiemanagement, Energieberatung sowie Wartung und Instandsetzung durchgeführt, um praxistaugliche Lösungsansätze für die in den Interviews geschilderten Hindernisse zu entwickeln. Auf den Veranstaltungen wurden den Teilnehmenden zunächst die Ergebnisse der technischen Messungen und Befragungen vorgestellt. Nach der Diskussion der Ergebnisse und Schilderungen eigener Erfahrungen der Teilnehmer\*innen aus ihrem beruflichen Umfeld, wurden in Kleingruppen Vorschläge für praxistaugliche Maßnahmen erarbeitet. Die Diskussionsbeiträge und Ergebnisse der Workshops wurden protokolliert und in die Analyse einbezogen.

### **2.3 Synthese**

Die Ergebnisse der technischen Messungen, Befragungen und Workshops wurden verschränkt und in ihrem Zusammenwirken analysiert. Dabei wurde insbesondere betrachtet, inwiefern technische Fehler bzw. ineffiziente Betriebsweisen auf arbeitsorganisatorische Defizite zurückzuführen sind und welche konkreten Zusammenhänge zwischen den technischen und sozialen Faktoren bestehen. Beispielhaft wurden auftretende Fehlerketten und ihre organisatorischen Ursachen beschrieben.

Anhand der Befunde wurden für jede Anlage individuelle Optimierungsempfehlungen erarbeitet, die sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen enthalten. Sie wurden den Liegenschaftsvertreter\*innen zur Verbesserung der Energieeffizienz der analysierten Anlagen zur Verfügung gestellt und mit ihnen hinsichtlich der praktischen Umsetzung diskutiert.

Aus den Resultaten der Einzelergebnisse werden allgemeine Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Effizienz komplexer Energieanlagen mittels gering investiver Maßnahmen abgeleitet.

## **3 Ergebnisse**

In allen betrachteten Liegenschaften wurden technische Fehler und ungünstige organisatorische Bedingungen identifiziert [5]. In mehreren Fällen konnten technische Fehler an Anlagen ermittelt werden, welche von den Betreibern als gut funktionierend beschrieben wurden.

### **3.1 Ergebnisse der technischen Messungen**

Typische technische Fehler, die den effizienten Anlagenbetrieb beeinträchtigen, waren sehr oft in der Peripherie, d.h. im Leitungssystem und in der übergeordneten Regelstrategie verortet. Zum Beispiel waren Volumenströme häufig zu hoch eingestellt oder Temperaturniveaus nicht angepasst. Hydraulische Weichen führten in sehr vielen Fällen zu

einer Temperaturerhöhung. Die hohen Rücklauftemperaturen führten in den Wärmeerzeugern (Brennwertkessel, Wärmepumpen) zu verringerter Effizienz.

Es wurden mehrfach (3 von 5) Ausfälle oder starke Leistungsrückgänge des solarthermischen Wärmeerzeugers ermittelt. In diesen Fällen kompensierte das fossile Backupsystem den Ausfall. In einem Fall fiel auch das Backup-System aus und musste ersetzt werden.

Nutzungsseitig wurde festgestellt, dass mögliche Spielräume zur Temperaturabsenkung (Nachtabsenkung, Wochenendabsenkung) nur in wenigen Liegenschaften durchgeführt wurden. Insbesondere raumluftechnische Anlagen wurden nur unzureichend zeitgesteuert betrieben. In einem Fall wurde eine Notbeheizung dauerhaft betrieben.

In keiner der betrachteten Liegenschaften war eine vollständige Dokumentation der Anlagentechnik verfügbar. Vielfach waren Unterlagen aus der Planungsphase bereits überholt und R&I-Schemen in den Technikzentralen veraltet. In keiner Liegenschaft lag eine dokumentierte Regelstrategie vor.

In allen Liegenschaften werden aus Abrechnungsgründen Zählerstände erfasst. In einem Teil der Liegenschaften wurden auch weitere Messdaten erfasst (12 von 18). Allerdings wurden die Messdaten nur in sehr wenigen Fällen tatsächlich für eine Anlagenbewertung genutzt (4 von 12), sondern waren i.d.R. durch die Gebäudeleittechnik vorgegeben. Nur in einer der begleiteten Liegenschaften war ein strukturiertes Effizienzmonitoring erkennbar, bei dem die Effizienz der Erzeugerkomponenten geprüft und Effizienzverluste im System ausgeschlossen wurden.

### **3.2 Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Untersuchungen**

Hinsichtlich der Akteure und aus arbeitsorganisatorischer Sicht zeigt sich, dass insbesondere fehlende Anreize für Energieeinsparungen, eine geringe Priorität von Energieeffizienz im Vergleich zu anderen Anforderungen, unklare Zuständigkeiten und Personalmangel dazu führen, dass Anlagen oft jahrelang unentdeckt ineffizient betrieben werden [6]. Eine Übersicht über die in den Befragungen geäußerten Hemmnisse, die teilweise eng zusammenhängen, bietet Abbildung 3 (Aus methodischen Gründen wurden die angeführten Hemmnisse pro Liegenschaft nur einmal erfasst, auch wenn sie von mehreren Interviewpartner\*innen angesprochen wurden.).

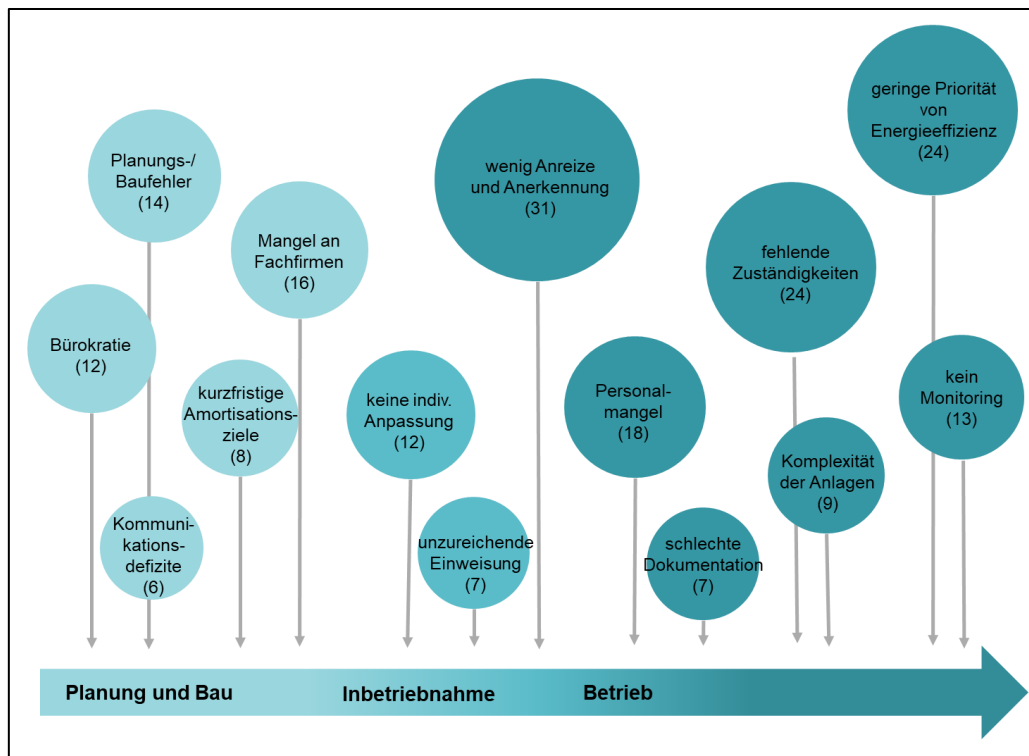


Abbildung 3: Typische Hemmnisse für den energieeffizienten Anlagenbetrieb  
(Datengrundlage: 31 Fälle, darunter 18 Liegenschaften und 13 Experteninterviews, eigene Darstellung)

In keiner der betrachteten Liegenschaften existieren maßgebliche materielle oder ideelle Anreize für Einsparungen und persönliches Engagement von Beschäftigten wird nicht ausreichend gewürdigt. So äußerte beispielsweise ein Befragter des Bedienpersonals: „*Ich habe nichts davon, wenn ich jetzt sparen würde. Nur mehr Arbeit und Stress.*“

Meist werden auch bei der Installation vorgenommene Einstellungen nicht an sich im Laufe der Zeit ändernde Bedarfe angepasst. Überwiegend erfolgt kein Energieeffizienz-Monitoring der betrachteten Anlagen und in den vereinzelt Fällen, in denen es durchgeführt wird, ist es nicht ausreichend (siehe Ergebnisse der technischen Messungen), so dass ineffiziente Betriebsweisen mitunter jahrelang nicht auffallen. Nur sechs von 23 befragten Personen des Bedienpersonals kümmern sich aktiv um einen effizienten Anlagenbetrieb. Auch die befragten Gebäude- und Energiemanager\*innen gaben mehrheitlich an, sich nicht ausreichend um die Effizienz einzelner Anlagen kümmern zu können, da die Versorgungssicherheit Priorität vor Energieeffizienz habe und ihre zeitlichen Ressourcen dafür nicht ausreichen würden. Da in den vergangenen Jahren in vielen Bereichen Personal abgebaut wurde, stehen aktuell in ca. der Hälfte der betrachteten Liegenschaften zu wenig entsprechend qualifizierte Beschäftigte für die Anlagenbetreuung und für Maßnahmen zur Überprüfung und Optimierung der Energieeffizienz zur Verfügung. Ein Gebäudemanager äußerte: „*Es wird nicht gern gehört, dass Energieeinsparung bei uns nicht so verfolgt wird. Aber wer soll es machen?*“

Beschäftigte, die sich trotz dieser schwierigen Rahmenbedingungen für einen energieeffizienten Anlagenbetrieb einsetzen, tun dies vor allem, weil ihre Vorgesetzten, die sich auch selbst häufig dafür engagieren, es erwarten. Hier wird der starke Einfluss, den die Leitungsebene in dieser Hinsicht hat, deutlich. Äußerst wichtig für den energieeffizienten Anlagenbetrieb seien engagierte Vorgesetzte, die etwas bewegen und die zuständigen



Personen innerhalb der Liegenschaften zusammenbringen. In diesen Zusammenhang äußerte ein Energiebeauftragter: „*Das Wichtigste sind die Menschen, die entscheiden.*“

Obwohl gesetzliche Vorgaben wie z.B. das Benennen von Energiemanager\*innen oder das Erfassen von Anlagendaten formal umgesetzt werden, entfalten sie aufgrund der Alltagspraxis (z. B. Ausbleiben der Datenauswertung und der Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen) meist nicht die gewünschte Wirkung. Bei nahezu allen Befragten besteht diesbezüglich ein Problembewusstsein, d.h. ein effizienter Betrieb der Anlagen wird als erstrebenswert betrachtet. Es mangelt jedoch an den organisationalen Voraussetzungen (Energiesparzielen, Handlungsmöglichkeiten, personellen und finanziellen Ressourcen).

Auch externe Wartungs- und Instandsetzungsfirmen kümmern sich selten um Aspekte der Energieeffizienz, da dies vertraglich überwiegend nicht vorgesehen ist und seitens der Kunden kaum nachgefragt wird. Vielfach wurde von den Gesprächspartner\*innen der Liegenschaften auch die Kompetenz externer Fachfirmen bemängelt und Unzufriedenheit mit der Qualität ihrer Leistungen geäußert. Aufgrund des deutschen Vergaberechts für öffentliche Aufträge sei man jedoch während der Vertragslaufzeiten an die Firmen gebunden und habe auch wenig Möglichkeiten, Firmen, mit denen man gute Erfahrungen gemacht hat, langfristig zu beauftragen, was als sehr nachteilig empfunden wird. Teilweise besteht jedoch auch Unkenntnis über die Auslegung der Vergabepaxis, insbesondere darüber, spezifische Anforderungen für Dienstleistungen selbst zu definieren.

In erster Linie sind bislang die Anlagenplaner\*innen, die nach den gesetzlichen Vorgaben (u. a. Energieeinsparverordnung EnEV) planen, für Energieeffizienz zuständig. Sie haben jedoch nur in der Planungsphase Einfluss. Nach Abschluss der Planung wird während des Betriebs die Effizienz der Wärme- und Kälteanlagen i. d. R. nicht mehr hinterfragt.

### **3.3 Ergebnisse der Synthese**

Nahezu alle identifizierten Fehler wären unter günstigen organisatorischen Bedingungen (z.B. durch regelmäßiges, fachgerechtes Monitoring) schnell aufgefallen und hätten rasch beseitigt werden können, um Effizienzeinbußen zu verhindern. Die Ausgestaltung des Monitoring-Systems als Mensch-Maschine Schnittstelle ist aus technischer Perspektive für die Systemeffizienz entscheidend und stellt oft eine Grundlage zur Durchführung organisatorischer Veränderungen dar.

Als grundsätzliches Problem erwies sich weiterhin, dass Energieeffizienz primär der Technik zugeschrieben und meist nicht als kontinuierliche Aufgabe für das Personal, das für den laufenden Anlagenbetrieb verantwortlich ist, betrachtet wird. Es wird überwiegend davon ausgegangen, dass die installierte Wärme- oder Kältetechnik entsprechend der Anlagenplanung „automatisch“ und weitgehend ohne Zutun effizient sei. Daher bestehen diesbezüglich i. d. R. keine verbindlichen Zuständigkeiten. Die Aufgabe der Beschäftigten in den Liegenschaften ist es, einen störungsfreien Betrieb sicherzustellen, bislang jedoch kaum, den energieeffizienten Betrieb aktiv zu unterstützen. Um die Störungsfreiheit zu gewährleisten und Nutzerbeschwerden (z.B. über zu kalte Räume) zu vermeiden, werden die Anlagen vielfach mit ineffizienten Einstellungen und bzw. oder in unnötigem Dauerbetrieb betrieben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die arbeitsorganisatorischen Bedingungen einen effizienten Anlagenbetrieb vielfach behindern und wesentlich dazu beitragen, dass die technischen Möglichkeiten der Anlagen nicht ausgeschöpft werden. Im Zuge der Kooperation mit den Praxispartner\*innen wurde deutlich, dass technische Optimierungen meist stärker akzeptiert und eher umgesetzt werden als Optimierungsvorschläge, die die Arbeitsorganisation betreffen. Die Befunde weisen darauf hin, dass dies vor allem daran liegt, dass Energieeffizienz primär der Technik zugeschrieben wird und organisatorische Veränderungen als aufwändiger und langwieriger betrachtet werden. Vor dem Hintergrund knapper personeller Kapazitäten und hoher Arbeitsbelastung ist daher eine Zurückhaltung gegenüber Veränderungen bestehender Arbeitsroutinen recht ausgeprägt. Zudem ist es für öffentliche Liegenschaften nach Angaben der Befragten verwaltungstechnisch meist leichter, finanzielle Mittel für technische Veränderungen bereitzustellen, als für (zusätzliches) Personal.

#### 4 Fazit und Lösungsansätze

Anhand positiver Beispiele aus den betrachteten Liegenschaften wird deutlich, dass der energieeffiziente Betrieb von Wärme- und Kälteanlagen durch eine entsprechende Ausrichtung der Arbeitsorganisation auf dieses Ziel hin wesentlich verbessert und langfristig sichergestellt werden kann. So konnten in acht von insgesamt 18 analysierten Fällen positive organisatorische Voraussetzungen für einen energieeffizienten Anlagenbetrieb festgestellt werden, die überwiegend auch mit einem technisch guten Anlagenzustand einhergehen. Aus diesen best practice-Fällen und weiteren Positivbeispielen, die von den befragten Expert\*innen angeführt wurden, lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

- **Energieeffizienz als wesentliches Kriterium neben Betriebssicherheit kommunizieren:** Der Stellenwert des energieeffizienten Betriebs der Anlagen kann im Arbeitsalltag erheblich durch die Leitungsebene beeinflusst werden, indem Vorgesetzte effizienzbezogene Maßnahmen unterstützen, diesbezüglich Ziele setzen, die für die jeweiligen Organisationseinheiten und Anlagenkomponenten operationalisiert werden, und entsprechendes Engagement der Beschäftigten anerkennen. In diesem Zusammenhang erscheint es auch als wichtig, Energiesparziele und erreichte Einsparungen regelmäßig zu kommunizieren, um alle relevanten Akteure zum Mitwirken zu motivieren und ihr Engagement aufrechtzuerhalten.
- **arbeitsorganisatorische Voraussetzungen schaffen:** Als besonders wichtig erscheint es, verbindliche Zuständigkeiten zu schaffen. Es sollte daher innerhalb der Liegenschaft bzw. innerhalb der Organisation eine konkrete Person benannt werden, die für den energieeffizienten Betrieb der Anlage verantwortlich ist und die mit anderen relevanten Akteuren diesbezüglich intensiv kommuniziert. Die Ausrichtung der Anlagentechnik auf einen effizienten Betrieb und dessen Aufrechterhalten sollte als Teil der Arbeitsprozesse verstanden und entsprechend mit personellen Ressourcen und Handlungsbefugnissen ausgestattet werden. Dies kann intern durch Aufbau eigenen Know-hows (z. B. im Rahmen des Energiemanagements) oder durch einen externen Dienstleister (z. B. Energieeinspar-Contracting) erfolgen. Für eine interne Lösung könnten z. B. Beschäftigte neben ihrer regulären Tätigkeit als Energieverantwortliche für das Gebäude gewonnen werden, wie es im Rahmen des

Energiemanagements der Stadt Frankfurt a.M. [7] bereits seit vielen Jahren erfolgreich praktiziert wird.

- **eine Monitoringstrategie formulieren:** Es sollte bereits mit der Anlagenplanung eine Monitoringstrategie entwickelt werden, die Anforderungen an die Messtechnik und Auswerterroutinen für ein Effizienzmonitoring umfasst. In festgelegten, regelmäßigen Abständen sollte die für den energieeffizienten Anlagenbetrieb zuständige Person ein Monitoring vornehmen oder beauftragen. Insbesondere innerhalb der Inbetriebnahmephase ist ein entsprechend detailliertes Monitoring vorzusehen. Die Ergebnisse (Daten) sollten dokumentiert werden. Auf Grundlage der Ergebnisse sollten Maßnahmen zur Optimierung der Anlagen abgeleitet werden, die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen beauftragt und deren Wirkung evaluiert werden.
- **Motivation durch Anreizsetzung:** Um das Engagement der beteiligten Akteure (insbesondere Bedienpersonal und Gebäudenutzer\*innen) für einen energieeffizienten Anlagenbetrieb zu erhöhen bzw. aufrechtzuerhalten, müssen attraktive Anreize geschaffen werden. Möglich wäre z. B. eine jährliche finanzielle Beteiligung der Nutzenden der Liegenschaft oder einzelner Organisationseinheiten an den erreichten Einsparungen. Prämienmodelle dieser Form werden u.a. an der Freien Universität Berlin [8], an der Technischen Universität Braunschweig [9], an einem Fachgebiet der Technischen Universität Berlin [10] sowie im Rahmen der Projekte Fifty/Fifty zu Energieeinsparungen an Schulen [11] angewendet. Als erfolgversprechend erscheint auch eine Beteiligung von Einzelpersonen an erzielten Energieeinsparungen wie sie die Energieverantwortlichen der öffentlichen Gebäude in Frankfurt a.M. erhalten [7]. Aber auch immaterielle Anreize wie Anerkennung, Lob und Unterstützung durch Vorgesetzte und Kolleg\*innen spielen entsprechend der Interviewergebnisse eine große Rolle.
- **mehr Aufmerksamkeit für Inbetriebnahme-Phase:** Um sicherzustellen, dass die Anlagentechnik tatsächlich an die spezifischen Bedingungen und Anforderungen der Liegenschaften angepasst wird (statt Standardeinstellungen zu übernehmen) und die zukünftig verantwortlichen Akteure ausführlich informiert und eingewiesen werden, sollte der Phase der Inbetriebnahme mehr Aufmerksamkeit beigemessen werden. Von den befragten Expert\*innen wurde angeregt, dafür eine zusätzliche Leistungsphase in der Honorarordnung für Architekten- und Ingenieurleistungen (HOAI) festzuschreiben. Liegenschaftsbetreiber sollten die Leistungen der Inbetriebnahmephase bereits detailliert vor der Auftragsvergabe definieren.

Auf Grundlage der spezifischen Ergebnisse der 18 Liegenschaften wurde zudem eine Checkliste entwickelt, mittels derer auf einfache Weise technische und organisatorische Potentiale für Energieeinsparungen an komplexen Wärme- und Kälteanlagen erkannt werden. Die Bewertungsmethodik erlaubt Vergleiche mit anderen Anlagen durchzuführen (Benchmarking) sowie abgeleitete geringinvestive Maßnahmen zu den identifizierten Optimierungspotentialen zu priorisieren. Im weiteren Projektverlauf wird diese Checkliste als Online-Anwendung (Engito Webapp) entwickelt, um insbesondere Gebäude- und

Energiemanager\*innen dabei zu unterstützen, komplexe Energieanlagen zukünftig effizienter zu betreiben (siehe auch [www.engito.info](http://www.engito.info)).

## Referenzen

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. S. 42-49.
- [2] UMWELTBUNDESAMT: Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme. Version: September 2019
- [3] Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. KIT Scientific Publishing.
- [4] Rammert, Werner (2016): Technik - Handeln - Wissen. Zu einer pragmatistischen Technik- und Sozialtheorie. 2., aktualisierte Auflage 2016. Wiesbaden: Springer VS.
- [5] Böhm, Uta; Buchin, Oliver (2019): Auswirkungen von organisationsbezogenen Rahmenbedingungen auf die Effizienz von Heizungs- und Kälteanlagen. In: InfrastrukturRecht 1, S. 2-4.
- [6] Böhm, Uta; Schäfer, Martina; Stadler, Maria (2019): Energieeffizienz im Spannungsfeld zwischen Anlagentechnik und sozialen Akteuren. Hemmnisse für den effizienten Betrieb komplexer Heizungsanlagen, in: TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, 28/3 (2019), S. 55-61.
- [7] Energiemanagement der Stadt Frankfurt am Main. Online verfügbar unter: <https://energiemanagement.stadt-frankfurt.de>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020
- [8] Prämiensystem der Freien Universität Berlin. Online verfügbar unter: [https://www.fu-berlin.de/sites/nachhaltigkeit/handlungsfelder/campus/energie\\_klimaschutz/praemien\\_system/index.html](https://www.fu-berlin.de/sites/nachhaltigkeit/handlungsfelder/campus/energie_klimaschutz/praemien_system/index.html). Datum des Zugriffs: 16.01.2020
- [9] Energiekostenbudgetierung an der TU Braunschweig. Online verfügbar unter: <https://www.tu-braunschweig.de/gb3/energiemanagement>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020
- [10] Prämienmodell der Technischen Universität Berlin. Online unter: [https://www.arbeitsumweltschutz.tu-berlin.de/menue/umweltschutz/energie\\_sparen/praemienmodell](https://www.arbeitsumweltschutz.tu-berlin.de/menue/umweltschutz/energie_sparen/praemienmodell). Datum des Zugriffs: 16.01.2020
- [11] Energiespar-Projekte Fifty/Fifty. Online verfügbar unter: <http://www.fifty-fifty.eu>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020