



VISE

Virtuelles Institut Smart Energy

Policy Brief

Februar 2019

Smarte Technologien für Unternehmen

Erste Erkenntnisse aus der Praxis und zukünftige Arbeiten

Autoren

**Technology
Arts Sciences**
TH Köln



Prof. Dr. Thorsten Schneiders, Lukas Hilger (TH Köln)

Marc Hesenius, Florian Weßling, Orlando Nguyen (paluno – Universität Duisburg-Essen)

Katja Witte, Felix Große-Kreul (Wuppertal Institut)

Dr. Christoph Feldhaus (WWU Münster)

Kontakt



WISE

Virtuelles Institut Smart Energy

E-Mail: info@smart-energy.nrw

Website: www.smart-energy.nrw

Gefördert durch



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Kurzfassung

Im Kontext der zunehmenden Digitalisierung der Energiewelt halten neue, smarte Technologien Einzug in die (Energie-)Wirtschaft. Im VISE-Forschungsprojekt „*Smarte Technologien für Unternehmen*“ werden darauf basierende Ansätze zur Verbesserung von Energieeffizienz sowie von Energie- und Lastmanagement gesichtet und hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeiten und Potentiale erforscht. Der Fokus liegt auf Anwendungen in kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs).

Die *Technische Hochschule Köln* beschäftigt sich dabei mit dem Technologie-Screening sowie der Planung und Durchführung von Anwendungstests in Unternehmen. Das Institut für Software-Technologie *paluno* der *Universität Duisburg-Essen* betrachtet geeignete Hard- und Softwareinfrastrukturen für smarte Technologien und analysiert die bestehende Netzwerkinfrastruktur in Unternehmen. Das *Wuppertal Institut* und die *Westfälische Wilhelms-Universität Münster* erforschen sozio-ökonomische Fragestellungen und insbesondere die Akzeptanz bei Unternehmerinnen und Unternehmern zur Nutzung smarter Technologien. Dieser interdisziplinäre Ansatz ermöglicht ein umfassendes Verständnis der Potentiale und Hemmnisse des Einsatzes smarter Technologien in KMUs aus technischer, IT-spezifischer und sozio-ökonomischer Sicht.

Die bisherigen Erkenntnisse des Forschungsprojekts zeigen, dass die große Bandbreite von Einsatzmöglichkeiten und Mehrwerten smarter Technologien vielen KMUs noch nicht bewusst ist. Bei KMUs, die sich in der Regel weniger mit dem Thema Energie auseinandersetzen als große Unternehmen, bestehen daher häufig große Einsparpotentiale. Diese können mit einer Kombination von klassischen Effizienzmaßnahmen und geeigneten „smarten“ Technologien erschlossen werden. Die Erforschung der relevanten Technologien und der individuellen Hemmnisse scheint in diesem Kontext ein vielversprechender Ansatz, um die Potentiale zu realisieren.

Vorstellung des
Forschungsprojekts

Interdisziplinärer
Forschungsansatz

1 Einsparpotentialen auf der Spur – Erfahrungen aus den Anwendungstests

Smarte Technologien wie **Smart Home-Systeme**, **Smart Meter**, **Intelligente Beleuchtungssysteme** und **Energiemonitoring-Systeme** sowie damit zusammenhängende (Energie-)Dienstleistungen werden heute vermehrt angeboten. Um die Einsatzmöglichkeiten dieser Technologien für Energieeffizienz, Energie- und Lastmanagement sowie Komfort in kleinen und mittleren Unternehmen zu identifizieren, werden im Rahmen des Projekts Anwendungstests durchgeführt.

Bei den Anwendungstests wird aus technischer, software-spezifischer und sozio-ökonomischer Perspektive betrachtet, welche Potentiale und Mehrwerte smarte Technologien für Unternehmen generieren können. Aus den Ergebnissen werden Ansätze für den produktiven Einsatz smarterer Technologien in KMUs abgeleitet.

Um die konkreten Einsatzpotentiale einzelner Technologien sowie die tatsächlichen Mehrwerte für die Nutzerinnen und Nutzer zu identifizieren, wird im Rahmen der Anwendungstests eine systemische Vorgehensweise gewählt, die eine energetische Analyse der Unternehmen miteinschließt. So wurde auch beim Schokoladenmuseum in Köln (siehe Abbildung 1) eine Analyse des Energiesystems sowie der Einsatzpotentiale smarterer Technologien durchgeführt.



Abbildung 1: Schokoladenmuseum Köln¹

Um das Energiesystem des Schokoladenmuseums mit den wesentlichen Energieträgern (i.d.R. Strom und Gas) zu analysieren, wurde die Verbrauchsstruktur der verschiedenen Gebäudeteile aufgeschlüsselt. Zur Identifikation der Energie- und Lastflüsse (Energieträger Strom) einzelner Teilbereiche sowie der energieintensiven Verbraucher wurde ein **mobiler Messkoffer** eingesetzt (siehe Abbildung 2). Durch die Auswertung der Messungen konnte zum

¹ Bachelorarbeit Clara Ukat, CIRE – TH Köln (2018)

Ausgestaltung
der Anwen-
dungstests

Praxisbeispiel
systemische
Analyse

Einsatz des mo-
bilien Messkof-
fers

Beispiel der Anteil einzelner Verbrauchergruppen am Gesamtstromverbrauch des Museums analysiert werden.



Abbildung 2: Messkoffereinsatz im Schokoladenmuseum (Foto: TH Köln)

Die Schaffung von Transparenz über Energie- und Lastflüsse ist ein wesentlicher Bestandteil für die Entwicklung von Energieeffizienzmaßnahmen. Neben der Analyse der Verbrauchsanteile können mit den Messdaten aufschlussreiche **Energiekennzahlen** (bspw. kWh pro produzierter Einheit, Vorgang, etc.) ermittelt werden. Im Falle des Schokoladenmuseums wurde unter anderem der Energieverbrauch mit Betriebsparametern wie den Besuchendenzahlen, den Außentemperaturen, dem Umsatz sowie der produzierten Menge Schokolade gekoppelt.

Basierend auf der Datenanalyse ergaben sich für das Schokoladenmuseum Köln vielfältige Einsparpotentiale. In diesem konkreten Fall könnte beispielsweise mit der Umsetzung aller identifizierten Maßnahmen der **Stromverbrauch um etwa ein Drittel gesenkt** werden. Dabei lässt sich dieses Potential in der Regel durch eine Kombination aus klassischen Energieeffizienzmaßnahmen (z.B. Umrüstung auf LED-Beleuchtung) und dem Einsatz smarter Technologien (z.B. Energiemonitoring und funkbasierte Gebäudeautomation) erschließen.

Darüber hinaus zeigen die bisherigen Analysen, dass das Einsatzpotential smarter Technologien für die unterschiedlichen Teilbereiche von Unternehmen variiert. Dies ist in Abbildung 3 dargestellt. So sind beispielsweise die für Heimautomation angebotenen Smart Home-Technologien in erster Linie im

Maßnahmen zeigen hohe Einsparpotentiale auf

Übergreifende Erkenntnisse aus den Analysen

Büro- und Verwaltungsbereich einsetzbar, während das Energiemonitoring eher im Bereich der (Niederspannungs-)Hauptverteilung² von Unternehmen Anwendung findet.

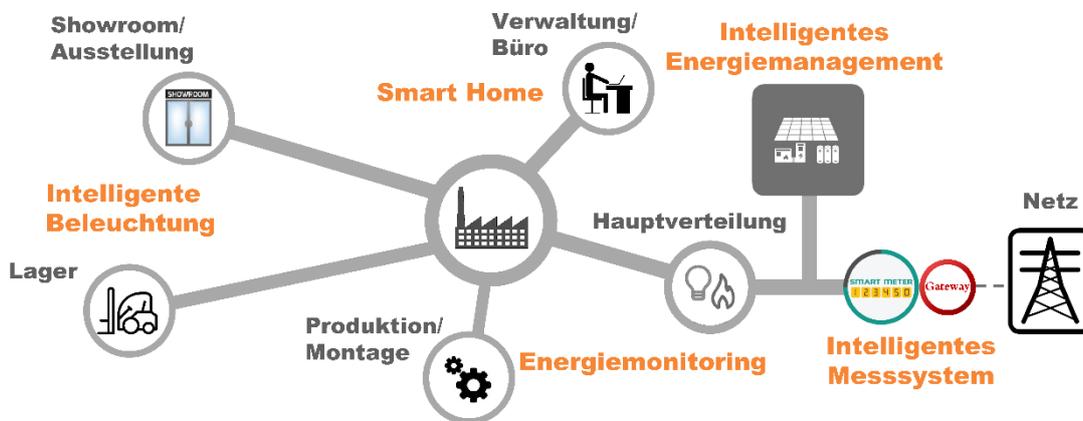


Abbildung 3: Standardisierter Einsatz von smarten Technologien in Teilbereichen des Unternehmens (Grafik: TH Köln)

Insgesamt bietet der Markt bereits viele Ansätze zum Einsatz smarter Technologien. Durch die bisherigen Arbeiten in den Unternehmen wurde aber auch deutlich, dass gerade bei KMUs kritisch evaluiert werden muss, welche Maßnahmen hinsichtlich der verfügbaren Investitionsmittel sinnvoll erscheinen. Darüber hinaus ist das Zusammenspiel der verschiedenen smarten Technologien in Bezug auf Schnittstellen und Kommunikationswege noch nicht ausreichend analysiert. Daher werden im Rahmen der nächsten Arbeiten des Forschungsprojekts weitere Ansätze entwickelt, um smarte Technologien produktiv in KMUs einzusetzen.

2 Interdisziplinärer Forschungsansatz

Das Thema „Smarte Technologien für Unternehmen“ wird aus **technischer**, **software-spezifischer** und **sozio-ökonomischer Perspektive** betrachtet. Dieser interdisziplinäre Ansatz ist erforderlich, da durch Digitalisierung hervorbrachte Innovationen nicht nur technische Veränderungen, sondern auch gesellschaftliche und soziale Veränderungen hervorrufen. In den nachfolgenden Abschnitten werden die fachspezifischen Problemstellungen zum Anwendungsfall „Schokoladenmuseum“ beschrieben, wodurch deutlich wird, dass durch interdisziplinäre Zusammenarbeit ein umfassendes Verständnis der Digitalisierung der Energiewirtschaft erreicht werden kann.

2.1 Technologien im Fokus – Technologie-Screening und Praxiseinsatz

Trotz der stattfindenden Technikdiffusion scheinen digitale Innovationen und Produkte in KMUs noch weitaus weniger genutzt zu werden als in großen,

**Brachliegende
Potentiale in
KMUs**

² Die Niederspannungshauptverteilung (NSHV) ist der zentrale Punkt der Energieversorgung eines oder mehrerer Gebäude (www.ndb.de)

energieintensiven Unternehmen. Laut IfM³ folgt jedes dritte KMU der Entwicklungen der Digitalisierung nicht, während große Unternehmen häufig zu den Pionieren zählen. Dabei bestehen gerade in KMUs hohe Effizienzpotentiale: Jedes dritte KMU kann durch Effizienzmaßnahmen die Energiekosten um bis zu 20 % senken⁴.

Die Betrachtung der Anbieterseite zeigt aber auf, dass smarte Produkte meist auf große Unternehmen mit entsprechend hohen Investitionsmöglichkeiten ausgerichtet sind. Darüber hinaus wird die mangelnde Kompatibilität zwischen Systemen häufig als aktuelle Problemstellung genannt⁵.

Unter dieser sozio-technischen Problemstellung beschäftigt sich die TH Köln im Rahmen des Forschungsvorhabens mit Möglichkeiten, die durch den Einsatz smarterer Technologien in KMUs geschaffen werden können. Praxisnahe Anwendungstests wie im Schokoladenmuseum helfen dabei, dazu notwendige Erfahrungen und Erkenntnisse zu generieren.

Einen Überblick zu auf dem Markt angebotenen smarten Technologien liefert ein kontinuierliches Technologie-Screening. Neben grundlegenden Informationen zum Aufbau und zu den Schnittstellen der Systeme liefert das Technologie-Screening auch eine Basis für den Vergleich und die Bewertung der Technologien. Abbildung 4 zeigt eine Übersicht über die sechs bisher identifizierten Technologie-Kategorien.

Technologie-Screening

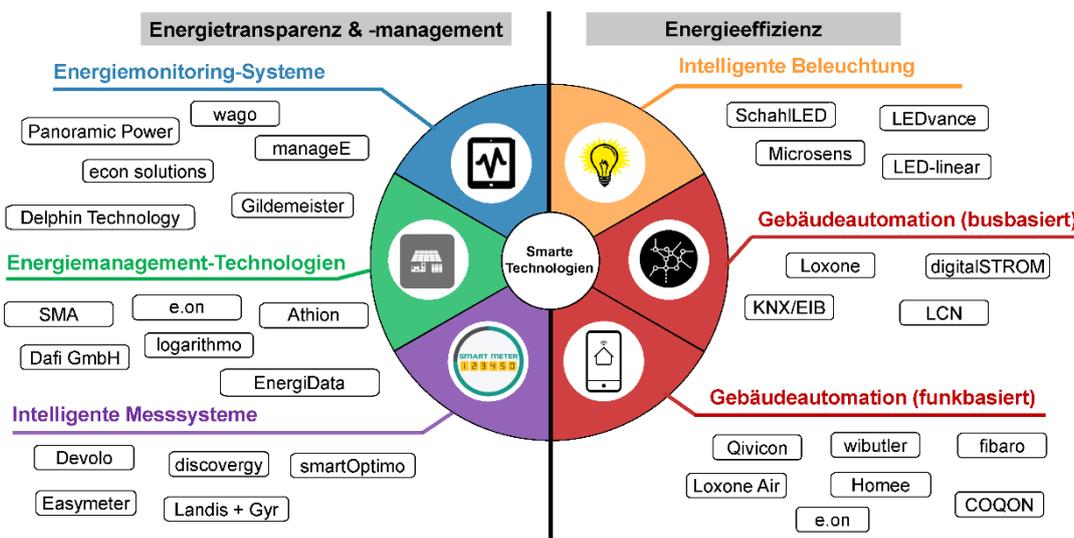


Abbildung 4: Überblick zum Screening smarterer Technologien in Unternehmen (Grafik: TH Köln)

³ Institut für Mittelstandsforschung (IfM) – Digitalisierungsprozesse von KMU im verarbeitenden Gewerbe (2017)

⁴ PricewaterhouseCoopers (PwC) – Energiewende Mittelstand (2015)

⁵ Energieinstitut der Wirtschaft GmbH – Pilotprojekt „Energieverbrauchsmonitoring in kleinen und mittleren Unternehmen“ (2011)

In den weiteren Arbeiten sollen basierend auf dem Technologie-Screening, dem aktuellen Stand der Forschung sowie den Erfahrungen aus den Anwendungstests weitere Nutzungsmöglichkeiten smarter Technologien in KMUs identifiziert werden. Als Rahmen dienen dazu die folgenden Forschungsfragen:

- Welche smarten Technologien können in KMUs eingesetzt werden (Untersuchung der technischen Machbarkeit und technischer Voraussetzungen)?
- Welche Anwendungsfälle und Einsatzpotentiale gibt es für smarte Technologien?

2.2 Engineering Prozess für den Einsatz smarter Technologien

In einem komplexen System aus Software- und Hardwarekomponenten (wie beispielsweise am Schokoladenmuseum) ist es schwierig alle relevanten Informationen der energetischen Analyse zu erfassen, auszuwerten und entsprechende Maßnahmen zur Optimierung zu ergreifen. Idealerweise wird dieser Prozess von Computersystemen unterstützt und möglichst stark automatisiert, um nicht nur einmalige Verbesserungsmaßnahmen durchzuführen, sondern dynamisch auf Änderungen der Situation zu reagieren.

Zur Einführung smarter Technologien in KMUs setzt das *paluno* daher Methoden und Modelle aus dem Software Engineering und dem Autonomic Computing ein, die somit nicht mehr nur noch auf Software beschränkt sind, sondern auch auf physische Objekte Anwendung finden. Hierbei sind besonders die agile Software-Entwicklung und der MAPE-K-Zyklus zu erwähnen.

Aufgrund der schwierig beherrschbaren Komplexität wird Software heutzutage mit einem agilen Ansatz entwickelt. Agil heißt hierbei im Wesentlichen, die Entwicklung iterativ durchzuführen: Es werden nur kleine Schritte unternommen und dabei sukzessive Erkenntnisse gesammelt, die in die nächsten Schritte einfließen können. So werden die Feedback-Schleifen klein gehalten und man gelangt in kürzeren Zeitintervallen zu greifbaren Ergebnissen. Auf diese Weise verhindert man auch ein zu starkes Abdriften der entwickelten Lösung von der ursprünglichen Problemstellung, da in kurzen und regelmäßigen Abständen eine Rückmeldung eingeholt und berücksichtigt wird.

In den KMUs sollen nach diesem Vorbild kleine Systeme mit smarten Technologien in prototypischer Weise entwickelt werden. Domänenexpertinnen und Domänenexperten im Unternehmen beurteilen anschließend, ob das System die geforderten Aufgaben erledigt. Da durch das Hinzukommen physischer Komponenten, beispielsweise in Form von Sensoren, die Komplexität ungleich höher ist als bei reinen Informationssystemen, soll mit der regelmäßigen Beurteilung sichergestellt werden, dass die Entwicklung in jeder Phase korrekt abläuft. Mit mehreren solcher Feedback-Schleifen wächst das System immer weiter an, sodass auch immer mehr Aufgaben automatisiert übernommen werden.

Agile Entwicklung

Hardware- und Software-Prototyp

Um den Grad der Automatisierung bestimmen zu können, wird der Kreislauf aus Monitor-Analyze-Plan-Execute und einer Wissensbasis „Knowledge“ (MAPE-K-Zyklus) zugrunde gelegt (vgl. Kephart & Chess 2003⁶). Das Ziel besteht darin, die Phasen im Zyklus schrittweise zu automatisieren und während dieses Prozesses das gewonnene Wissen zu sammeln.

Im Fall des Schokoladenmuseums stellt der Einsatz des mobilen Messkoffers eine Möglichkeit dar, die Monitor-Phase des MAPE-K-Zyklus zu automatisieren. Die Energieflüsse müssen dann nicht mehr manuell von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gemessen werden, stattdessen werden die Energiedaten jederzeit zentral zur Verfügung gestellt, nachdem die Anlage einmalig aufgebaut worden ist. Beim Aufbau konnten auch erste Erkenntnisse für die Wissensbasis (K) des MAPE-K-Zyklus gewonnen werden.

Automatisierung
des Energiemo-
nitorings

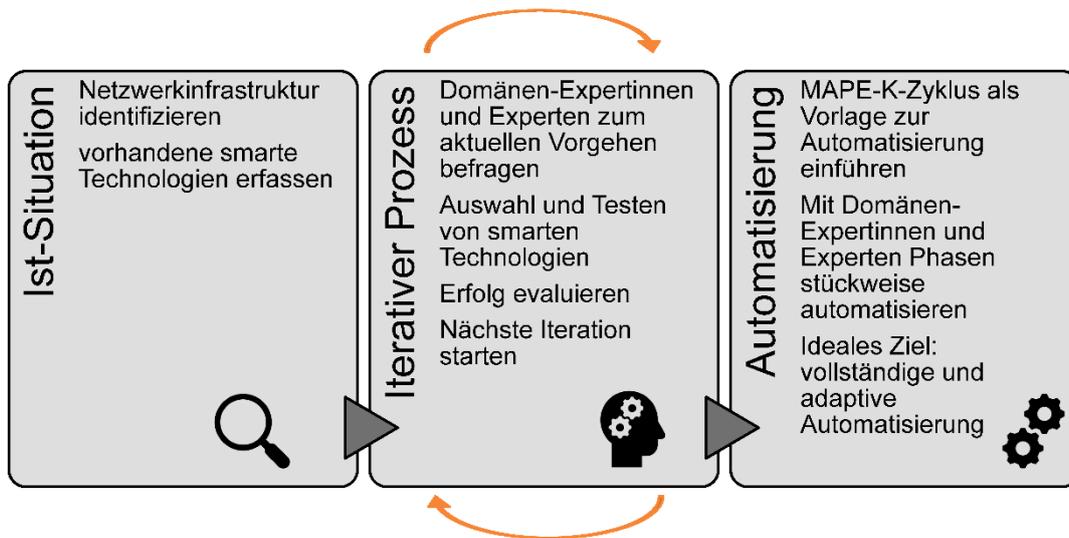


Abbildung 5: Überblick über den Engineering-Prozess zum Einsatz smarterer Technologien (Grafik: paluno)

Mithilfe der vorgestellten Methoden werden in den Unternehmen zunächst die individuellen Rahmenbedingungen ausgearbeitet, wie z.B. die vorhandene Netzwerkinfrastruktur, und anschließend verschiedene smarte Technologien mit bestehenden Systemen verbunden und in Betrieb genommen (siehe Abbildung 5). Durch Anwendungstests dieser Art soll untersucht werden, wie der Prozess zur Einführung und zur Automatisierung des Betriebs von smarten Technologien effizient gestaltet werden kann.

2.3 KMUs in zentraler Rolle – Einstellungen, Bedarfe, Hemmnisse

Derzeit wird politisch auf Wissenstransfer und Anreize zur Erschließung von Effizienzpotentialen in Unternehmen gesetzt und nicht auf verpflichtende Vorgaben. Ob und wie schnell smarte Technologien zur Energieeffizienzsteigerung zum Einsatz kommen, wird also maßgeblich durch individuelle Entscheidungen der Unternehmen bestimmt. Daneben können auch besonders

⁶ J. O. Kephart and D. M. Chess, "The Vision of Autonomic Computing", Computer vol. 36, no. 1, pp 41-50, Jan 2003.

innovative Technologien oder Marktentwicklungen Veränderungsdruck ausüben. Unter aktuellen Rahmenbedingungen kommt dem unternehmerischen Handeln also eine zentrale Rolle zu, um Energieeffizienzpotentiale zu realisieren.

Um entsprechende Anreize zu setzen, erscheint es wichtig zu erfahren welche Einstellungen Geschäftsführungen zu smarten Technologien und Energieeffizienz haben. Wie bekannt sind ihnen neue technologische Möglichkeiten? Welche spezifischen Bedarfe bestehen? Wo liegen in der Planung und Umsetzung konkrete Schwierigkeiten und Bedenken? Diese Fragen sind zentral, um aktuelle und zukünftige Entwicklungsdynamiken für smarte Technologien in KMUs zu verstehen und vorherzusagen.

Das Wuppertal Institut untersucht diese Fragen mit unterschiedlichen methodischen Zugängen zunächst durch qualitative Interviews mit ausgesuchten Unternehmen. Dabei werden Geschäftsführungen befragt, für die das Thema smarte Technologien noch neu ist sowie Unternehmen wie das Schokoladenmuseum, die gemeinsam mit der TH Köln neue technologische Möglichkeiten in Anwendungstests – den living labs – ausloten.

Zudem werden Fachgespräche mit verschiedenen Stakeholderinnen und Stakeholdern geführt. Dadurch können wichtige Faktoren identifiziert werden, die in quantitativen Onlinebefragungen genauer erforscht werden – z.B. personale Faktoren wie die individuelle Motivation, alltägliche Anforderungen, Unternehmensstrukturen und –kulturen und technologische Faktoren wie das Potential von Querschnittstechnologien.

Die quantitativen Onlinestudien werden durch das Wuppertal Institut und die WWU Münster durchgeführt. Dabei werden Einstellungen, Bedarfe und Hemmnisse in Unternehmen zur Nutzung smarterer Technologien und zur Erschließung Energieeffizienzpotentialen erhoben. Es soll auch eruiert werden, inwiefern smarte Technologien für KMUs bereits ein Thema sind und was sie von ihnen zukünftig erwarten und erhoffen.

3 Fazit und Ausblick

Das Projekt „*Smarte Technologien für Unternehmen*“ beschäftigt sich mit den Möglichkeiten und den Hemmnissen bezüglich der Digitalisierung der Energiewirtschaft in kleinen und mittleren Unternehmen. Ziel ist es, im Rahmen dieses Projektes konkrete Lösungsansätze basierend auf dem Einsatz Smarter Technologien zu entwickeln.

Die bisherigen Untersuchungen und Erkenntnisse aus dem Projekt zeigen, dass die Digitalisierung große Chancen für die Steigerung der Energieeffizienz sowie für das Energie- und Lastmanagement in KMUs bieten könnte. Ob und inwiefern diese Potentiale genutzt werden, hängt aber stark von den jeweiligen Technologien und ihrer Implementierungen sowie dem Informationsstand, den Einstellungen und Motivationen der Unternehmen ab.

Die Projektergebnisse liefern daher auch eine Basis, um politische Rahmenbedingungen zur Erschließung der Energieeffizienzpotentiale in KMUs durch Smarte Technologien zu schärfen. Die Erforschung dieser Faktoren kann dazu beitragen, Ansätze für eine erfolgreiche Digitalisierung der Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen abzuleiten.