

KEDi-Leitfaden

Wissensmanagement für Energieeffizienz in KMU

Dokumentation impliziten Wissens und
Einsatz digitaler, semantischer Technologien

Ein Projekt der

dena

Impressum

Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel: +49 30 66 777-0
Fax: +49 30 66 777-699
info@dena.de
www.dena.de

Kompetenzzentrum Energieeffizienz durch Digitalisierung (KEDi)

Ein Projekt der dena
Leipziger Str. 85 a
06108 Halle (Saale)
info@kedi-dena.de
www.kedi-dena.de

Autorinnen und Autoren:

Sebastian Wehking, Fraunhofer IPK
Till Tschiltschke, Fraunhofer IPK
Theresa Riedelsheimer, Fraunhofer IPK

Redaktion:

Samira Sonnack, dena
Dr. Konrad Gillmeister, dena
Elisa Strey, dena

Bildnachweis:

©metamorworks/Shutterstock.com (Titelbild)
©Fraunhofer IPK

Stand:

06/2026

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Die dena übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet die dena nicht, sofern ihr nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (dena, 2026): Wissensmanagement für Energieeffizienz in KMU. Dokumentation impliziten Wissens und Einsatz digitaler, semantischer Technologien. Berlin.



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie**

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Einleitung und Kontext	5
Grundlagen: Implizites Wissen, DIKW und Semantik	6
Semantische Technologien im Kontext Energieeffizienz	8
Dokumentationsansätze für implizites Wissen	13
Bewertung: Anwendbarkeit und Übertragbarkeit für KMU	17
Fazit	19

Zusammenfassung

Dieser Leitfaden zeigt, wie produzierende KMU ihr vorhandenes Wissen digitalisieren und dadurch für mehr Energieeffizienz nutzbar machen können. Wissen zum Betrieb von Anlagen und Prozessen ist oft personenbezogenes Erfahrungswissen (z. B. Einstellkniffe, Routinen beim Hoch- und Herunterfahren, Umgang mit Störungen), das bislang nur selten systematisch dokumentiert und digital genutzt wird. Außerdem wächst die Menge an Messdaten aus Zählern, Sensorik und Produktions-IT, die ohne geeignete Strukturierung und Verknüpfung ihr Potenzial für Effizienzsteigerungen nicht entfalten kann.

Der Leitfaden gibt einen kompakten Überblick über organisatorische, prozessorientierte und IT-gestützte Dokumentationsansätze und zeigt, wie diese schrittweise an digitale, semantische Technologien anschließen können. Er liefert methodische und konzeptionelle Bausteine, mit denen Unternehmen ihr digitales Wissensmanagement im Energiemanagement auf- und ausbauen können. Auf Basis einer systematischen Bewertung werden praxisnahe Einstiegslösungen von eher perspektivischen Leuchtturmansätzen unterschieden. So erhalten KMU eine Orientierung, welche Maßnahmen unter ihren individuellen Rahmenbedingungen kurzfristig umsetzbar sind und welche Schritte mittelfristig den Weg zu semantisch angereicherten Wissenssystemen ebnen.

Ziel ist es, KMU in die Lage zu versetzen, vorhandenes Wissen und Datenbestände so zu organisieren, dass Energieeffizienzpotenziale systematisch identifiziert, Entscheidungen fundierter getroffen und künftige Entwicklungen, etwa im Bereich KI und semantischer Technologien, vorbereitet werden. Die Zielgruppe sind Geschäftsführende, Energiemanagement, Produktion, Instandhaltung sowie IT/OT in KMU und Multiplikatorinnen und Multiplikatoren wie Energieberater und Verbände.

Einleitung und Kontext

Energieeffizienz in KMU hängt nicht nur von Technik, sondern maßgeblich vom vorhandenen Wissen über Anlagen, Prozesse und deren Betrieb ab. Dieses Wissen ist jedoch oft implizit und damit schwer nutzbar. Dieser Leitfaden gibt einen kompakten Überblick, wie KMU implizites Wissen gezielt dokumentieren und wie sogenannte semantische Technologien dabei helfen können, Energiedaten und Erfahrungswissen so zu verknüpfen, dass Effizienzpotenziale systematisch erschlossen werden.

1 Implizites Wissen und Energieeffizienz in KMU

Der effiziente Einsatz von Energie ist für produzierende kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zu einem strategischen Erfolgsfaktor geworden. Steigende Energiepreise, ambitionierte Klimaschutzziele und wachsende Anforderungen an Transparenz entlang der Wertschöpfungskette erhöhen den Druck, vorhandene Effizienzpotenziale systematisch zu erschließen. In der betrieblichen Praxis zeigt sich jedoch, dass technische Lösungen allein nicht ausreichen. Viele Effizienzgewinne beruhen auf implizitem Erfahrungswissen, das verteilt über verschiedene Bereiche und Personen im Unternehmen vorliegt. Typische Beispiele sind:

- die „Einstellkniffe“ erfahrener Maschinenbedienender,
- informelle Routinen beim Hoch- und Herunterfahren von Anlagen,
- eingespielte Reaktionen auf Störungen oder Lastspitzen,
- nicht dokumentierte Abwägungen bei der Planung und Durchführung von Energieprojekten.

Solch implizites Wissen ist ein zentraler Baustein erfolgreicher Energiemanagementsysteme, wird aber selten systematisch erfasst, digital dokumentiert und für andere nutzbar gemacht. Gleichzeitig wächst die Menge verfügbarer Daten durch Energiezähler, Sensorik, Produktions-IT und vernetzte Systeme rapide. Ohne geeignete Methoden zur Strukturierung und Verknüpfung dieser Daten bleibt ihr Beitrag zur Energieeffizienz begrenzt. Hier setzen digitales Wissensmanagement und semantische Technologien an. Digitales Wissensmanagement zielt darauf, relevantes Wissen zu identifizieren, digital zu dokumentieren, zu teilen und nachhaltig zu verankern. Semantische Technologien ermöglichen es, Daten und Informationen so zu beschreiben, dass ihre Bedeutung und Beziehungen maschinell verarbeitet werden können. Sie schlagen damit eine Brücke zu explizitem, strukturiertem Wissen und unterstützen automatisierte Auswertungen sowie wissensbasierte Entscheidungen. Für den Transfer in den Mittelstand ist ein strukturierter Überblick über den aktuellen Stand von Forschung und Technik eine wichtige Voraussetzung. Gleichzeitig benötigen KMU eine Orientierung, welche Ansätze unter ihren Rahmenbedingungen realistisch umsetzbar, wirtschaftlich sinnvoll und übertragbar sind.

2 Ziel des Leitfadens

Vor diesem Hintergrund verfolgt der vorliegende Leitfaden zwei zentrale Ziele:

1. Übersicht schaffen: Darstellung von Kernelementen von digitalem Wissen und korrelierenden semantischen Technologien sowie Benennung aktueller Dokumentationsansätze für implizites Wissen
2. Einordnung und Bewertung für KMU: Systematische Bewertung der Anwendbarkeit und Übertragbarkeit der identifizierten Lösungen und digitalen Technologien aus Sicht produzierender KMU mit unterschiedlichem Digitalisierungsgrad

Der Leitfaden richtet sich an Entscheidungstragende in produzierenden KMU, wie Geschäftsführung, Energiemanagement, Produktion, Instandhaltung sowie IT/OT, und an Multiplikatorinnen und Multiplikatoren wie Verbände, Energieberatende und Technologieanbieter. Im Vordergrund stehen methodische und konzeptionelle Ansätze, die es Unternehmen ermöglichen, ihr digitales Wissensmanagement im Energiemanagement zu stärken und perspektivisch von semantischen Technologien zu profitieren.

Grundlagen: Implizites Wissen, DIKW und Semantik

1 Implizites und explizites Wissen

Wissen lässt sich in implizites und explizites Wissen unterteilen, je nachdem wie Wissen vorliegt und wie es zugänglich ist. Implizites Wissen ist personengebunden und basiert auf Erfahrungen in einem spezifischen Kontext. Daher ist die breite Zugänglichkeit beschränkt und die Einbindung in digitale Systeme nur in Abhängigkeit von einzelnen Personen möglich. Beispiele hierfür sind:

- Bedienende wissen aus Erfahrung, welche Reihenfolge beim Hochfahren von Anlagen Lastspitzen vermeidet – häufig ohne, dass dies vollständig in einer Anweisung steht.
- Instandhaltungsteams kennen „Tricks“, um Aggregate so zu justieren, dass sie ruhig und effizient laufen, obwohl die offizielle Dokumentation nur Mindestvorgaben macht.
- Schichtleitende entwickeln Routinen, um Anlagen in Schwachlastzeiten gezielt abzuschalten, ohne dass diese Routinen formell, als Standardprozesse beschrieben sind.

Explizites Wissen ist systematisch dokumentiert, beispielsweise in Form von Dokumenten und Datenmodellen. In digitaler Form ist es effizient zu speichern, zu teilen und in digitalen Systemen zu verarbeiten. Typische Formen expliziten Wissens im Energiemanagement sind:

- Arbeits- und Betriebsanweisungen, Checklisten, Rüstpläne, Trainingsunterlagen,
- Messwerte (z. B. Zählerstände, Lastgänge, Temperaturverläufe), Testprotokolle,
- ausgewertete Kennzahlen (z. B. kWh pro Stück, spezifischer Energieverbrauch),
- technische Dokumentationen, Wartungspläne, Normen und interne Standards (z. B. für Abschaltzeiten, Druckluftniveaus).

Implizites und explizites Wissen greifen in Unternehmen ständig ineinander. Implizites Wissen wird teilweise explizit gemacht (Externalisierung), explizites Wissen wieder in Handlung und Erfahrung überführt (Internalisierung). Für das Energiemanagement bedeutet dies: reine Dokumentation genügt nicht, aber ohne dokumentierte Grundlagen kann das Erfahrungswissen der Mitarbeitenden nicht wirksam geteilt und weiterentwickelt werden. Normen wie die ISO 50001 stellen das Energiemanagement auf eine explizite Grundlage¹. Sie fordern u. a.:

- dokumentierte Energiepolitik, Energieziele und Aktionspläne,
- dokumentierte Energieplanung (Energieeinsatz und -verbrauch, relevante Variablen),
- dokumentierte Abläufe, Verantwortlichkeiten und Nachweise (z. B. für Schulungen, Wartungen, Überwachungen).

In der Praxis wird der Erfolg eines Energiemanagementsystems jedoch maßgeblich durch implizites Wissen in Betriebs- und Wartungsroutinen bestimmt. Solch implizites Wissen ist wertvoll, aber personengebunden. Es kann mit dem Weggang einzelner Personen verloren gehen und ist für andere schwer zugänglich. In diesem Kontext stellt der demographische Wandel Unternehmen vor die zentrale Herausforderung generationsübergreifend vorhandenes Wissen zu sichern. Gerade in KMU, in denen häufig wenige Personen mehrere Rollen abdecken, ist dieses Risiko besonders hoch. Für ein wirksames Energiemanagement in KMU kommt es daher darauf an, implizites Erfahrungswissen schrittweise explizit zu machen, ohne dabei die Mitarbeitenden mit übermäßiger Bürokratie zu überfordern.

¹ Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung, DIN EN ISO 50001:2018-12, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, Dez. 2018.

Genau hier setzen die in diesem Leitfaden beschriebenen Dokumentationsansätze an. Sie helfen, implizites Wissen so zu erfassen, dass es:

- teilbar und für neue Mitarbeitende nutzbar wird,
- auswertbar ist (z. B. für wiederkehrende Muster)
- und perspektivisch auch maschinell verarbeitbar wird.

2 Von Daten zum Wissen

Ein verbreitetes Modell im Wissensmanagement stellt die DIKW-Pyramide (D = Data, I = Information, K = Knowledge, W = Wisdom, engl. für Daten, Informationen, Wissen, Weisheit) oder auch Wissenshierarchie dar. Jede Ebene der Pyramide stellt die strukturelle Basis für die Folgeebene dar, die durch Transformationsprozesse erlangt wird². Auch wenn dieses Modell in seiner Linearität und Hierarchie eine starke Vereinfachung darstellt, gibt es einen guten Überblick über relevante Konzepte und Abhängigkeiten³. Die unterste Ebene der Pyramide bilden **Daten**, die diskrete, unverarbeitete Objekte darstellen und für sich genommen keine Bedeutung haben. Ein Beispiel hierfür sind separate Messwerte eines Energiezählers. Einen expliziten, aussagekräftigen Wert erzielen die Daten erst in Bezug auf einen Kontext auf der Ebene der **Informationen**. Zugrundeliegende Transformationsprozesse ermöglichen die Erzeugung strukturierter Daten durch u. a. Klassifizierung, Sortierung und Aggregation. Die Verknüpfung von Informationen und Anreicherung durch Expertenwissen und -fähigkeiten führt zur Ebene des **Wissens**. Hierdurch wird ein Verständnis der Relevanz und Verwendung von Informationen für ein bestimmtes Interessensgebiet ermöglicht. Die Spitze der Pyramide bildet das Konzept der **Weisheit**, die kumuliertes Wissen darstellt. Auf einem hohen Abstraktionsgrad ermöglicht diese den Transfer von Konzepten aus einer Wissensdomäne in neue Anwendungsbereiche.

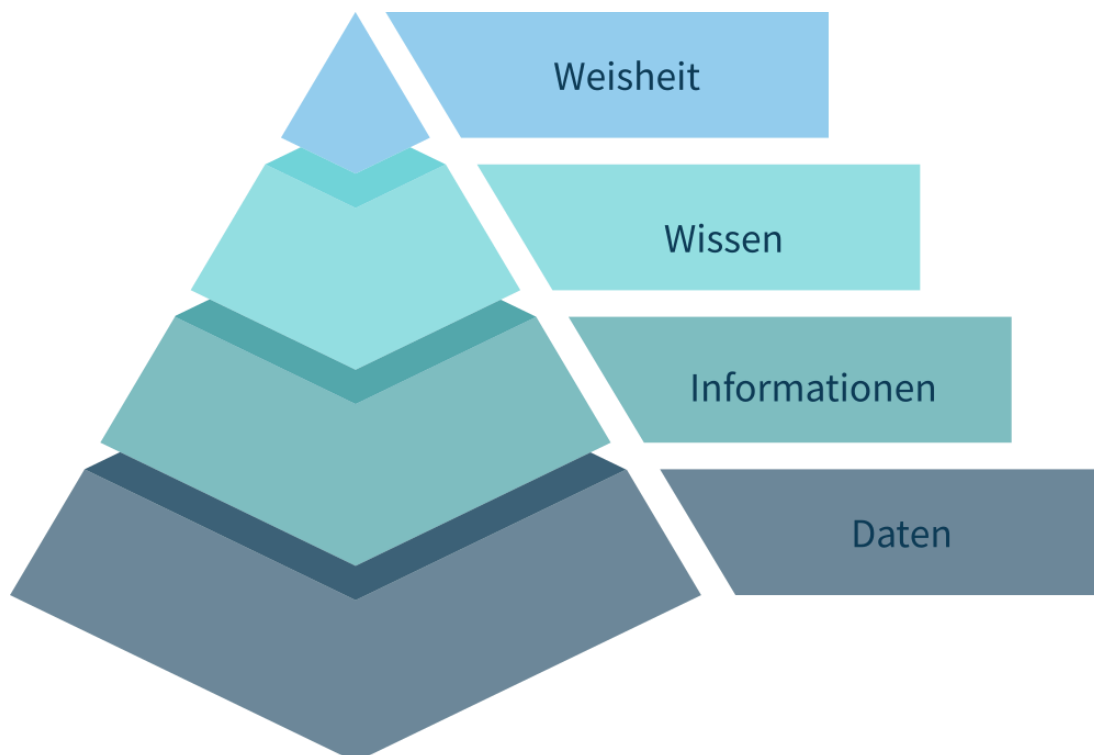


Abbildung 1: DIKW-Pyramide (D = Data, I = Information, K = Knowledge, W = Wisdom, engl. für Daten, Informationen, Wissen, Weisheit) nach Rowley²

² J. Rowley, "The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy", Journal of Information Science, Jg. 33, Nr. 2, S. 163–180, 2007, doi: 10.1177/0165551506070706.

³ M. Frické, "The knowledge pyramid: a critique of the DIKW hierarchy", Journal of Information Science, Jg. 35, Nr. 2, S. 131–142, 2009, doi: 10.1177/0165551508094050.



Auf der Datenebene kann beispielsweise ein einzelner, diskreter numerischer Messwert eines Energiezählers betrachtet werden. Die Aggregation und Klassifikation mehrerer Messwerte zum Gesamtverbrauch an Energie für einen bestimmten Produktionsschritt stellen eine Information dar. Relevantes Wissen wird durch die Verknüpfung von Verbrauchsdaten mit Betriebsparametern erzeugt, wodurch abgeleitet werden kann, dass der spezifische Energieverbrauch einer Anlage im Teillastbetrieb steigt. Auf der Ebene der Weisheit würde kumuliertes Wissen bezüglich Verbrauchsdaten, historischen Trends, bewährter Verfahren und der aktuellen Energiepreispolitik verwendet werden, um die strategische Einführung einer neuen energieeffizienten Technologie zu entscheiden. Das Beispiel verdeutlicht, wie die zunehmende Kontextualisierung und Anreicherung von Daten über die Ebenen der Wissenspyramide verlaufen. Neben der Bedeutung steigt auch der Wert der Daten, da die Einbindung in komplexe, domänenübergreifende Entscheidungsprozesse ermöglicht wird. Zudem wird langfristig sichergestellt, dass Wissen und unternehmensspezifischer Kontext nicht verloren gehen.

3 Semantik

Der Begriff Semantik existiert in unterschiedlichen Kontexten wie der Linguistik und Informationsverarbeitung und steht für die Beschreibung der Bedeutung von realen Konzepten. Während in der Linguistik die Bedeutung von Wörtern im Vordergrund steht, befasst sich die informationstechnische Semantik mit der maschinenlesbaren (formalen) Beschreibung von Zusammenhängen. Die Entwicklung solcher sogenannter Formalismen ist Teilgebiet der KI und zielt darauf ab, eine Wissensrepräsentation zu schaffen, mithilfe derer die menschliche Kompetenz, Probleme zu lösen, nachgebildet werden kann. Ein etablierter Ansatz zur formalen Repräsentation von Bedeutung stellt die Entwicklung semantischer Netze dar. In diesen werden Begriffe durch Relationen in einem Graph wie in einem Netzwerk miteinander verbunden. Die Bedeutung eines Begriffs ergibt sich dabei aus Relationen zu anderen Begriffen. Die technologische Implementierung semantischer Netze ermöglicht die maschinelle Verarbeitung des jeweiligen Kontextes. So können komplexe Zusammenhänge analysiert und Schlussfolgerungen, wie Handlungsempfehlungen, abgeleitet werden⁴. Im folgenden Abschnitt werden die grundlegenden Technologien näher ausgeführt.

Semantische Technologien im Kontext Energieeffizienz

1 Semantische Technologien

IT-Infrastrukturen in Unternehmen setzen sich meist aus einer Vielzahl von Subsystemen wie Enterprise Resource Planning (ERP), Product Data Management (PDM) oder Manufacturing Execution System (MES) zusammen. Dabei entstehen stark heterogene Systemlandschaften, in denen Daten in unterschiedlichen Formaten verwaltet werden. Eine zentrale Herausforderung im Energiemanagement besteht darin, verteilte Daten effizient zusammenzuführen. Hierbei ist sicherzustellen, dass der Datenursprung nachvollziehbar bleibt und Dopplungen in der Datenhaltung vermieden werden. Diese Anforderungen werden durch semantische Technologien adressiert. Diese umfassen im Kern Ansätze zur eindeutigen **Identifikation und Referenzierung** von Datenpunkten, zur **Beschreibung und Speicherung** von Datenpunkten und Beziehungen in einer maschinenlesbaren Sprache und zur **Abfrage** von Datenpunkten. Nachfolgend werden die wesentlichen Technologien an einem Beispiel beschrieben. Dabei wird gezeigt, wie Energieverbrauchsdaten mit einer Fräsanlage und einem bestimmten Prozessschritt verknüpfen werden können. Dieser Kontext wird in einem neutralen Datenformat abgebildet, um Daten aus unterschiedlichen Systemen (z. B. MES oder ERP) zu verknüpfen und zur Abfrage durch übergeordnete Anwendungen bereitzustellen.

Identifikation und Referenzierung

⁴ H. Stuckenschmidt, Ontologien. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011.

Die Grundlage für die eindeutige Identifikation und das Referenzieren von Datenpunkten bilden standardisierte Identifikatoren (Internationalized Resource Identifier - IRI). Standardisierte Schemata berücksichtigen hierbei verschiedene Aspekte wie den Namen, den Speicherort oder die Kodierung eines Datenpunktes.

Beispiel

Identifikator eines Sensormesswertes:

<https://domäne/energiemanagement/werk-01/Linie-03/anlage1/sensor1/messung/messung1>

Technologie

IRI

Beschreibung und Speicherung

Die Beschreibung von Datenpunkten wird durch maschinenlesbare Sprachen ermöglicht. Beispiele hierfür sind die eXtensible Markup Language (XML) und das Resource Description Framework (RDF). Hierbei wird eine sogenannte Triple-Struktur implementiert, die das Datenmodell eines Wissensgraphen abbildet. Dieses setzt sich aus einem Subjekt (Graphknoten), Prädikat (Graphkante) und Objekt (Graphknoten) zusammen. Die Graphkanten definieren die Beziehung der Graphknoten zueinander, wodurch eine Kontextualisierung entsteht, die ein eindeutiges Verständnis für einen Begriff schafft.

Beispiel

Zuordnung eines Stromsensors zu einer Fräsanlage in einer Triple Struktur aus Subjekt (S) – Prädikat (P) – Objekt (O):

Anlage1(S) - hatSensor(P) - Sensor1(O)

Technologie

XML, RDF

Die zugrundeliegende Triple-Struktur ermöglicht es Datenpunkte aus unterschiedlichen Domänen in einem flexiblen Datenmodell zu vernetzen. Die grundlegende Semantik des Wissensgraphen wird durch ein generalisiertes Schema definiert. Die Spezifikation eines solchen Schemas erfolgt im Rahmen einer strukturierten Beschreibung von Konzepten und ihren Beziehungen untereinander. Konzepte können hierbei sowohl physische Objekte (z. B. eine Fräsanlage) oder digitale Datenpunkte (z. B. ein Messwert) darstellen. Solch ein Schema wird auch Ontologie genannt. Zentral für die Erstellung einer Ontologie ist die Definition einer Hierarchie von Klassen zur Klassifizierung von Datenpunkten. Spezifische Datenpunkte eines Anwendungsfalls werden Instanzen genannt. Die Beschreibung von Klassen wird ergänzt durch Relationen, die zwischen den Klassen bestehen. Zur Ausarbeitung einer Ontologie wird auf standardisierte Schemata zurückgegriffen, die durch Standards wie RDF-Schema (RDFS) und Web Ontology Language (OWL) bereitgestellt werden.

Beispiel

Vereinfachte Ontologie mit Instanzen zur Darstellung des Zusammenhangs aus Prozessen, Anlagen und Sensoren im Kontext der Strommessung siehe Abbildung 2.

Technologie

RDFS, OWL

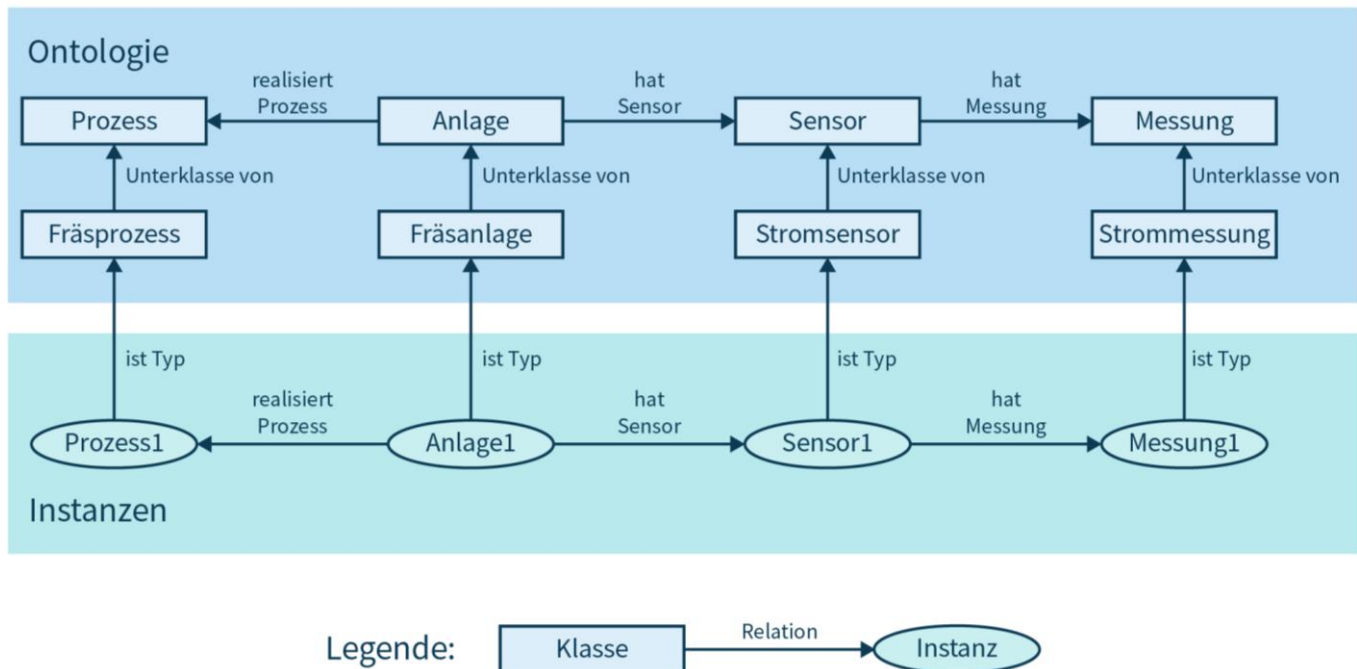


Abbildung 2: Beispiel einer Ontologie mit Instanzen im Kontext der Zuordnung eines Sensors zu einer Fräsanlage.

Abfrage

Die Umsetzung einer Ontologie bildet die Basis, um standardisierte Abfragen (englisch Query) an den Wissensgraphen umzusetzen. Durch die Abfragen werden Instanzen identifiziert, welche ein bestimmtes Graphenmuster erfüllen. Dieses Graphenmuster kann unter anderem das Vorliegen einer bestimmten Kombination aus Klassifizierung und vorliegenden Relationen umfassen. Hierfür existieren Abfragesprachen wie die SPARQL Protocol and RDF Query Language (SPARQL). Die Ergebnisse solcher Abfragen können im Rahmen komplexer Auswertungen und Systemen zur Entscheidungsunterstützung weiterverarbeitet werden. Die Ontologie kann auch mit weiteren logischen Beschreibungen ergänzt werden. Diese Logiken können durch spezielle Programme, sogenannte Reasoner, geprüft werden und bilden die Basis, um Instanzen automatisiert zu klassifizieren oder durch Relationen zu ergänzen (engl. Reasoning).

Beispiel

Vereinfachte Abfrage aller Fräsanlagen, welche über einen Stromsensor verfügen:

Auswahl:

Alle Instanzen für die gilt

Graphenmuster:

Instanz ist vom Typ Fräsanlage

Instanz hat einen Sensor

Sensor ist vom Typ Stromsensor

Technologie

SPARQL

Weitere Technologien

Im Bereich der Graphen-basierten Informationsverarbeitung gibt es auch weitere Technologien, wie zum Beispiel Eigenschaftsgraphen (engl. Property Graphs), die ergänzend zu einer Struktur aus Knoten und Kanten auch die Zuweisung von Eigenschaften ermöglichen. Zusammen mit spezifischen Abfragesprachen bietet dieses

Format andere Möglichkeiten als RDF-basierte Graphen. Die grundlegenden Bestandteile in der Anwendung sind aber vergleichbar, sodass an dieser Stelle auf eine eingehende Ausführung verzichtet wird.

2 Implementierung von Wissensgraphen

Kompetenzen

Um semantische Technologien im Rahmen eines Wissensgraphen umzusetzen, müssen verschiedene informationstechnische Komponenten und spezifische Kompetenzen vorhanden sein (s. Abbildung 3). Bestehende IT-Strukturen wie Datenbanken und Anwendungsschnittstellen werden dabei nicht ersetzt, sondern integriert. Wichtig ist, auf Datenebene zu definieren welche Datenpunkte für eine domänen-übergreifende Vernetzung im Rahmen eines Wissensgraphen relevant sind und wie deren aktuelle Datenverwaltung umgesetzt wird. Im Kontext des Energiemanagements sind beispielsweise Daten bezüglich Anlagen, Messwerten und Betriebsprofilen zu nennen. Aus dieser Übersicht von Datenpunkten wird ein semantisches Schema für die Strukturierung des Wissensgraphen abgeleitet. Hierbei sind bestehende Beschreibungsstandards zu berücksichtigen und eine begleitende Dokumentation aufzusetzen. Neben internen Expertinnen und Experten für Domänen ist auch fundierte Expertise bezüglich der Ontologie-Entwicklung und -Implementierung erforderlich. Wichtig ist außerdem langfristig Kompetenzen in der semantischen Datenintegration aufzubauen, um administrative Aspekte wie die Weiterentwicklung, Sicherung und Versionierung umzusetzen.

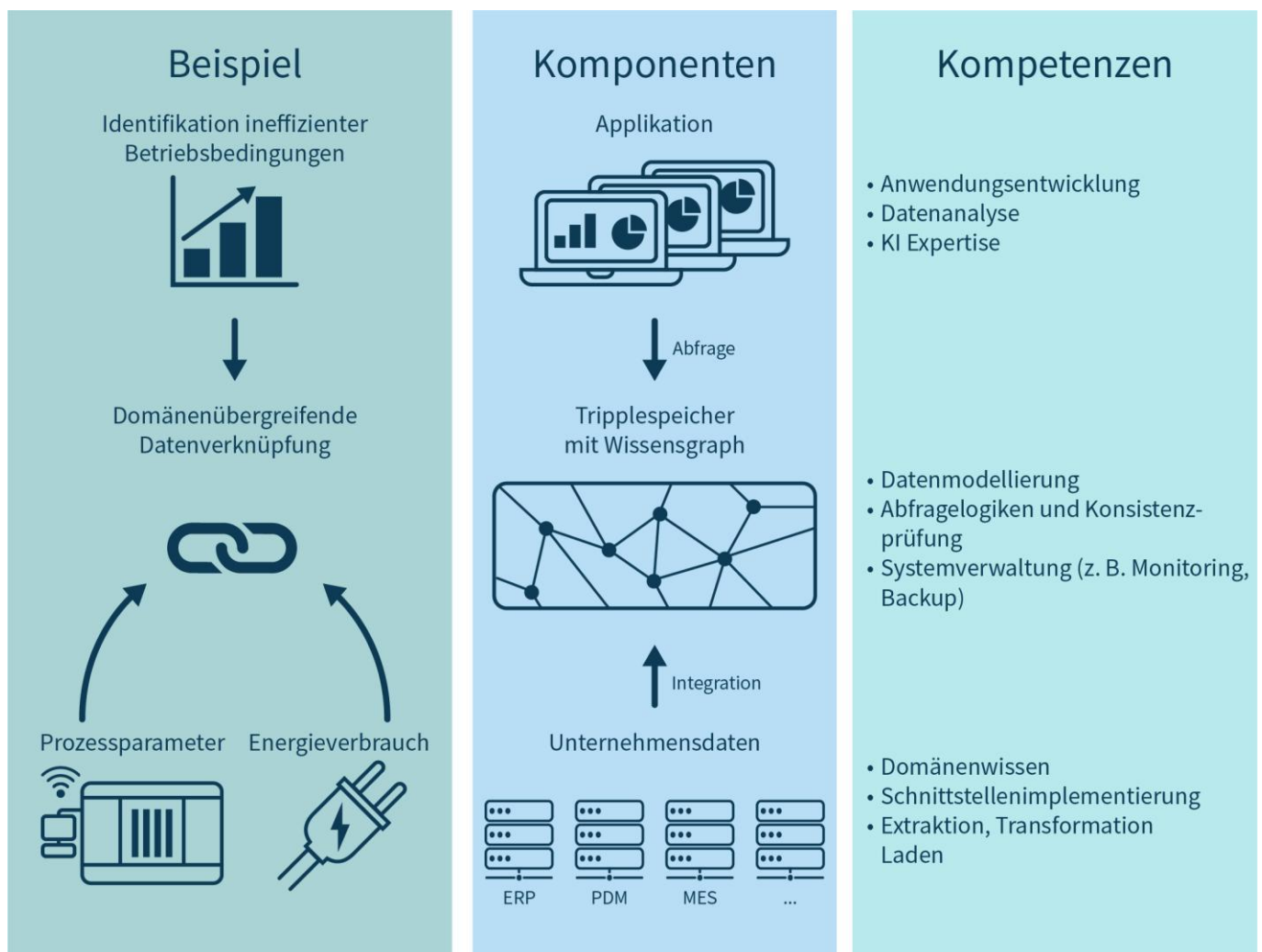


Abbildung 3: Komponenten und Kompetenzen zur Implementierung eines Wissensgraphen.

IT-Komponenten

Auf Ebene der IT-Infrastruktur ermöglicht ein geeigneter Speicher, ein sogenannter Triplespeicher die produktive Verwaltung eines Wissensgraphen. Bei der Auswahl des Triplespeichers sind Aspekte der Kompatibilität und Skalierbarkeit in Bezug auf unternehmens- und branchenspezifische Anforderungen zu berücksichtigen. Zudem sind Schnittstellen zur bestehenden Datenverwaltung erforderlich, um Daten aus verteilten Systemen wie ERP und MES zu integrieren. Neben der eindeutigen Identifikation und Referenzierung ist auch ein Mapping der Ontologie des Graphen umzusetzen. Für die Anbindung von Anwendungssystemen sind eine Schnittstelle und Logiken zur Abfrage (z. B. mittels SPARQL) von Informationen aufzubauen. Die grundlegenden Komponenten zur Implementierung eines Wissensgraphen sind in Abbildung 3 dargestellt.

Beispiele im Bereich Energieeffizienz

Eine mögliche Anwendung ist die maschinenlesbare Verknüpfung von Betriebs- und Energiedaten. Dafür werden Prozessparameter aus den Systemen der Produktionsplanung und -steuerung sowie Energiemesswerten aus dem Shopfloor zusammengeführt. Die Integration über einen Wissensgraphen ermöglicht die Anbindung verschiedener Datenformate, wenn deren Transformationslogiken Teil der semantischen Beschreibung sind. Innerhalb des Wissensgraphen erfolgt die Kontextualisierung beispielsweise mit Beschreibungen der Anlage, Messwerte und Lastprofilen (s. Abbildung 2). Unter Berücksichtigung des ontologischen Schemas lassen sich Abfragen definieren, die die schnelle Identifikation ineffizienter Betriebsbedingungen ausgeben. Diese Informationen können anschließend in Systemen der Produktionsplanung als Entscheidungsunterstützung zur energieoptimierten Prozessauslegung verwendet werden (s. Abbildung 3).

Der Anwendungsfall kann erweitert werden, indem prozess-basierte Energiedaten mit zugehörigen Produktmerkmalen verknüpft werden. Zum Beispiel kann der Energieverbrauch bei der Herstellung eines Fräsmusters in einem Strukturbauteil erfasst werden. Wird diese Verknüpfung aus Produktmerkmalen und Produktionsprozessen innerhalb des Wissensgraphen abgebildet, lässt sich eine Aggregation des Energieverbrauchs auf der Produktebene realisieren. Dies ermöglicht beispielsweise die automatisierte Einbindung in eine Ökobilanzierung zur Berechnung des CO₂-Fußabdrucks. Neben Effizienzgewinnen bei der Erstellung entsprechender Reportings wird so auch nachvollziehbar gemacht, woher Energiedaten stammen und wie sie zusammenhängen.

Die oben beschriebene Strukturierung unternehmensinterner Daten hat noch einen weiteren entscheidenden Vorteil: Sie bildet die Grundlage zur Verarbeitung der Daten mit Künstlicher Intelligenz. Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass das Zusammenspiel aus Sprachmodellen der KI und Wissensgraphen durch sogenanntes Retrieval Augmented Generation (RAG) hohes Potenzial hat. Hierbei werden Anfragen an das Sprachmodell in Abfragen an den Wissensgraphen überführt und der rückgegebene Kontext in die Erzeugung einer Antwort eingebunden. Wissensgraphen bilden somit die Basis zur Bereitstellung strukturierter Daten des unternehmensspezifischen Kontextes. Zum einen können unternehmensspezifische Daten somit ohne umfangreiche Trainingsprozesse eingebunden werden. Zum anderen wird durch die strukturierte Datenbasis auch die Zuverlässigkeit von Ergebnissen erhöht. Ein Wissensgraph hilft also Unternehmen dabei, Daten aus verschiedenen Domänen und Formaten zu verbinden. Aufbauend auf dieser Interoperabilität lassen sich komplexe Services realisieren und gleichzeitig eine Basis geschaffen, um zukunftsorientierte Potenziale im Bereich der KI zu erschließen.

Dokumentationsansätze für implizites Wissen

Implizites Wissen zu energieeffizientem Anlagenbetrieb oder zu sinnvollen Maschinenfahrweisen entsteht überwiegend in der täglichen Praxis und bleibt häufig an einzelne Personen gebunden. Um dieses Wissen für das Unternehmen nutzbar und übertragbar zu machen, braucht es geeignete Dokumentationsansätze. Insbesondere der heterogene Digitalisierungsgrad von KMU (wie im Reifegrad der Digitalisierung des KED⁵ beschrieben⁵) spielt hier eine große Rolle. Für den Einsatz der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen semantischen Technologien ist die Verfügbarkeit verknüpfter Daten eine Mindestanforderung. Die folgenden Abschnitte stellen organisatorische, prozessorientierte und IT-gestützte Lösungsansätze vor, die in KMU mit überschaubarem Aufwand eingeführt werden können und zugleich eine Brücke zu späteren semantischen Lösungen schlagen. Es werden bewusst unterschiedliche Komplexitäts- und Vernetzungsgrade berücksichtigt, da Unternehmen selten mit digitalen, semantischen Technologien in das Wissensmanagement einsteigen.

1 Organisatorische und prozessorientierte Ansätze

Erfahrungsberichte, Lessons Learned, After-Action-Reviews zu Energieprojekten

Bei Energieprojekten (z. B. Einführung eines Energiemonitorings, Austausch von Anlagen, Optimierung von Druckluft- oder Beleuchtungssystemen) entstehen zahlreiche Erkenntnisse: Welche Maßnahmen haben tatsächlich Einsparungen gebracht? Welche Annahmen waren falsch? Wo gab es unerwartete Nebeneffekte im Betrieb? Durch strukturierte Erfahrungsberichte, Lessons Learned oder After-Action-Reviews werden diese Erkenntnisse nach Projektende systematisch erfasst. Hierbei sollte die Dokumentation möglichst einheitlich gehalten werden. Typische Energieeffizienz-Anwendungsfälle sind abgeschlossene Energieaudits, ISO-50001-Maßnahmenprogramme oder Investitionsprojekte mit Energiebezug. Auch wenn für die nächsten Jahre keine größeren Maßnahmen geplant sind, bietet das dokumentierte Wissen eine fundierte Grundlage für zukünftige strategische Entscheidungen und Weiterentwicklungen im Bereich Energieeffizienz.

Werden die Berichte mit einheitlichen Begriffen, IDs für Anlagen und einfachen Metadaten (z. B. Maßnahmenart, erwartete/erreichte Einsparung) erfasst, können die enthaltenen Maßnahmen, Ursachen und Effekte direkt als Knoten und Beziehungen in einen Wissensgraphen überführt werden. So lassen sich die Erfahrungen später gezielt nach Anlagentyp, Medium oder Wirkung abfragen und als strukturierte Wissensbasis für KI-gestützte Assistenzsysteme nutzen.

Stärken: sehr geringer IT-Bedarf, schnelle Umsetzung, hohe Wirkung für Wissenssicherung, eignet sich besonders für erste Schritte

Schwächen: Qualität und Tiefe hängen stark von Moderation und Beteiligung ab, ohne klare Verantwortlichkeiten werden Lessons Learned oft nicht aktualisiert oder angewendet

Lern- und Verbesserungsroutrinen (KVP-Runden mit Fokus Energie, Shopfloor-Boards)

Kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) und Shopfloor-Management, also Führung am Ort der Wertschöpfung, z. B. direkt in der Produktion, sind in vielen Unternehmen etabliert. Durch einen expliziten „Energie-Blick“, wie feste Energie-Kennzahlen am Shopfloor-Board, regelmäßige KVP-Runden zu Energiefragen oder Ideenwerkstätten für Effizienzmaßnahmen, können implizite Beobachtungen systematisch adressiert werden. Energieeffizienzbeispiele sind Hinweise von Mitarbeitenden auf Lastspitzen, ineffiziente Leerlaufzeiten, suboptimale Reinigungszyklen oder wiederkehrende Störungen mit Energiebezug.

Wenn Ergebnisse aus KVP-Runden und Hinweise vom Shopfloor mit standardisierten Tags (z. B. „Druckluft“, „Ofen“, „Leerlauf“) und Referenzen auf konkrete Anlagen, Linien oder Prozessschritte dokumentiert werden,

⁵ <https://www.kedi-dena.de/industrie/>

können sie als Ereignisse und Maßnahmenvorschläge im Wissensgraphen modelliert werden. Dadurch werden wiederkehrende Muster und Querverbindungen semantisch auswertbar und können mit Messdaten und Kennzahlen verknüpft werden.

Stärken: fördert die Beteiligung der Mitarbeitenden, erschließt kleinteilige, sonst übersehene Potenziale, lässt sich gut mit bestehenden Qualitätsstrukturen verbinden

Schwächen: Wirkung hängt stark von Führung und konsequenter Umsetzung ab, Ergebnisse müssen aktiv dokumentiert und in zentrale Wissensspeicher überführt werden

2 Dokumentationsansätze nahe am Shopfloor

Digitale Arbeitsanweisungen mit Energiehinweisen

Digitale Arbeitsanweisungen (z. B. über Tablets, einfache PDF-Dokumente oder Videodokumentation) können um konkrete Energiehinweise ergänzt werden: empfohlene Best-Practice-Einstellwerte, Hinweise zu optimalen Reihenfolgen, Warnhinweise bei ineffizienten Betriebszuständen oder Checklisten zur energieeffizienten Rüstung. Energieeffizienz-Anwendungsfälle sind v. a. wiederkehrende Abläufe mit hohem Energieeinsatz oder solchen, bei denen Fehlbedienung schnell zu Mehrverbrauch führt.

Werden Arbeitsschritte, Einstellparameter und Energiehinweise in digitalen Anweisungen mit konsistenten Begriffen und IDs für Anlagen, Medien und Betriebszustände hinterlegt, lassen sich diese als Soll-Zustände und Regeln im Wissensgraphen abbilden. So können Abweichungen zwischen empfohlenem und tatsächlichem Betrieb automatisiert erkannt und für wissensbasierte oder KI-gestützte Assistenzfunktionen genutzt werden.

Stärken: direkte Unterstützung im Arbeitsprozess, einfache Aktualisierbarkeit, gute Grundlage für spätere Auswertungen (wenn strukturierte Felder genutzt werden)

Schwächen: erfordert gewisse Grund-IT und Disziplin bei der Pflege, zu umfangreiche Dokumente werden von Mitarbeitenden oft nicht vollständig gelesen, Videodokumentation ist schwer mit anderen Daten verknüpfbar

Betriebsbegleitende Logbücher zu Störungen und Energieauswirkungen

Digitale oder analoge Logbücher ermöglichen Beobachtungen zu Störungen, Lastspitzen oder auffälligen Verbrauchsmustern in Echtzeit festzuhalten. Ergänzt um einfache Felder zu Zeitpunkt, Anlage, Betriebszustand und vermuteter Ursache entsteht ein wertvoller Fundus an Erfahrungswissen, der später ausgewertet und mit Messdaten verknüpft werden kann. Beispiele sind Lastspitzen bei Schichtwechseln, erhöhte Verbräuche nach Wartungen oder auffällige Verbräuche bei bestimmten Auftragsarten. Um die Formatierung der Dokumentation möglichst konsistent zu halten, sollten vorab festgelegte Formulare verwendet werden.

Strukturiert erfasste Logbucheinträge (Anlage, Zeitpunkt, Betriebszustand, Störung, vermutete Ursache, Energieeffekt) können direkt als Ereignisknoten mit Beziehungen zu Anlagen, Schichten und Messpunkten in einen Wissensgraphen überführt werden. Damit entstehen semantisch verknüpfte Verlaufsdaten, die sowohl für automatisierte Auswertung (z. B. Erkennen typischer Störmuster) als auch für ML-basierte Anomalieerkennung nutzbar sind.

Stärken: geringe Einstiegshürde, schnelle Umsetzung, direkte Einbindung der Mitarbeitenden

Schwächen: heterogene Qualität der Einträge; ohne Auswertung sinkt die Motivation zur Pflege, spätere Digitalisierung und Strukturierung (z. B. Überführung in eine Wiki-Struktur) empfehlenswert

3 IT-gestützte, strukturierte Wissensspeicher

Dokumentenbasierte Ansätze

Dokumentenbasierte Ansätze umfassen klassische Dateien wie Textdokumente, Tabellen, Präsentationen oder PDF-Berichte, die zentral abgelegt und versioniert werden, etwa auf Netzlaufwerken oder in SharePoint-Umgebungen. Im Energiemanagement werden auf diese Weise typischerweise Energieberichte, Lastganganalysen, Audit-Protokolle nach ISO 50001, Maßnahmenkataloge, Bedienungsanleitungen mit Energiehinweisen oder Leitfäden für den effizienten Anlagenbetrieb dokumentiert. Auch hier empfiehlt sich die Verwendung von einheitlichen Formularen.

Stärken: niedrige Einstiegshürde durch Nutzung bestehender Office-Werkzeuge, schnelle Erfassung unstrukturierter Informationen (Berichte, Protokolle oder Fotos)

Schwächen: Informationen bleiben stark text- und dokumentenzentriert, sodass Auswertungen meist nur manuell möglich sind; ohne klare Struktur und Verantwortlichkeiten entstehen leicht Redundanzen, Inkonsistenzen und ein unübersichtlicher „Datei-Wildwuchs“, begrenzte maschinelle Durchsuchbarkeit, eingeschränkte Wiederverwendbarkeit der Informationen für automatisierte Analysen

Relationale Datenbanken

Relationale Datenbanken basieren auf einem festen Datenmodell mit Tabellen, in denen jede Zeile einen Datensatz und jede Spalte ein klar definiertes Feld beschreibt. Beziehungen zwischen Tabellen werden über Schlüssel hergestellt. Dieses Modell ermöglicht konsistente, redundanzarme Speicherung, sowie zuverlässige Auswertungen und Berichte auf Basis großer Datenmengen. Im Kontext des Energiemanagements werden relationale Datenbanken u. a. für die Erfassung und Historisierung von Messdaten wie Zählerständen, Lastgängen und Prozessparametern genutzt. Dazu ermöglichen sie die Verknüpfung von Energieverbräuchen mit konkreten Anlagen, Linien, Produkten oder Schichten sowie die Berechnung und Auswertung von Kennzahlen und das Benchmarking zwischen verschiedenen Standorten oder Anlagen.

Werden Dokumente wie Energieberichte, Audit-Protokolle oder Anleitungen mit standardisierten Metadaten (Anlage, Medium, Prozess, Maßnahmenart, Normbezug) versehen, können sie als Dokumentknoten mit Verweisen auf die jeweiligen Objekte im Wissensgraphen repräsentiert werden. Dadurch werden dokumentierte Inhalte semantisch durchsuchbar und können als strukturierter Kontext für KI- und RAG-Ansätze wiederverwendet werden.

Stärken: hohe Datenqualität durch klar definierte Strukturen, Schlüssel und Referenzen; gute Eignung für standardisierte Auswertungen, Dashboards und Berichte; systematische Grundlage, um Energie-, Prozess- und Produktionsdaten miteinander zu verbinden

Schwächen: Modellierung erfordert Fachwissen im Energiemanagement und in der IT (z. B. für Datenmodelle und Schnittstellen); aufwendige Strukturänderungen häufig aufwendig; eher technische als fachlich-semantische Beschreibungen

Wiki-Systeme

Wiki-Systeme und FAQ-Datenbanken dienen als IT-gestützte Wissensspeicher, in denen Erfahrungswissen strukturiert erfasst, versioniert und durchsucht werden kann. Für die Energieeffizienz lassen sich hier unter anderem Maßnahmenbeschreibungen und Lessons Learned, Störfallanalysen mit Energiebezug sowie dokumentierte Best Practices und Checklisten für den energieeffizienten Betrieb ablegen. Auch wiederkehrende

Fragen wie „Was tun bei ungewöhnlich hohem Verbrauch an Linie X?“ lassen sich hier beantworten. Durch die Nutzung von Tags, z. B. „Druckluft“ oder „Lastspitze“, sowie durch einfache Metadaten wie Anlage, oder Prozessschritt entsteht eine erste strukturierte und semantisch angereicherte Sicht auf das vorhandene Wissen.

Stärken: zentraler Zugriff für viele Nutzende, einfache Einführung mit Standardwerkzeugen, Eignung als Basis für systematischen Wissensaufbau

Schwächen: Erfolg abhängig von konsequenter Pflege, Moderation und klaren Zuständigkeiten, begrenzte Abbildbarkeit komplexer Zusammenhänge und Regeln, eingeschränkter semantischer Mehrwert durch manuelle Pflege der meisten Beziehungen zwischen Inhalten

Wissensgraphen

Wissensgraphen erweitern einfache Verlinkungsstrukturen aus Wikis oder relationalen Datenbanken zu einem formal beschriebenen, vernetzten Modell des betrieblichen Energiesystems. Relevante Objekte wie Maschinen, Prozesse, Energieträger, Messpunkte oder Maßnahmen sowie ihre Beziehungen werden dabei semantisch modelliert und über Ontologien beschrieben. Dadurch entsteht eine einheitliche, maschinenlesbare Wissensbasis, in der Daten aus unterschiedlichen Quellen integriert werden können. Diese semantisch angereicherte und gut strukturierte Datenbasis eignet sich besonders als skalierbare Grundlage für KI und Maschinelles Lernen, etwa für automatische Anomalieerkennung, Empfehlungen zu Effizienzmaßnahmen oder die Optimierung von Betriebszuständen.

Stärken: hohe Ausdrucksstärke, Eignung als skalierbare Grundlage für zukünftige, datengetriebene Anwendungen z. B. KI und Maschinelles Lernen

Schwächen: hoher Initialaufwand für die Modellierung, die Auswahl geeigneter Werkzeuge und den Aufbau von Kompetenzen, Erforderlichkeit einer ausreichenden, qualitativ hochwertigen Datenbasis aus Sensorik, IT-Systemen und gepflegten Stammdaten

Bewertung: Anwendbarkeit und Übertragbarkeit für KMU

Die im vorigen Kapitel beschriebenen relevanten Dokumentationsansätze sind nachfolgend in einem standardisierten Kurzprofil beschrieben. Anschließend erfolgt eine qualitative Bewertung dieser Ansätze basierend auf der Analyse der existierenden Literatur und Erfahrungswissen aus der industriellen Praxis.

Tabelle: Kurzprofile der ausgewählten Ansätze

Ansatz	Zweck und Funktionsprinzip	Zielobjekte (Anlagen, Prozesse, Produkte ...)	Bezug zu implizitem Wissen (Was wird explizit gemacht?)
Erfahrungsberichte, Lessons Learned, After-Action-Reviews zu Energieprojekten	Systematisches Nachbereiten von Energieprojekten; Erfassen von Erfolgsfaktoren, Fehlannahmen und Nebeneffekten	Energieprojekte, Maßnahmenprogramme, organisatorische Abläufe	Projektbezogene Erfahrungen, Annahmen, Heuristiken und „Tricks“ beim Umsetzen von Effizienzmaßnahmen
KVP-Runden mit Fokus Energie, Shopfloor-Boards	Regelmäßige Verbesserungsrunden mit Energie-Fokus; Identifikation und Bearbeitung von Effizienzideen aus dem Shopfloor	laufende Produktionsprozesse, Schichten, Organisationseinheiten	Beobachtungen zu Lastspitzen, Leerlauf, suboptimalen Abläufen, wiederkehrenden Störungen und deren energierelevante Ursachen
Digitale Arbeitsanweisungen mit Energiehinweisen	Bereitstellung standardisierter, digitaler Arbeitsanweisungen mit integrierten Energie-Hinweisen und Best-Practice-Werten	Anlagen, Arbeitsplätze, standardisierte Abläufe (Rüsten, Start/Stop, Reinigung, Wartung)	Erfahrungswissen zu optimalen Einstellwerten, Reihenfolgen, Warnsignalen für ineffiziente Zustände
Betriebsbegleitende Logbücher	Laufende Erfassung von Beobachtungen zu Störungen, Lastspitzen und Auffälligkeiten in Logbüchern	Anlagen, Linien, Schichten, Störungen, Wartungseinsätze	Situative Einschätzungen zu Ursachen, Kontexten und Auswirkungen von Störungen und Verbrauchsspitzen
Dokumentenbasierte Ansätze	Zentrale Ablage und Versionierung text- und dateibasierter Informationen (Berichte, Protokolle, Analysen, Leitfäden) zur Energienutzung und Effizienz	Energieberichte, Audit-Protokolle (z. B. ISO 50001), Maßnahmenkataloge, Anlagen- und Prozessbeschreibungen, Lastganganalysen	Interpretation von Mess- und Audit-Ergebnissen, Einschätzungen zu Ursachen und Wirkungen, bewährte Vorgehensweisen und Handlungsleitlinien werden in Dokumenten und Leitfäden verschriftlicht
Relationale Datenbanken	Strukturierte Speicherung, Verknüpfung und Auswertung von Energie-, Prozess- und Stammdaten in Tabellen (z. B. für Monitoring, Kennzahlenbildung, Reporting)	Zähler, Messpunkte, Anlagen, Linien, Prozesse, Produkte, Schichten, Energiekennzahlen	Wissen darüber, welche Größen zusammenhängen (z. B. Verbrauch je Produkt, Linie oder Schicht), welche Kennzahlen relevant sind und wie sie berechnet werden, wird im Datenmodell, in Tabellenstrukturen und Auswertelogiken formalisiert
Wiki-Systeme	Zentraler, durchsuchbarer Wissensspeicher; strukturierte Ablage von Maßnahmen, FAQs und Best Practices	Maßnahmen, Prozesse, typische Problemfälle, FAQ-Einträge, Verfahren im Energiemanagement	Verteiltes Erfahrungswissen vieler Personen zu Effizienzmaßnahmen, Diagnosewegen, Lösungen bei immer wiederkehrenden Problemen
Wissensgraphen	Formale Modellierung der Domäne und Aufbau eines Wissensgraphen für automatisierte Auswertung und Reasoning	Maschinen, Anlagen, Prozesse, Energieträger, Produkte, Messpunkte, Rollen, Organisationsstrukturen	Domänenwissen zu Strukturen, Relationen, Regeln und Abhängigkeiten (z. B. Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu Effizienz) wird formalisiert

Folgender Kriterienkatalog dient dazu, die unterschiedlichen Dokumentations- und Semantikansätze systematisch aus KMU-Sicht zu bewerten. Der Katalog berücksichtigt sechs Dimensionen: Nutzen (abgebildet durch Energieeffizienznutzen und Beitrag zur Wissenssicherung), Aufwand/Ressourcen (Implementierungs- und Betriebsaufwand), technische Voraussetzungen (IT-/Datenanforderungen, Integrationsfähigkeit in bestehende Systeme), organisatorische Voraussetzungen (erforderlicher Change-Bedarf), Reifegrad (technischer Reifegrad, Verfügbarkeit von Lösungen/Anbietern) sowie Übertragbarkeit (Domänenunabhängigkeit, Anpassungsaufwand an ein typisches KMU). Jeder Ansatz wird auf einer Skala von 1 (kaum geeignet) bis 5 (sehr gut geeignet) bewertet. Dadurch lassen sich „Quick Wins“ mit hohem Nutzen und geringem Aufwand von eher perspektivischen Leuchtturmlösungen mit höheren Anforderungen unterscheiden. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Bewertung der einzelnen Ansätze.

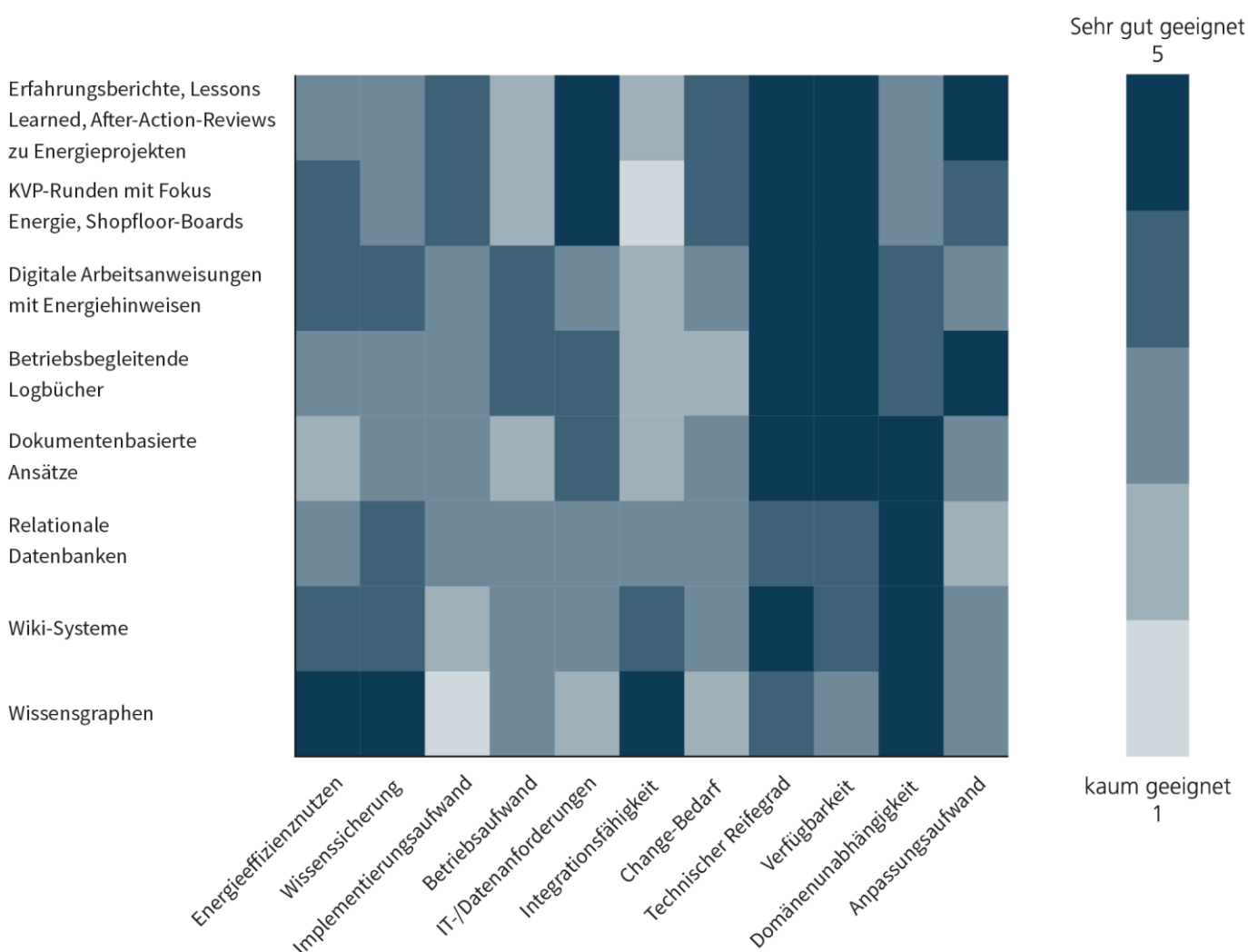


Abbildung 4: Bewertungsmatrix für Dokumentationsansätze

Fazit

In produzierenden KMU hängt Energieeffizienz wesentlich vom vorhandenen Wissen über Anlagen, Prozesse und deren Betrieb ab. Dieses Wissen liegt oft implizit, personengebunden und damit nicht allgemein zugänglich vor. Der Leitfaden zeigt, wie digitales Wissensmanagement vor diesem Hintergrund zur Grundlage wird, um Erfahrungswissen systematisch zu sichern, mit Messdaten zu verknüpfen und für Entscheidungen im Energiemanagement nutzbar zu machen. Normen wie die ISO 50001 liefern dafür einen Rahmen, reichen aber ohne aktive Einbindung des impliziten Wissens der Mitarbeitenden oft nicht aus.

Der Leitfaden beschreibt zuerst die Unterscheidung von implizitem und explizitem Wissen sowie die DIKW-Hierarchie (Daten–Information–Wissen–Weisheit). Zudem werden semantische Technologien (insbesondere Ontologien und Wissensgraphen) beschrieben, welche Datenpunkte und Objekte (z. B. Maschinen, Messwerte, Prozessschritte) formal beschreiben und über Beziehungen verknüpfen. Dadurch können heterogene Datenbestände aus ERP, MES und Energiemanagement konsistent verbunden, maschinell abgefragt und für KI-Anwendungen oder andere wissensbasierte Assistenzsysteme genutzt werden.

Für den Einstieg in ein solches digitales Wissensmanagement stellt der Leitfaden ein Spektrum von Dokumentationsansätzen vor. Dazu gehören strukturierte Erfahrungsberichte und Lessons Learned zu Energieprojekten, energiebezogene KVP-Routinen und Shopfloor-Boards, digitale Arbeitsanweisungen mit Energiehinweisen, betriebsbegleitende Logbücher sowie dokumentenbasierte Ablagen, relationale Datenbanken und Wiki-Systeme. Der Leitfaden zeigt, dass Wissensgraphen den konsequenten nächsten Schritt für derlei digitales Wissensmanagement bilden, da diese Informationen semantisch integrieren und für automatisierte Auswertungen und KI nutzbar machen.

Eine systematische Bewertung entlang einheitlicher Kriterien (Nutzen, Aufwand, technische und organisatorische Voraussetzungen, Reifegrad, Übertragbarkeit) zeigt, dass für die meisten KMU niedrigschwellige organisatorische und Shopfloor-nahe Ansätze kurzfristig umsetzbare „Quick Wins“ mit direktem Nutzen für Energieeffizienz und Wissenssicherung sind. Entscheidend ist, diese bereits mit einheitlichen Begriffen, IDs und Metadaten zu hinterlegen, um einen späteren Übergang zu semantischen Technologien vorzubereiten. Unternehmen mit höherem Digitalisierungsgrad können schrittweise Wissensgraphen aufbauen, um Energie- und Betriebsdaten domänenübergreifend zu verknüpfen und Effizienzpotenziale automatisiert zu identifizieren.

