

PROJEKTBERICHT

für das Projekt

Intelligente datenbasierte Dienste für Gewerbekomplexe (INDIGO)



eingereicht von

Ingolf Römer
Projektleiter

Institut für Angewandte Informatik (InfAI) e.V.
Goedelerring 9
04109 Leipzig

10.06.2025



Ziel und Ausgangslage

Das Projekt „Intelligente datenbasierte Dienste für Gewerbekomplexe“ (INDIGO), das vom Institut für Angewandte Informatik (InfAI) aus Leipzig im Zeitraum vom 01.10.2023 bis 30.04.2025 durchgeführt wurde, hatte zum Ziel, den Nutzen intelligenter, datenbasierter Dienste für Gewerbegebäude zu untersuchen und greifbar zu machen. Dabei ging es vor allem darum, konkrete digitale Lösungen für die Bereiche Energie- und Gebäudemanagement zu entwickeln und damit kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie öffentlichen Einrichtungen in der Region Leipzig als Inspiration zu dienen.

Im Mittelpunkt standen digitale Technologien und Anwendungen, die verschiedene intelligente Geräte herstellerübergreifend miteinander vernetzen, einfach zu installieren und zu bedienen sind, vielseitige Einsatzmöglichkeiten bieten und mithilfe Künstlicher Intelligenz (KI) Daten auswerten, um Abläufe im Energie- und Gebäudemanagement zu verbessern.

Diese Ansätze sollen insbesondere KMU dabei unterstützen, schneller und günstiger eigene digitale Dienste für das Energie- und Gebäudemanagement entwickeln. Im Projektverlauf wurden erste Anwendungen als Prototypen im Smart Energy Living Lab des InfAI erprobt und demonstriert. Dabei konnten regionale Unternehmen konkrete Anwendungsbeispiele kennenlernen, deren Vorteile einschätzen und neue Ideen für eigene Projekte entwickeln.

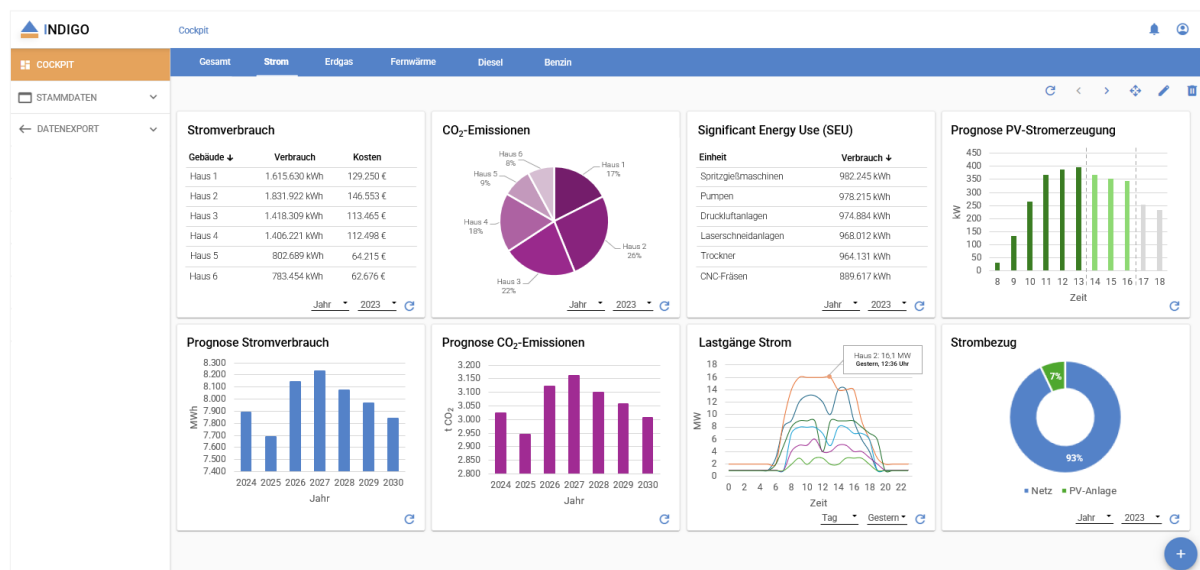
Umsetzung und Ergebnisse

Zu den zentralen Projektergebnissen gehörten eine digitale Plattform, die das InfAI gemeinsam mit Partnern umgesetzt hat und die insbesondere KMU bei der Entwicklung intelligenter datenbasierter Dienste unterstützt, sowie mehrere Anwendungsfälle, die mit dieser Plattform realisiert wurden.

Digitale Plattform

Die im Projekt entwickelte digitale Plattform erfasst automatisch Sensordaten aus dem Energie- und Gebäudemanagement, verarbeitet diese möglichst effizient und stellt sie für verschiedene digitale Anwendungen bereit. Dabei ging es insbesondere darum, Geräte verschiedener Hersteller miteinander zu vernetzen und deren Daten effizient nutzbar zu machen – etwa für die intelligente Steuerung von Heizung, Beleuchtung oder Lüftung in Gebäuden. Hierfür wurden mehrere Softwarekomponenten entwickelt: Ein Gateway, eine App zur Verwaltung des Gateways und ein Cloud-System für den Zugriff aus der Ferne. Auf Grundlage der Plattform können Sensoren und Steuerungseinheiten, wie z. B. smarte Thermostate oder Lampen, problemlos miteinander kommunizieren, auch wenn sie von verschiedenen Herstellern stammen oder unterschiedliche Technologien verwenden. Neben den Gebäudedaten werden auch frei

verfügbare Internetdaten, etwa vom Deutschen Wetterdienst (DWD), automatisch eingebunden. Dadurch können z. B. Vorhersagen, wie viel Solarstrom eine bestimmte PV-Anlage erzeugen wird, getroffen werden. Um all diese Daten in Echtzeit auszuwerten, wurde eine spezielles Analysesystem eingesetzt. Damit lassen sich komplexe Datenflüsse modellieren, verarbeiten und KI-gestützte Auswertungen durchführen – z. B. zur besseren Nutzung von Energie. Damit Nutzende derartige intelligente Dienste auch einfach verwenden können, wurde zusätzlich ein Dashboard entwickelt. In diesem können Daten visualisiert, Systeme gesteuert und Dienste verwaltet werden.

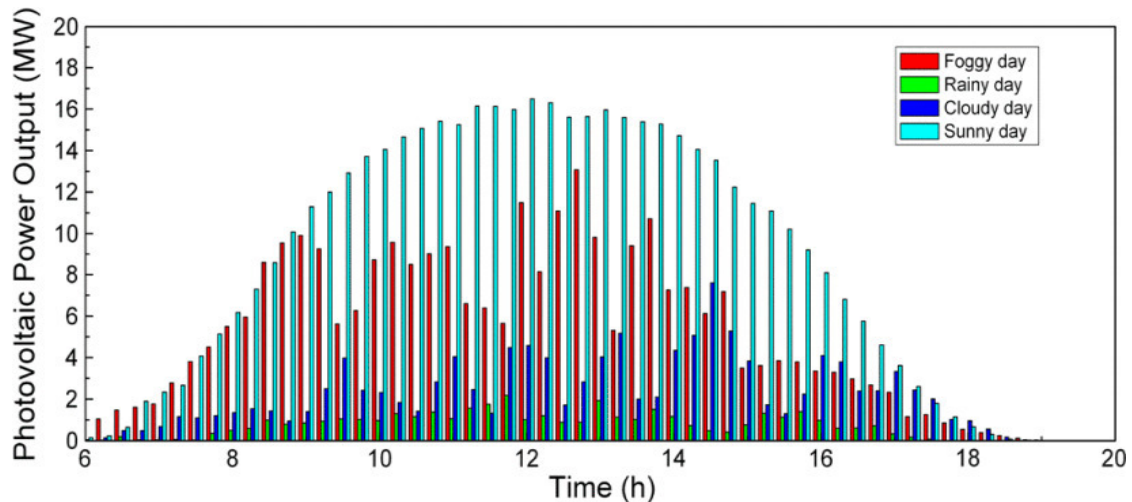


Dashboard der INDIGO-Plattform zur Verwaltung und Nutzung der intelligenten datenbasierten Dienste

Optimierung des Eigenverbrauchs von PV-Strom

Zur Vorhersage der Stromerzeugung bestimmter PV-Anlage wurde ein Verfahren entwickelt, das auf einem sogenannten Gradient-Boosting-Regression-Modell basiert. Ziel war es, mithilfe von Wettervorhersagedaten – wie bspw. Sonneneinstrahlung, Temperatur oder Bewölkungsgrad – möglichst genau abzuschätzen, wie viel elektrische Leistung eine PV-Anlage in der kommenden Stunde durchschnittlich erzeugen wird. Eine große Herausforderung dabei war, dass die tatsächliche Stromerzeugung von vielen verschiedenen Faktoren abhängt. Dazu zählen unter anderem die aktuellen Wetterbedingungen, die Ausrichtung der Solarmodule (zum Beispiel nach Süden oder Westen), der Neigungswinkel der Module sowie der Wirkungsgrad der jeweiligen Anlage. Diese Vielzahl an Einflussgrößen führte dazu, dass es schwierig war, ein allgemeingültiges Modell zu entwickeln, das für alle Anlagen gleichermaßen gut funktioniert. Um dennoch verlässliche Prognosen zu ermöglichen, wurde mit dem Gradient-Boosting-Regression-Modell ein spezielles Lernverfahren eingesetzt. Dieses Verfahren ist in der Lage, aus vorhandenen Daten Zusammenhänge zu erkennen und daraus eine Funktion zu lernen, die beschreibt, wie stark bestimmte Wettermerkmale die Stromerzeugung einer konkreten

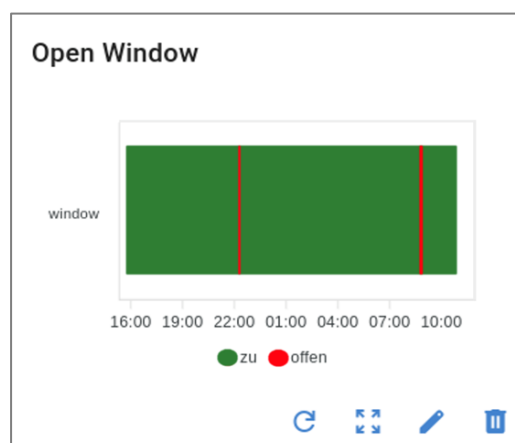
PV-Anlage beeinflussen. Dies bedeutet, dass das KI-Modell speziell auf eine bestimmte PV-Anlage trainiert wird und so individuelle Gegebenheiten berücksichtigt werden können. Dadurch lassen sich genauere und verlässlichere Vorhersagen zur zu erwartenden Stromerzeugung treffen als mit einem starren, vordefinierten Rechenmodell. In der Folge kann auch der Stromverbrauch besser auf die Stromerzeugung abgestimmt und der Eigenverbrauch von PV-Strom erhöht werden.



Darstellung der prognostizierten Erzeugungsleistung einer individuellen PV-Anlage bei unterschiedlichen Wetterbedingungen

Optimierung der Betriebszeiten von Klimaanlage

Um den Betrieb von Heizungs- und Klimaanlage effizienter zu gestalten, wurde ein KI-Verfahren entwickelt, das geöffnete Fenster und Türen möglichst automatisiert erkennen kann. Ziel war es, Energieverluste zu minimieren, indem das System erkennt, wann Außenluft in den Raum gelangt, und daraufhin die Kühlung oder Heizung entsprechend steuert.

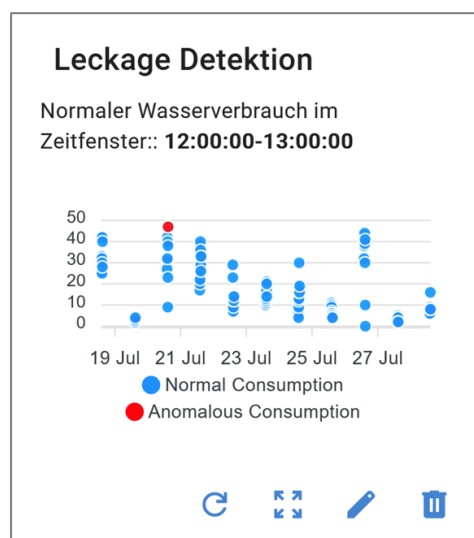


Intelligenter datenbasierter Dienst zur Erkennung geöffneter Fenster als Darstellung im INDIGO-Dashboard

Eine besondere Herausforderung dabei war, geeignete Merkmale zu finden, die zuverlässig auf eine Fenster- bzw. Türöffnung hinweisen. Die reine Betrachtung der Raumtemperatur reichte oft nicht aus, da sie vielen verschiedenen Einflüssen unterliegt, etwa Sonneneinstrahlung, Körperwärme oder im Betrieb befindliche Geräte (z. B. PCs). Deshalb wurde ein alternativer Ansatz gewählt, der auf die Luftfeuchtigkeit im Raum setzt. Diese reagiert häufig sensibler auf plötzliche Luftschwankungen – etwa bei einem geöffneten Fenster – als die Temperatur. Das System analysiert kontinuierlich die Entwicklung der Luftfeuchtigkeit. Ein plötzlicher Abfall kann ein Hinweis auf ein geöffnetes Fenster sein. Um diese Veränderungen zuverlässig zu erkennen, vergleicht der Algorithmus die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit der letzten fünf Minuten mit dem Verlauf der vorangegangenen 40 Minuten. Wird dabei ein starker Unterschied festgestellt, kann das als Signal für eine geöffnete Tür oder ein Fenster gewertet werden. Auf diese Weise lassen sich unnötige Heiz- oder Kühlvorgänge vermeiden, ohne dass umfassendere Sensorik oder aktives Nutzereingreifen erforderlich sind.

Intelligente Erkennung von Wasserleckagen

Um Wasserschäden frühzeitig zu erkennen und größere Schäden zu vermeiden, wurde ein intelligentes Warnsystem entwickelt, das auf ungewöhnlich hohen Wasserverbrauch reagiert und mögliche Leckagen meldet. Ziel war es, durch die Analyse von Wasserverbrauchsdaten automatisch Auffälligkeiten zu identifizieren, die auf ein Leck hindeuten könnten – bspw. ein plötzlich stark erhöhter Wasserfluss in einem Zeitraum, in dem normalerweise kaum oder gar kein Verbrauch stattfindet. Eine zentrale Herausforderung dabei stellte die Definition dessen, was im konkreten Anwendungskontext überhaupt als Anomalie gilt, dar.



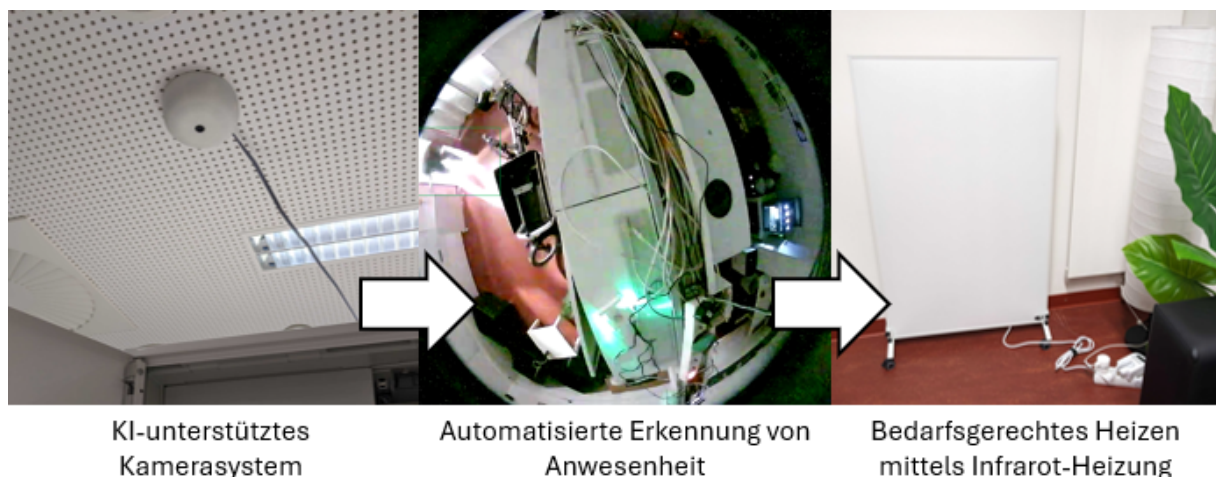
Intelligenter datenbasierter Dienst zur Erkennung von ungewöhnlich hohen Wasserverbräuchen als Darstellung im INDIGO-Dashboard

Der Wasserverbrauch variiert von Tag zu Tag und ist stark vom individuellen Nutzungsverhalten abhängig, wodurch feste Regeln zur Erkennung von Auffälligkeiten schwierig möglich sind.

Auch aus technischer Sicht ist die Anomalieerkennung anspruchsvoll: Es gilt, Fehlalarme zu vermeiden, aber gleichzeitig echte Leckagen zuverlässig zu erfassen. Erschwerend kommt hinzu, dass es bislang kaum wissenschaftlich erprobte Verfahren für die Echtzeitanalyse solcher Verbrauchsdaten gibt. Als Lösung wurde ein Ansatz entwickelt, der auf dem Clustering von 5-Minuten-Zeitfenstern basiert. Dabei werden aktuelle Wasserverbrauchsdaten mit den typischen Verläufen aus den letzten Tagen verglichen – also z. B. der Wasserverbrauch zwischen 6:00 und 6:05 Uhr heute mit dem gleichen Zeitraum an den Vortagen. Dadurch lässt sich feststellen, ob das aktuelle Verhalten deutlich vom üblichen Muster abweicht. Diese Methode nutzt die Tatsache, dass selbst kurze Zeiträume wie fünf Minuten schon ausreichend Informationen liefern, um erste Hinweise auf mögliche Leckagen zu geben. Zukünftig ist geplant, diesen Ansatz durch dynamische Zeitfenster zu verfeinern, die sich automatisch an die jeweiligen Tagesverläufe anpassen können. Dank einer Messauflösung von mindestens einem Liter lassen sich solche Auswertungen bereits auf Basis gängiger Messtechnik realisieren.

Bedarfsorientierte Beheizung von Großräumen

Um Heizkosten zu senken und gleichzeitig den Komfort in großen Räumen wie Hallen oder offenen Büroflächen zu gewährleisten, wurde an einem System gearbeitet, das die Heizung nur dann und dort einschaltet, wo sich tatsächlich Personen aufhalten. Ziel war es, die Wärmezufuhr bedarfsorientiert zu steuern – nicht flächendeckend, sondern zonenweise, abhängig von der tatsächlichen Nutzung der Räume. Eine zentrale Herausforderung dabei war die zuverlässige Erkennung der Anwesenheit von Personen.



Prototyp für ein intelligentes System zur Heizungsoptimierung (Fotos: InfAI)

Herkömmliche Methoden wie Bewegungssensoren sind entweder ungenau oder unpraktisch für eine fein abgestimmte Regelung. Zudem muss das System erkennen können, in welchen Bereichen sich Personen aufhalten, um nur dort zu heizen, anstatt den gesamten Raum zu erwärmen – was in großen Hallen oder Arbeitsbereichen sehr energieaufwändig wäre. Die vielversprechendste Lösung stellte im Projekt der Einsatz eines kamerabasierten Systems in

Kombination mit moderner KI-Bilderkennung und Automatisierung dar. Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass es zwar viele Ansätze zur Anwesenheitserkennung gibt, deren Qualität aber stark variiert. Die intelligente Bildverarbeitung mit Kameras hat sich dabei als besonders zuverlässig erwiesen, da sie präzise Informationen über die Anzahl und Position von Personen im Raum liefert. Auf dieser Grundlage lassen sich in einem Folgeschritt z. B. Infrarot-Heizungen gezielt ansteuern.

Vorhersage des CO₂-Fußabdrucks von Energieverbrauchern

Um fundierte Entscheidungen im Sinne des Klimaschutzes treffen zu können, ist es hilfreich, den CO₂-Fußabdruck von Gebäuden, Räumen, technischen Anlagen, Maschinen oder einzelnen Geräten möglichst genau vorhersagen zu können. Ziel im Projekt war es daher, die zu erwartenden CO₂-Auswirkungen in verschiedenen Zeiträumen – etwa für die nächsten Stunden, Tage oder Wochen – auf Basis des Stromverbrauchs vorherzusagen. Dabei stellten sich mehrere Herausforderungen. Zum einen ist die Qualität der Vorhersagen stark davon abhängig, wie detailliert und verlässlich die verfügbaren Stromverbrauchsdaten sind. Gerade bei sehr kurzen oder sehr langen Vorhersagezeiträumen kann die Datenverfügbarkeit oder -genauigkeit eingeschränkt sein. Zum anderen hängen die tatsächlichen CO₂-Auswirkungen nicht nur davon ab, wie viel Strom verbraucht wird, sondern auch davon, wie dieser Strom erzeugt wurde – also vom aktuellen Strommix aus erneuerbaren und konventionellen Quellen. Eine Lösung besteht darin, sogenannte Zeitreihenmodelle zu nutzen, die speziell für Vorhersagen auf Basis vergangener Verbrauchswerte entwickelt wurden. Hier kommen unter anderem Methoden wie Prophet oder NHITS zum Einsatz, die auf Zeitreihenanalyse spezialisiert sind. Diese Modelle ermöglichen es, auf Basis historischer Daten den zukünftigen Stromverbrauch abzuschätzen. Um den daraus resultierenden CO₂-Fußabdruck möglichst genau zu berechnen, wurden im Projekt zusätzlich externe Datenquellen eingebunden, die Informationen über den CO₂-Gehalt des Strommixes zu einem bestimmten Zeitpunkt liefern. So konnte die Prognose sowohl den voraussichtlichen Strombedarf als auch den damit einhergehenden CO₂-Fußabdruck realistischer abbilden.

Wirkung und Perspektiven

Das INDIGO-Projekt setzte gezielt Impulse für die weitere Digitalisierung von gewerblich genutzten Gebäuden in der Region Leipzig und legte dabei einen besonderen Fokus auf die Herausforderungen und Chancen der Energiewende sowie des Klimaschutzes. KMU aus der Region wurden durch INDIGO über die vielfältigen Potenziale intelligenter, datenbasierter Dienste im Energie- und Gebäudemanagement informiert und für deren Nutzen sensibilisiert. Dabei diente das Projekt nicht nur als Informationsplattform, sondern auch als Ideengeber: Es zeigte praxisnah auf, wie Unternehmen eigene intelligente Lösungen entwickeln und anbieten können. Durch digitale Werkzeuge unterstützt INDIGO aktiv KMU dabei, eigene Projekte, die

auf moderne digitale Technologien wie dem Internet der Dinge, Big Data oder Künstlicher Intelligenz zurückgreifen, umzusetzen. Auch die öffentliche Hand kann von den erzielten Projektergebnissen profitieren: INDIGO lässt sich auf öffentliche Gebäude übertragen und zeigt dort beispielhaft, wie intelligente datenbasierte Dienstleistungen, etwa zur Kostenreduktion im Gebäudemanagement oder zur Erhöhung der Sicherheit, eingesetzt werden können. Darüber hinaus regte das Projekt neue regionale Kooperationen und gemeinsame Projekte in den Bereichen Forschung und Entwicklung an. Nicht zuletzt leistete INDIGO einen wichtigen Beitrag, um die Rolle des Freistaats Sachsen als führenden Standort für Digitalisierung und Technologie zu stärken, indem es konkrete Umsetzungsbeispiele lieferte und die in der Region Leipzig vorhandene Kompetenz im Umgang mit Zukunftstechnologien sichtbar machte.



Demonstration der INDIGO-Plattform im Rahmen des INDIGO Demo Day am 18.12.2024 (Foto: InfAI)