

## SPIKE

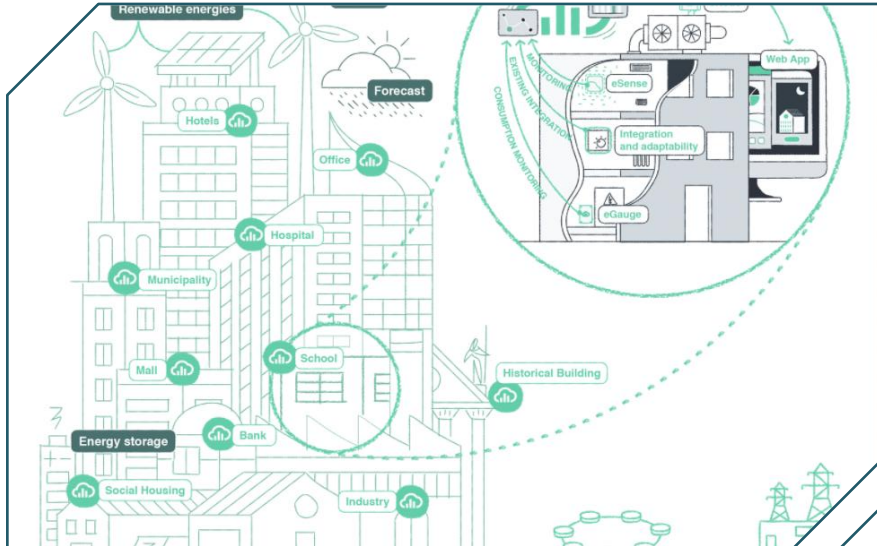
### Optimierung von HKL-Anlagen

## Energieeffiziente Gebäude

**SPIKE (AI4Cities)**  
enerbrain

[infor@ai4cities.eu](mailto:infor@ai4cities.eu)

<https://ai4cities.eu/pilots/energy-spike>



TRL ●●●●●●

**Datenkomplexität** ●●●

**Kosten & Energie** ●●

**Umfang** ●●●

**Wirkung** ●●●

**Machbarkeit** ●●

● Gering, ●● Mittel, ●●● Hoch

**Emissionsverringierung und Kostenreduktion durch KI-basierte Energieoptimierung in Gebäuden**

## ANWENDER

Stadtverwaltung, Energie und Klimaschutzabteilung



SPIKE (Smart Performance-based Intelligent Kontrol of Energy) ist ein KI-gestütztes Energiemanagementsystem, das im EU-Projekt AI4Cities u.a. in Amsterdam, Kopenhagen und Stavanger pilotiert wurde, um den Energieverbrauch in öffentlichen und gewerblichen Gebäuden durch intelligente HLK-Regelung zu senken.

Es kombiniert Daten wie Raumtemperaturen, CO<sub>2</sub>-, Belegungs- und Luftqualitätswerte, historische Verbräuche, Wetterprognosen sowie Netz- und Preissignale für eine vorausschauende, adaptive Steuerung. Die Lösung ist auf komplexe Gebäudestrukturen und gemischt genutzte Quartiere ausgelegt und lässt sich über modulare Sensor-/IoT-Kits auch in heterogenen Beständen nachrüsten; KI-Modelle skalieren über Zonen und Nutzungsprofile und ermöglichen die zentrale Steuerung mehrerer Gebäude. Die Datenqualität wird über Plausibilitätschecks, automatische Fehlererkennung, Abgleich mit historischen Mustern und API-basierte externe Daten robust abgesichert. Energieeffizienz und Komfort werden über prädiktive Regelmodelle und dynamische Komfortbänder gleichzeitig optimiert; Nutzerfeedback kann über Übersteuerungen und gelernte Präferenzen einfließen. Betreiber behalten die Verantwortung, während das System Optimierungsvorschläge bzw. Regelimpulse liefert;

Dashboards machen Entscheidungen transparent und erlauben jederzeit Eingriffe. In den Piloten wurden Einsparungen von bis zu 30 % berichtet und damit ein Beitrag zur Dekarbonisierung städtischer Gebäudebestände gezeigt.



## VERWENDETE KI-TECHNOLOGIE

Prozessoptimierung

Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI

Nutzerverhaltensprognose

Predictive Maintenance





## IMPLEMENTIERUNG

Die Umsetzung von SPIKE im Rahmen von AI4Cities erfolgte als praxisnaher Demonstrationsprozess in ausgewählten Pilotgebäuden in Kopenhagen und Amsterdam. Zu Beginn wurden Gebäudestrukturen und technische Anlagen analysiert, geeignete Messpunkte festgelegt und die notwendige IoT-Hardware vorbereitet. Installiert wurden Sensorik und Gateways (u.a. für Raumklima), Temperaturfühler sowie intelligente Stromzähler, um Raumzustände, Energieflüsse und nutzungsbezogene Muster granular zu erfassen.

Nach der Installation folgte eine Phase der Datensammlung zur Bestimmung der energetischen Ausgangslage und der thermodynamischen Gebäudeeigenschaften; daraus wurden Baseline-Modelle und Referenzwerte abgeleitet. Anschließend wurde der Algorithmus schrittweise in Betrieb genommen – zunächst in einem „OFF/ON“-Testmodus, um Effekte zu vergleichen und Modellparameter iterativ zu justieren. Die Steuerung kombiniert neuronale Netze mit prädiktiver Regelung und berücksichtigt Wetterprognosen, Energiekosten und Lastprofile, um in Echtzeit eine passende Regelstrategie für Heizung und Lüftung abzuleiten. Parallel wurde die Lösung in bestehende HLK-Systeme integriert, ohne einen kompletten Austausch der Gebäudetechnik zu erfordern, was die Nachrüstbarkeit deutlich erleichtert.

Die Pilotierung zeigte, dass fortlaufende Datenanalysen und enges Feedback mit den Partnern notwendig sind, um das Zusammenspiel von Komfort- und Einsparzielen im laufenden Betrieb feinzustimmen. Trotz Herausforderungen wie Lieferkettenproblemen und begrenzten Messzeiträumen konnte so ein funktionierendes, skalierbares System etabliert werden, das Einsparungen nachvollziehbar machte und Perspektiven für weitere Anwendungen in kommunalen und privaten Bestandsgebäuden eröffnete.



## LESSONS LEARNED

Die Umsetzung von SPIKE im Rahmen von AI4Cities zeigte, dass KI-basierte Steuerungsstrategien in Bestandsgebäuden einen spürbaren Beitrag zur Senkung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten können. In Pilotgebäuden in Kopenhagen und Amsterdam wurden durch Plug-and-Play-Sensorik, adaptive Algorithmen und die Einbindung der Nutzer:innen signifikante Einsparungen erzielt (im Winterbetrieb teils über 15 %), ohne die Komfortqualität zu beeinträchtigen. Zentral war dabei die Erkenntnis, dass nachhaltige Effekte nur gelingen, wenn die Regelung flexibel auf externe Bedingungen, Gebäudeeigenschaften und Nutzerpräferenzen reagiert und Komfort- sowie Effizienzziele laufend ausbalanciert.

Für die Skalierung wurden klare Voraussetzungen sichtbar: Dank modularer IoT-Architektur ist der Ansatz grundsätzlich gut übertragbar, insbesondere wenn offene APIs, interoperable Protokolle (z.B. BACnet, Modbus, MQTT) und sauber beschriebene Datenschnittstellen die Integration in heterogene Gebäudetechnik erleichtern. Gleichzeitig braucht es Mindestanforderungen wie ausreichende Sensordichte, Zugriff auf Steuerungs- und Fernwartungsebenen, belastbare Datenschutzkonzepte und historische Verbrauchsdaten für Baselines und Prognosen. Organisatorisch erwiesen sich Abstimmungen zwischen Facility Management, Energieverantwortlichen und IT oft als zeitkritisch, etwa bei Firewall-Regeln, Zugängen, Zuständigkeiten oder der Einbindung in bestehende Plattformen. Vorbehalte gegenüber automatisierten Eingriffen konnten durch transparente Dashboards, manuelle Übersteuerung und regelmäßige Abstimmungen reduziert werden. Weitere Lessons waren Lieferkettenverzögerungen, der Bedarf längerer Messzeiträume und saisonal begrenzte Einsparpotenziale. Wichtig ist zudem ein standardisiertes Monitoring mit robusten Baselines, die Wetter und Nutzung berücksichtigen, um CO<sub>2</sub>-Reduktionen nachvollziehbar zu belegen. Insgesamt bestätigt das Projekt den Nutzen KI-gestützter Systeme im Bestand – sofern Technik, Prozesse, Akzeptanz und kontinuierliche Datenauswertung zusammenspielen.





## REGULIERUNGEN

### Datenschutz-Grundverordnung (EU) 2016/679 (DSGVO)<sup>1</sup>

Artikel 35 DSGVO fordert eine Datenschutz-Folgenabschätzung, da SPIKE Sensordaten zu Raumklima, Belegung, CO<sub>2</sub>, Nutzerverhalten und Energieverbrauch verarbeitet, die Personenbezug haben oder herstellen können. Die DSFA muss Verarbeitungszwecke, Datenflüsse, Speicherdauern, Zugriffsberechtigungen und Risiken für Betroffenenrechte dokumentieren. Artikel 25 DSGVO verpflichtet Privacy by Design: Datenverschlüsselung end-to-end, Pseudonymisierung personenbezogener Daten vor Modelltraining, Speicherminimierung und automatisierte Löschung nach Aufbewahrungsfristen (z.B. max. 90 Tage für Detaildaten, Aggregation danach). DSGVO und AI Act gelten parallel;

### Verordnung über künstliche Intelligenz (EU) 2024/1689 (KI-VO)<sup>2</sup>

Der AI Act klassifiziert SPIKE als Hochrisiko-KI-System gemäß Anhang III Nr. 2, da das Machine Learning zur adaptiven Steuerung von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage in kritischer Infrastruktur (Energieversorgung) eingesetzt wird. Dies führt zu obligatorischen Compliance-Anforderungen ab August 2027: kontinuierliches Risikomanagementsystem (Art. 9), Dokumentation von Trainingsdaten und -verfahren (Art. 11), automatische Aufzeichnung aller relevanten Entscheidungen (Art. 12), technische Robustheit und Cybersicherheit sowie Menschengesichtsmaschinen. Verstöße werden mit bis zu 35 Millionen Euro oder 7% des globalen Jahresumsatzes sanktioniert. Für SPIKE bedeutet dies: formale DSFA vor Markteinführung, tägliches Monitoring der KI-Modellleistung, vordefinierte Eskalationsprozesse bei Systemfehlern sowie vollständige Audit-Trails aller Regelungsvorgänge.

Weitere Informationen unter:

[https://www.rtr.at/rtr/service/ki-servicestelle/ai-act/risikostufen\\_ki-systeme.en.html](https://www.rtr.at/rtr/service/ki-servicestelle/ai-act/risikostufen_ki-systeme.en.html)

### NIS-2-Richtlinie<sup>3</sup>

Die NIS 2 Directive ist am 19. Oktober 2024 in Kraft getreten und wird in Österreich über eine Novelle des bestehenden Netzwerk- und Informationssicherheitsgesetzes umgesetzt. Österreich verzeichnet derzeit Umsetzungsverzögerungen; eine Reasoned Opinion wurde am 7. Mai 2025 übermittelt. NIS 2 verpflichtet Betreiber kritischer Infrastrukturen – dazu zählen unter anderem Energieversorgungsunternehmen – zu Risikobewertungen, Incident-Reporting (innerhalb von 24–72 Stunden) und Cybersecurity-Maßnahmen. Intelligente Gebäudeleitsysteme gelten als Operational Technology (OT) und fallen unter NIS 2's verstärkte Sicherheitsanforderungen. Relevante Maßnahmen sind Multi-Faktor-Authentifizierung (MFA), Verschlüsselung von Daten in Transit und in Rest, Netzwerksegmentierung und

kontinuierliche Überwachung. Für BEE in Österreich bedeutet dies, dass wenn die Gebäude zum Energiesektor gehören oder kritische Infrastrukturen darstellen, erhöhte Cybersecurity-Standards einzuhalten sind.

<https://www.docusnap.com/en/it-documentation/nis2-austria>

### EU-Gebäuderichtlinie (EPBD Recast)<sup>4</sup> – Implementierungsfrist bis 29. Mai 2026

neue Anforderungen an intelligente Gebäudeautomationssysteme (BACS) und Datenerfassung in Echtzeit; verpflichtend für nichtresidenzielle Gebäude mit HVAC >290 kW ab 31.12.2024, mit >70 kW ab 31.12.2029; Artikel 13 und 20: Energiemanagement, Monitoring,

### Bundes-Energieeffizienzgesetz 2023 (EEffG)<sup>5</sup> – Energiemanagementsysteme und Audit-Pflichten

§ 42 EEffGG verpflichtet Großunternehmen und Unternehmen über 10 Terajoule Jahresverbrauch zu Energieaudits nach ISO 50001 oder DIN EN 16247; SPIKE erfüllt als integriertes Monitoring- und Optimierungssystem die Anforderungen an kontinuierliche Verbrauchserfassung (§ 41 EEffG); Erlaubt Kombination mit anerkannten Energiemanagementsystemen;

*Diese Angaben stellen keine abschließende rechtliche Beurteilung dar. Sie dienen ausschließlich der allgemeinen Orientierung. Insbesondere können, abhängig vom konkreten Sachverhalt und der detaillierten Ausgestaltung der jeweiligen Use Cases, weitere rechtliche Regelungen einschlägig sein.*

<sup>1</sup> Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), ABl L 2016/119, 1.

<sup>2</sup> Verordnung (EU) 2024/1689 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 300/2008, (EU) Nr. 167/2013, (EU) Nr. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 und (EU) 2019/2144 sowie der Richtlinien 2014/90/EU, (EU) 2016/797 und (EU) 2020/1828 (Verordnung über künstliche Intelligenz), ABl L 2024/1689, 1.

<sup>3</sup> Richtlinie (EU) 2022/2555 des Europäischen Parlaments und Rates vom 14. Dezember 2022 über Maßnahmen für ein hohes gemeinsames

Cybersicherheitsniveau in der Union, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 910/2014 und der Richtlinie (EU) 2018/1972 sowie zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2016/1148 (NIS-2-Richtlinie), ABl L 2022/333, 80.

<sup>4</sup> Richtlinie (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), ABl L 2024/1275, 1.

<sup>5</sup> Bundesgesetz über die Verbesserung der Energieeffizienz bei Haushalten, Unternehmen und dem Bund sowie Energieverbrauchserfassung und Monitoring (Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEffG) BGBl I 2014/72 idF BGBl I 2024/29.

