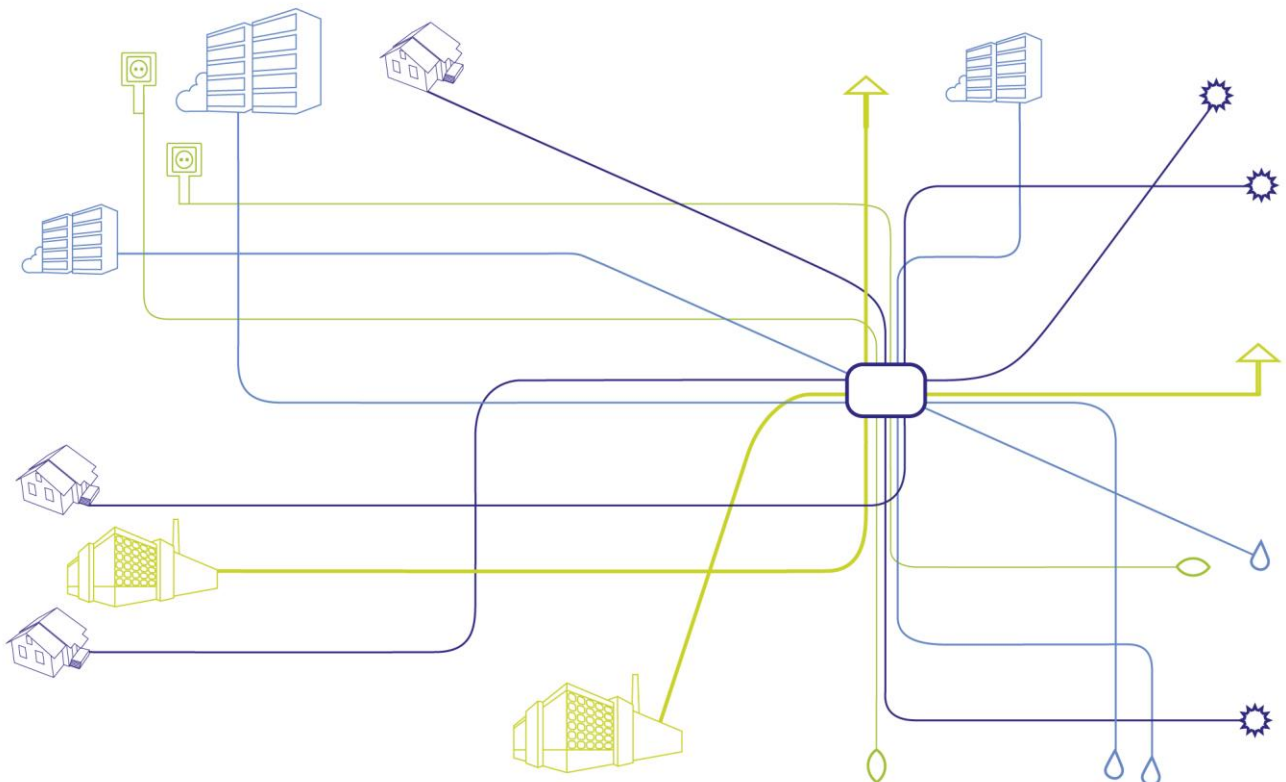




Smart AirportCity

Energie Monitoring und intelligente Anlagensteuerung in der Smart AirportCity



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 246 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „**Smart Cities Demo – 9. Ausschreibung**“. Mit diesem Förderprogramm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, große Demonstrations- und Pilotprojekte zu initiieren, in denen bestehende bzw. bereits weitgehend ausgereifte Technologien und Systeme zu innovativen interagierenden Gesamtsystemen integriert werden.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!



Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und
Energiefonds



Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und
Energiefonds

PUBLIZIERBARER ENDBERICHT

A. Projektdetails

Kurztitel:	Smart AirportCity
Langtitel:	Energie Monitoring und intelligente Anlagensteuerung in der Smart AirportCity
Programm:	Smart Cities Demo – 9. Ausschreibung
Dauer:	01.02.2018 bis 30.04.2020
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	Denkstatt GmbH
Kontaktperson Name:	Andreas Lindinger
Kontaktperson Adresse:	Hietzinger Hauptstraße 28, 1130 Wien, Österreich
Kontaktperson Tel.:	+43 664 8118002
Kontaktperson E-Mail:	andreas.lindinger@denkstatt.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	Flughafen Wien AG (Wien) denkstatt & enertec GmbH (Wien) TU Wien, Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie, Forschungsbereich Bauphysik (Wien) msg Plaut Austria GmbH (Wien)
Projektwebsite:	N/A
Schlagwörter (im Projekt bearbeitete Themen- /Technologiebereiche)	<input checked="" type="checkbox"/> Gebäude <input checked="" type="checkbox"/> Energienetze <input type="checkbox"/> andere kommunale Ver- und Entsorgungssysteme <input type="checkbox"/> Mobilität <input checked="" type="checkbox"/> Kommunikation und Information
Projektgesamtkosten genehmigt:	779.110 €
Fördersumme genehmigt:	363.456 €
Klimafonds-Nr.:	KR17SC0F13758
Erstellt am:	19.08.2020

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

B. Projektbeschreibung

B.1 Kurzfassung

Ausgangssituation / Motivation:	<p>Ausgehend vom Stand der Technik in den Bereichen Energiemonitoring und Datenerfassung bzw. Optimierung sowie der Entwicklung von Flughäfen zu (nachhaltigen) Flughafenstädten und der Vorreiterrolle des Flughafens Wien wurde das Projekt Smart AirportCity gestartet. Smartes Energiemonitoring und intelligente Anlagenoptimierung bedeuten hier eine Verbesserung gegenüber üblichen Monitoringlösungen und im Zusammenwirken eine neuartige Qualität des Energiemanagements.</p>
Themenbereiche:	<p>Gebäude, Energienetze, Kommunikation und Information</p>
Inhalte und Zielsetzungen:	<p>Ziel von Smart AirportCity ist die Reduktion von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen sowie der Lasten auf die Infrastruktur im Stadtquartier Flughafen Wien. Dazu wird ein integrativer, die Energieversorgungsstruktur und Gebäude übergreifender Ansatz samt Stakeholderprozess zur Einbindung von Betreiber, Unternehmen und Nutzer implementiert.</p>
Methodische Vorgehensweise:	<p>Im Zentrum steht ein innovatives, flexibles und zuverlässiges Monitoring-system samt Feedbackoption zur intelligenten Anlagensteuerung, das implementierte Logiken konstant überprüft, Maßnahmenvorschläge ausgibt und mittels virtueller Datenpunkte deren Wirkung evaluiert. Integriert in die Optimierung des Gesamtsystems Energie-Gebäude-Nutzer und eingebettet in die Smart City Strategie des Flughafens Wien werden Synergien aus der Anwendung von Gebäudesimulationen untersucht sowie Entwicklungs- und Anwendungspotenziale abgeleitet.</p>
Ergebnisse und Schlussfolgerungen:	<p>Die Auseinandersetzung mit smarten Airport Cities und Einbettung in das Smart City Verständnis des Flughafens schärfte den Projektkontext und unterstrich die Bedeutung des zentralen Ziels der Steigerung der Energieeffizienz bzw. Reduktion von Treibhausgasemissionen.</p> <p>Die entwickelte Monitoring-Lösung weist nicht nur eine hohe Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit auf, sondern insbesondere eine hohe Flexibilität in der Analyse, Visualisierung und Maßnahmenbearbeitung bzw. Dokumentation. Sie ermöglicht durch die Fokussierung auf Kernelemente (Systemanalyse und Verbesserung) eine nachhaltige Reduktion des Energieverbrauchs und somit von CO₂-Emissionen – bestätigt durch eine manuelle Wirkungsvalidierung von fünf Optimierungsmaßnahmen.</p> <p>Die strukturierte Stakeholdereinbindung (Stakeholderanalyse, Erstellung Nutzerprofile, Abstimmung Projektorganisation/-kommunikation, Prozessanalyse) und aufbauende Entwicklung des SAC-Stakeholderprozesses sorgt für eine zielgerichtete Einbeziehung der (relevanten) Zielgruppen.</p> <p>Die Wirkungsvalidierung, Praxisanwendung und Stakeholdereinbindung sowie Verbesserungen bei Reaktionszeiten, Mängelauswertungen und Ableseaufwand unterstreichen das Erreichen der Projektziele.</p>
Ausblick:	<p>Im Zentrum der weiteren Entwicklung stehen die Anwendung durch den Flughafen Wien selbst (Fokus auf Wirkungsvalidierung, Lastverschiebung und Anbindung Wetter-/Passagierdaten) sowie die Weiterentwicklung durch die Partner. Hinsichtlich Übertragbarkeit wurden Infrastruktur-</p>

	einrichtungen, Shopping Center, Industrie(parks), Hotels, Messen/Konferenzzentren, Büros und öffentliche Gebäude als geeignet identifiziert.
--	--

B.2 English Abstract

Initial situation / motivation:	Smart AirportCity was initiated based on the technological state quo in energy monitoring & data collection and optimization as well as the development of airports towards (sustainable) airport cities and the pioneering role of Vienna Airport. Smart energy monitoring and intelligent plant optimization mean an improvement compared to current monitoring solutions and enable in their combination a novel, high-quality energy management.
Thematic content:	Buildings; Energy networks; Communication and information
Contents and objectives:	Smart AirportCity aims at reducing energy consumption and CO ₂ emissions as well as infrastructure loads in the urban district Vienna Airport. It is implemented based on an integrative approach covering the energy supply infrastructure and buildings and including a stakeholder process to integrate operators, companies and users.
Methods:	At its core is an innovative, flexible and reliable monitoring system with feedback options for intelligent plant control which constantly checks implemented logics, shows proposals for actions, and evaluates their impact through virtual data points. Integrated in the optimization of the overall energy-buildings-users system and embedded in the smart city strategy of Vienna Airport, synergies from applying building simulations are researched and development and application opportunities derived.
Results:	<p>Researching smart airport cities and embedding the project in the smart city understanding of Vienna Airport focused the project context and highlighted the importance of the project's main goal of increasing energy efficiency and reducing greenhouse gas emissions.</p> <p>The developed monitoring solution is not only fast and reliable but also flexible with regards to analysis, visualization, measures and documentation. By focusing on core elements (system analysis and improvement), it enables a sustainable reduction of energy consumption and thus CO₂ emissions – confirmed through a manual impact validation of five optimization measures.</p> <p>The structured stakeholder approach (stakeholder analysis, developing user profiles, aligning project organization/communication, process analysis) and the development of the SAC stakeholder process ensures a targeted integration of (relevant) target groups.</p> <p>The impact validation, insights from implementation in practice, and stakeholder integration as well as improvements in reaction times, fault analyses and reading efforts show that projects objectives are achieved.</p>
Outlook / suggestions for future research:	At the core of further development is the application through Vienna Airport (focus on impact validation, load transfer, and integrating weather/passenger data) as well as the development through partners. With regards to transferability, infrastructure buildings, shopping malls, industry (parks), hotels, fair/conference centers, office buildings and public buildings were identified as suitable areas for further application.

Inhaltsverzeichnis

A. Projektdetails	2
B. Projektbeschreibung	3
B.1 Kurzfassung	3
B.2 English Abstract	4
B.3 Einleitung	7
B.3.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung	7
B.3.2 Aufbau der Arbeit	7
B.4 Hintergrundinformationen zum Projekteinhalt	8
B.4.1 Energiemonitoring und Anlagen-/Betrieboptimierung in Flughäfen	8
B.4.2 Erfassung von Energieflüssen in Gebäuden	8
B.4.3 Vorhaben	8
B.4.4 Nachhaltige Stadt-/Quartiersentwicklung und smarte Airport Cities.....	9
B.5 Ergebnisse des Projekts	12
B.5.1 Smart City Perspektive im Projekt	12
B.5.1.1 Smart Airport City Entwicklungen im Sinne der Aufgabenstellung.....	15
B.5.2 Einbetten in Smart City Verständnis der Flughafen Wien AG.....	16
B.5.3 Herausforderungen für den Flughafen Wien in der Entwicklung zur Smart AirportCity	19
B.5.3.1 Smart AirportCity Gesamtstrategie.....	19
B.5.3.2 Dekarbonisierung in der Smart AirportCity	19
B.5.3.3 Energieeffizienz in der Smart AirportCity.....	20
B.5.4 Definition der Systemgrenze	20
B.5.5 Analysen/Plausibilisierung und Synergien aus der Anwendung von Gebäudesimulationen	21
B.5.5.1 Spezifikation und Erhebung der Primärdaten (Monitoring).....	21
B.5.5.2 Programmierung von Ausleseroutinen und Schnittstellen	24
B.5.5.3 Plausibilitätsprüfung der Primärdaten und Methodik-Entwicklung	25
B.5.5.4 Potenzialermittlung von Betriebsmaßnahmen	36
B.5.6 Technischer Ansatz	38
B.5.6.1 Systemarchitektur	40
B.5.6.2 Abfrage und Visualisierung von Datenpunkten sowie Erstellung virtueller Datenpunkte	41
B.5.6.3 Optimierungsempfehlungen	45
B.5.6.4 Entwicklung von Optimierungsmaßnahmen	49
B.5.6.5 Wirkungsvalidierung.....	50
B.5.7 Stakeholdereinbindung.....	52
B.5.7.1 Stakeholderanalyse.....	52
B.5.7.2 Erstellung von Nutzerprofilen	53
B.5.7.3 Kommunikationsprozess zur Einbeziehung der Stakeholder	54
B.5.7.4 Entwicklung des SAC-Stakeholderprozesses	55
B.5.7.5 SAC Stakeholderprozess	56
B.5.8 Innovationsgehalt.....	61
B.6 Erreichung der Programmziele	62
B.6.1 Einpassung in das Programm und Beitrag zum Gesamtziel.....	62

B.6.2 Einbeziehung der Zielgruppen	63
B.6.3 Umsetzungs-Potenziale	64
B.7 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	65
B.7.1 Zielerreichung und wesentliche Erkenntnisse	65
B.7.2 Entkontextualisierung: Interesse und Übertragbarkeit.....	66
B.7.2.1 Ziel-Branchen.....	66
B.7.2.2 Learnings und Erkenntnisse aus dem Monitoring und der Stakeholdereinbindung.....	66
B.7.2.3 Gesamthafte Betrachtung der Übertragbarkeit.....	67
B.8 Ausblick und Empfehlungen	69
C. Literaturverzeichnis	70
D. Anhang.....	71

B.3 Einleitung

B.3.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Auf dem Weg zur energieeffizientesten Flughafenstadt der Welt hat die Flughafen Wien AG (kurz FWAG) bereits richtungsweisende Entscheidungen wie die Einführung von EMAS in 2014 oder die Nachhaltigkeitszertifizierung der AirportCity getroffen. Mit der Smart AirportCity will man zusätzliche Optimierungspotenziale im Gesamtsystem Energie/Gebäude/Nutzer heben und damit den Energieverbrauch, die CO₂-Emissionen und die Lasten auf die Infrastruktur reduzieren.

Ausgehend vom Stand der Technik in den Bereichen Energiemonitoring und Datenerfassung- bzw. Optimierung – ein effektives Monitoring scheidet hier oft an fehlender Automatisierung, begrenzten Visualisierungsmöglichkeiten, geringer Flexibilität und Nutzerfreundlichkeit – sowie der Entwicklung von Flughäfen in Richtung (nachhaltiger) Flughafenstädte („Airport Cities“) und der Vorreiterrolle des Flughafens Wien wurde das Projekt Smart AirportCity gestartet.

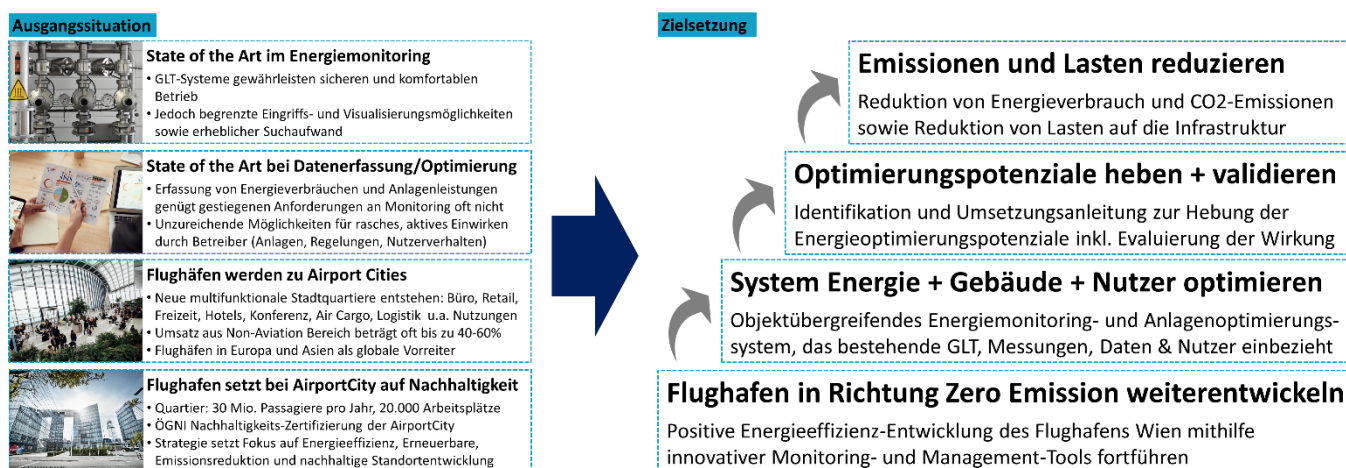


Abb. 1: Ausgangssituation und Zielsetzung

Ziel von Smart AirportCity ist die Reduktion von Energieverbrauch/-kosten und CO₂-Emissionen sowie der Lasten auf die Infrastruktur im Stadt-/Gewerbequartier Flughafen Wien, einer Mobilitätsdrehscheibe für zuletzt mehr als 30 Millionen Passagiere jährlich (2019) und Arbeitsplatz für rund 20.000 Menschen. Langfristig soll die Smart AirportCity einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Flughafens in Richtung Zero Emission Region leisten.

B.3.2 Aufbau der Arbeit

Zur Erreichung der o.g. Ziele wird ein integrativer, die Energieversorgungsstruktur und Gebäude übergreifender Ansatz samt einem Stakeholderprozess zur Einbindung von Betreiber, Unternehmen und Nutzer implementiert.

Im Zentrum steht ein innovatives, flexibles und zuverlässiges Monitoringsystem samt Feedbackoption zur intelligenten Anlagensteuerung, das implementierte Logiken konstant überprüft, Maßnahmenvorschläge ausgibt und mittels virtueller Datenpunkte zur Formulierung des Status-Quo lt. Historie im Vergleich zu erfasstem IST deren Wirkung evaluiert. Integriert in die Optimierung des Gesamtsystems Energie-Gebäude-Nutzer und eingebettet in die Smart City Strategie des Flughafens Wien werden Synergien aus der Anwendung von Gebäudesimulationen untersucht sowie Entwicklungspotenziale für die Smart AirportCity bzw. Anwendungspotenziale in anderen Branchen abgeleitet.

B.4 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

B.4.1 Energiemonitoring und Anlagen-/Betriebsoptimierung in Flughäfen

Anlagen und technische Ausrüstung des Flughafen Wiens finden sich grundsätzlich am Stand der Technik - entsprechend sind die zugehörigen Verbraucher allgemein als repräsentativ für den Energieverbrauch der Haustechnik anzusehen. Hierbei handelt es sich um elektronisch gesteuerte und geregelte Anlagen der Heizungs-, Klimatisierungs-, Beleuchtungs- und Lüftungstechnik, die über dezentrale Kontrolleinheiten an eine bzw. mehrere zentrale Verwaltungs- und Visualisierungssysteme angeschlossen sind – in weiterer Folge verallgemeinert als Gebäudeleittechnik (kurz „GLT“) bezeichnet.

Die installierten GLT-Systeme dienen primär der Steuerung und Überwachung aller angeschlossenen Anlagen, jedoch sind die adhoc Analysemöglichkeiten durch die Zuständigen bzw. Systemanwender begrenzt auf die durch die Visualisierung zugelassenen Parameter. Dies ergibt sich aus der technologisch bedingten Dezentralität der eigentlichen Steuereinheiten („Controller“), welche üblicherweise in der Peripherie positioniert sind. Die zentrale Visualisierungseinheit hat nur eine abrufende, darstellende Funktion, in der ebenso eine Änderung der hinterlegten Parameter (Soll-Einstellungen etc.) möglich ist. Durch die Komplexität der hinterlegten Strukturen und operativen Algorithmen ist innerhalb der GLT eine gezielte Datenpunktauswahl und zugehörige Datenausgabe oft nur in Verbindung mit erheblichem Suchaufwand möglich.

Durch diese Struktur ist eine (Objekt-)übergeordnete Optimierung des Energiesystems im Bereich Monitoring und Steuerung sehr komplex. GLT-Systeme werden in der Regel erstellt um einen sicheren und komfortablen Betrieb zu gewährleisten und besitzen komplexe hierarchische Strukturen und operative Algorithmen.

B.4.2 Erfassung von Energieflüssen in Gebäuden

Die (aktuelle) Erfassung von Energieverbräuchen, Anlagenleistungen sowie aller weiteren, mittels z.B. GLT erfassten Anlagenparametern bei bestehenden Gebäuden von Dienstleistungsgroßbetrieben basiert in den meisten Fällen auf einer gewachsenen Struktur und genügt daher zwangsläufig den in den letzten Jahren drastisch gestiegenen Anforderungen an ein Monitoring mit dem Schwerpunkt „Energieverbrauch“ nicht oder nicht zur Gänze. Die zum Zeitpunkt der Installation zweckdienlichen Erfassungs- und Auswertungslösungen bieten heute ebenso nur mehr unbefriedigende Möglichkeiten zu raschem, aktivem Einwirken seitens des Betreibers auf unnötig, unnötig intensiv oder unzureichend laufende Anlagen, falsch eingestellte Regelungen oder unangemessenes Nutzerverhalten.

Am Markt sind derzeit keine Systeme bzw. Systemerweiterungen erhältlich, die eine Aufzeichnung, Darstellung, sowie Analyse der Messwerte und Verbrauchsstruktur mit dem Ziel einer energieverbrauchs-optimierten Betriebsweise integriert erlauben – insbesondere für Anlagen, welche sich über mehrere oder viele Gebäude erstrecken. Benötigt wird daher ein über den Stand der Technik hinausgehendes objektübergreifendes Energiemonitoring- und Anlagenoptimierungssystem, das die bestehende GLT, bestehende energierelevante Messungen, Daten und Simulationsergebnisse, sowie die Schnittstellen zur Betriebsführung und den Nutzern einbezieht.

B.4.3 Vorhaben

In einem integrativen, die Energieversorgungsstruktur und Gebäude übergreifenden Ansatz, werden durch Einbindung von Unternehmen und der für den reibungslosen Flugbetrieb sorgenden Bereiche der Flughafen Wien AG Maßnahmen zur Senkung der Energiekosten, sowohl bei den Nutzern als auch dem Gebäudebetrieb, so identifiziert und umgesetzt, dass eine Minimierung der Infrastrukturkosten erreicht werden kann. Dabei wird ein innovatives, sich auf Plausibilität prüfendes, Monitoring- und Optimierungs-System aufgebaut.



Abb. 3: Vom Flughafen zur Airport City (© John Kasadara, 2013)

Gerade bei großen, internationalen Flughäfen lässt sich dieser Trend zu multifunktionalen Airport Cities feststellen. Diese werden als somit nicht nur zu Wertschöpfungsgeneratoren infolge gezielter Immobilienentwicklung, sondern auch zu Third Places, also zu neuen Zentren ihrer Regionen – mit hoher Aufenthaltsqualität und Wellnessfaktor. Flughäfen in Europa (Amsterdam, Frankfurt, Zürich, München) und Asien (Singapur, Seoul, Hong Kong, Bangkok, Kuala Lumpur) sind Treiber dieser Entwicklung.

Laut einer Kurzstudie des Airport City Experten Stefan Höffinger differenziert der Erfolg des „non-aviation“-Sektors und des Immobilienmanagements inzwischen die gut geführten von den weniger gut geführten Flughäfen. Die folgende Grafik veranschaulicht diesen Sachverhalt:

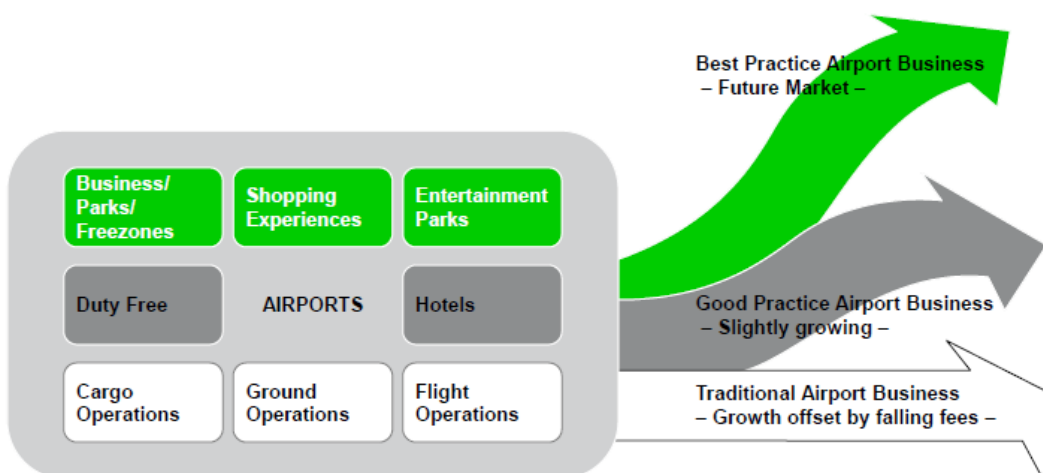


Abb. 4: Geschäftsfeldentwicklung von Airports (Vgl. Höffinger, Stefan [Airport cities ante portas, 2018])

Die vier Benchmarks für non-aviation-Strategien in Europa sind Amsterdam, Frankfurt, München und Zürich. In der folgenden Abbildung werden die Stärken der einzelnen Flughäfen beschrieben:

 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Europaweit führende und am konsequentesten entwickelte Airport City – exzellentes Management ▪ State-of-the Art Ausrichtung auf Zielgruppen mit maßgeschneiderten Angeboten (z.B. Offices) ▪ Durchdachtes und integriertes Gesamtkonzept – klarer strategischer Fokus auf Immobilienmanagement und -entwicklung mit Ambition, bester Flughafen Europas zu werden 	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Definition des Geschäftsfeldes "Retail & Real Estate" als weiteres strategisches Standbein neben "Aviation" ▪ Flughafenbau (neuer Terminal 3) ist eines der größten privatfinanzierten Infrastrukturprojekte Europas ▪ Klare strategische Priorität der Fraport AG ▪ "The Squire" gilt als bisher ambitioniertestes realisiertes Projekt im Airport-Real Estatebereich
<p>FLUGHAFEN ZÜRICH</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gezielte Immobilienentwicklung rund um den Flughafen und den Korridor zur Innenstadt ▪ Strategischer Fokus auf die Entwicklung der Airport City und erfolgreiche Einbindung in die gesamte Region ▪ The Circle: Realisierung eines der größten Schweizer Hochbauprojekte am Flughafen und Entwicklung eines neuen Geschäftsviertels als internationales Business- und Lifestyle-Center mit diversen Nutzungen und Synergien 	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bester Flughafen Europas (Skytrax) aus Konsumentensicht ▪ Flughafen München differenziert sich durch sein integriertes Geschäftsmodell und das erfolgreiche Betreiben zahlreicher Nutzungen am Standort durch eigene Tochterunternehmen ▪ MUC kann damit gezielt auf Bedürfnisse der Kunden am Standort eingehen und konnte sich so zu einem attraktiven Standort mit hoher Aufenthaltsqualität sowohl für Passagiere als auch Besucher und Bewohner im Umland entwickeln

Abb. 5: Stärken führender Non-Aviation Strategien europäischer Flughäfen (Quelle: Höffinger, Stefan; http://www.hoeffingersolutions.com/images/stories/news/2018/Airport_cities.pdf; abgerufen am 08.08.2018)

B.5 Ergebnisse des Projekts

B.5.1 Smart City Perspektive im Projekt

Auch der Flughafen Wien versteht sich als Stadtquartier mit unterschiedlichen Nutzungen (Flughafen, Cargo, Gastronomie, Retail, Hotel, Büros) und Nutzern, wie die untenstehende Illustration exemplarisch zeigt. In diesem Zusammenhang wurde im Dezember 2014 die Airport City Vienna als erstes Gewerbegebiet in Österreich von der Österreichischen Gesellschaft für nachhaltige Immobilienwirtschaft mit dem Quartierszertifikat für nachhaltige Gewerbegebiete ausgezeichnet.

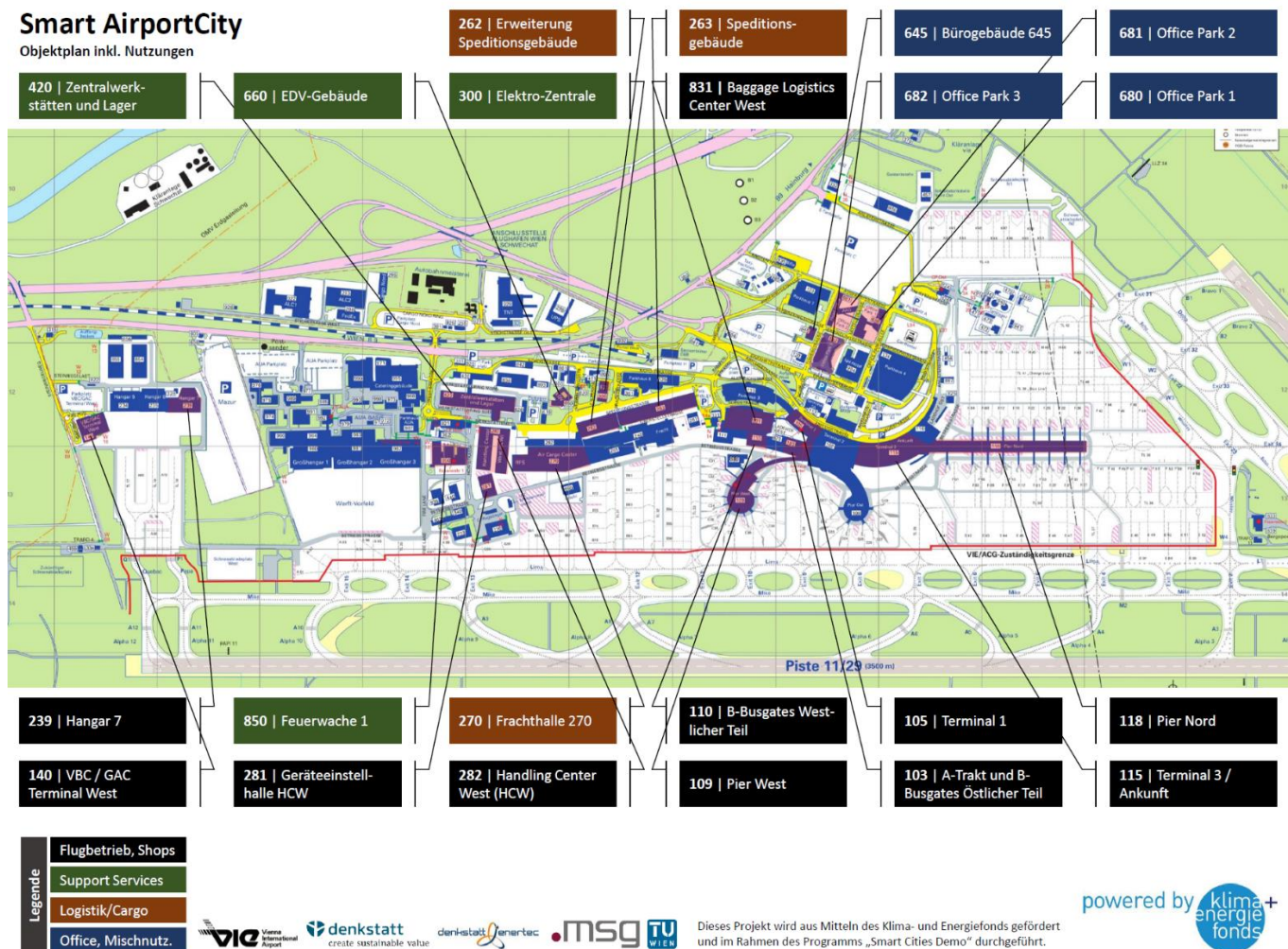


Abb. 6: Auswahl unterschiedlicher Nutzungen in der AirportCity

Das Projekt Smart AirportCity greift diese Quartiersperspektive auf und wird gleichzeitig in ein Smart City Verständnis des Flughafens Wien eingebettet. Hierfür wurden zuerst Smart City Definitionen und unterschiedliche Smart AirportCity Stoßrichtungen gescreent:

Kernkriterien für eine Smart City entsprechend dem Klima- und Energiefonds:

- Steigerung der Energieeffizienz
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger
- Reduktion der Treibhausgasemissionen
- Transformierung in eine „Zero-Emission City“ durch den Einsatz intelligenter grüner Technologien in Kombination mit sozialen Innovationen
- Handlungsfelder: Gebäude, Energie, Ver- und Entsorgung, urbane Mobilität, Kommunikation & Information, Grün- und Freiraum
- Anpassung an den Klimawandel im urbanen Raum
- Innovation über den Stand der Technik hinaus durch die Verschränkung der verschiedenen Infrastrukturebenen entlang der Handlungsfelder

Kernkriterien für eine Smart City entsprechend der Österreichischen Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (ÖGNI):

- Mensch und Lebensqualität
- Die Stadt und ihr Umfeld
- Gemeinschaft und Kommunikation
- Vernetzung / vernetzte Infrastruktur
- Innovation und Adaption
- Urbane Räume / Gebäude / Nutzungen
- Smartness im Bestand
- Mobilität
- Ressourceneffizienz und Emissionsfreiheit
- Technik (Design for all)
- Querschnittsthemen: Nachhaltigkeit, Finanzierbarkeit, Machbarkeit, Leistbarkeit, rechtliche Rahmenbedingungen, Wertewandel, Klimawandel, Urbanes Klima, Biodiversität, Inklusion und Fairness

Definition Smart City entsprechend EU Kommission:

- A smart city is a place where traditional networks and services are made more efficient with the use of digital and telecommunication technologies for the benefit of its inhabitants and business.
- A smart city goes beyond the use of information and communication technologies (ICT) for better resource use and less emissions.
- It means smarter urban transport networks, upgraded water supply and waste disposal facilities and more efficient ways to light and heat buildings.
- It also means a more interactive and responsive city administration, safer public spaces and meeting the needs of an ageing population

Smart Airport City Ansatz – „nahtloser Betrieb“

Im Gegensatz zu den oben dargestellten Kernkriterien einer Smart City wird in einigen Publikationen¹ die Smart Airport City etwas anders verstanden. Fokussiert wird bei diesem Ansatz auf einen Teilaspekt von Smart Cities, die Kommunikationsnetzwerke aus einer Logistikperspektive, die einen nahtlosen Ablauf ohne Brüche sicherstellen.

Wesentlich ist hier, dass das Wer, Was, Wo und Wann jeder Reise oder Güterbeförderung in dem Moment der Flugbuchung festgelegt wird. Der Flughafen ist damit der „facilitator“ für Reisende (Fracht) und Fluglinie. Derzeit haben die meisten Flughäfen für jeden benötigten Service eine eigene Technologie (z.B.: Air traffic, CCTV video security, private and land mobile radio (PMR/LMR), public Wi-Fi), für die unterschiedliche Abteilungen zuständig sind. Nachdem die Anzahl, die Komplexität und die Anforderungen dieser Services laufend steigen, ist dieser Zugang zu kompliziert, zu zeitaufwändig und teuer für eine Betrachtung innerhalb des vorliegenden Projekts. Angestrebt wird in dieser Interpretation der Smart Airportcity ein einziges multi-service-Hochleistungsnetzwerk, das alle Anwendungen unterstützt.

Auf diesen Smart Airport City Ansatz wurde in diesem Projekt entsprechend nicht weiter eingegangen.

Smart Airport City Ansatz – „Energieeffizienz“

Neben dem Smart Airport City Ansatz mit dem Fokus Logistik- und Kommunikationsnetzwerk wird in vielen Publikationen auf die Energieeffizienz fokussiert. Hier wird weniger von einer Smart Airport City als mehr von „energieeffizienten Flughäfen“ gesprochen.

Bei diesem Ansatz stehen die folgenden Themenfelder im Mittelpunkt:

- Systematisches Energiemanagement
- Energie- und CO₂-neutrale Kapazitätssteigerung
- Nutzung erneuerbarer Energie
- Systeme zur Sammlung, Auswertung und Analyse von Energie- und energierelevanten Gebäude und Betriebsdaten zur energieoptimierten Steuerung und Betriebsführung
- CO₂-Bilanzierung und -Reduktion

Da dieser Ansatz kongruent zu den Zielen des Projekts verläuft, hat dieser einen Hauptfokus im Rahmen der Konzeptionierung des entwickelten Tools erhalten.

Smart Airport City Ansatz – „Nachhaltiges Quartier“

In einigen Fällen wie z.B. in der Airport City (non-aviation) am Flughafen Wien wird ein umfassender Nachhaltigkeitsansatz angewendet. Im Dezember 2014 wurde die Airport City Vienna – wie in der Einführung bereits kurz erwähnt - als erstes Gewerbegebiet in Österreich von der Österreichischen Gesellschaft für nachhaltige Immobilienwirtschaft mit dem Quartierszertifikat für nachhaltige Gewerbegebiete ausgezeichnet.

¹ z.B.: Alcatel-Lucent (Hrsg.) „Re-imagining the airport network for 2020 and beyond Enabling network flexibility, agility and speed with IP/MPLS“; Strategic Whitepaper; <http://globaltransportupdate.com/wp-content/uploads/2015/11/Reimagining-the-Airport-Network-for-2020-and-Beyond.pdf>; Connectivity Written by Caroline Ku; „What the Smart City Means for Future Airports“, 25 January, 2018; <https://apex.aero/2018/1/25/smart-connected-airports>; Vincenzo Sinibaldi; Comarch Italy „Airport 3.0: How smart technologies are transforming air travel“; <https://www.citymetric.com/transport/airport-30-how-smart-technologies-are-transforming-air-travel-2008>

Entsprechend wurde dieses Verständnis auch in die Projektüberlegungen mit übernommen und Fokus auf die Gebäudenutzung und -regelung gelegt.

Die meisten Flughäfen wählen hingegen den Weg einer unternehmensbezogenen Nachhaltigkeitsstrategie, die sich an den Unternehmensprozessen und weniger an der gebauten Infrastruktur orientiert².

B.5.1.1 Smart Airport City Entwicklungen im Sinne der Aufgabenstellung

Dieses Forschungsprojekt trägt dazu bei, den Flughafen Wien zu einer Smart AirportCity zu entwickeln und damit die Vorreiterrolle im Bereich Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Innovation weiter auszubauen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf smartem Energiemanagement und intelligenter Anlagen- und Betriebsoptimierung.

Auf Flughäfen zeigen sich diesbezüglich international im Bereich smartes Energiemanagement und intelligente Anlagen- und Betriebsoptimierung die folgenden Entwicklungen:

- Einführung von Energiemanagement-systemen (z.B. nach ISO 50.001)
- Durchführung von Energieaudits
- Energie Benchmarking
- Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in den wesentlichen Energieverbrauchsbereichen wie HKLS, Beleuchtung und IKT
- Energiemodellierung: Quantifizierung des Energieverbrauchs auf der Basis von Inputparametern. Durch das Modellieren der Verbräuche können Energieeinsparungsmaßnahmen identifiziert werden.³
- Energiesimulation: Hier wird z.B. die energetische "Performance" von Gebäuden simuliert und liefert Informationen für Optimierungsmaßnahmen.⁴
- Energiemonitoring: Monitoring und Analyse von wesentlichen Parametern des Energieverbrauchs in ausgewählten Flughafenbereichen zur Entwicklung von Energieeinsparungsmaßnahmen.⁵
- Energiemonitoring- und -steuerung: Energiemaßnahmenplattform unterstützt von Leistungsdaten-visualisierung und automatisiertem „Fault Detection and Diagnosis“-System.⁶

² z.B. Flughäfen Salzburg, München, Zürich

³ Vgl. Sergio Ortega Alba, Mario Manana; [Energy Research in Airports: A Review, 2016]

⁴ Vgl. Sergio Ortega Alba, Mario Manana; [Energy Research in Airports: A Review, 2016]

⁵ Vgl. Luisa Pereira et al.; [Improving energy efficiency and cost reduction in airports, 2015]

⁶ Detaillierte Information siehe: <http://www.cascade-eu.org/cms/index.php?id=1> abgerufen am 08.08.2018

B.5.2 Einbetten in Smart City Verständnis der Flughafen Wien AG

In einem zweiten Schritt wurden die bestehenden **Strategien** der Flughafen Wien AG (Unternehmensstrategie/-vision/-werte, Standortstrategie, Nachhaltigkeitsstrategie, Energiestrategie, Gebäude- und Freiraumstrategie sowie Auszeichnungen und Zertifizierungen) in Bezug auf Smart City Aspekte analysiert, um Anknüpfungspunkte zu identifizieren bzw. um das Projekt Smart AirportCity **in das Smart City Verständnis des Flughafens einzubetten**.

Vision: „Wir zählen zu den besten Flughäfen Europas, weil wir als beste Drehscheibe zwischen Ost und West die Bedürfnisse unserer Kunden professionell und serviceorientiert erfüllen.“⁷

Langfristiges Unternehmensziel: „Wir verfolgen eine offensive Wachstumsstrategie am Standort und schaffen die notwendigen Voraussetzungen, um gemeinsam mit unseren Partnern die vielfältigen Chancen und Potenziale im Luftverkehr zu nutzen. Dadurch erzielen wir eine bestmögliche, nachhaltige Steigerung unseres Unternehmenswerts“⁸

Werte:⁹

- Kundenorientierung
- Professionalität
- **Wirtschaftlichkeit**
- Respekt

Unternehmensstrategie

Vorrangiges Ziel: „Kontinuierliche und nachhaltige Steigerung des Unternehmenswerts bei gleichzeitiger **Minimierung der ökologischen Auswirkung**.“¹⁰

*Vier strategische Stoßrichtungen*¹¹

- „Neue Ertragspotenziale aufbauen und bestehende Potenziale optimal nutzen
- Hohe Produktivität und Rentabilität erzielen
- Drehscheibe stärken und Kundenbedürfnisse besser befriedigen
- Mitarbeiter fördern und respektieren“

*Standortstrategie*¹²

- Serviceoffensive
- Ausbau des Flugangebots
- Kurze Umsteigezeiten und hohe Pünktlichkeit
- Ausbau und Erweiterung von Retail & Properties

⁷ Siehe Flughafen Wien AG (Hrsg.); [Geschäftsbericht 2016], S13

⁸ Siehe Flughafen Wien AG (Hrsg.); [Geschäftsbericht 2016], S13

⁹ Vgl. Flughafen Wien AG (Hrsg.); [Geschäftsbericht 2016]

¹⁰ Siehe Flughafen Wien AG (Hrsg.); [Geschäftsbericht 2016], S23

¹¹ Siehe Flughafen Wien AG (Hrsg.); [Geschäftsbericht 2016], S23

¹² Vgl. Flughafen Wien AG (Hrsg.); [Geschäftsbericht 2016], S28-30

- Handling (Qualität und Erweiterung Leistungsangebot)
- **Effizienz (konsequente Weiterführung der Nachhaltigkeitsstrategie)**
- Terminalentwicklungskonzept bis 2023
- Projekt 3. Piste

Nachhaltigkeitsstrategie¹³

- **Nachhaltigkeit** ist für uns ein wichtiges Unternehmensziel – unsere Unternehmensstrategie zielt auf eine **nachhaltige Steigerung des Unternehmenswertes** ab.
- Wir bekennen uns vorbehaltlos zu unserer **ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Verantwortung**.
- Es ist uns dabei ein wichtiges Anliegen diese Ziele balanciert zu verfolgen und an der nachhaltigen Entwicklung sowohl des Unternehmens als auch der Region aktiv mitzuwirken.
- Betrieb eines umfassenden **Energie- und Nachhaltigkeitsmanagements**.
- Verbesserte wirtschaftliche Ergebnisse bei gleichzeitiger **Steigerung der Energieeffizienz**.

Relevante Auszeichnungen / Zertifikate

- EMAS-Preis der Stadt Wien
- Zertifiziertes Umweltmanagementsystem nach EMAS und ISO 14001
- Geprüfter Nachhaltigkeitsbericht nach Global Reporting Initiative (GRI), Version G4 („In Accordance Core“)
- DGNB-Nachhaltigkeitszertifikat der ÖGNI für die Airport City
- DGNB-Nachhaltigkeitszertifikat der ÖGNI für Officepark 4
- Green Building-Zertifikat für nachhaltiges Bauen für Officepark 2
- Level 2 im Airport Carbon Accreditation System (ACAS)

Wesentliche Schwerpunkte der bereits im Unternehmen FWAG implementierten Strategien liegen also in der **Steigerung der Energieeffizienz**, der **Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger**, der **Reduktion der Treibhausgasemissionen**, der **nachhaltigen Standortentwicklung** (auf Gebäude- und Quartiersebene) und den Themen **„Sicherheit“**, **„Service“** und **„Komfort“**.

Als wesentliche, für das gegenständliche Projekt relevante Anknüpfungspunkte wurden auf diesen Schwerpunkten aufsetzend Maßnahmen¹⁴ zur **Erhöhung der Energieeffizienz (Stromverbrauch, Wärme-/ Kältebereitstellung, -verteilung und -verbrauch**, sowie **Treibstoffe** der bodengebundenen Fahrzeuge), zur Erhöhung der regenerativen Stromerzeugung, zur **Reduktion der CO₂-Emissionen**, im Bereich **Bewusstseinsbildung und Dialog** sowie in Bezug auf Nachhaltigkeitsstandards für Ausbauprojekte identifiziert. Mit dem Forschungsprojekt Smart AirportCity kann also ein wesentlicher Beitrag zur Strategie sowie zu Vertiefung, Detaillierung und Erweiterung bereits geplanten Maßnahmen geleistet werden.

¹³ Vgl. Flughafen Wien AG (Hrsg.); [Geschäftsbericht 2016], S11

¹⁴ laut Nachhaltigkeits-Bericht 2014 und Umwelterklärungen 2015, 2016

Im dritten Schritt wurden die Eckpunkte der **Energiestrategie** und der **Gebäude- und Freiraumstrategie** gemeinsam mit den Verantwortlichen am Flughafen analysiert, um mögliche Beiträge des Forschungsprojektes Smart AirportCity im Gesamtsystem Energie/Gebäude/Nutzer zu erkennen bzw. **weitere, zukünftige Entwicklungspotenziale** zu identifizieren:

Energiestrategie¹⁵

- Anteil Strom aus regenerativen Quellen bzw. Ökostrom erhöhen
- PV-Ausbau
- Eigenstromzukauf aus 100% Ökostrom
- Erhöhung der Energieeffizienz des Gesamtsystems und der Objekte
- Forschungsprojekt „Virtuelle Stadt“
- Transparente Energieflüsse (Mess-/Zählerkonzept in Bestand u. Neubau)
- Optimierungsmaßnahmen zur Reduktion von Verbrauch und Leistung (Lastmanagement) (Projekt Smart AirportCity)
- Modernisierung der Gebäudeleittechnik für effiziente Anlagenregelung
- Task force Energie für die Verbrauchsreduktion im laufenden Betrieb
- Reduktion des Energieverbrauchs
- Großbauprojekte mit energetischen Mindeststandards
- Lichtoffensive (Reduktion Lichtemissionen und Stromverbrauch durch Bedarfsorientierung)

Gebäude- und Freiraumstrategie¹⁶

Verbesserung der Nachhaltigkeitsqualität der **Gebäude**:

- Einbeziehung von Nachhaltigkeitsexperten mit Schwerpunkt Energie bei Großprojekten (aktuell: Officepark 4; Süderweiterung Terminal 3; Generalsanierung Terminal 2; Generalsanierung Pier Ost)
- Energetische Optimierung von Neubauten bereits in der Planung durch frühzeitige Einbeziehung der Abteilung Energiemanagement oder von Nachhaltigkeitsexperten
- Anstreben von NH-Zertifikaten für Gebäude
- Schaffung einer hohen Flächeneffizienz bei Sicherstellung hoher Qualitätsstandards für die Nutzer
- Berücksichtigung von NH-Kriterien bei der Sanierung von Gebäuden
- Durchführung von gemeinsamen Objektbegehungen durch Energiemanagement und Objektmanagement
- Systematische Außerbetriebnahme technischer Anlagen bei Leerstand

Verbesserung der Nachhaltigkeitsqualität auf **Quartiersebene**

- Ausbau smarterer Energienetze in Bestand und Neubau
- Schaffung eines „Stadtzentrums“ in der AirportCity
- Laufende Verbesserung der Freiraumqualität (Parkqualitäten)
- Erweiterung des Baumbestandes in der AirportCity (z.B. Neupflanzungen)

¹⁵ Eckpunkte laut Abteilung BFE - B. Klicka abgestimmt mit F. Stemberger

¹⁶ Eckpunkte laut Abteilungen L und O; W. Scheibenpflug bzw. L. Kitzler

Darüber hinaus ergeben sich im Falle des Baus der 3. Piste zusätzliche Auflagen:

- Bis zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme sind Maßnahmen umzusetzen, die eine **Reduktion der CO₂-Emissionsmengen** um 30.000 t gegenüber dem im Einreichprojekt beschriebenen konventionellen Drei-Pisten-Betrieb für das Betriebsjahr 2025 zur Folge haben.¹⁷
- Die Flughafen Wien AG hat weiterführende Maßnahmen zu ergreifen, die gewährleisten, dass **innerhalb eines Zeitraumes von maximal fünf Jahren** nach Inbetriebnahme bei jenen Aktivitäten, die im Einflussbereich der Flughafenbetriebsgesellschaft liegen und alle direkten und indirekten CO₂-Emissionen umfassen, eine **CO₂-Neutralität** erreicht wird.¹⁸

B.5.3 Herausforderungen für den Flughafen Wien in der Entwicklung zur Smart AirportCity

Vor diesem Hintergrund ergeben sich Herausforderungen und Chancen bei der Entwicklung der Smart AirportCity auf drei Ebenen – Gesamtstrategie, Dekarbonisierung und Energieeffizienz:

B.5.3.1 Smart AirportCity Gesamtstrategie

Die Flughafen Wien AG treibt Entwicklungen zur Smart Airport City in vielen Bereichen voran. Dazu zählt die nachhaltige Entwicklung der Airport City Vienna, die Ziele und Maßnahmen der Nachhaltigkeitsstrategie, die Energiestrategie sowie die Gebäude- und Freiraumstrategie. Zusätzlich gibt es – im Falle des Baues der 3. Piste – umfangreiche Auflagen in Richtung Dekarbonisierung.

Die Herausforderung für die Flughafen Wien AG besteht nun darin, all diese Entwicklungsstränge in eine umfassenden Smart AirportCity Strategie zusammenzuführen und übergreifende Ziele festzulegen. Ausgehend von dieser Smart AirportCity Gesamtstrategie können dann die bestehenden Strategien als Umsetzungskonzepte ausgerollt werden. Damit ist eine systematische und steuerbare Entwicklung zur gesamthafte Smart AirportCity möglich.

B.5.3.2 Dekarbonisierung in der Smart AirportCity

Am Flughafen Wien stellt sich die Herausforderung der Dekarbonisierung für drei Energieträger: Elektrischer **Strom, Fernwärme und Treibstoffe** für bodengebundene Fahrzeuge (d.h. primär Diesel).

Elektrischer Strom: Der von der FWAG bezogene EVU-Strom stammt bereits zu 100% aus erneuerbaren Quellen. Ein Großteil des Stroms bis hin zur gesamten notwendigen Menge könnte lt. aktuellen Simulationen in Zukunft durch Photovoltaik-Anlagen am Gelände und durch Windkraftanlagen in der näheren Umgebung (30km) bilanziell komplett erneuerbar erzeugt werden.

Fernwärme: Die verbrauchte Fernwärme des Standorts wird derzeit hocheffizient aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen bzw. aus Abwärme der Raffinerie Schwechat gewonnen und an den Flughafen geliefert. Eine Substitution durch Biomasse oder andere erneuerbare Energieträger würde in der Gesamtbilanz jedoch keine Reduktion des Treibhausgasausstoßes bewirken. Im Gegenteil würde Abwärme aus der Raffinerie ungenutzt verloren gehen.

Treibstoffe für bodengebundene Fahrzeuge (vorwiegend Diesel): Die Treibstoffe der diversen (Vorfeld-)Fahrzeuge könnten entsprechend dem heutigen Stand der Technologien (nicht der Technik!) zu über 90% auf Elektromobilität umgerüstet werden. Die benötigten Spezialfahrzeuge sind jedoch zum Großteil am Markt nicht verfügbar. In den nächsten Jahren geht es daher darum, mögliche Umstellungen umzusetzen (z.B. von Busse), den Markt bezüglich E-Spezialfahrzeugen (oder andern Alternativantrieben, bei denen jedoch auch immer der Sicherheitsaspekt mitschwingen muss) zu beobachten und sukzessive Umstiegsmöglichkeiten auf Elektromobilität zu nutzen. Eine

¹⁷ Auszug aus Auflage 7.20.20

¹⁸ Auszug aus Auflage 7.20.21

große Herausforderung dabei ist der Aufbau der benötigten Lade- und Speicherinfrastruktur. Zudem muss bei einer Umstellung der Stromquellen (wie zuvor beschrieben) der hieraus resultierende Mehrbedarf entsprechend berücksichtigt werden.

Aus den genannten Gründen ist für die **Dekarbonisierung** der FWAG eine Steigerung der Energieeffizienz ein wesentlicher Bestandteil. Das Projekt „Smart Airport City“ leistet durch konstante Überwachung der Systeme und zeitnahe Eingriffe (siehe auch Kap. B.5.6.5) einen wichtigen Betrag zu eben jener **Steigerung der Energieeffizienz** und damit entsprechend auch zur Dekarbonisierung.

B.5.3.3 Energieeffizienz in der Smart AirportCity

Zentraler Energieverbraucher ist die **Konditionierung von Gebäuden durch Heizung, Lüftung und Kühlung**. In internen Vorprojekten wurde dabei insbesondere die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik als größtes und günstigstes Potenzial (im Sinne der Behebbarkeit) identifiziert. Der im Projekt gewählte Ansatz der **Verbindung von Mess- und Steuersystemen** erlaubt die zur Potenzialidentifikation unerlässliche Beobachtung der **Koinzidenz von Verbräuchen und Betriebszuständen**. Diese bisher (und am Stand der Technik üblicherweise) getrennten Systeme werden im Forschungsprojekt verbunden und dadurch die Ableitung von steuerungstechnischen Maßnahmen erst im erforderlichen Umfang ermöglicht. Bei dem gegebenen Arbeitsrahmen von ca. 2.500 Zählern mit mehr als 50.0000 Regelparametern ist der bisherige punktuelle manuelle Ansatz nicht zielführend. Durch das Forschungsprojekt wird eine **Automatisierung** der notwendigen Analysetätigkeiten ermöglicht und damit für eine bedeutende **Steigerung der Umsetzungsrate von erprobten und bereits punktuell realisierten Effizienzmaßnahmen** gesorgt, sowie die Möglichkeit für einen detaillierteren Blick auf das Zusammenspiel von Anlagen und Gesamtsystemen gegeben. Die wesentliche Herausforderung ist die Integration des entwickelten Softwaretools in die Abläufe der FWAG (siehe „Stakeholdereinbindung“ Kap. B.5.7).

B.5.4 Definition der Systemgrenze

Darüber hinaus wurde zu Projektbeginn die Systemgrenze mit den 30 EMAS-Gebäuden des Flughafens Wien, welche für rd. 90% des Energieverbrauchs verantwortlich zeichnen und Objekte mit unterschiedlichen Nutzungen umfassen, festgelegt – eine entsprechende Analyse wurde auf Management-Berichtsebene der Kennzahlen durchgeführt.

Die Betrachtung im Forschungsprojekt sollte ursprünglich auf Ebene von ca. 1-3 Demonstrationsobjekten erfolgen, mit der Option einer Skalierung auf weitere Gebäude bis hin zum gesamten Gebäudebestand am Projektende. Durch die gewählte Systemarchitektur (siehe Kapitel B.5.6.1) wurde dies frühzeitig im Projekt erreicht und annähernd alle Objekte via GLT und Zählermanagement-Software an das Tool angebunden (Zähler können einfach aufgeschaltet werden und werden sofort in der Smart AirportCity angezeigt, sofern sie entsprechend der definierten Logik in den Datensammellayer Informationen liefern).

B.5.5 Analysen/Plausibilisierung und Synergien aus der Anwendung von Gebäudesimulationen

B.5.5.1 Spezifikation und Erhebung der Primärdaten (Monitoring)

Der Flughafen Wien umfasst 125 Objekte (Gebäudegruppierungen, Gebäude, Parkplätze, Infrastruktureinrichtungen), deren Verbrauch an Strom, Kälte und Wärme vor dem Rollout des smarten Energiemonitoringsystems nur je Monat erfasst worden ist. Um überprüfen zu können, ob die vom Energiemonitoringsystem erfassten Daten plausibel sind, hat es sich als erforderlich dargestellt, dass digitale Modelle der Objekte erstellt werden, die deren Energieverbrauch prognostizieren können. Für die Erstellung dieser digitalen Modelle genügen die Informationen aus monatlichen Verbräuchen nicht– es werden Verbrauchsdaten mit einer deutlich höheren Auflösung, zumindest stündlich, benötigt.

Die von der Versorgungsinfrastruktur bereitgestellte Menge an Strom und Kälte wurden im Gegensatz zu den Objektverbräuchen bereits vor Projektbeginn sehr detailliert in einer Auflösung von 15 min erfasst. Durch die Umlegung der Lastprofile der Versorgungsinfrastruktur auf die Objekte ist es somit möglich, für jedes Objekt synthetische Lastprofile mit einer Auflösung von 15 min zu generieren. In der Simulation wurde entsprechend darauf geachtet, dass die Monatssummen dieser Lastprofile den tatsächlich gemessenen monatlichen Energieverbräuchen der Objekte entsprechen. Abb. 7 zeigt in einer vereinfachten Darstellung, wie die synthetischen Lastprofile mit der Auflösung von 15 min prinzipiell erstellt worden sind.

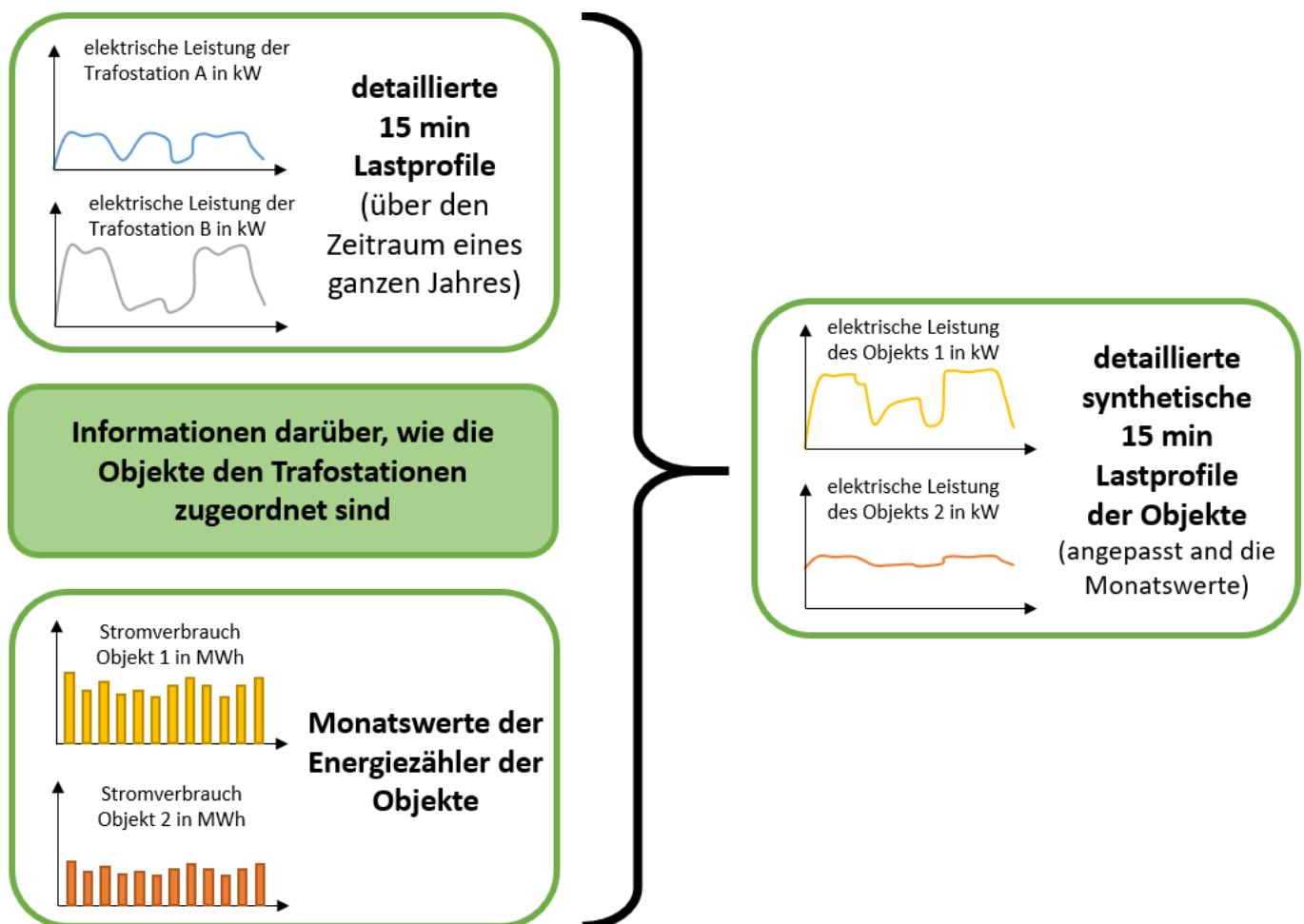


Abb. 7: Methode zur Generierung der synthetischen 15 min Lastprofile der Objekte

In den nachfolgenden 3 Abbildungen (Abb. 8 bis Abb. 10) ist illustriert, wie die beschriebene Methode im Detail bei einigen ausgewählten, größeren Energieverbrauchern angewandt worden ist.

In einem ersten Analyseschritt (siehe Abb. 8) werden die Objekte bzw. Objektteile zu den jeweiligen Trafostationen zugeordnet. Ein Transformator (kurz Trafo) versorgt üblicherweise mehrere Objekte, gleichzeitig kann ein Objekt jedoch auch von mehreren Trafos versorgt werden.

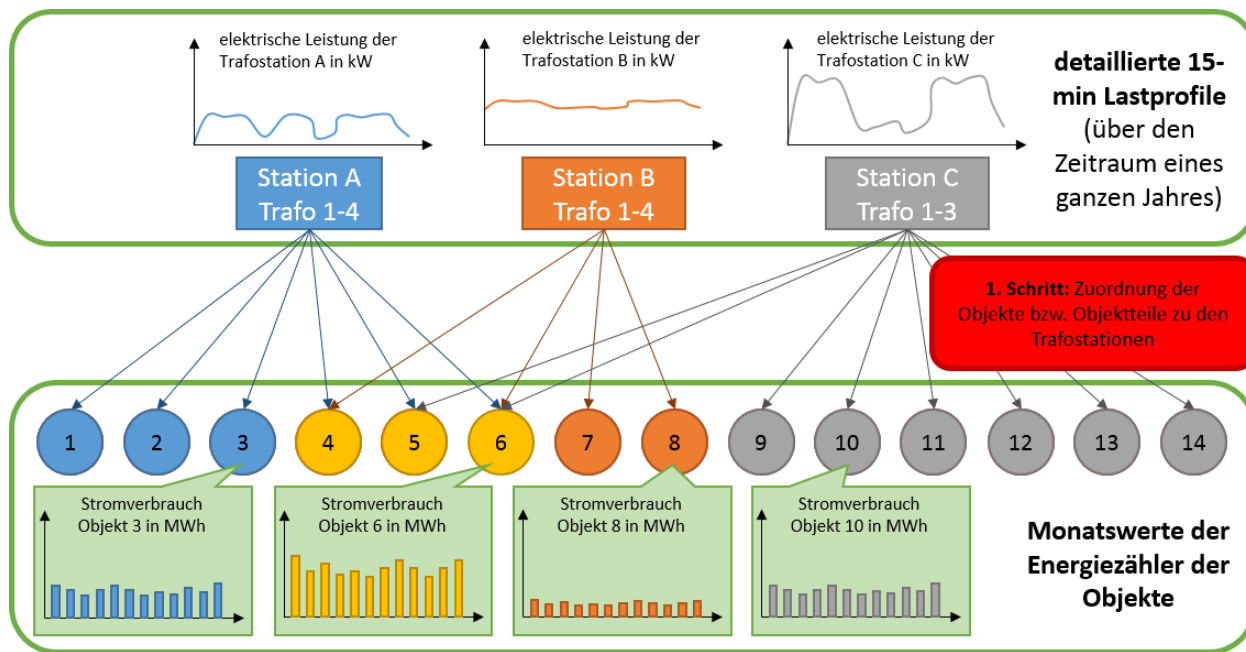


Abb. 8: Zuordnung von Objekten bzw. Objektteilen zu den Trafostationen

Im zweiten Schritt (siehe Abb. 9) werden einfache Lastprofile für kleinere, simple Energieverbraucher erstellt, deren Monatssummen sich mit deren tatsächlichen Energieverbräuchen decken. Beispiele hierfür sind z.B. Beleuchtungsanlagen, die einem strikt vorgegebenen Zeitschema folgen, oder Verbraucher, die ständig im Betrieb sind und dabei eine konstante Leistung aufweisen.

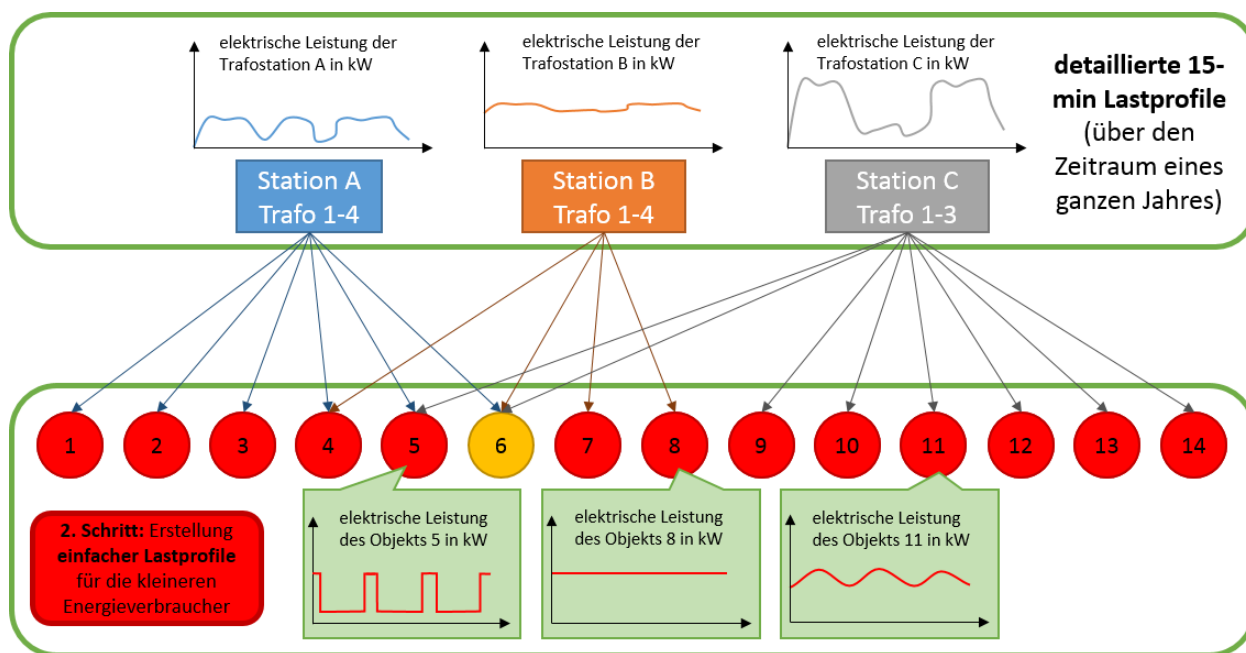


Abb. 9: Erstellung einfacher Lastprofile für kleinere Energieverbraucher

Abschließend wird, wie in Abb. 10 dargestellt, die Summe der einfachen Lastprofile von der Summe der Lastprofile der jeweiligen Trafostationen subtrahiert. Die Differenz entspricht dem Lastprofil des größeren Energieverbrauchers.

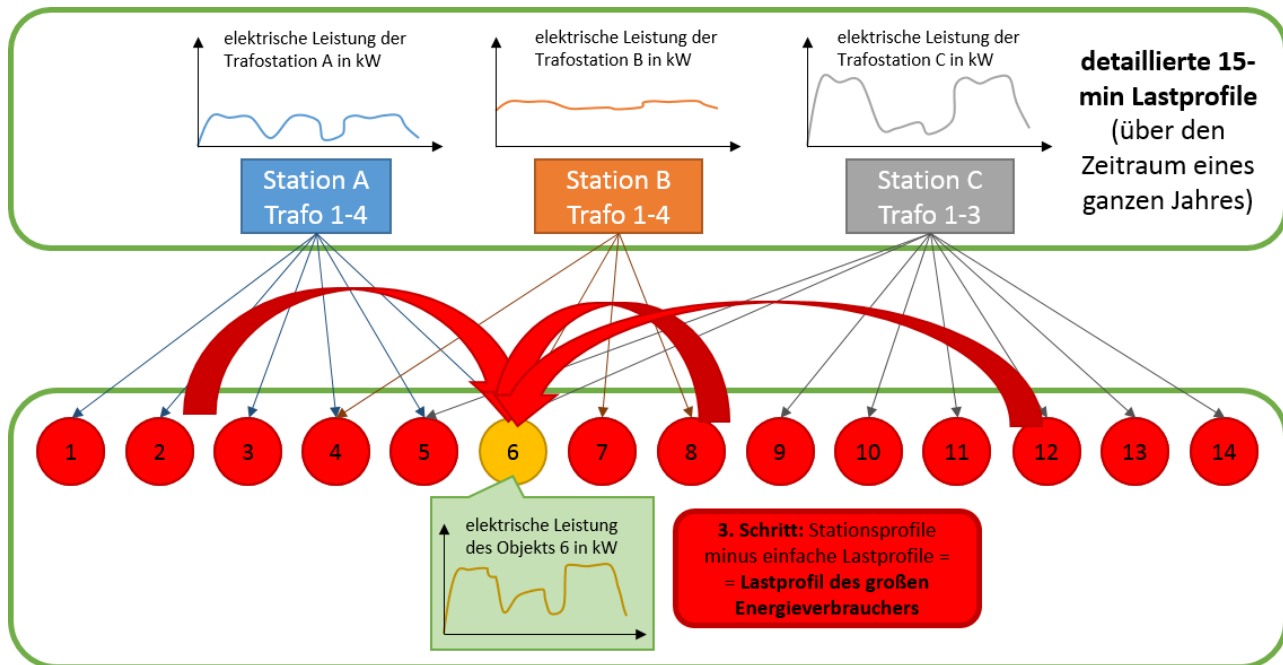


Abb. 10: Berechnung des Lastprofils des großen Energieverbrauchers

Bei den restlichen Trafostationen wurden die synthetischen Lastprofile für die an ihnen angeschlossenen Objekte in 15 min Auflösung einfach erstellt, indem monatsweise die Lastprofile der Trafostationen je Objekt auf den monatlichen Verbrauchswert des jeweiligen Objektes skaliert worden sind.

Bei den Lastprofilen für den Kälteverbrauch der an den Kältering angeschlossenen Objekte kam dieselbe Prozedur zur Anwendung. Hier wurden aber anstatt der Lastprofile der Trafostationen die Lastprofile der in den Kältezentralen produzierten Kältemengen (ebenfalls in 15 min Auflösung) verwendet.

Die Lastprofile für den Wärmeverbrauch der an das Wärmenetz angeschlossenen Objekte wurden sehr vereinfacht aus den Temperaturdaten geschätzt. Die resultierenden Wärmelasten wurden ebenfalls so skaliert, dass deren Monatssummen den jeweiligen gemessenen monatlichen Verbrauchswerten der zugeordneten Objekte entsprechen.

Dadurch gelang es für jedes Objekt des Flughafens, das entweder Strom, Kälte und/oder Wärme aus einem der entsprechenden Netze bezieht, synthetische Strom-, Kälte- und/oder Wärmelastprofile mit einer Auflösung von 15 min zu erstellen. Obwohl diese Profile mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind, genügen sie, um eine nachvollziehbare Basis für die Entwicklung der Methoden zur Plausibilitätsprüfung darzustellen.

Die synthetischen Lastprofile basieren momentan auf den Messwerten des Jahres 2016. Sobald das im Zuge dieses Projekts entwickelte smarte Energiemonitoring- und Anlagenoptimierungssystem am Flughafen für zumindest ein Jahr im Einsatz war, können diese synthetischen Lastprofile durch die realen Monitoringwerte ersetzt werden. Die Gebäudemodelle können dadurch dann mit präziseren Werten aktualisiert, erneut kalibriert und somit verbessert werden.

B.5.5.2 Programmierung von Ausleseroutinen und Schnittstellen

Um nun die erhobenen Daten der Objekte – seien es simulierte oder gemessene Daten - analysieren zu können, muss ein Framework zur Verfügung gestellt werden, welches Objektmodelle halten kann und Schnittstellen zu den unterschiedlichen Datenspeichern und Programmen anbietet. Abb. 11 zeigt den Überblick der hierfür verwendeten Architektur. Im Tool SIMULTAN (Bednar et al. 2018) werden die Objektmodelle der Flughafenstadt gehalten und Manipulationsmethoden zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Auf Basis dieser Datenmodelle können unter anderem Lastgangprognosen und Gebäudesimulationen durchgeführt werden. Dafür werden eigene Tools wie zum Beispiel, die in diesem Projekt entwickelten Regressionsmodelle (siehe nächsten Abschnitt, Kap.B.5.5.3) verwendet, wobei die benötigten Daten via Schnittstellen aus den Systemen der FWAG exportiert und Ergebnisse importiert werden (können). Zusätzlich ist es möglich Messdaten in aufbereiteter Form (View) aus Datenbanken zu lesen und zum Beispiel für Visualisierungen in einem Soll/Ist Vergleich zu nutzen.

In dem Framework fließen Informationen und Daten der Objektmodelle zusammen, es wird der Überblick behalten

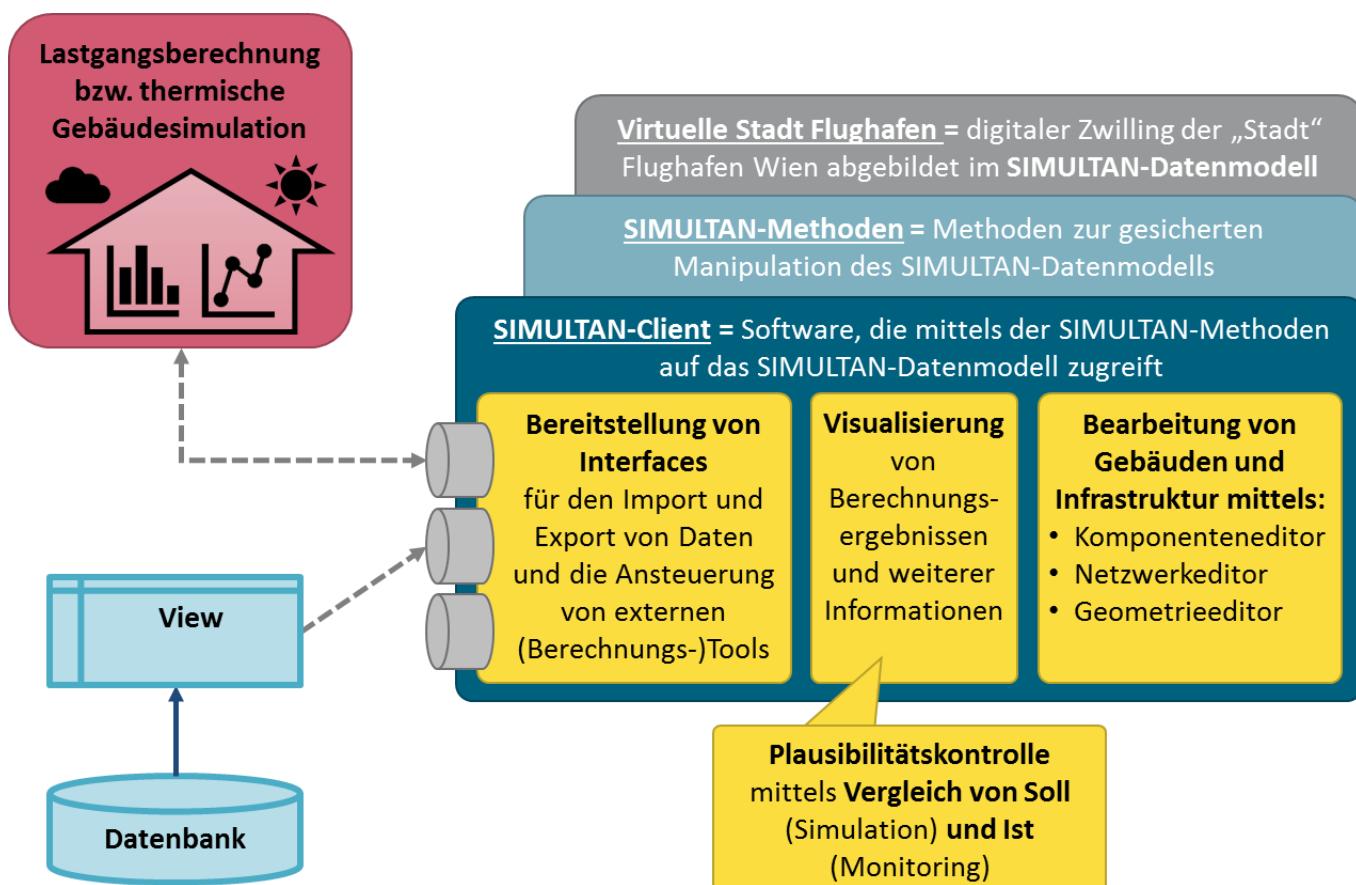


Abb. 11: Überblick über das Zusammenspiel von SIMULTAN und den Datenbanken der Smart AirportCity

B.5.5.3 Plausibilitätsprüfung der Primärdaten und Methodik-Entwicklung

Für die 125 Objekte wurden basierend auf deren synthetischen 15 min Lastprofilen digitale Modelle auf drei Arten (siehe Abb. 12) erstellt.

	einfaches Verbrauchsmodell ohne Berücksichtigung von Gebäudeparametern	einfaches Gebäudemodell mit Berücksichtigung von Gebäudeparametern	detailliertes Gebäudemodell mit Berücksichtigung von Gebäudeparametern
METHODE	erweiterte, multivariate, lineare Regressionsmodelle	vereinfachte, dynamische Einzonen-Simulation	dynamische Einzonen-Simulation des SIMULTAN-Gebäudemodells
INPUTS	<ul style="list-style-type: none"> 15 min Lastprofile & Wetterdaten Kalenderinformationen 	<ul style="list-style-type: none"> 15 min Lastprofile & Wetterdaten grobe Gebäudegeometrie weitere Parameter geschätzt 	<ul style="list-style-type: none"> 15 min Lastprofile & Wetterdaten detailliertere Gebäudegeometrie Bauteilaufbauten (U-Wert, etc.)

Abb. 12: Überblick über die drei Arten der digitalen Modelle inkl. gewählter Methode und herangezogenem Input zur Erstellung

Alle Modelle, gleich welcher Art, dienen dazu, den Energieverbrauch (Strom, Kälte und Wärme) der vorhandenen Objekte zu prognostizieren. Die drei Arten unterscheiden sich in erster Linie durch ihren Detaillierungsgrad und somit dem Aufwand ein Objekt zu modellieren.

Die einfachste Art, ein digitales Modell eines Objekts zu erstellen, ist das **einfache Verbrauchsmodell**. Unter Zuhilfenahme der Programmiersprache Python wurden für alle synthetischen Lastprofile aller Objekte erweiterte, multivariate, lineare Regressionsmodelle erstellt, die als Plugin täglich aufgerufen werden können. Diese Modelle basieren nur auf den synthetischen 15 min Lastprofilen, den Wetterdaten und den Kalenderinformationen des Jahres 2016. Weitere Informationen zu den Objekten, wie z.B. Gebäudegeometrie oder Bauteilaufbauten, wurden zum Aufbau dieser Modelle nicht verwendet.

Informationen zur Nutzung von Objekten sind indirekt in den Lastprofilen selbst enthalten und finden in Kombination mit den Wetterdaten und den Kalenderinformationen Einzug in den Modellen. Da die einfachen Verbrauchsmodelle nur mit den Daten des Jahres 2016 trainiert worden sind, sagen die Modelle für alle Objekte Nutzungen voraus, die denen des Jahres 2016 entsprechen. Etwaige Nutzungsänderungen (z.B. ein vormals leerstehendes Gebäude wird wieder in Betrieb genommen) lassen sich nicht so einfach in die Modelle einpflegen. Hierfür wäre es erforderlich, dass die einfachen Verbrauchsmodelle der betreffenden Objekte mit aktuellen Messdaten nach der Nutzungsänderung erneut trainiert werden.

Etwaige Änderungen beim Wetter sollten von den einfachen Verbrauchsmodellen jedoch bis zu einem gewissen Ausmaß korrekt abgebildet werden – z.B., dass typisches Sommerwetter in einem Jahr bereits drei Wochen eher beginnt als im Jahr 2016 kann von diesen Modellen berücksichtigt werden. Auswirkungen des Wetters, die dazu führen, dass technische Kapazitätsgrenzen erreicht werden (z.B. die maximale Leistung eines Split-Kühlgerätes), werden von den Modellen nicht direkt berücksichtigt. Um solchen Kapazitätsgrenzen zumindest ansatzweise Rechnung zu tragen, werden die Prognosen der einfachen Verbrauchsmodelle mit den jeweiligen minimalen und maximalen Werten der synthetischen Lastprofile nach unten und nach oben hin begrenzt.

Die einfachen Verbrauchsmodelle basieren auf der Kombination dreier Methoden, nämlich der Mittelwertbildung je Zeitschritt, Filtern von Daten nach Tagestyp und der multivariaten, linearen Regression (siehe Abb. 13).

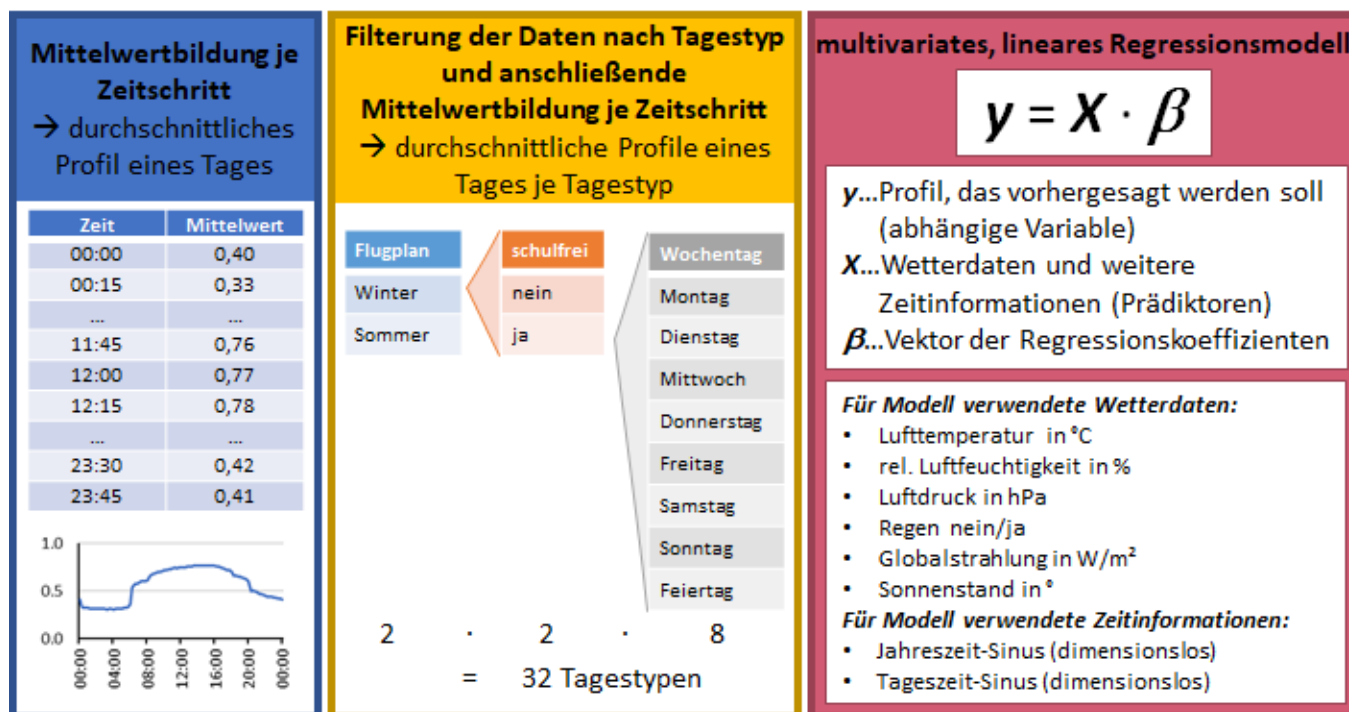


Abb. 13: Überblick über die drei wesentlichen Methoden, mit denen die einfachen Verbrauchsmodelle erstellt wurden

Im Gegensatz zu multivariaten, linearen Regressionsmodellen, bei denen Informationen zum Tagestyp als unabhängige Variablen (Prädiktoren) codiert sind, bekannt als LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) Regression Model (Price, 2010), ist das Prinzip hier, dass diese Informationen dem Regressionsmodell nicht zugeführt werden. Die Information zum Tagestyp wird stattdessen dazu verwendet, mithilfe der Filterung der Daten durchschnittliche Profile je Typ zu errechnen. Das bedeutet, dass das Regressionsmodell den Einfluss des Wetters modelliert und die Filterung nach Tagestyp inkl. der anschließenden Mittelwertbildung je Zeitschritt den Einfluss der unterschiedlichen Tagestypen darstellt.

Aufbauend auf diesen Grundgedanken wurden je Lastprofil einfache Verbrauchsmodelle in vier Varianten erstellt. Die Varianten unterscheiden sich darin, in welcher Reihenfolge die drei Methoden miteinander kombiniert werden und ob beim Regressionsmodell eine Interaktion zwischen den Prädiktoren zugelassen wird oder nicht (siehe Abb. 14).

	MTR	RT	RiT	MRiT
1. Schritt	Mittelwert	Regression	Regression mit Interaktion der Prädiktoren	Mittelwert
2. Schritt	Mittelwerte je Tagestyp	Mittelwerte je Tagestyp	Mittelwerte je Tagestyp	Regression mit Interaktion der Prädiktoren
3. Schritt	Regression			Mittelwerte je Tagestyp

Abb. 14: Überblick über die vier Varianten der einfachen Verbrauchsmodelle

Die verfügbaren synthetischen Lastprofile des Jahres 2016 werden in einen Trainings- und einen Testdatensatz aufgeteilt. Der Trainingsdatensatz wird zum Schritt-für-Schritt-Trainieren der einfachen Verbrauchsmodelle, wie in Abb. 14 dargestellt, verwendet. Anschließend werden die Modelle dazu genutzt, den Testdatensatz vorherzusagen.

Eine detailliertere Darstellung der in Abb. 14 gezeigten Varianten und des Prozesses für deren Training (Modellaufbau) und Test (Analyse) ist im Anhang zu finden.

Abb. 15 zeigt auf Basis der vier einfachen Verbrauchsmodellvarianten vorhergesagte Lastprofile für einen Auszug des Testdatensatzes und stellt sie den tatsächlichen Werten gegenüber.

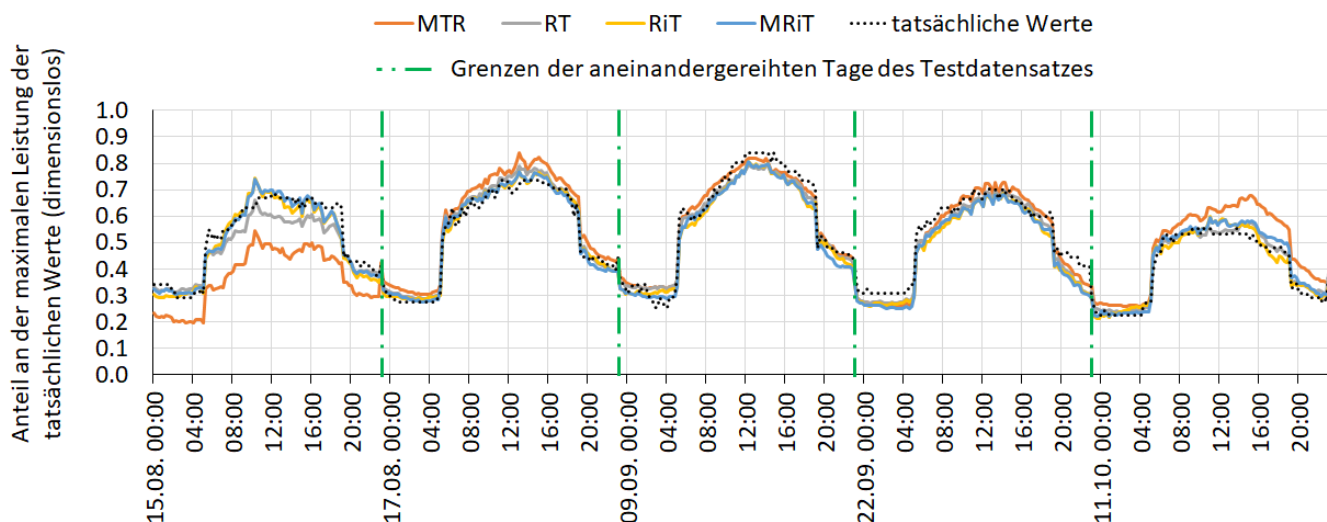


Abb. 15: Gegenüberstellung der von den einfachen Verbrauchsmodellen vorhergesagten Lastprofile des Stromverbrauchs eines Objekts und den tatsächlichen Werten für fünf aneinander gereichte Tage des Testdatensatzes

Wie in Abb. 15 ersichtlich, gibt es bei den vier Varianten durchaus Unterschiede bezüglich der Qualität ihrer Vorhersagen. Im Falle des gezeigten Beispiels treffen die Modellvarianten „RiT“ und „MRiT“ die tatsächlichen Werte am besten. Die größten Abweichungen ergeben sich bei der Modellvariante „MTR“.

Um zu entscheiden, welche Variante bei welchem Lastprofil schließlich zum Einsatz kommen soll, wurde das Bestimmtheitsmaß (der sogenannte R²-Wert) für die Tage des Testdatensatzes berechnet. Das Bestimmtheitsmaß kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen und je näher der Wert bei 1 liegt, desto besser trifft eine Vorhersage die tatsächlichen Werte. Tab. 1 zeigt, welche der vier Varianten bei welcher Art von Lastprofilen wie oft die höchsten Bestimmtheitsmaße aufwies.

Tab. 1: Überblick darüber, bei wie vielen und welchen Lastprofilen die vier Varianten der einfachen Verbrauchsmodelle die beste Vorhersage des Testdatensatzes lieferten

Energieart des jeweiligen Lastprofils	Anzahl der Lastprofile, bei denen die jeweilige Variante des einfachen Verbrauchsmodells das höchste Bestimmtheitsmaß aufwies			
	MTR	RT	RiT	MRiT
Strom	11	6	19	89
Kälte	0	0	10	10
Wärme	3	1	49	4

Es zeigt sich, dass die „MRiT“-Modellvariante in den meisten Fällen das höchste Bestimmtheitsmaß erreicht – insbesondere im Falle von Strom-Lastprofilen. Bei Kälte-Lastprofilen sind sowohl die „RiT“- als auch „MRiT“-Variante gleich genau, während bei Wärme-Lastprofilen die „RiT“-Variante das höchste Bestimmtheitsmaß aufweist. Die „MTR“- und „RT“-Modellvarianten scheinen nur in wenigen Fällen die beste Wahl zu sein.

Analog zu den in Tab. 1 dargestellten Informationen zum Bestimmtheitsmaß wurde nun jedem Lastprofil die Modellvariante zugewiesen, die beim Testdatensatz das höchste Bestimmtheitsmaß ergab. Tab. 2 und Tab. 3 zeigen die Qualität der Vorhersagen der einfachen Verbrauchsmodelle, die bei dieser Zuweisung erreicht wird – sowohl für den Testdatensatz, als auch für den gesamten Datensatz des Jahres 2016.

Beide Tabellenteile zeigen jeweils die Ergebnisse für „alle Objekte“ und „alle Objekte exkl. Kleinverbraucher“. Kleinverbraucher sind jene Objekte mit den niedrigsten Energieverbräuchen, die in Summe weniger als 5% des jeweiligen gesamten Energieverbrauchs ausmachen. D.h. alle übrigen Objekte sind für 95% des jeweiligen gesamten Energieverbrauchs verantwortlich.

Tab. 2: Überblick über die Qualität der Vorhersage der einfachen Verbrauchsmodelle – Anzahl der verschiedenen Verbrauchsmodelle kategorisiert nach dem Bestimmtheitsmaß ihrer Verbrauchsprognose

Bestimmtheitsmaß der Verbrauchsprognose		Testdatensatz						Datensatz des gesamten Jahres 2016					
		alle Objekte			alle Objekte exkl. Kleinverbraucher			alle Objekte			alle Objekte exkl. Kleinverbraucher		
		Strom	Kälte	Wärme	Strom	Kälte	Wärme	Strom	Kälte	Wärme	Strom	Kälte	Wärme
≥ 0,95		2	0	5	1	0	3	3	0	17	2	0	10
≥ 0,9	< 0,95	5	8	15	4	5	9	16	7	14	8	5	9
≥ 0,8	< 0,9	28	6	15	14	4	10	34	8	10	15	4	7
≥ 0,7	< 0,8	30	4	7	12	3	4	27	4	6	13	4	4
≥ 0,6	< 0,7	26	1	6	11	1	4	19	0	7	5	0	1
≥ 0,5	< 0,6	11	0	4	1	0	1	8	1	3	2	1	1
≥ 0,4	< 0,5	9	1	2	4	1	0	7	0	0	2	0	0
≥ 0,3	< 0,4	4	0	2	1	0	0	7	0	0	2	0	0
≥ 0,2	< 0,3	7	0	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0
≥ 0,1	< 0,2	3	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
	< 0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Wie in Tab. 2 ersichtlich, weist ein Großteil der einfachen Verbrauchsmodelle der Strom-Lastprofile beim Testdatensatz ein Bestimmtheitsmaß zwischen 0,6 und 0,9 auf. Der Großteil der einfachen Verbrauchsmodelle der Kälte- und Wärme-Lastprofile weist beim Testdatensatz ein Bestimmtheitsmaß von 0,8 bis 0,95 auf.

Vergleicht man die Ergebnisse des Testdatensatzes nun mit denen des gesamten Jahres 2016, so stellt man fest, dass beim gesamten Jahr höhere Werte für das Bestimmtheitsmaß erzielt werden. Das ist zu erwarten, da ein Großteil der Daten des Jahres 2016 dazu genutzt worden ist, um die Modelle zu trainieren – nur ein kleiner Teil der Daten (32 von 366 Tagen) wurde für den Testdatensatz ausgeklammert.

Betrachtet man vor allem die Modelle mit einem sehr schlechten Bestimmtheitsmaß, so stellt man fest, dass es sich bei jenen hauptsächlich um Kleinverbraucher handelt. In der Kategorie „alle Objekte exkl. Kleinverbraucher“ finden sich kaum Werte unterhalb eines Bestimmtheitsmaßes von 0,6.

Dass die Modelle der Kälte- und Wärme-Lastprofile tendenziell eine bessere Vorhersagequalität versprechen als die Strom-Lastprofile, rührt in erster Linie daher, dass es bei realen Stromverbräuchen

von Objekten leichter zu signifikanten Spitzen oder Einbrüchen kommen kann. Weicht eine Vorhersage von einer Spitze oder einem Einbruch ab, so wirkt sich dies zur zweiten Potenz auf das Bestimmtheitsmaß aus. Bei den Kälte- und Wärme-Lastprofilen gibt es kaum solche Spitzen oder Einbrüche – deren Verlauf ist viel glatter. Dies ist teilweise auch durch die Methode bedingt, mit der die synthetischen Lastprofile erstellt worden sind.

Ein etwas anderes Bild zeigt sich, wenn man die Vorhersagen der Lastprofile zur kumulierten Verbrauchsprognose aufsummiert und mit den jeweiligen Summen der tatsächlichen Werte vergleicht – siehe Tab. 3.

Tab. 3: Überblick über die Qualität der Vorhersage der einfachen Verbrauchsmodelle – Anzahl der verschiedenen Verbrauchsmodelle kategorisiert nach der Abweichung ihrer kumulierten Verbrauchsprognose von den jeweiligen Summen der tatsächlichen Werten

Abweichung der kumulierten Verbrauchsprognose		Testdatensatz						Datensatz des gesamten Jahres 2016					
		alle Objekte			alle Objekte exkl. Kleinverbraucher			alle Objekte			alle Objekte exkl. Kleinverbraucher		
		Strom	Kälte	Wärme	Strom	Kälte	Wärme	Strom	Kälte	Wärme	Strom	Kälte	Wärme
≤ 0.1%		4	0	2	2	0	2	44	3	4	24	1	3
> 0.1%	≤ 0.2%	6	0	0	3	0	0	25	0	4	12	0	3
> 0.2%	≤ 0.5%	18	3	6	12	3	2	32	5	9	12	4	6
> 0.5%	≤ 1%	31	2	7	14	0	2	9	7	8	1	5	4
> 1%	≤ 2%	27	7	12	12	5	9	6	5	15	1	4	11
> 2%	≤ 5%	20	5	12	5	3	11	6	0	11	0	0	5
> 5%	≤ 10%	14	2	12	2	2	6	1	0	4	0	0	0
> 10%	≤ 20%	3	1	4	0	1	0	2	0	2	0	0	0
> 20%		2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Betrachtet man die Ergebnisse für den Testdatensatz, so sieht man, dass die Strom-Lastprofile tendenziell geringere Abweichungen der kumulierten Verbrauchsprognose aufweisen als die Kälte- und Wärme-Lastprofile. Der Großteil der Verbrauchsmodelle der Strom-Lastprofile liegt bei allen Objekten bei einer Abweichung von unter 2% und bei Vernachlässigung der Kleinverbraucher sogar unter 1%. Bei den Kälte-Lastprofilen weist die Mehrheit der Modelle eine Abweichung zwischen 1% und 5% auf und bei den Wärme-Lastprofilen weist die Mehrheit der Modelle eine Abweichung zwischen 1% und 10% auf.

Ebenso wie in Tab. 2 fallen die Ergebnisse für den Datensatz des gesamten Jahres 2016 besser aus – der Grund ist abermals, dass die Modelle anhand eines Großteils dieses Datensatzes trainiert worden sind.

Die in Tab. 2 und Tab. 3 gezeigten Werte deuten darauf hin, dass die Qualität der einfachen Verbrauchsmodelle in den meisten Fällen durchaus geeignet ist, um Auffälligkeiten beim regulären Betrieb von Objekten festzustellen. Vor allem bei Objekten, deren Betrieb einem regelmäßigen Muster folgt, das zeit- oder wetterabhängig ist, eignen sich die Modelle gut für einen Soll-Ist-Vergleich.

Bei Objekten, deren Verbrauch sehr unregelmäßig ist oder deren Nutzung sich von Jahr zu Jahr ändert, werden die einfachen Verbrauchsmodelle in der vorgestellten Form ungeeignet sein – hierfür braucht es detailliertere Gebäudemodelle.

Diese Objektlastprofile stellen die Grundlage für darauf aufbauende **einfachen Gebäudemodelle** dar, welche ein Zwischenschritt auf dem Weg zu den detaillierten Gebäudemodellen waren. Sie dienen

in erster Linie dazu, die Methodik zur Modellierung der Nutzung von Gebäuden zu entwickeln und zu erproben.

Von fünf ausgewählten Objekten des Flughafens wurden unter Zuhilfenahme von zusätzlichen Informationen (z.B. Daten des Energieausweises oder Spezifikationen von installierten technischen Anlagen) einfache Gebäudemodelle erstellt.

Hierfür wurde zuerst ein Strom-Lastprofil des jeweiligen Objektes modelliert, wie in Abb. 16 dargestellt.

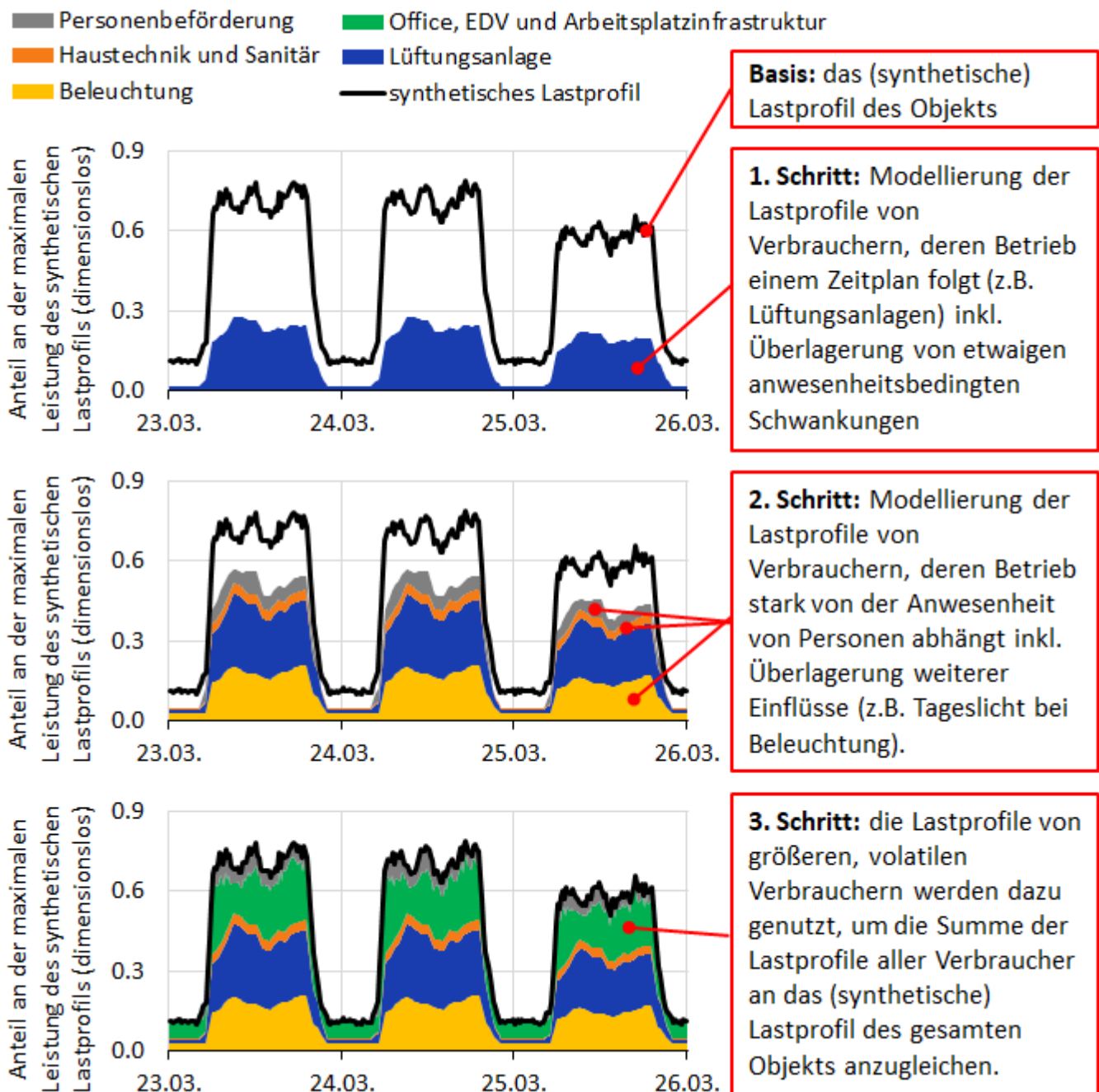


Abb. 16: Aufbau des Strom-Lastprofils eines Objekts aus den Lastprofilen seiner elektrischen Verbraucher

Bei dem in Abb. 16 dargestellten Ablauf handelt es sich im Wesentlichen um Schätzungen des Verlaufs der verschiedenen elektrischen Verbraucher des zu modellierenden Objekts. Diese Schätzungen basieren auf der Kenntnis der Nutzung des jeweiligen Objekts, den elektrischen Leistungen der größeren elektrischen Verbraucher und etwaigen fix in der Gebäudeleittechnik vorgegebenen Zeitprogrammen.

Das Ziel ist es, mit den Schätzungen in Summe ein synthetische 15 min Lastprofil zu erreichen und die Größenordnung der einzelnen Verbrauchskategorien zu eruieren – dies ist die Grundlage dafür, um später die Wirkung unterschiedlicher betrieblicher Maßnahmen einschätzen zu können.

Nach der Modellierung der Strom-Lastprofile wurden mittels eines Excel-Tools für die fünf ausgewählten Objekte mehrere thermische Simulationen (mit den zugehörigen historischen Wetterdaten) durchgeführt, um auf unbekannte Eigenschaften der Objekte schließen zu können. Abb. 17 illustriert diesen Ablauf.

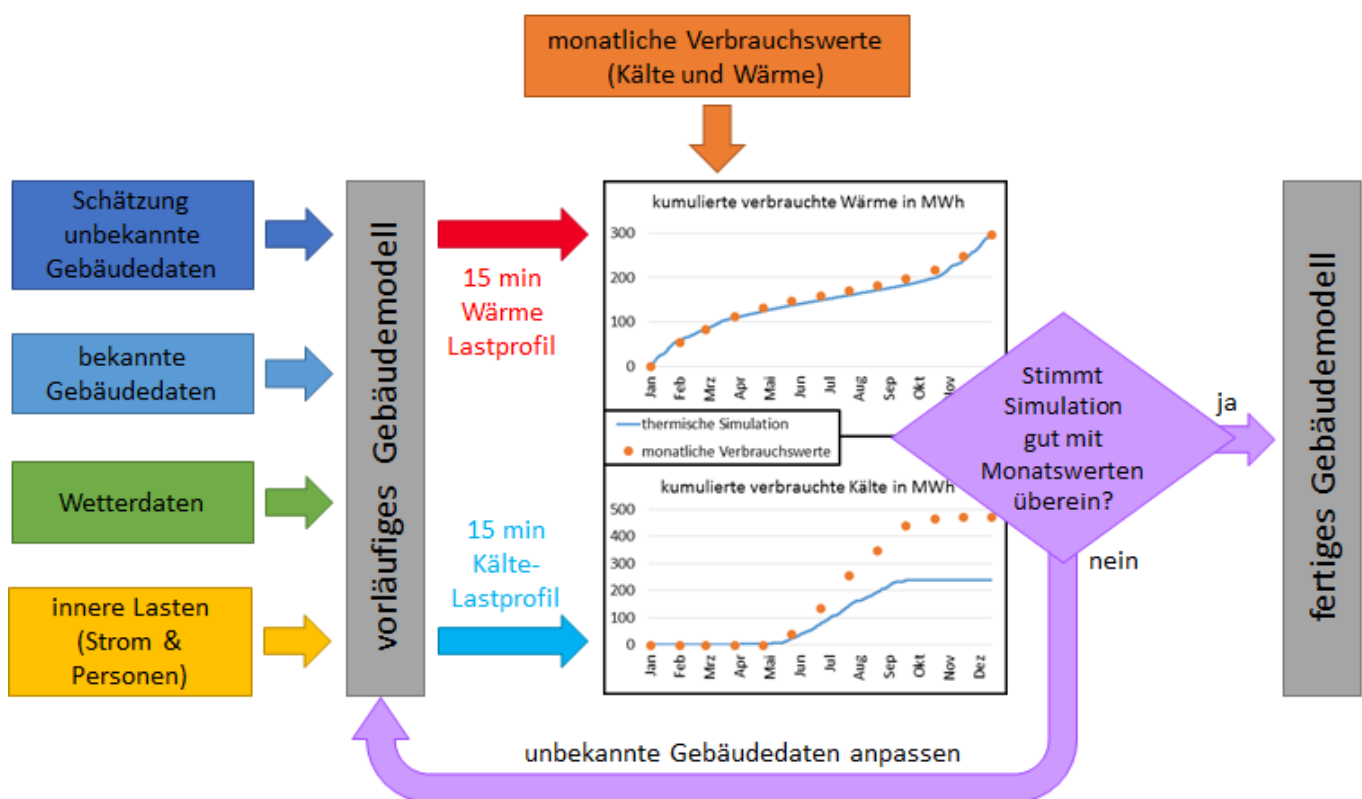


Abb. 17: Methode zur Erstellung eines Gebäudemodells, das sich für die Prognose des Kälte- und Wärmeverbrauch eines Objekts eignet

Zum Aufbau des vorläufigen Gebäudemodells, mit dem thermische Simulationen durchgeführt werden können, müssen dem Excel-Tool folgende Informationen zugeführt werden:

- Die unbekanntes Gebäudedaten.
Jene umfassen in erster Linie die thermische Kapazität der Objekte und die thermisch wirksame Dicke der einzelnen Bauteile, jedoch auch unbekanntes Informationen von gebäudetechnischen Anlagen.
- Die bekannten Gebäudedaten.
Hierbei handelt es sich vorrangig um die grobe Gebäudegeometrie (Abgelesen aus Bestandsplänen) und die ungefähren bauphysikalischen Parameter der Aufbauten (dem Energieausweis entnommen). Sie umfassen allerdings auch Informationen zu Soll-Temperaturen und Informationen zu den groben Aufbauten der gebäudetechnischen Anlagen.

- Die Wetterdaten des Jahres 2016.
- Informationen zu den inneren Lasten.
Hierbei handelt es sich um den als innere Last wirksamen Teil der zuvor modellierten Strom-Lastprofile und den durch die Anwesenheit von Personen verursachte Wärmelast.

Mit all jenen Informationen ist das Excel-Tool in der Lage, eine thermische Simulation durchzuführen und Kälte- und Wärme-Lastprofile mit einer Auflösung von jeweils 15 min zu errechnen. Diese beiden Lastprofile werden jeweils kumuliert und mit den kumulierten tatsächlich gemessenen Monatswerten von Kälte- und Wärmebedarf verglichen.

Basierend auf diesem Vergleich werden die unbekanntes Gebäudedaten in einem iterativen Prozess so lange adaptiert und die thermische Simulation so lange wiederholt, bis sich jeweils die kumulierten Kälte-Verbrauchskurven und die kumulierten Wärme-Verbrauchskurven decken.

Für die als einfachen Gebäudemodelle modellierten Objekte ist es somit nun möglich, ihren Kälte- und Wärmeverbrauch in Abhängigkeit des Wetters und ihrer Nutzung zu prognostizieren.

Bei den **detaillierten Gebäudemodellen** kamen dieselben Prinzipien und Abläufe zum Einsatz wie bei den einfachen Gebäudemodellen, jedoch wurde hierfür das an der TU Wien entwickelte Datenmodell SIMULTAN und die gleichnamige Software (Bednar et. al., 2018) verwendet. Die detaillierten Gebäudemodelle halten ein digitales Modell des jeweiligen Objekts und Änderungen von z.B. Nutzungen können somit getestet und simuliert werden bevor sie im realen Gebäude zum Einsatz kommen.

Nachfolgend wird das Modell der Süderweiterung als detailliertes Testmodell dargestellt. Auf Grundlage der verfügbaren Planstände wurde hierbei ein dreidimensionales Modell erstellt. Dieses enthält sowohl geometrische als auch bau- und anlagentechnische Informationen. Das geometrische Modell ist in Abb. 18 dargestellt.

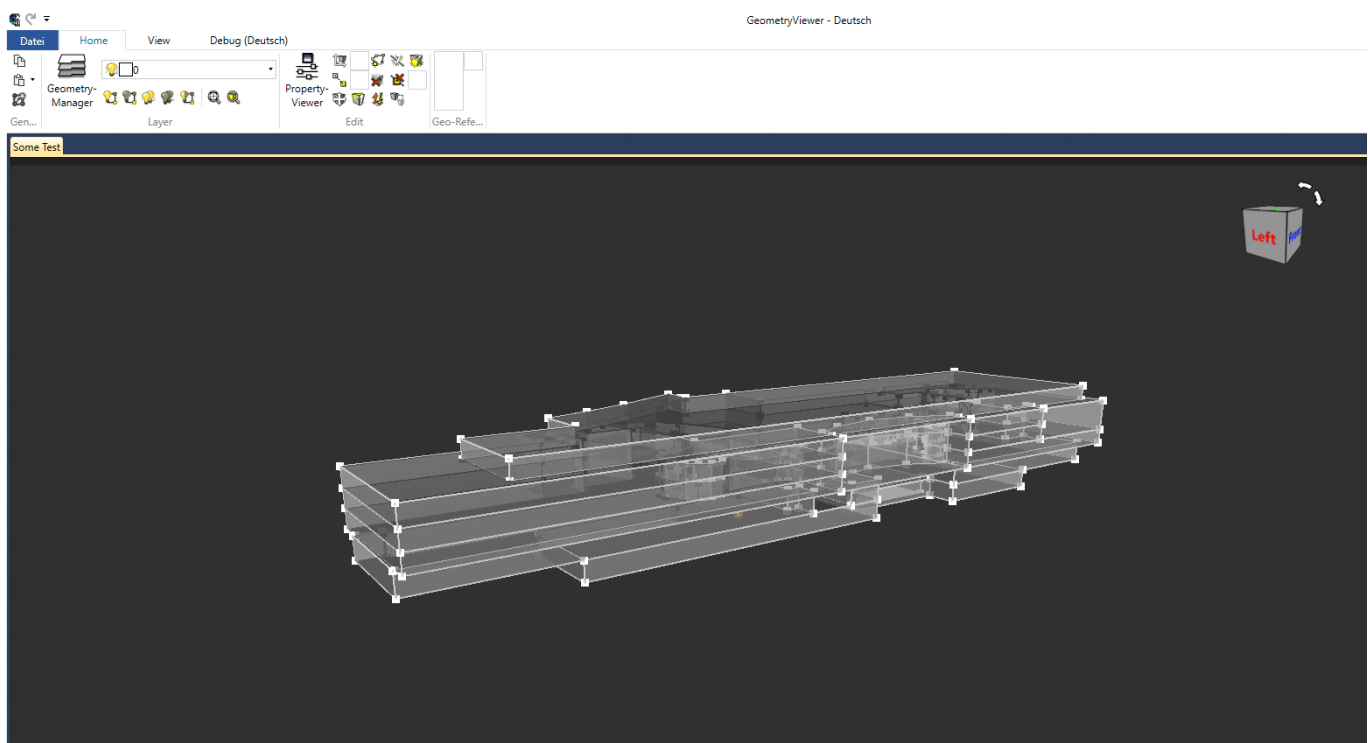


Abb. 18: Geometrie Modell der Süderweiterung im Tool SIMULTAN

Bautechnische Informationen (Aufbauten, Materialeigenschaften, etc.) werden mit Hilfe von Komponenten visualisiert und gespeichert. Diese werden dann in einem weiteren Schritt den geometrischen Objekten zugewiesen und somit wird eine Verknüpfung zwischen geometrischem Modell und bautechnischen Informationen in den Komponenten hergestellt. Um anlagentechnische Informationen, wie beispielsweise Lastgänge, zu visualisieren werden die Lastgänge mittels Kennfeldern den Parametern zugewiesen. Im Beispiel Süderweiterung wurden verschiedene Verbraucher in Kategorien und Unterkategorien unterteilt und den jeweiligen Räumen flächenmäßig zugeordnet, wie in Abb. 19 und Abb. 20 dargestellt.

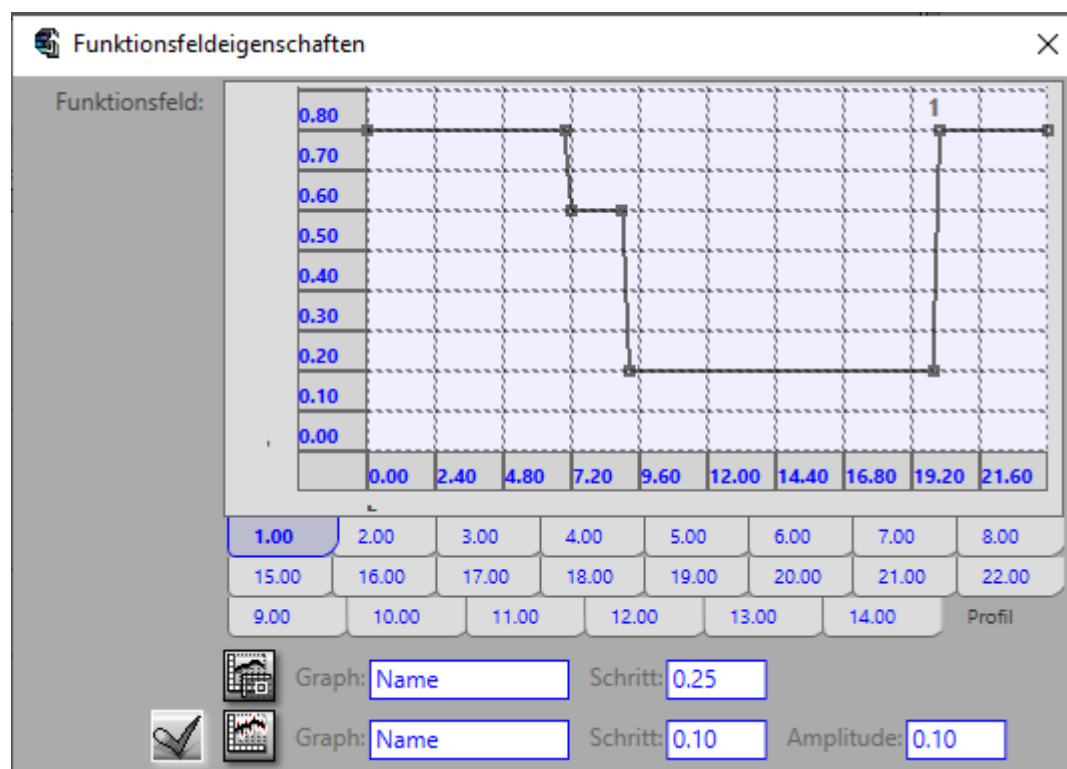


Abb. 19: Beispielhafte Funktion zur Lastgangs-Eingabe

Geometrisches_Objekt_001_03	4848	Grenzkontrolle	Raum
Geometrisches_Objekt_001_03	4822	Sicherheitskont	Raum
Geometrisches_Objekt_001_03	4886	Retail E3	Raum
61664	(-)	0.00	alle Parameterwerte werden an alle Instanzen weitergeleitet
Element_0B-32_01	4887	Kat. Beleuchtung	Verkehrsflächen- und S
61665	(-)	0.00	alle Parameterwerte werden an alle Instanzen weitergeleitet
53985	ANGF	(m ²)	282.00 Fläche
53982	Label	(-)	0.00 B-32
53983	Lastprofil	(W)	338.40 Tagesprofil
53984	Pel-spez	(W/m ²)	4.00 elektrische Leistung (flächenspezifisch)
53986	Profil	(-)	0.30 Tagesprofil (Anteil)
200	Gleichung	[Lastprofil] = 53986Profil*(53984Pel-spez*53985ANGF)	
Geometrische_Volumina_01			Public Seating E1: Volume
Element_OW-100_01	4888	Kat. Werbung	unaufgeschlüsselt
Geometrische_Volumina_01	4889	Public Seating I	Volume

Abb. 20: Flächenmäßige Aufteilung der Lasten der Verbraucher-kategorien

Um eine Prognose des thermischen Verhaltens des Objektes Süderweiterung zu ermöglichen, werden mittels der Software IDA-ICE thermische Simulationen durchgeführt, wobei Gebäudeinformationen wie innere Lasten und die Geometrie mittels Exports aus SIMULTAN übernommen werden können. Das Halten und Exportieren der Informationen über das Gebäude im Datenmodell SIMULTAN ermöglicht somit, dass neues Wissen in ein kontinuierlich weiterwachsendes digitales Modell eingepflegt werden kann und Simulationen auf Basis eines immer aktuellen Modells durchgeführt werden können.

In der Software IDA-ICE können dynamische thermische Simulationen mehrzoniger Gebäude durchgeführt werden. Für das Modell der Süderweiterung wurde zuerst die Geometrie des bestehenden SIMULTAN-Modells übernommen. Diese Geometrie betraf nicht nur die gesamte thermische Hülle, sondern auch die gewählte Unterteilung des Gebäudes in 16 Zonen, die als solche in der thermischen Simulation unterschieden werden. Nachbearbeitet hinsichtlich der Geometrie wurde in IDA-ICE die geometrische Ausdehnung der Fensterflächen und die Umgebungsverschattung (siehe Abb. 21).

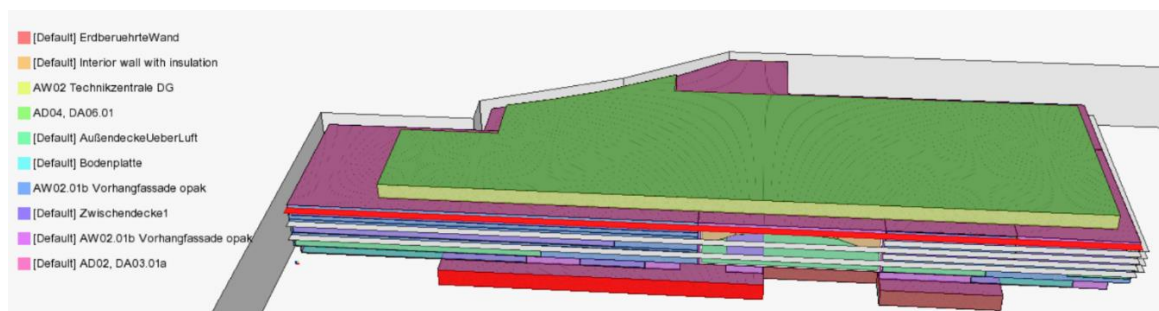


Abb. 21: Screenshot des geometrischen Modells in IDA-ICE inkl. Umgebungsverschattung durch angrenzende Gebäude

Innere Lasten sind eine Zeitserie thermisch relevanter Leistungen, z.B. die Wärmeabgabe von Videowalls oder auch von flughafenspezifischer Sicherheitstechnik. Sie tragen einerseits zur Reduktion des Heizwärmebedarfs bei und erhöhen andererseits die Kühllast. Innere Lasten wurden in Simultan pro Raum über einen jeweils raumspezifischen Mix eines Sets vordefinierter Verlaufsprofile festgelegt.

Die definierten Lasten (exklusiver nicht thermisch relevanter Daten) wurden ebenfalls für die IDA-ICE Simulation exportiert. Mit diesem Lastverlauf modulierte IDA-ICE im Zuge der Simulation die Lastspitzen aller 16 Zonen, wobei diese Zonenlastspitzen so festgelegt wurden, dass die Lastspitze für das gesamte Gebäude flächenanteilig auf die 16 Zonen aufgeteilt wurde. Abb. 22 zeigt die Monatssummen für die End- bzw. Lieferenergie als Ergebnis der Simulation in IDA-ICE.

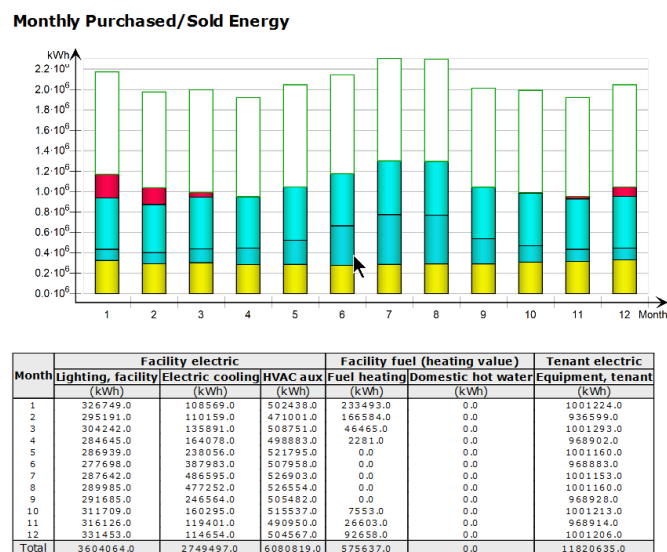


Abb. 22: Monatssummen für die End- bzw. Lieferenergie als Ergebnis der Simulation in IDA-ICE

Auf Basis der einfachen Verbrauchsmodelle und auch der detaillierten Gebäudemodelle kann nun zusammen mit den gemessenen Daten ein Soll/Ist Vergleich entstehen. Dadurch kann festgestellt werden, ob das Gebäude sich so verhält wie erwartet oder ob es mögliche Schwierigkeiten, Engpässe oder Fehlerzustände gibt. Der Soll/Ist Vergleich ruft die einfachen Verbrauchsmodelle und die detaillierten Gebäudemodelle täglich in der Nacht mit den Kalenderinformationen, Wetterdaten, Nutzungsinformationen und gemessenen Strom-Lastprofilen des Vortages auf. Die durch die Modelle berechneten Lastprofile werden dann mit den gemessenen verglichen. Abb. 23 zeigt die entstandene Architektur inklusiver der verschiedenen Datenströme die einerseits für die Simulation und andererseits für den Vergleich benötigt werden.

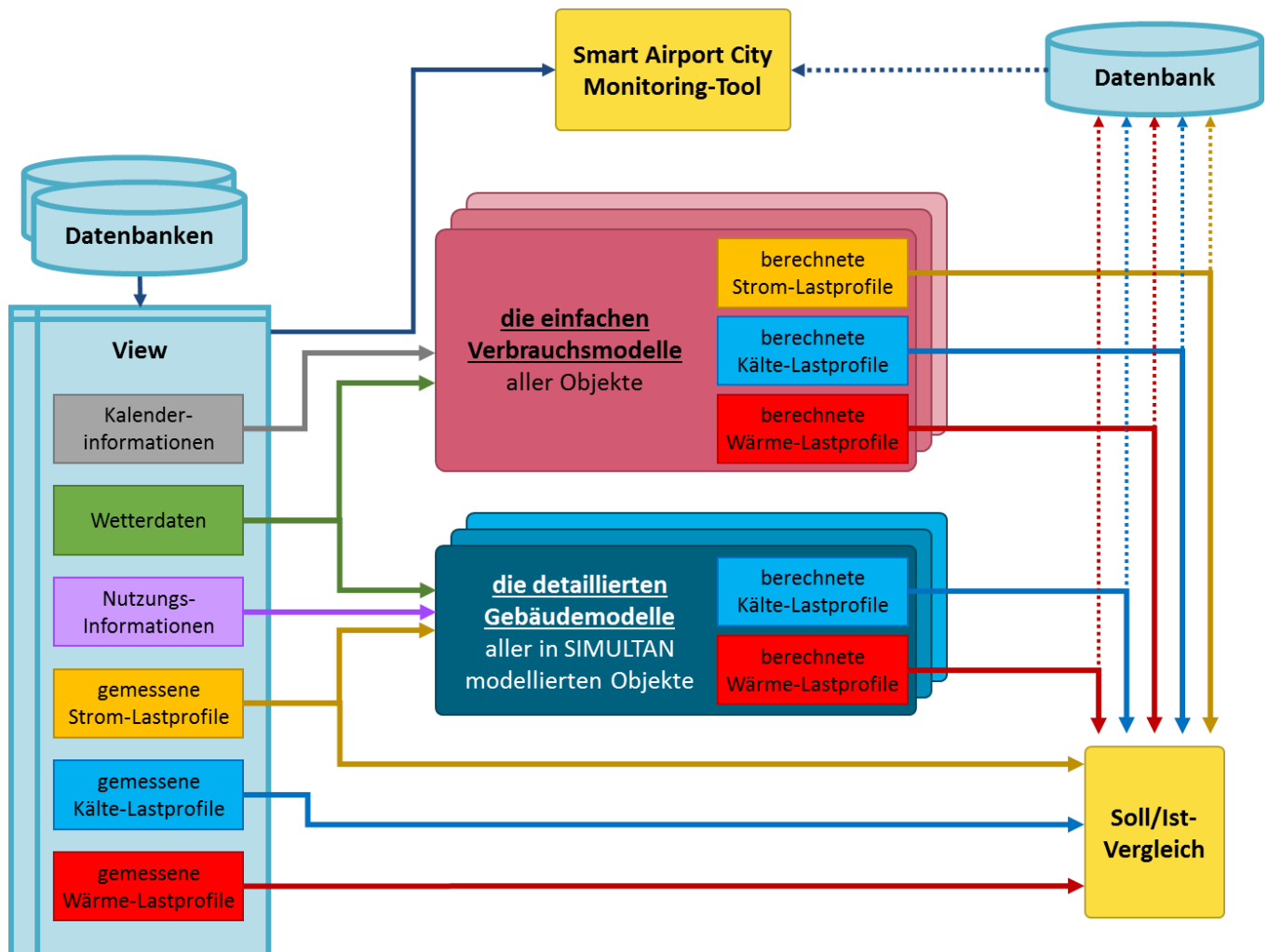


Abb. 23: Übersicht über die Datenströme, die beim täglichen Aufruf der Simulation des Vortages stattfinden

Auf Basis der gemessenen und simulierten Daten können im Soll/Ist Vergleichstool die Informationen gegenübergestellt und analysiert werden. Abb. 24 zeigt die Oberfläche des Tools mit den Vergleichen der Lastgänge für Wärme, Kälte und Strom. Als Zusatzinformation sind die Wetterdaten des letzten Tages ebenfalls visualisiert.

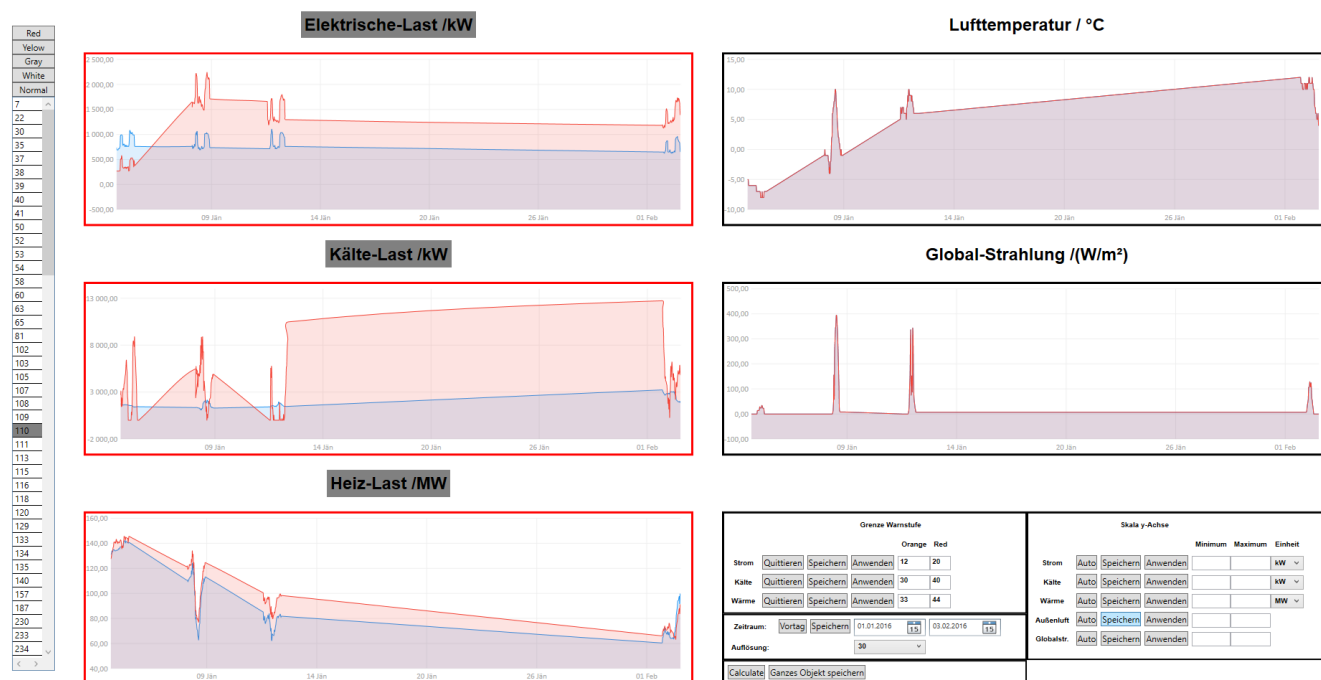


Abb. 24: Überblick über das Soll/Ist Vergleich Tool

B.5.5.4 Potenzialermittlung von Betriebsmaßnahmen

Da die Strom-Lastprofile der **einfachen** und der **detaillierten Gebäudemodelle** auf tatsächlichen technischen Parametern und deren Zeitabhängigkeit basieren, ist es möglich, durch deren Variation die Energieeinsparungspotenziale unterschiedlicher, sich direkt auf die Lasten auswirkenden Maßnahmen zu ermitteln.

Weil im Zuge dieses Projekts ausgewählte Objekte des Flughafens nur als einfache Gebäudemodelle abgebildet worden sind, wurden jene Modelle für die Potenzialermittlung von Betriebsmaßnahmen verwendet.

Tab. 4 zeigt die Übersicht der fünf ausgewählten Objekte und das jeweilige Strom-Einsparungspotenzial von fünf Maßnahmen. Etwaige sekundäre Effekte, die z.B. durch einen reduzierten Kühlbedarf und der damit verbundenen reduzierten elektrischen Leistung von Kältemaschinen bedingt sind, sind hier nicht berücksichtigt.

Tab. 4: Übersicht über die Strom-Einsparungspotenziale der fünf Objekte, die als einfache Gebäudemodelle erstellt worden sind

Kategorie	Maßnahme	Terminal 3	Pier Nord	Pier Ost	EDV-Gebäude	Bürogebäude 645
Beleuchtung	Umbau auf Leuchtmittel mit 110 Lumen/Watt	7.29%	7.11%	4.88%	2.13%	8.00%
	Bewegungsmelder in den Technikräumen	2.88%	2.35%	1.62%	0.40%	3.83%
	zusätzliches sektionsweises Abschalten	1.73%	1.96%	1.16%	0.00%	0.00%
Lüftung	reduzierter Betrieb der Lüftungsanlagen	7.01%	4.59%	6.06%	3.52%	0.00%
Büro	energieeffiziente Computerarbeitsplätze	0.16%	0.32%	0.14%	3.45%	19.19%
Summe bei Umsetzung aller Maßnahmen		17.60%	14.96%	12.98%	9.37%	29.81%

Die einfachen Gebäudemodelle aller Objekte, aber vor allem des Terminals 3 und der beiden Pier-Objekte umfassen deutlich mehr Energieverbrauchs-Kategorien als in Tab. 4 dargestellt. Da viele Energieverbraucher unerlässlich für den Flugbetrieb sind (z.B. Geräte der Sicherheitskontrollen), einer detaillierteren Analyse bedürfen (z.B. Gepäckförderanlagen) oder außerhalb des direkten Einflussbereichs der FWAG liegen (z.B. Küchen von Gastrobetrieben), wurden jene im Zuge der Potenzialermittlung nicht berücksichtigt.

Der Fokus lag auf Maßnahmen, deren Umsetzung realistisch erscheint, die den Betrieb des Flughafens nicht negativ beeinflussen und die sich durch die Variation technischer Parameter mit den einfachen Gebäudemodellen abbilden lassen.

Es zeigt sich, dass bei Terminal 3, Pier Nord und Pier Ost das größte Einsparungspotenzial beim Umbau auf effizientere Leuchtmittel und die Reduktion des Betriebs der Lüftungsanlagen liegt. Die Aufrüstung der bestehenden Computerarbeitsplätze auf energieeffizientere Computer/Bildschirme hat bei diesen Objekten praktisch keine Auswirkung auf deren Stromverbrauch.

Ganz im Gegenteil dazu zeigen die Computerarbeitsplätze beim Bürogebäude 645 das größte Einsparungspotenzial.

B.5.6 Technischer Ansatz

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln formuliert, stellt eine der Hauptschwierigkeiten des Status Quo vor Projektstart am Flughafen Wien der Umstand mehrerer Datenquellen, und die teilweise nur mit Zeitaufwand und Umwegen erzielbare Gesamtanalyse dar. Innovativer Kern des Projektsystems der Smart AirportCity (kurz SAC) ist die Entwicklung einer über den Stand der Technik hinausgehenden Software-Lösung, die alle relevanten Informationen an einer Stelle verarbeitet und Optimierungsvorschläge generiert (**Monitoring- und Optimierungs-Tool**). Basierend auf dem Stand der Technik sowie den Anforderungen und Zielen des Projektes wurde das in Abb. 25 skizzierte **Zielbild** entwickelt. Im Zentrum stehen die strukturierte Datenerfassung und -verarbeitung sowie – mittels variabler Regelwerke – über den Stand der Technik hinausgehende (automatisierte Analyse-) Möglichkeiten für ein effektives Energie- und Anlagenmanagement:

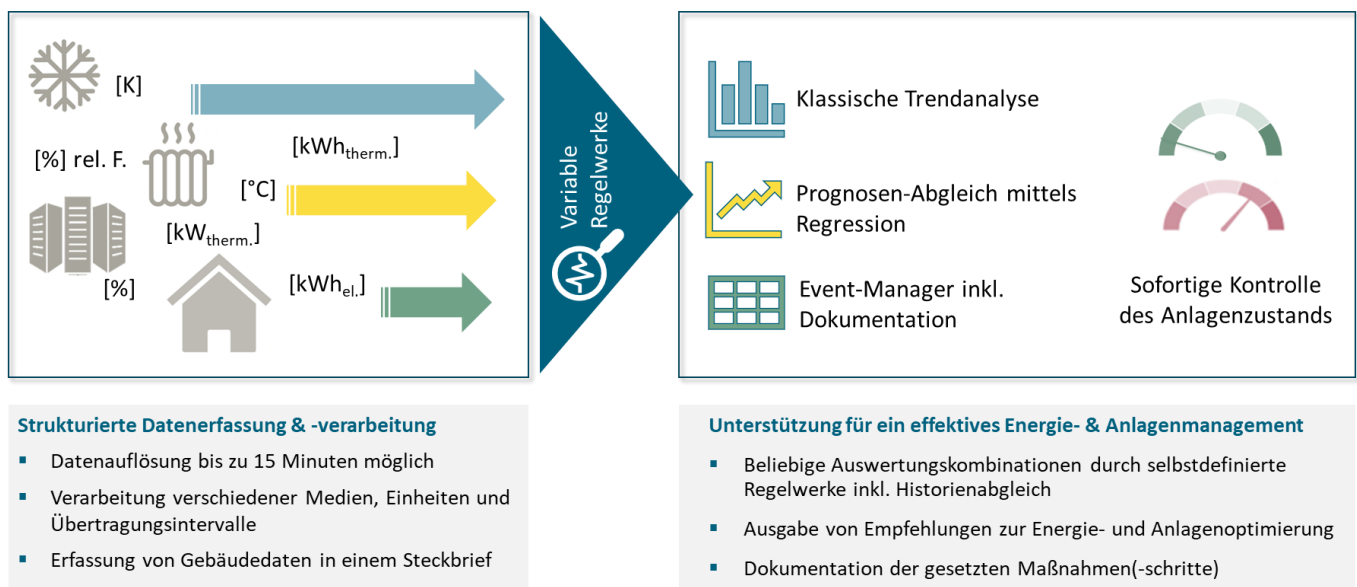


Abb. 25: Zielbild des Smart AirportCity Tools

Die Konzipierung erfolgte in einem ersten Schritt für die Weiterentwicklung des Management-Tools, in einem weiteren Schritt für das Monitoring-Tools. Diese Konzeptionierung inkl. Abstimmung zu Inhalt und Logik des Monitoring-Tools stellte einen Schwerpunkt in der Entwicklung des Projektes dar – durch diese interdisziplinäre Aufgabe wurde eine effektive (technische Programmierung) und praxisnahe (den Projektzielen und Anforderungen des Flughafens entsprechende) Umsetzung ermöglicht. Im **Konzept** wurden daher folgende Inhalte festgelegt:

- Definition der **technischen Anforderungen** (durch IT) und **Userstruktur**
- Festlegung der **Anbindung / Übermittlung der Zählerdaten** (Intervall, Art, Datenhandling etc.)
- Allgemeine **Tool-Struktur** (Bezeichnungen, Hierarchien, modularer Aufbau, etc.)
- **Datengrundlage** (zu verarbeitende Daten, virtuelle und reale Datenpunkte)
- Definition der Möglichkeiten der **Analyse** und **Visualisierung** (Trenddaten-Visualisierung)
- Prozess der **Erstellung von Regeln** (Verknüpfungsoptionen, Definitionen, Regelkatalog) und **Regelwerken**
- Prozess der **Eventdarstellung und Ergebnisausgaben** aus dem System (Definition, Gültigkeit, Optimierungsempfehlung, Benachrichtigungen/Feedback, Dokumentation)

Das Monitoring-Tool wurde entsprechend so designt, dass es eine zentrale Zugriffsstelle für die unterschiedlichen Datenformen der vorhandenen Datenquellen (Verbrauchsdaten, Statusinformationen, Betriebsdaten etc.) darstellt. Hierdurch lassen sich auf die Gesamtheit der Daten sowohl Trendanalysen wie auch konstante Überprüfungslogiken anwenden, deren Ausschlag (in der Tool-Nomenklatur entspricht dies einem Eventeintrag durch Auslösen eines Regelwerks) wo möglich mit der Ausgabe eines konkreten Optimierungsvorschlags verknüpft ist, um nicht nur die Energieeffizienz zu steigern, sondern auch die Zuständigen bei den nächsten Schritten zur (weiteren) Lastspitzenreduktion zu unterstützen.

Folgende **Funktionalitäten** sind entsprechend im auf dem Zielbild basierenden Konzept als zentral definiert worden:

- Abfrage von **Datenpunkten** (Suche, Filterfunktionen) und Erstellung **virtueller Datenpunkte** (Verknüpfung realer Datenpunkte mittels **Formeleditor**)
- **Visualisierungen** von **Trenddaten** (Verläufe, Trends)
- Automatisierte Potenzialerkennung auf Basis von **Regelwerksüberprüfungen**
- Verknüpfung von **Regeln** zu **Regelwerken** zur effizienten Handhabung der automatischen Analysen
- Meldung von Fehlfunktionen/Optimierungspotenzialen und Umsetzung von Maßnahmen inkl. Dokumentation im **Eventmanager**

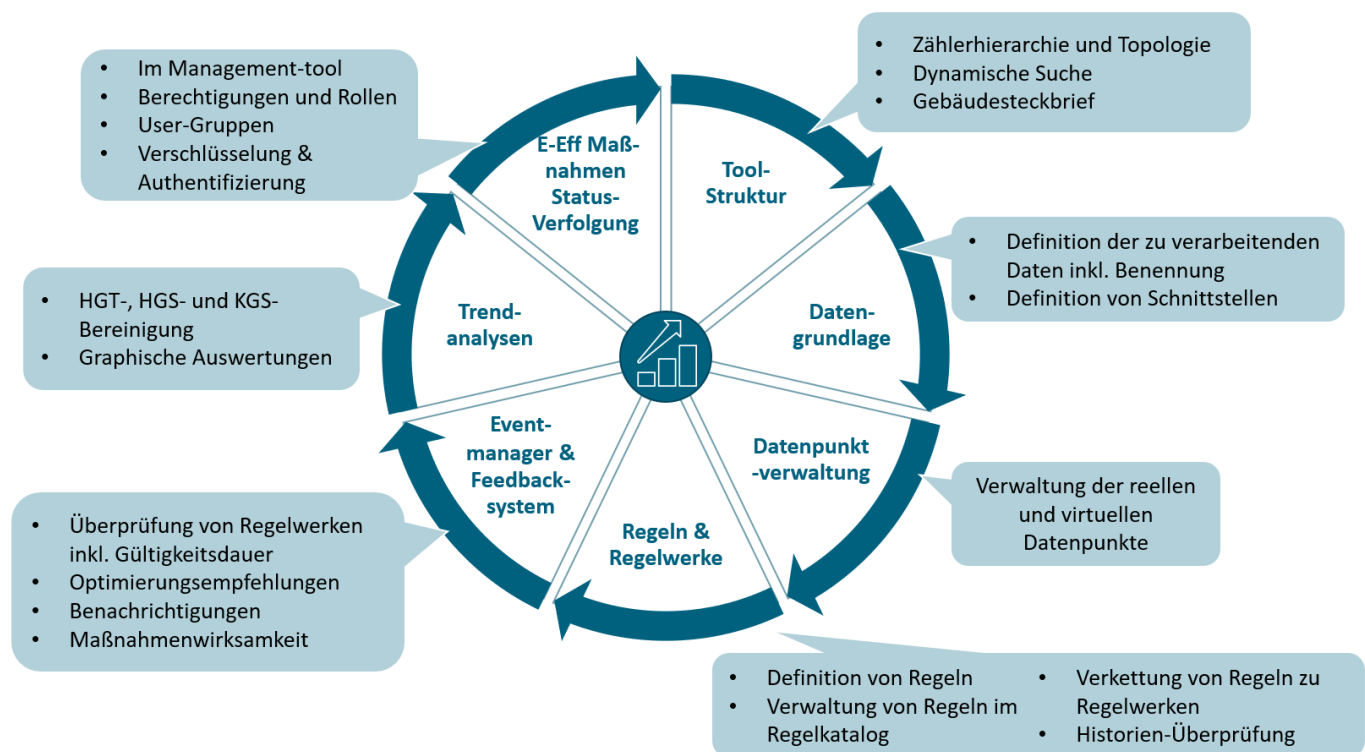


Abb. 26: Funktionalitäten des Smart AirportCity Tools

Diese Funktionalitäten wurden in **Modulen** programmiert und in einem iterativen Entwicklungsprozess (mittels PoC-Ausrollungen -> „Proof of Concept“) mit den Anwendern im Facility Management getestet und weiterentwickelt. Die Menüstruktur des Monitoring-Tools spiegelt diese zentralen Funktionalitäten wider:



Abb. 27: Module in der Anwendung des Smart AirportCity Monitoring-Tools

B.5.6.1 Systemarchitektur

Die **Betriebsstruktur** (Gebäude, Anlagen) des Flughafens Wien wurde zu Projektbeginn im Management-Tool abgebildet. In einem iterativen Prozess wurden die abzubildenden Stammdaten und Kennzahlen (Reports) erhoben und im System definiert, sowie in Dashboards erstellt.

Im Zuge der Konzipierung des Monitoring-Systems wurde zu Beginn auch ein **Zählerkonzept** erstellt, in dem die aufzuschließenden Zähler der bereits vorhandenen Zählerlandschaft und die benötigten neuen Zähler, samt den technischen Anforderungen an künftige Zähler definiert wurden. Aufzuschließende, bestehende Zähler wurden dabei auch mittels Vor-Ort-Inspektion validiert. Darauf aufbauend wurde ein Roll-out weiterer Zähler durchgeführt, um die im Projektrahmen generierten Möglichkeiten der Analysen der SAC bestmöglich auszunutzen.

In der Konzipierung des **Energiemonitoring- und Anlagenoptimierungssystems** wurde ersichtlich, dass aufgrund der sehr unterschiedlichen Datenquellen und Datenarten – 2 GLTs (Gebäude, Infrastruktur), eigenes Verwaltungssystem der Strom-Zählerdaten, Wetterdaten, Passagierströme u.a. (teilweise inklusive manueller Dateneingabe) – die Erarbeitung einer sinnvollen **Systemarchitektur** für den Projekterfolg wesentlich ist.

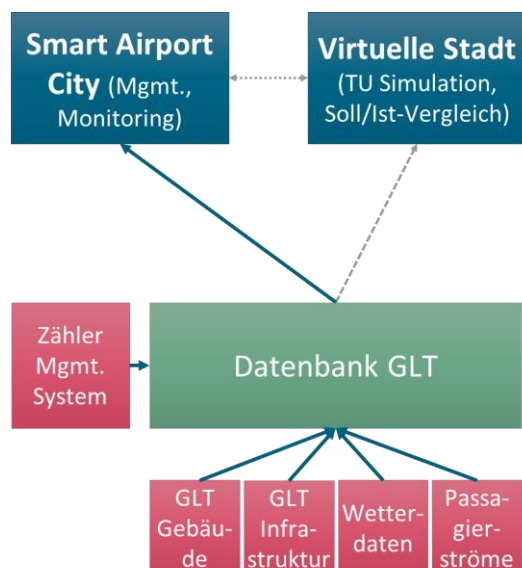


Abb. 28: Systemarchitektur

Hierbei wurde auf einen einheitlichen Datenlayer – in Form einer bestehenden GLT – anstatt der Programmierung von einzelnen Ausleseroutinen gesetzt. Diese „Haupt“-GLT sammelt die Informationen aus ebendieser und der zweiten GLT sowie Wetterdaten und Daten des Zählermanagementsystems. Daten können dabei in unterschiedlicher Granularität (bis hin zu 15-Minuten Intervallen) und Erfassungslogik (regelmäßiger Dateneintrag vs. eventbasierter Eintrag) in das System einfließen.

Da das Monitoring-Tool dank der gewählten Systemarchitektur selbst keine Daten hält, wird eine maximale Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit gewährleistet. Darüber hinaus erlaubt dies eine konstante Erweiterung der Zählerstruktur im Hintergrund, d.h. neue Datenpunkte werden automatisch abgefragt und in der Smart AirportCity angezeigt.

Hierbei erfolgt die Datenlieferung der hierarchiegebundenen Zähler (Verbrauch: Strom, Wärme, Kälte, Wasser) – inkl. der Hierarchieinformation – über die Datenschnittstelle zur Zählermanagement-Software, und die Datenlieferung aller Zusatzinformationen und Metadaten aus der GLT (Ventilstellung, Temperaturen, Volumenströme, Anlagenbetrieb, Bezeichnungen etc.) über die Schnittstelle zur bestehenden GLT, von der sie mittels zusammenfassender View durch das Monitoring-Tool abgegriffen werden kann.

Die Passagierdaten aus XOVIS werden im Rahmen des SAC-Projektes derzeit nicht über die GLT-Datenbank in die Smart AirportCity gelangen. Es besteht die Möglichkeit, die Passagierdaten zum Benchmarking via Excel-Import in das Management-Tool einzuspielen. Die Option einer zukünftigen Anbindung an die „Haupt“-GLT und somit Anknüpfung an das Monitoring-Tool besteht jederzeit.

Da im Projektverlauf aufgrund der Komplexität des IST-Systems der Datenhaltung am Flughafen sowohl die Festlegung auf die GLT als zentralen Datenlayer (statt einer separaten Datenbank eines anderen Anbieters) als auch die Ausschreibung der Zählermanagement-Software mehr Zeit als ursprünglich kalkuliert in Anspruch nahm, erfolgte die Anwendung zuerst in Testumgebungen bzw. wurden zuerst historische Daten verwendet, konzeptionelle Tasks vorgezogen und Schnittstellen vorab getestet, um eine längere Verzögerung in der Programmierung (und somit im Projekt) zu verhindern.

B.5.6.2 Abfrage und Visualisierung von Datenpunkten sowie Erstellung virtueller Datenpunkte

Jeder Datenbankeintrag erhält eine eindeutige ID. Da im Projekt mit einer großen Menge an Datenpunkten gearbeitet wird, ist die eineindeutige Zuordnung der Datenpunkte nicht nur aus der Rechenlogik heraus relevant, sondern dient vor allem der Übersichtlichkeit. Nur wenn eindeutige, rasche Identifikationen von Datensätzen möglich sind, lassen sich Zusammenhänge erkennen, Optimierungsvorschläge korrekt ausgegeben und in weiterer Folge entsprechend richtig umsetzen.

Die Darstellung der Datenpunkte stellt eine Liste aller von den angeschlossenen Systemen gelieferten Datenpunkten zur Verfügung (hierbei werden virtuelle und reale Datenpunkte ident behandelt). Die Darstellung und Auswahl der Zähl- und Datenpunkte erfolgt über eine dynamische Suche bzw. zahlreiche Filterfunktionen. Die Anzahl der abgefragten Suchkriterien (Objekt, Anlagenart, Anlagennummer, Qualität, Einheit, etc.) ist grundsätzlich unlimitiert und basiert auf den via Metadaten auslesbaren Informationen.

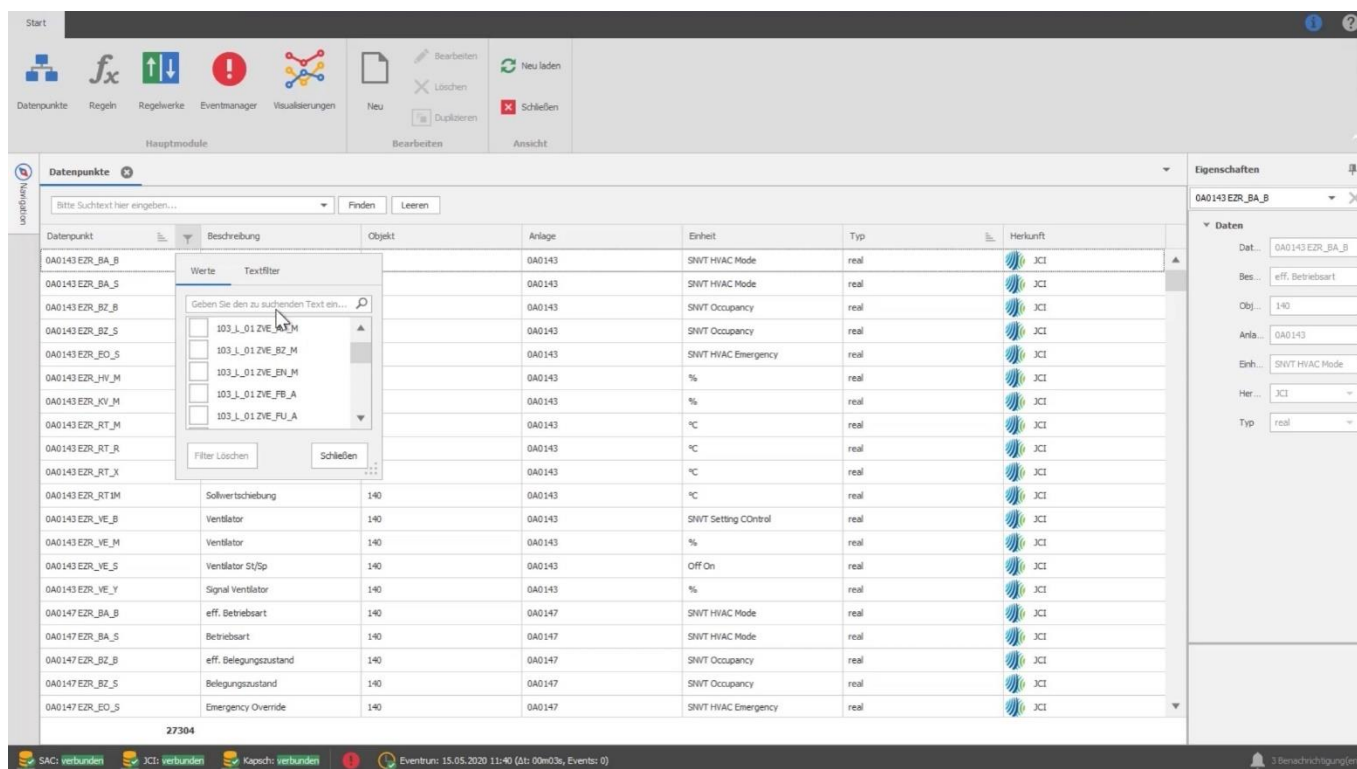


Abb. 29: Datenpunktsuche und -anzeige inklusive Filtermöglichkeiten

Werden ein oder mehrere Zähler ausgewählt, so ist eine grafische Darstellung der historischen Trenddaten möglich, was eine Identifikation von Fehlverhalten bzw. Verbesserungspotenzialen erleichtert und einen wichtigen Schritt zum Verständnis des Kontexts von Anlagen- und Systemverhalten darstellt. Hier können unterschiedliche Charttypen ausgewählt, Charts individuell formatiert und unterschiedlichen Achsen zugewiesen werden. Außerdem können die einzelnen Werte direkt in der Grafik mittels Mouse-Over angezeigt werden bzw. sind die zugrunde liegenden Rohdaten in tabellarischer Form unterhalb der grafischen Darstellung angeführt und von dort mittels Copy&Paste in Excel exportierbar.

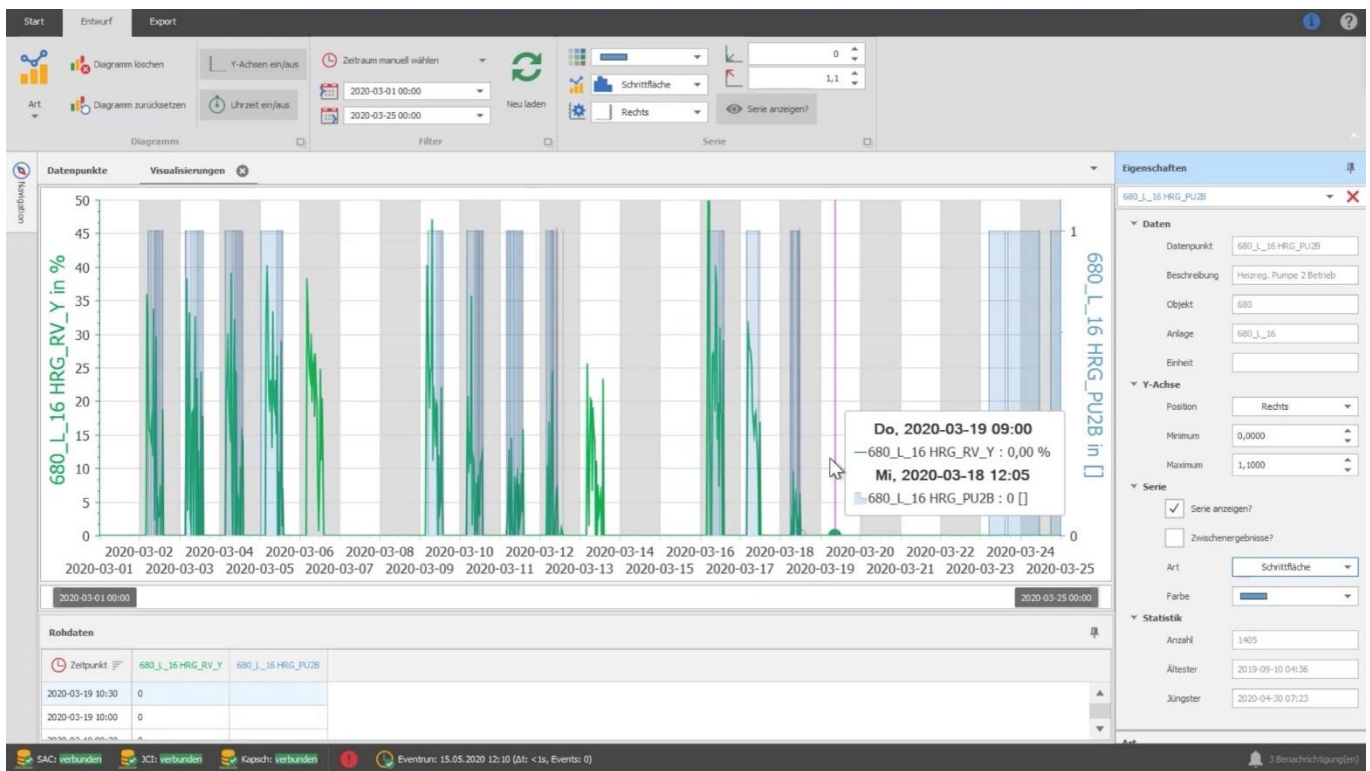


Abb. 30: Trenddatenvisualisierung (am Bsp. „Darstellung des Ventilverhaltens eines Lüftungsheizregisters mit dem Trend der diesem Register zugehörigen Pumpe“)

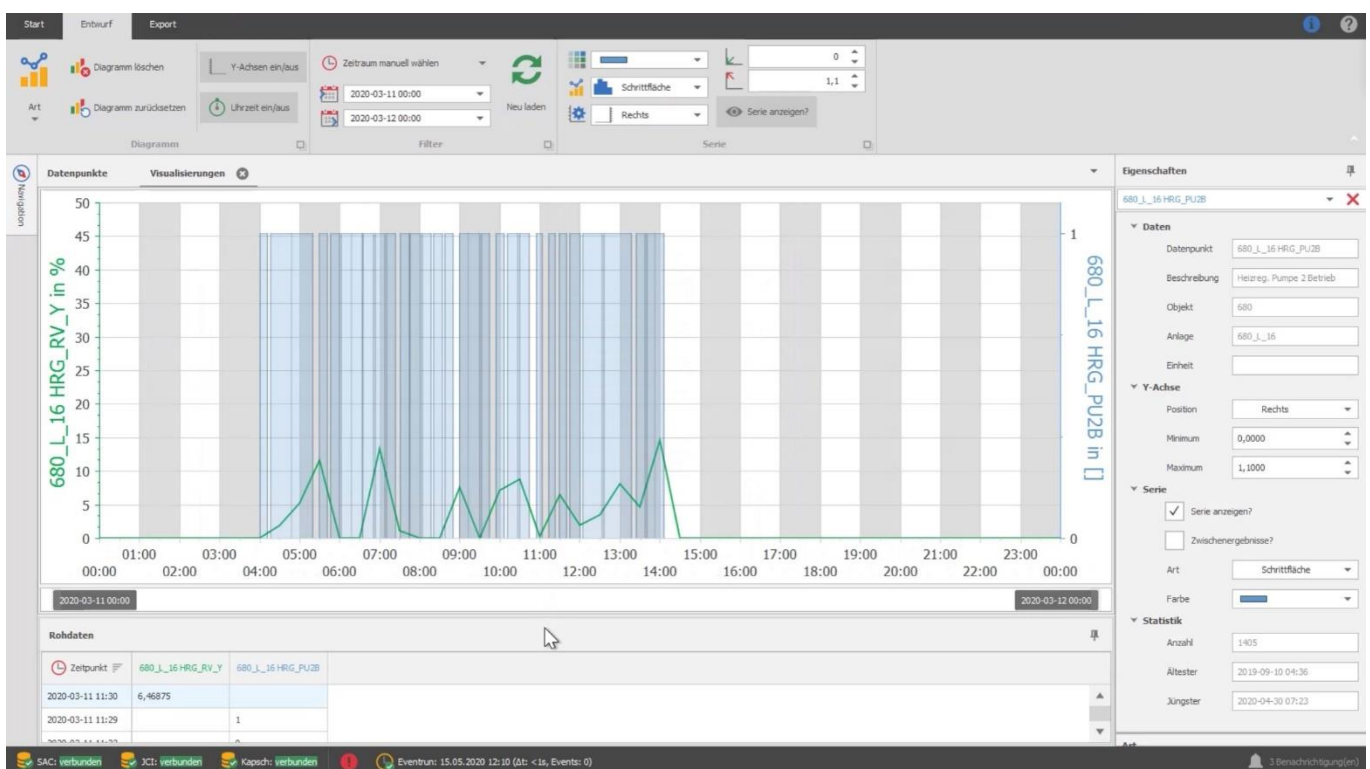


Abb. 31: Trenddatenvisualisierung (vergrößerter Ausschnitt)

Aufgrund der unterschiedlichen Objekt- und Bereichsgrößen kann die Berechnung eines (virtuellen) Datenpunkts – z.B. zur Überprüfung von Verbrauchsmengen oder für Soll/Ist-Vergleiche mittels Regressionsanalyse – sinnvoll sein. Zur Bildung eines virtuellen Datenpunkts können bestehende (reale und virtuelle) Datenpunkte miteinander sowie auch mit Konstanten im Formeleditor mittels gängiger Rechenoperationen verknüpft werden. Via Drag&Drop können Datenpunkte ausgewählt und in den Formeleditor zur Erstellung des virtuellen Datenpunkts gezogen werden, um das Tool für den Anwender möglichst intuitiv zu gestalten und eine zeiteffiziente Bedienung zu ermöglichen.

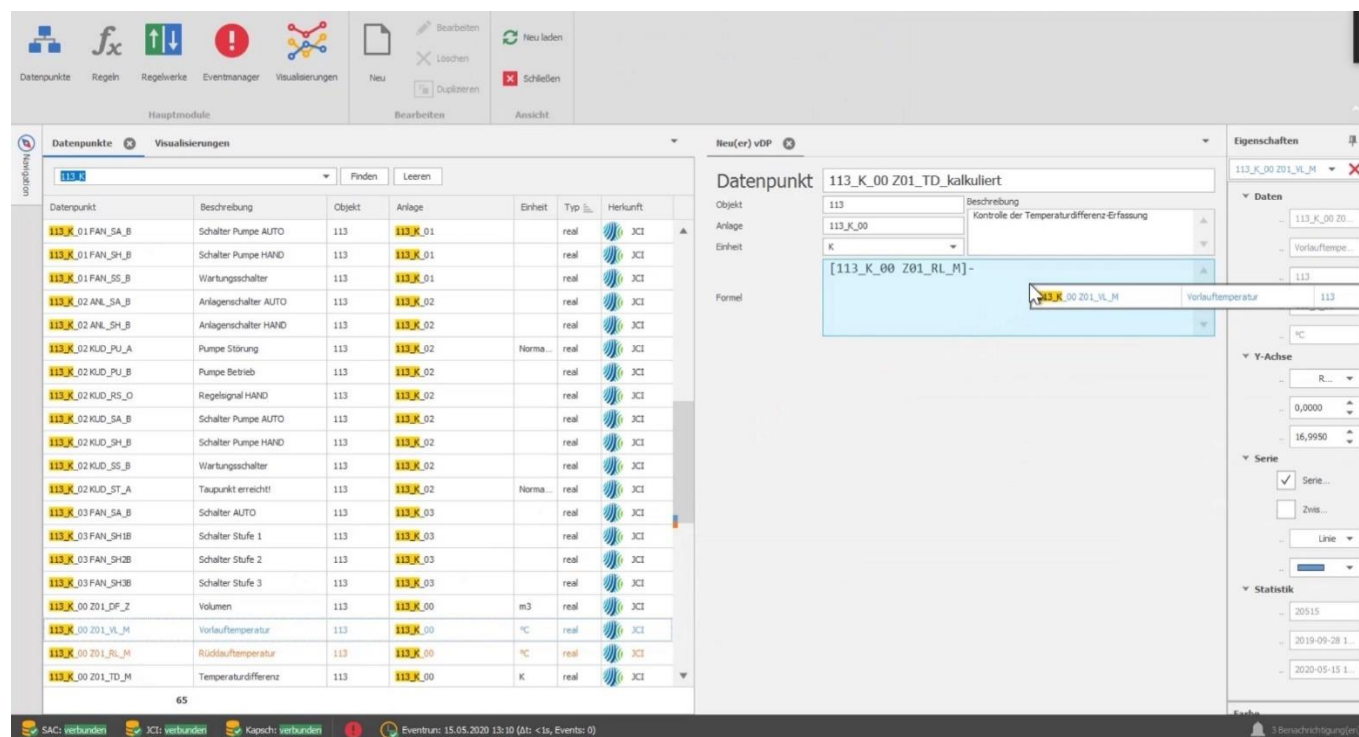


Abb. 32: Erstellung eines virtuellen Datenpunktes – mittels Drag&Drop und mathematischer Rechenoperatoren (am Bsp. „Kontrolle der Differenz zwischen Rücklauf- und Vorlauftemperatur“)

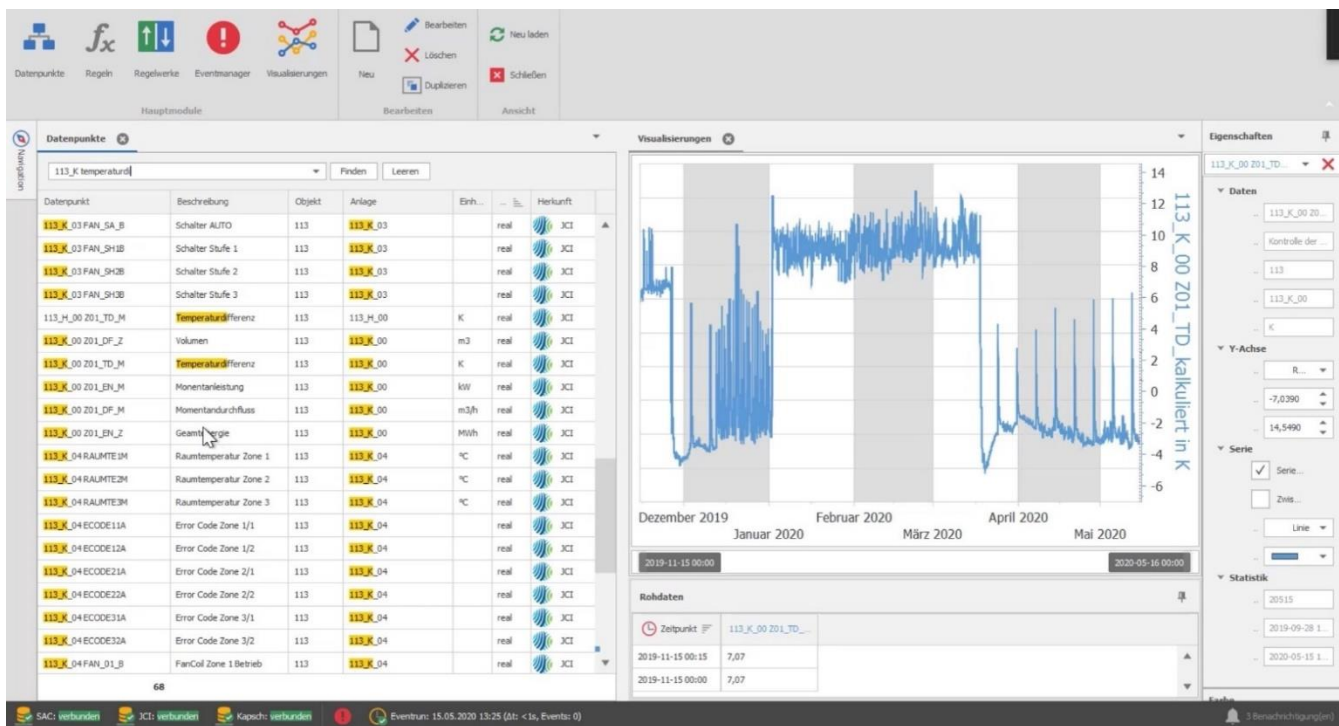


Abb. 33: Suche und Visualisierung eines virtuellen Datenpunktes

B.5.6.3 Optimierungsempfehlungen

Um die Analyse von Fehlverhalten oder Unregelmäßigkeiten zu automatisieren, sind Regelwerke (inklusive der zugrundeliegenden Regeln) notwendig. Im Monitoring-Konzept wurden die Identifikation und Umsetzung der Optimierungsempfehlungen inklusive Dokumentation im Eventmanager wie folgt skizziert:

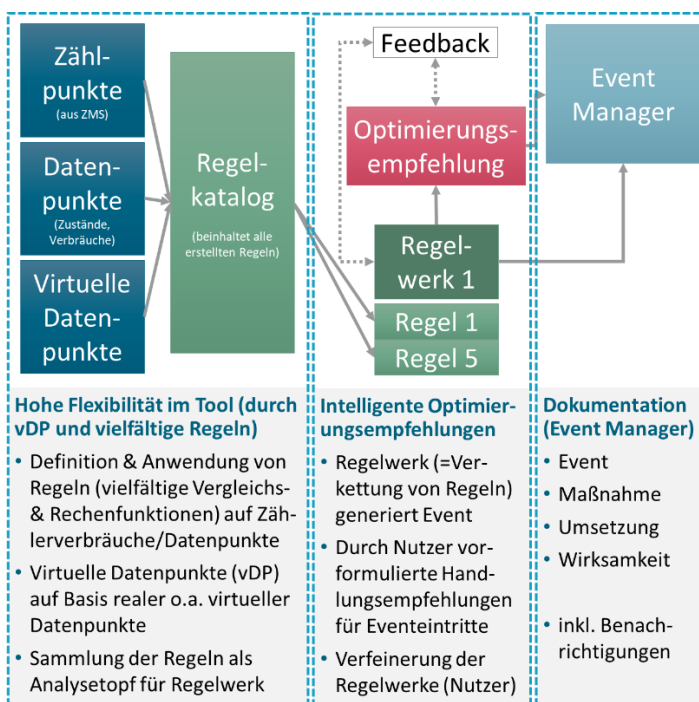


Abb. 34: Abbildung von Optimierungsempfehlungen mittels Regeln und Regelwerken bzw. Dokumentation

Um die gewünschten automatisierten Analysen zur zeitnahen Erkennung von Fehlverhalten, Fehlregelungen und Mehrverbräuchen durchzuführen, sollen auf jeden eingehenden Zählerverbrauch bzw. Datenpunkt **Regeln** formuliert werden können. Auf Basis grundlegender Vergleichs- und Rechenfunktionen (Vergleich mit einem anderen (auch virtuellen) Datenpunkt bzw. einer Konstanten) können mit diesen für jeden Datenpunkt des Systems Überprüfungslogiken definiert und angewandt werden, die in ihrer Kombination als Regelwerk das System- und Anlagenverhalten überwachen. Diese Regelerstellung weist nicht zuletzt durch die zuvor dargestellte Möglichkeit der Erstellung virtueller Datenpunkte (auf Basis realer oder anderer virtueller Datenpunkte) eine sehr hohe (mathematische) Flexibilität, bei übersichtlich gestalteter Handhabung und möglichst hoher Anwenderfreundlichkeit auf.

Hierbei ist zu beachten, dass die Regeln alleine (da auf die Analyse eines einzelnen Datenpunktes hin angelegt) kein zu monitorendes Fehlverhalten überwachen. Hierzu ist eine Kombination von mindestens zwei Regeln zu einem sogenannten Regelwerk notwendig. Die Regelwerke bewerten also auf Basis ihrer Regeln die im System einlangenden Datenpunktwerte bzgl. vorab definierte Zusammenhänge hin; die Rechen- und Verknüpfungslogiken umfassen hierbei konstante Thresholds, Datenpunkt-Vergleiche, definierte Zustände und Datenvergleiche.

Die Sammlung an Regeln bildet den **Regelkatalog**. Die **Regelwerke** setzen zur Analyse die zuvor erstellten Regeln mit logischen Verknüpfungen (UND oder ODER) zueinander in Bezug (Verkettung der zuvor definierten Regeln). Regelwerke können außerdem priorisiert, mit einer bestimmten Gültigkeitsdauer versehen und bereits beim Anlegen mittels Historienüberprüfung plausibilisiert werden.

Regeln bzw. Regelwerke können einfach durchsucht/gefiltert, bearbeitet bzw. dupliziert werden, um die Anwendung möglichst effizient zu gestalten, und dem jeweiligen Anwender für die Analyse so viel Zeit wie möglich zu sparen. So wurden – trotz der Fertigstellung dieser Module erst gegen Projektende hin – innerhalb kurzer Zeit rd. 600 Regeln bzw. 300 Regelwerke durch die Zuständigen am Flughafen angelegt. Darüber hinaus können die Regeln und Regelwerke aktiv bzw. inaktiv gestellt werden, um in Ausnahmefällen (wie z.B. Mehrverbräuche durch Baustellen) keine unnötigen Eventeinträge bzw. Regelwerksausschläge zu generieren, die unter Umständen tatsächliche Fehlregelungen in den Hintergrund drängen würden.

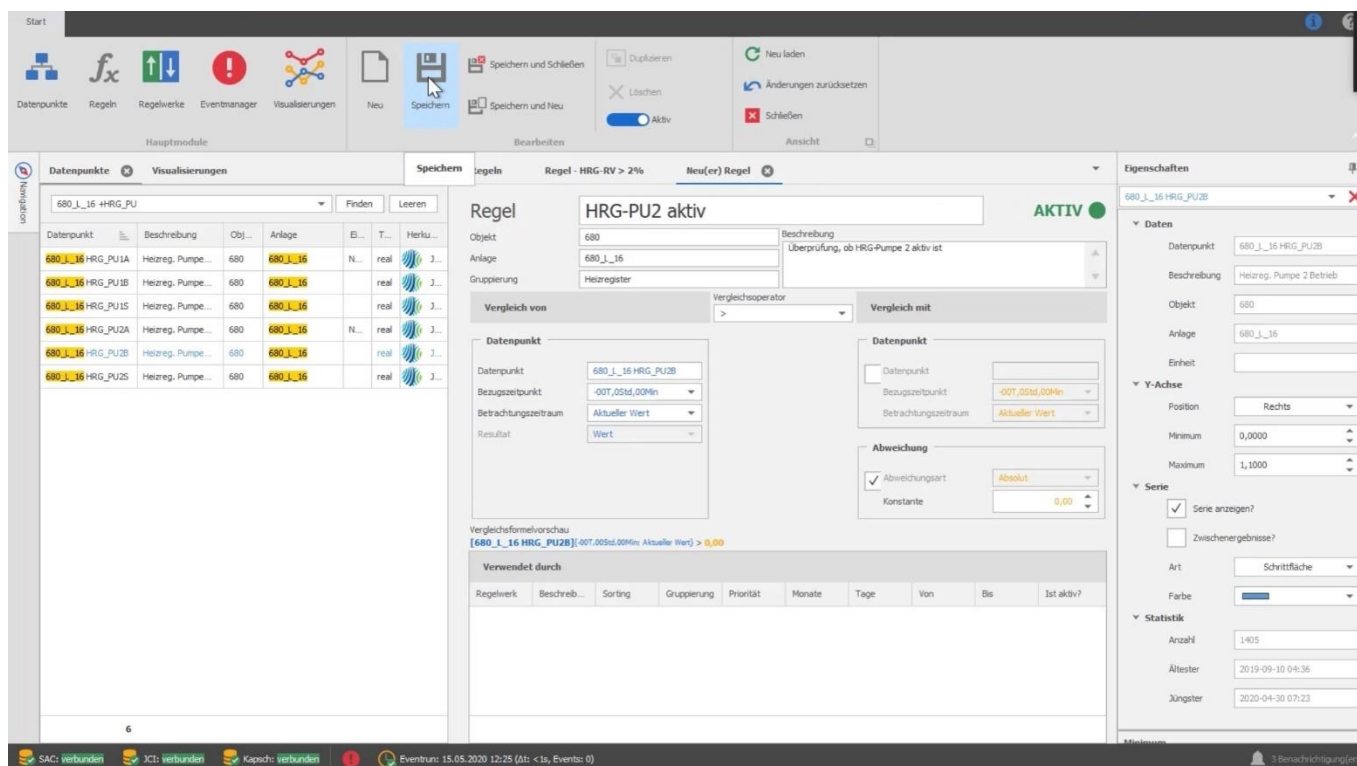


Abb. 35: Erstellen von Regeln aus Datenpunkten, am Bsp. „Überprüfung, ob Heizregister-Pumpe 2 aktiv ist“

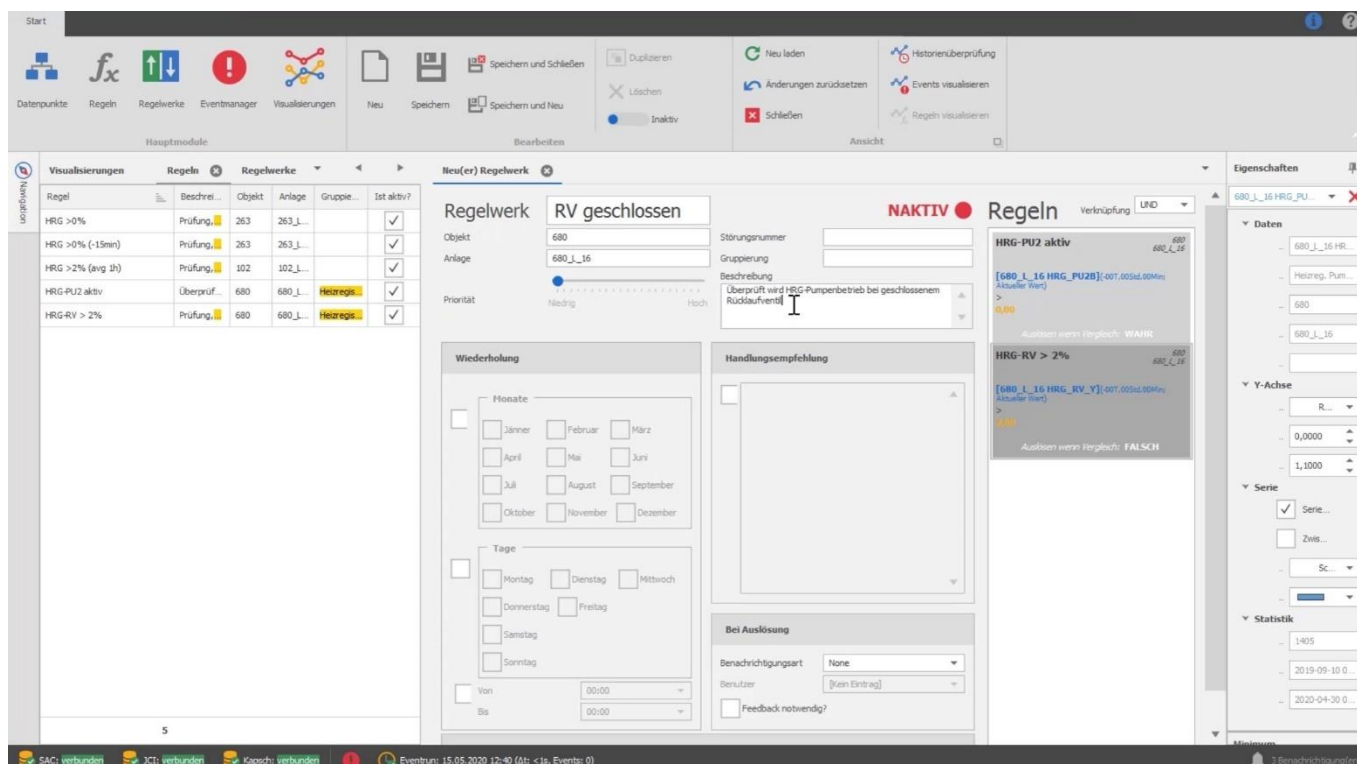


Abb. 36: Verknüpfung von Regeln zu Regelwerken, am Bsp. „Überprüfung, ob Heizregister-Pumpe bei geschlossenem Regelventil aktiv ist“

Die **Auslösung eines Regelwerks** führt zu einem **Eventeintrag** im **Eventmanager**, inklusive Zeitstempel der Auslösung, Ausgabe einer (ggf. vom Nutzer hinterlegten) Handlungsempfehlung und optionaler Benachrichtigung von Usern. Der Eventmanager stellt also eine Übersicht aller ausgelösten Regelwerke dar und ist somit für die Analyse und Festlegung der Optimierungsschritte (gemäß SAC Stakeholderprozess – siehe Kap. B.5.7.5) zentral. Die bereits zuvor genannte Trenddatenvisualisierung mit der Darstellung aufgetretener Events als Punkte im Diagramm erleichtert dabei die Analyse einzelner Ausschläge und damit des dahinterliegenden Anlagenverhaltens.

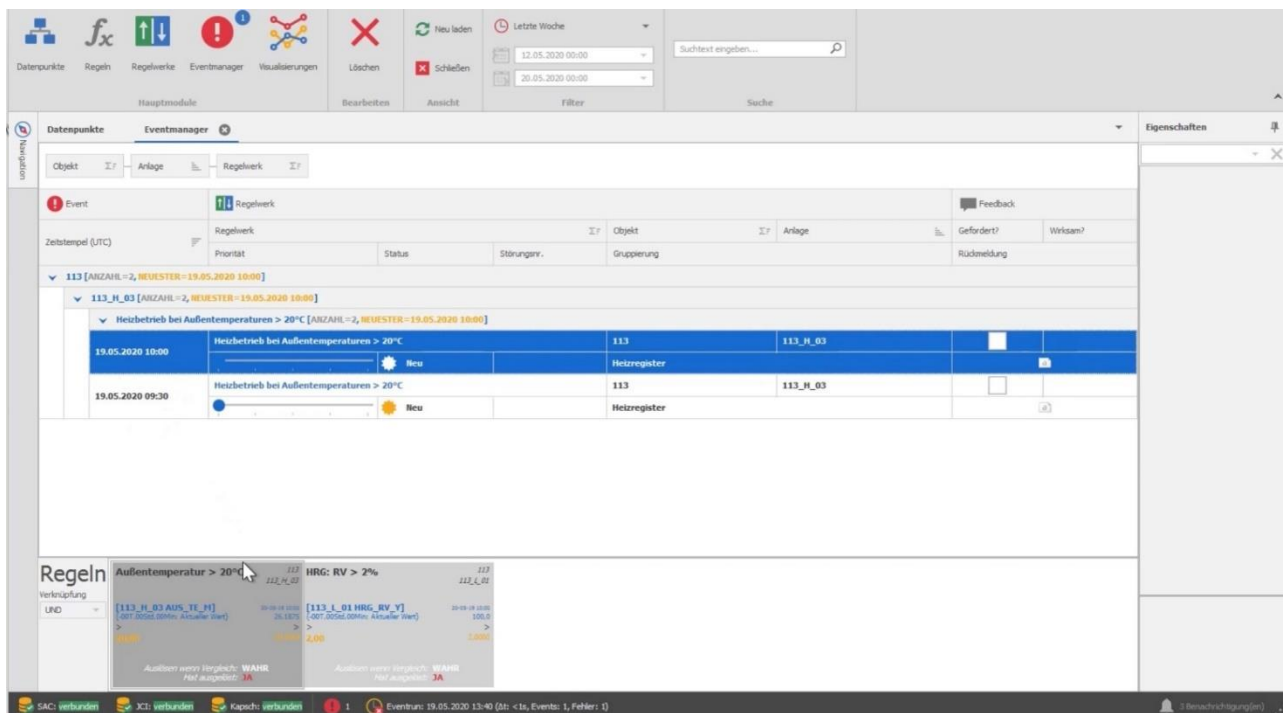


Abb. 37: Anzeigen eines Events (=ausgelöstes Regelwerk) im Eventmanager, am Bsp. „Heizbetrieb bei Außentemperatur >20°C“

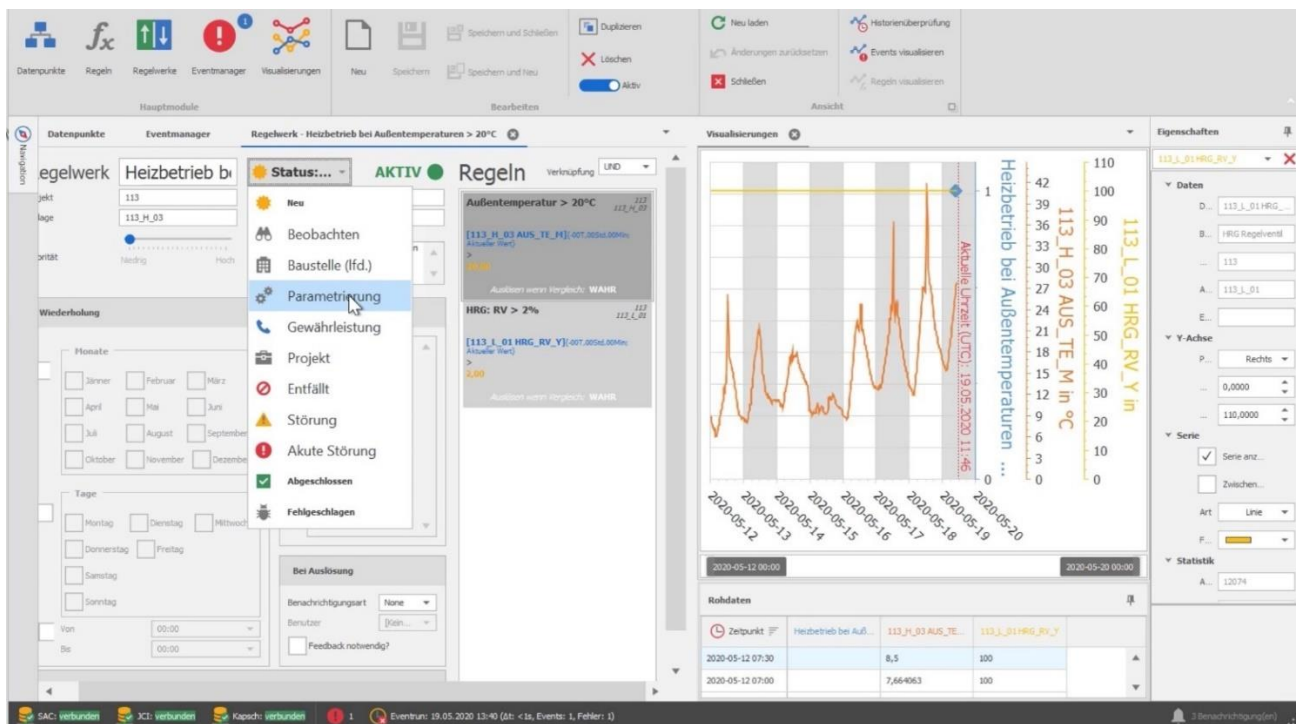


Abb. 38: Visualisierung des Events und Zuordnung eines neuen Status „Parametrierung“ gemäß SAC Stakeholderprozess

B.5.6.4 Entwicklung von Optimierungsmaßnahmen

Optimierungsempfehlungen in diesem Projekt stellen also vorformulierte Handlungsempfehlungen dar, die bei Triggern – also Eventeintritts – eines zuvor erstellten Regelwerks einsichtbar sind. Der zugehörige Text wird entsprechend in der Regelwerkmaske eingegeben. Ein Beispiel für eine solche Handlungsempfehlung wäre „Absenken der Soll-Innenraumtemperatur im Bereich xyz“.

Aus diesem Grund wurden parallel zur Erstellung der Systemarchitektur und den Analysen der Gebäudesimulationen Vorschläge für Optimierungsmaßnahmen inklusive der Konzipierung der damit verbundenen Regeln erstellt. Die rd. 30 Optimierungsmaßnahmen umfassen beispielsweise die Regelwerksüberprüfung auf folgende Szenarien hin:

- Vermeiden von gleichzeitigem Heizen und Kühlen bei Lüftungsanlagen,
- Reduktion der Volumenströme der Lüftungsanlagen,
- Vermeiden von Heizen bei einer Außentemperatur größer 20°C,
- Vermeiden von Kühlen bei einer Außentemperatur kleiner 18°C
- Vermeiden laufender Pumpen des Heizregisters trotz geschlossenem Regelventil,
- Vollständiges Ausschöpfen des Potenzials von Wärmerückgewinnungen bevor zusätzlich geheizt wird,
- oder diverse Maßnahmen zum Erkennen von Ventil-Fehlfunktionen.

Die manuelle Analyse einiger ausgewählter Maßnahmen hat bereits gezeigt, dass häufig ein iterativer Prozess notwendig sein wird, um der tatsächlichen Ursache eines solchen Anlagenverhaltens auf den Grund zu gehen. Entsprechend bietet sich auch an, statt einer klaren Handlungsanweisung (wie zuvor

beispielhaft formuliert) konkrete Vorschläge bzw. Anweisungen zu einer vertieften Analyse zu gestalten, sollten bestimmte Regelwerke tatsächlich ausgelöst werden. Hierbei kann es sich z.B. um eine Betrachtung verschiedener Trenddaten in der Visualisierung, Abgleich der Angaben aus technischen Datenblättern und Anlagendokumentation, Anpassung der Grenzwerte hinterlegter Regeln oder Erstellung neuer, einschränkender Regelwerke handeln.

Für die jeweiligen Optimierungsmaßnahmen wurden dabei im Rahmen der Dokumentation des Stakeholderprozesses folgende Attribute definiert:

- Titel und Kurzbeschreibung
- Energieträger
- Relevantes Abgabesystem
- Indizierender Sensor
- Bedingung für Maßnahmen-Meldung
- Parameter: Fixwerte, Bezüge zu Messwerten, berechnete Werte
- Schätzung Energieeffizienzpotenzial

B.5.6.5 Wirkungsvalidierung

Um zu eruieren und festzuhalten, ob eine vorgeschlagene Maßnahme gegriffen hat, ist nach einer gewissen Zeit im System zu überprüfen, ob ein Regelwerk nach einer Maßnahmensetzung noch ausschlägt oder nicht. Um Eventeintritte und deren Behebung priorisieren zu können, sowie eine Überprüfung der Wirksamkeit des Gesamtsystems vorliegen zu haben, wurde die Möglichkeit einer groben Abschätzung der Einsparung (= vermiedener Schaden im Sinne einer „Schadenskalkulation“) im Rahmen der Entwicklung auf Umsetzbarkeit geprüft. Dies kann in der weiteren Anwendung z.B. durch eine Erweiterung der Formulierung virtueller Datenpunkte um eine Summenfunktion hin gelöst und zukünftig in das Tool integriert werden.

Die Anwendung und Wirkungsvalidierung erfolgten im gegenständlichen Projekt auf drei Arten:

1. Der **iterative Entwicklungsprozess** des Tools anhand einzelner „Proof-of-Concepts“ der Hauptmodule wie Trendvisualisierung und dynamischer Suche ermöglichte eine sofortige Anwendung dieser Funktionen durch die Zuständigen des Facility Managements am Flughafen Wien. Dadurch konnte die Qualität des Energie-Monitoring-Tools bereits während des Projektes verbessert werden. Insbesondere die **Trenddatendarstellung** lieferte hier deutlich über die Visualisierungsmöglichkeiten der GLT hinausgehende Analyseoptionen.
2. Im Zuge der **Stakeholdereinbindung** wurden ausgewählte Fälle aus der Praxis im GLT Analyse Jour Fixe als „Tockentest“ durchgespielt, inklusive der Verschränkung zwischen dem **Eventmanager** des Monitoring-Tools und der Analyse, Umsetzung und Dokumentation gemäß SAC-Stakeholderprozess als geordnetem Prozess für die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen. Dadurch wurde sichergestellt, dass die Smart AirportCity die hierfür notwendigen Funktionalitäten aufweist.
3. Aus den identifizierten Optimierungsmaßnahmen wurden fünf Maßnahmen anhand zweier Beispiel-Lüftungsanlagen manuell analysiert, deren potenzielle Ursachen und die resultierende **Wirkung** im Sinne der zuvor genannten „Schadenskalkulation“ außerhalb des Smart AirportCity Tools berechnet und auf mehrere Anlagen extrapoliert. Diese manuelle Betrachtung von Optimierungsmaßnahmen war angesichts von Verzögerungen in der Entwicklung des Tools notwendig, um noch innerhalb des Projektzeitraums eine Indikation für die positive Wirkung des Tools zu erhalten. Des Weiteren lieferte der Vergleich einer solchen händischen Analyse eine gute Vergleichs- und Kontrollmöglichkeit gegenüber der Funktionalität der Regelwerke im Tool, die eben genau jene manuelle Analyse den Usern abnehmen.

Bei Punkt 3 wurden die fünf Fälle (1) Kühlen bei Außentemperatur $<18^{\circ}\text{C}$, (2) Gleichzeitiges Heizen und Kühlen, (3) Heizen bei Außentemperatur $>20^{\circ}\text{C}$, (4) Kühlen bei aktiver Wärmerückgewinnung und (5) Heizbedarf bei geringer Wärmerückgewinnungs-Nutzung betrachtet. Als resultierender „Schaden“ wurde bei den Hauptanlagen zweier Gebäude ein **Potenzial von 525 MWh p.a.** berechnet.

Aufgrund der Coronavirus-Krise zu Projektende, dem daraus resultierenden Einbruch des Flugverkehrs und dem damit verbundenen Fokus auf das Herunterfahren zahlreicher Anlagen am Flughafen können belastbare Ergebnisse aus der Smart AirportCity wohl erst nach dem schrittweisen Hochfahren eines regulären Flugbetriebs und dessen Stabilisierung gewonnen werden. Da zum Projektende nicht abschätzbar war, wie lange dieser reduzierte Betrieb andauern würde, wäre eine Verlängerung des Projektes allein für diesen Zweck nicht zielführend gewesen. Nichtsdestotrotz konnten die Zuständigen des Flughafens das Tool ebenso während des Reduktionsbetriebs zur Überprüfung der heruntergefahrenen Anlagen heranziehen.

In Bezug auf die Integration in das bestehende Reporting wurden (wie bereits beschrieben) außerdem die Kennzahlen aus dem Energiebericht im Management-Tool der Smart AirportCity abgebildet. Für eine direkte Einbindung der Kennzahlen in die Berichtsdatei stünde die Integration eines bereits durch den Flughafen Wien genutzten Plugins, das die individuelle Gestaltung der Reports auf Basis eines Word-Templates ermöglicht, zur Verfügung. Dies war im Rahmen des SAC-Projekts jedoch grundsätzlich nicht vorgesehen und verbleibt als Perspektive.

B.5.7 Stakeholdereinbindung

B.5.7.1 Stakeholderanalyse

Um die beteiligten Gruppen und Personen zum richtigen Zeitpunkt in das Projekt einbeziehen zu können, wurde in einem ersten Schritt der Stakeholdereinbindung eine Stakeholderanalyse durchgeführt. Der Fokus der Stakeholderanalyse lag auf wesentliche Energieverbraucher (hinsichtlich Nutzern, nicht Anlagen) bzw. „Owner“ der wesentlichen Stellhebel für einen optimierten Energieverbrauch.

In dieser Analyse wurden interne und externe Stakeholder identifiziert, nach Interesse und Einfluss bewertet und in einer Stakeholdermatrix abgebildet. Den betreffenden Gruppen bzw. Organisationseinheiten wurden idR. konkrete Personen zugeordnet. Die Gruppe „Facility Management“ aus dem Bereich „Planung, Bau und Bestandsmanagement“ weist dabei die höchste Bewertung auf – hierbei handelt es sich entsprechend um die direkten Anwender des SAC-Tools.



Abb. 39: Smart AirportCity Stakeholdermatrix

B.5.7.2 Erstellung von Nutzerprofilen

Im zweiten Schritt wurden die SAC-Nutzer analysiert und Nutzerprofile definiert. Hierfür wurden der Grad und die Art der Involvierung der einzelnen Stakeholder in das Projekt erhoben und eine Einteilung in die folgenden Gruppen vorgenommen:

- Entwicklung SAC-Tool: Facility Management (BF) (Klicka), Technische Gebäudeausstattung (BT) (Kovacs), Informationssysteme (I) (Yao/Csencsics), Projektmanagement-Services (BZ) (Plachetzky)
- Datenlieferung: Vienna Airport Technik (VAT) (Kratky/Toifl-Tusch), Koordination Terminal-Projekte (BX) (Engel)
- Betroffen von Maßnahmen: Immobilien- und Standortmanagement (L) (Scheibenpflug), Operations (O) (Kitzler), Center Management (N) (Olsen), Kunden von L, O und N
- Sonstige: Strategie und Unternehmensentwicklung (Y) (Schadenhofer), Austrian Airlines (AUA), Austro Control (ACG)

Die folgenden Nutzerprofile wurden erstellt:

Entwicklung SAC-Tool

- BF (Klicka): Hauptnutzer der Ergebnisse, Projektleitung
- BT (Kovacs): Zählerinstallationen und -management, im Projektteam
- I (Yao/Csencsics): Maßgeblich bei der technischen Umsetzung, im Projektteam
- BZ (Plachetzky): Kaufmännische Begleitung

Datenlieferung

- VAT (Kratky/Toifl-Tusch): Bereitstellung von Informationen, Umsetzung von Maßnahmen
- BX (Engel): Integration von Großprojekten in das SAC-Tool

Betroffen von Maßnahmen

- L (Scheibenpflug): SAC Gesamtstrategie, Kunden von L sind Gebäudenutzer
- (Kitzler): Stakeholder in Smart City Gesamtstrategie, Kunden von O sind Gebäudenutzer
- N (Olsen): Stakeholder in Smart City Gesamtstrategie, Kunden von N sind Gebäudenutzer
- Kunden von L, O, N: Können von Maßnahmen direkt betroffen sein, werden von L, O und N betreut und vertreten

Sonstige

- Y (Schadenhofer): Stakeholder in Smart City Gesamtstrategie
- AUA: keine relevanten Interessen im Projekt
- ACS: keine relevanten Interessen im Projekt

B.5.7.3 Kommunikationsprozess zur Einbeziehung der Stakeholder

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Stakeholderanalyse wurde eine Matrixstruktur eingerichtet, mit operativen Arbeitsgruppen (AG) und organisatorischen Arbeitspaketen (AP) samt Festlegung von Zuständigkeiten und Mit-Zuständigkeiten nach Arbeitsgruppen und Tasks (siehe auch Beschreibung von AP1 im Bericht). Dadurch wurden bereits zu Projektbeginn die relevantesten Stakeholdergruppen in das Projekt integriert und eine systematische und regelmäßige Kommunikation inkl. Berichterstattung sichergestellt.

Die folgende Abbildung zeigt die Struktur der Projektorganisation, in die die wesentlichen Stakeholdergruppen integriert wurden:

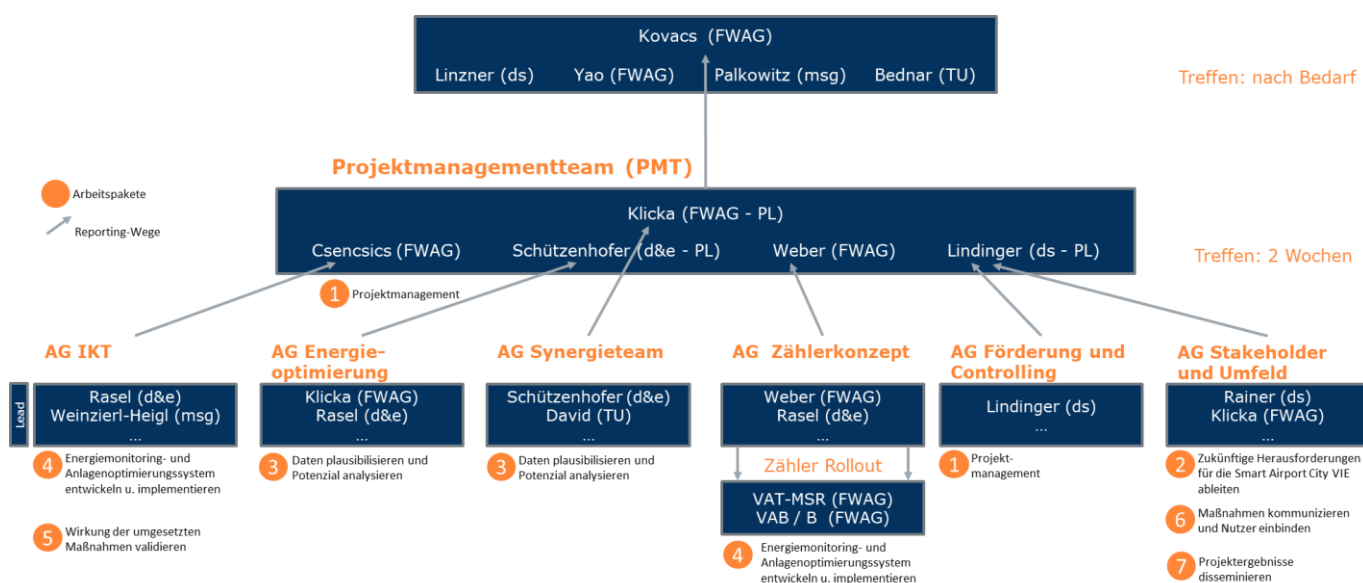


Abb. 40: Projektorganisation als Matrixstruktur mit Einbindung der wesentlichen Stakeholdergruppen

Zur effizienten Einbeziehung weiterer wesentlicher Nutzer- und Stakeholdergruppen in das Projekt bzw. in den nachfolgenden laufenden Energieoptimierungsprozess, wurden außerdem die bereits bestehenden Prozesse bei der FWAG analysiert und weiterentwickelt:

Seit 2015 besteht bei der FWAG eine eigene Organisationseinheit für **Energiemanagement** (BFE - Bestandmanagement Facility Management Energiemanagement), die sich systematisch mit den Themen Energieoptimierung, Energieeffizienz und Energiekostenreduktion beschäftigt. 2016 wurde die Gruppe „**Taskforce Energie**“ eingeführt um eben diese Themen weiter voranzutreiben. Monatliche Treffen von BFE, VAT, BFV unter Leitung von BFE widmen sich dabei folgenden Fragestellungen:

1. Analyse der Energieverbräuche des letzten Monats
2. Diskussion von Auffälligkeiten
3. Ursachenanalyse vor Ort durch VAT
4. Rückmeldung per E-Mail an BFE
5. Entwicklung von Verbesserungsmöglichkeiten
6. Umsetzung Verbesserungsmaßnahmen durch die Verantwortlichen

Von besonderer Bedeutung für die erfolgreiche Durchführung von anlagen- und systembetreffenden Optimierungen ist es, alle Beteiligten bei der Störungsbehebung oder Projektumsetzung für Optimierungspotenziale an einem Tisch zu haben, um gemeinsam die sinnvollste Vorgehensweise zu besprechen, sowie auch die Zustimmung und Unterstützung aller Beteiligten sicherzustellen. Insbesondere geht es um die Abstimmung mit dem GLT-Koordinator und der VAT. Für Energieoptimierungen und Störungsfälle, die mit SAC-Events vergleichbar sind, wurde das **GLT-Analyse Jour Fixe** und die Funktion des **GLT-Koordinators** eingerichtet.

Das GLT-Analyse Jour Fixe wurde im Rahmen des Projekts zwei Mal pro Monat durchgeführt um Auffälligkeiten aus der GLT in einem breiten Forum zu diskutieren und Korrektur- und Verbesserungsmaßnahmen zu entwickeln, wie auch Umsetzung und Wirksamkeit der gesetzten Maßnahmen sicherzustellen. Die folgenden Organisationseinheiten sind in diesem Forum vertreten: BF, GLT Koordinator, VAT MSR, VAT MSR Haustechnik, BFS Störungsannahme. Der dazugehörige Prozess gestaltet sich folgendermaßen:

1. Neue (Störungs-)Meldungen (BFE, GLT-Koordinator)
2. Störungsannahme durch BFS
3. Sammlung der Meldungen in der GLT-Analyse-Tabelle
4. GLT-Analyse jour fixe: Meldungen besprechen, Status der Meldung fixieren (beobachten, sammeln), Projekt-beobachten, Parametrierung (in GLT), Störung, Taskforce (Energie), Optimierungsmaßnahmen planen, Maßnahmenumsetzung kontrollieren.

B.5.7.4 Entwicklung des SAC-Stakeholderprozesses

Für die Entwicklung des SAC-Stakeholder- und Verbesserungsprozesses wurde auf den o.g. Prozessen aufgebaut und diese – konsistent mit den technischen Möglichkeiten durch das Smart AirportCity Tool – weiterentwickelt. Dabei wurde die Einbeziehung der betroffenen Nutzer- und Stakeholdergruppen optimiert und der SAC-Stakeholderprozess geschaffen und umgesetzt.

Die folgende Grafik vergleicht die Struktur des bisherigen Stakeholder- und Verbesserungsprozesses („aktuell“) mit dem SAC-Stakeholder- und Verbesserungsprozesses („zukünftig“):

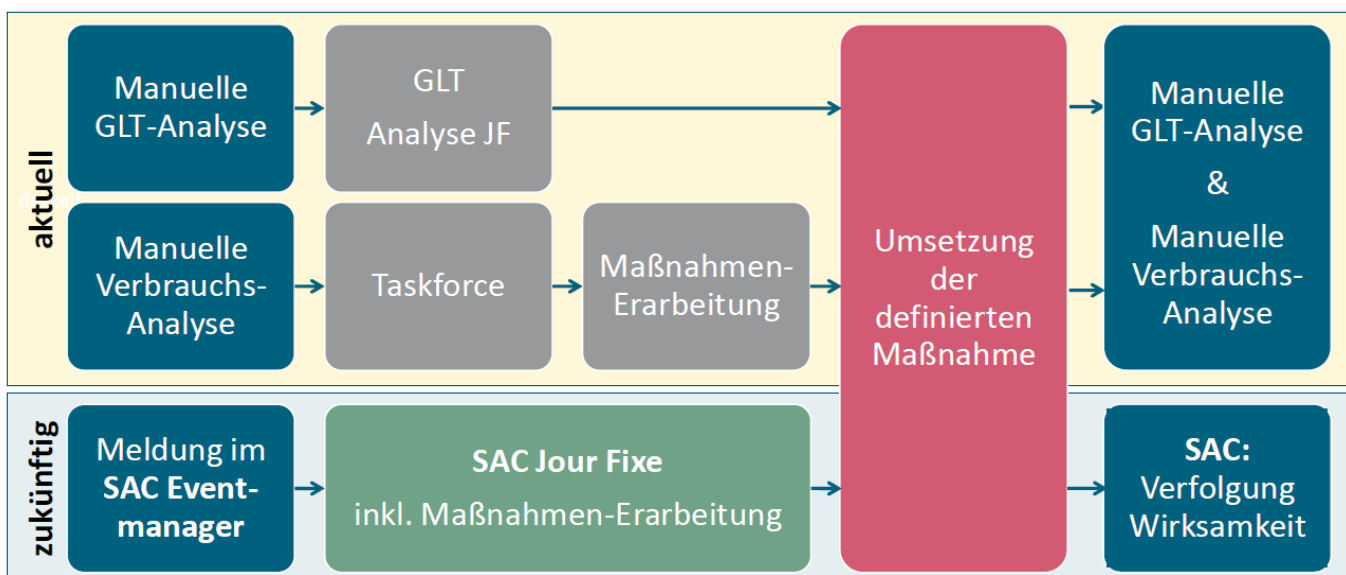


Abb. 41: Vergleich Stakeholder- und Verbesserungsprozess bisher („aktuell“) und nach SAC-Projekt („zukünftig“)

Bisher wurde die manuelle GLT-Analyse bzw. die Energieverbrauchsanalyse in getrennten Foren – dem GLT Analyse jour fixe und der Taskforce Energie – behandelt. Dabei wurden je nach Forum unterschiedliche Stakeholder einbezogen. Zur Einbeziehung aller relevanten Stakeholder (anstatt der getrennten Betrachtung) in den Energieoptimierungsprozess der SAC wurde der SAC-Stakeholderprozess entwickelt und eingeführt.



Abb. 43: SAC Stakeholder-Prozess – Prozessteilnehmer

Der Prozess deckt folgende drei Schritte ab, die mit dem SAC Eventmanager bearbeitet werden:

1. **Meldung:** Regelwerk schlägt an und erzeugt Event → Prüfung, Handlungsempfehlung
2. **Definition Status** und **Umsetzung** der Optimierungsmaßnahme (inkl. Dokumentation)
3. **Dokumentation** / Überprüfung Wirksamkeit

In der folgenden Abbildung ist der Detailablauf bei einer Meldung im SAC-Eventmanager dargestellt. Nach dem Anschlagen des Regelwerks wird ein SAC-Event mit dem Status „NEU“ generiert. Um die Relevanz des Events sicherzustellen wird das SAC-Regelwerk und die Auslösehäufigkeit überprüft. Erst bei zielführendem Regelwerk und relevanter Auslösehäufigkeit wird dies im Prozess weiterbearbeitet, indem die generierte Handlungsempfehlung geprüft wird.

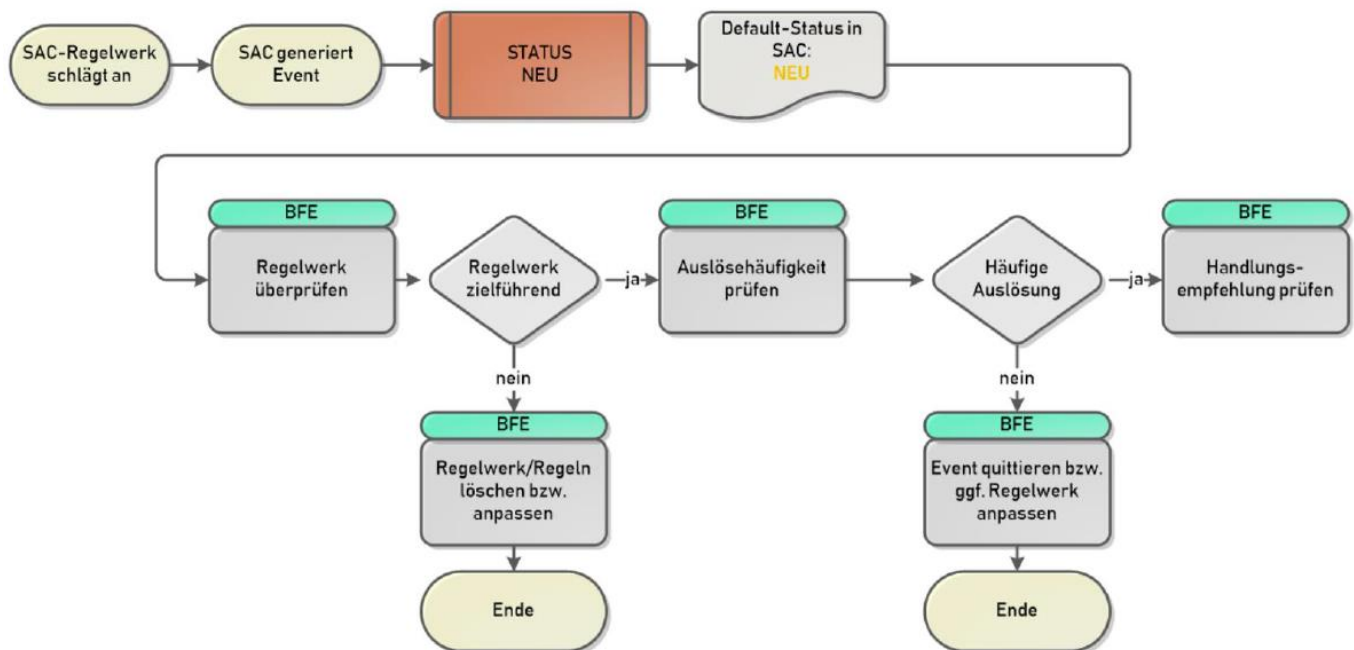


Abb. 44: SAC Stakeholder-Prozess, Schritt 1 „Meldung im SAC-Eventmanager (Regelwerk schlägt an)“

In der nächsten Abbildung ist der Detailablauf für die Beurteilung des SAC-Events bzw. des zugehörigen Regelwerks dargestellt. Im SAC-Jour-Fixe wird von allen TeilnehmerInnen gemeinsam das zu Eventausschlägen führende Regelwerk diskutiert und geklärt, um welche Art von Ursache es sich handelt. Dazu wird ein Status festgelegt, der den weiteren Ablauf bestimmt. SAC-Events mit dem Status „Akute Störung“ werden sofort behandelt, alle anderen folgen dem jeweils festgelegten Ablauf. In Abbildung 46 wird beispielhaft der Ablauf für den Status „Parametrierung“ gezeigt.

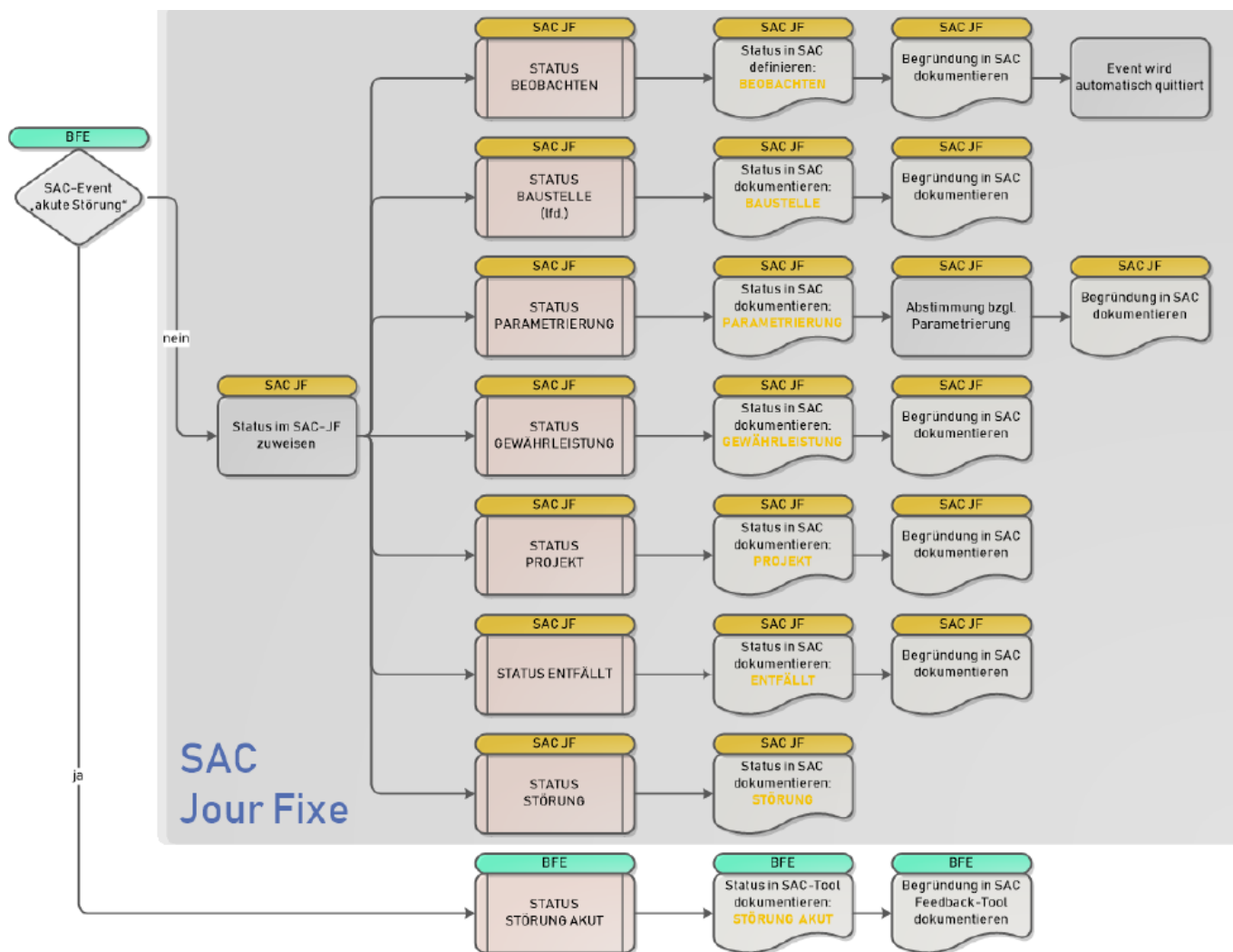


Abb. 45: SAC Stakeholder-Prozess, Schritt 2 „SAC Jour Fixe - Maßnahmenerarbeitung“

Ein ausgelöstes SAC-Regelwerk mit dem Status „Parametrierung“ wird nach dem folgenden Ablauf weiterbearbeitet: Noch im SAC Jour Fixe erfolgt die Abstimmung der Vorgehensweise und eine Begründung (Dokumentation auch im SAC-Eventmanager). BFE sorgt für die Abstimmung mit dem zuständigen Objektmanager, der für die Information des „Objektbesitzers“ sorgt. Der GLT-Koordinator setzt die Parametrierung um und informiert BFE. BFE setzt den Event auf „abgeschlossen“.

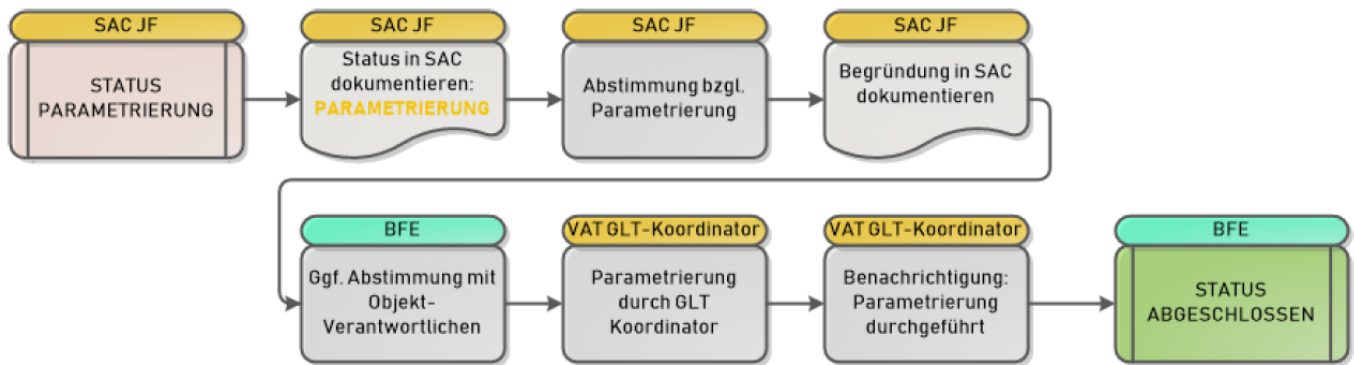


Abb. 46: SAC Stakeholder-Prozess, Schritt 2 „SAC Jour Fixe - Maßnahmenbearbeitung“, Beispiel Status „Parametrierung“

Legende	
STATUS BEOBACHTEN	Auffälligkeit vorhanden – Relevanz unklar. Eine weitere Beobachtung des Regelwerks wird gefordert. <i>Ausnahme:</i> Ein Mangel mit dem Status „Baustelle (Itd.)“ wird nach Abschluss des Bauvorhabens beurteilt. Hierzu wird ebenfalls der Status „Beobachten“ gesetzt.
STATUS BAUSTELLE (Itd.)	Vermeintlicher Mangel tritt in einem im (Um-)Bau befindlichen Bereich/Anlage auf. Steht der Mangel laut SAC JF in direktem Zusammenhang mit dem (Um-)Bau Projekt, so wird dieser erst nach Fertigstellung weiter behandelt.
STATUS PARAMETRIERUNG	Mangel/Optimierungspotential ist vorhanden und durch einfache Parametrierung zu beheben/ durchzuführen. Der neue Wert wird entweder sofort im SAC-JF festgelegt oder zuerst durch BFE mit den Objektverantwortlichen/Eigentümergevertretern abgestimmt.
STATUS GEWÄHRLEISTUNG	Mangel vorhanden. Falls die relevante Komponente bzw. die relevante Anlage unter Gewährleistung fällt, wird der Mangel im Rahmen des Gewährleistungsmanagement abgearbeitet.
STATUS PROJEKT	Mangel/Optimierungspotential ist vorhanden und wird aufgrund des Arbeitsumfangs zur Behebung/ Bearbeitung in ein separates Projekt ausgelagert.
STATUS ENTFÄLLT	Event wurde im Rahmen des SAC-JF als nicht relevant beurteilt.
STATUS STÖRUNG	Mangel ist vorhanden und wird im Rahmen der Störungsbehebung abgearbeitet.
STATUS STÖRUNG AKUT	Mangel ist aufgrund von „Gefahr im Verzug“ oder offensichtlicher erheblicher Folgeschäden sofort zu beheben. → Direkte und erhebliche - Betriebseinschränkungen - Auswirkungen auf den Energieverbrauch

Abb. 47: SAC Stakeholder-Prozess, Schritt 2 „SAC Jour Fixe - Maßnahmenbearbeitung“, Auswahl des Status

Die folgende Abbildung zeigt den geplanten Ablauf für die Wirksamkeitsprüfung von abgeschlossenen SAC-Events: Der Abschluss der Maßnahme wird im SAC-Feedbacktool dokumentiert und das zugehörige SAC-Regelwerk automatisch quittiert. Wenn das Regelwerk innerhalb von 4 Wochen nicht mehr anschlägt, wird die Maßnahme auf „wirksam“ gesetzt. Sonst kommt es zu einer Überprüfung des Regelwerks und ggf. zu einem Neustart des Prozesses.

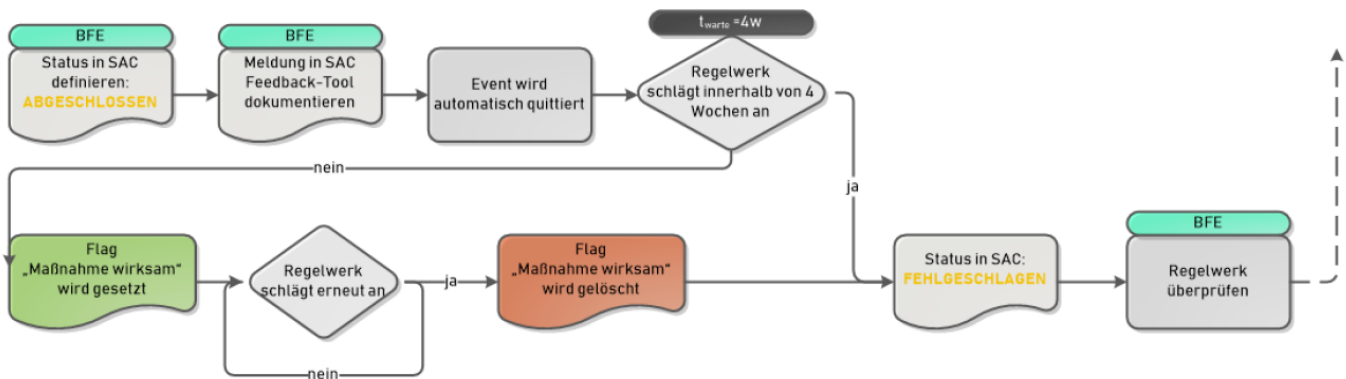


Abb. 48: SAC Stakeholder-Prozess, Schritt 3 „Verfolgung Wirksamkeit“

Der SAC-Stakeholder-Prozess wurde im Rahmen des Forschungsprojektes anhand von 14 SAC-Events pilotmäßig durchgespielt. Dabei wurden die folgenden Erkenntnisse gewonnen, die Basis für die weitere Optimierung sind:

- Prüfung von Doppelgleisigkeiten zwischen BFE und GLT-Koordinator und gegebenenfalls Bündelung von Aufgaben und Abgrenzung von Verantwortlichkeiten und Kompetenzen.
- Bei einer Häufung von SAC-Events könnte eine Bearbeitung in kleinerem Kreis in Erwägung gezogen werden.
- Kundenmeldungen zu Mängeln bezüglich der Behaglichkeit in Objekten könnte in den SAC Jour Fixe aufgenommen werden.
- Oft wird der Abschluss einer Baustelle nicht gemeldet. Dadurch können SAC-Events mit Status „Baustelle“ nicht abgeschlossen bzw. auf Wirksamkeit geprüft werden.

B.5.8 Innovationsgehalt

Der Innovationsgehalt der Smart AirportCity besteht erstens in der Vernetzung und Aggregation der Daten verschiedener Gebäudetechniksysteme und damit der für den Hauptenergieverbrauch verantwortlichen Elemente. Zweitens in der Abstrahierung und Automatisierung von Analyse- und somit Optimierungsschritten zur Energieverbrauchs- und Lastspitzenreduktion.

Durch diese beiden Elemente wird die Basis geschaffen, Potenziale zeitnah und gebäudeübergreifend zu erkennen, und diese Potenziale bei allen Gebäuden und Anlagen entsprechend zu überprüfen. Smartes Energiemonitoring und intelligente Anlagenoptimierung bedeuten in diesem Fall eine Verbesserung gegenüber üblichen Monitoringlösungen und im Zusammenwirken eine neuartige Qualität des Energiemanagements. Dies ermöglicht durch die Fokussierung auf Kernelemente (nämlich Systemanalyse und Verbesserung im Gegensatz zu manueller Datensammlung und -aufarbeitung) eine nachhaltige Reduktion des Energieverbrauchs und somit von CO₂-Emissionen.

Die gewählte Lösung weist nicht nur eine hohe Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit auf, sondern insbesondere eine hohe Flexibilität in der Analyse, Visualisierung und Maßnahmenbearbeitung bzw. Dokumentation. Beispielsweise ergeben sich zur Überprüfung von Fehlverhalten drei Möglichkeiten:

- 1 Erstellung eines Regelwerkes, das Abweichungen automatisiert überprüft
- 2 Erstellung eines virtuellen Datenpunktes, der die Abweichung angibt
- 3 Visualisierung der Datenpunkte und Analyse in der Trenddatendarstellung

Durch die Verschränkung der technischen Lösungen in den Bereichen Energie und Gebäude mit der systematischen Einbeziehung des Energiemanagements, der Betriebsführung und der Nutzer können technisch mögliche Energiemanagementpotenziale gehoben, und ein Mehrwert gegenüber einer Monitoringlösung ohne Nutzereinbindung geschaffen werden.

Denn bei der Entwicklung von Smart Cities zeigt sich in der Realität auf allen Ebenen (Stadt, Quartier oder einzelne Gebäude), dass rein technologische Ansätze ohne die Einbindung der Nutzer nicht bzw. nur unzureichend die erwarteten Energieeinsparungen bzw. Emissionsreduktionen erreichen (bspw. durch Rebound-Effekte). Aus diesem Grund wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts die technologischen Innovationen mit der Nutzereinbindung kombiniert.

Schlussendlich können die im Testbed Stadt-/Gewerbequartier Flughafen Wien gewonnenen Erkenntnisse auf andere Gewerbegebiete im städtischen Umfeld (auch mit anderen Nutzungsschwerpunkten → siehe Kapitel „Entkontextualisierung“) übertragen werden.

B.6 Erreichung der Programmziele

B.6.1 Einpassung in das Programm und Beitrag zum Gesamtziel



Abb. 49: Smart City Perspektive im Projekt

Mit dem Projekt wurde damit ein positiver Beitrag für den Flughafen, der gemäß im Juli 2019 veröffentlichter Pläne bis 2030 CO₂-neutral werden will, im Sinne einer Weiterentwicklung zur „Zero Emission Urban Region“ geschaffen. In Bezug auf die adressierten Programm- bzw. Ausschreibungsziele haben sich folgende im Projektantrag erwartete Beiträge realisiert:

- Mehrwert gegenüber Einzelsystem/-lösung generieren: Die Anwendung eines ganzheitlichen Monitoringsystems, das den gesamten Optimierungsprozess von der Analyse über die Bearbeitung bis zur Dokumentation abbildet und eine technologische Lösung mit einem Stakeholderprozess verschränkt, liefert einen wesentlichen Mehrwert gegenüber Einzellösungen (z.B. nur für die Datenpunktvisualisierung). Darüber hinaus konnte durch die interdisziplinäre Konzepterstellung individuell auf die Bedürfnisse des Facility Managements und die bestehenden Prozesse am Flughafen Wien eingegangen werden, was einen weiteren Mehrwert gegenüber klassischen Lösungen „von der Stange“ bietet.
- Optimierung von Einzelsystem/-lösung erreichen: Durch die einfache Aufschaltung weiterer Zähler bzw. Objekte, die intelligente Systemarchitektur und die hohe Flexibilität des Tools lassen sich intelligente und vernetzte Lösungsansätze objektübergreifend umsetzen. Außerdem liefert die Automatisierung von Prozessen eine Verbesserung der Reaktionszeit und ermöglicht so einen Fokus auf die wesentlichen Stellhebel im Bereich der Energieoptimierung.
- Stadt(region) als Testbed nutzen: Die gewählte Systemarchitektur gewährleistet die Betrachtung praktisch sämtlicher Objekte im Stadtquartier „Flughafenstadt Flughafen Wien“ (AirportCity Vienna). Dadurch werden in der zukünftigen Anwendung intelligente, objektübergreifende Lösungen ermöglicht, die über die bislang skizzierten Potenziale hinausgehen.

B.6.2 Einbeziehung der Zielgruppen

Die im Kapitel „Stakeholdereinbindung“ skizzierte strukturierte Vorgehensweise bestehend aus Erstellung einer Stakeholdermatrix, Nutzeranalyse, Erstellung von Nutzerprofilen, Abstimmung von Projektorganisation und -kommunikation, Analyse des bestehenden Energieoptimierungsprozesses und der auf all diesen Schritten aufbauenden Entwicklung des SAC-Stakeholderprozesses sorgt für eine zielgerichtete und den Projekterfolg unterstützende Einbeziehung der (relevanten) Zielgruppen. Insbesondere die Zusammenarbeit mit den Nutzern im Facility Management sowie die frühzeitige Einbindung der IT-Abteilung erwiesen sich als zielführend.

Die Verschränkung zwischen sozialer (= Stakeholderprozess) und technologischer (= Smart AirportCity Tool) Innovation im Sinne der Integration der Prozessschritte und Toolmodule sowie die damit verbundenen Anwendungen im Sinne des Tool-Einsatzes durch das Facility Management und der Durchführung eines Smart AirportCity Jour Fixe Trockentests mit den Umsetzungspartnern erhöhen das Verständnis und die Akzeptanz der Stakeholder für die technologische Lösung. Insbesondere konnte dadurch gezeigt werden, wie die Automatisierung der Fehlererkennung und die Dokumentation der Prozessschritte die bestehenden Prozesse verbessern und den Fokus auf wesentliche Energieoptimierungspotenziale legen kann.

Die interessierte Fach- bzw. breite Öffentlichkeit wurden primär durch gezielte Disseminationsaktivitäten der Projektpartner im Rahmen ihrer jeweiligen Möglichkeiten sowie durch Nutzung der Kommunikationskanäle des Klima- und Energiefonds (Projektwebsite, Newsletter, Broschüre) angesprochen. Dies umfasste insbesondere:

- Präsentation, Tagungsband-Beitrag und elektronische Veröffentlichung einer Langfassung zum Projekt beim EnInnov 2020 Symposium Energieinnovation in Graz (denkstatt)
- Poster-Präsentation und Tagungsband-Beitrag bei der World Sustainable Energy Days Konferenz 2020 in Wels (denkstatt)
- BACnet-Tagung beim österreichischen Bundesheer am 6./7.11.2019 (TU Wien)
- Journal Beitrag in „Automation in Construction“ (in Entstehung, TU Wien)
- Erwähnung des Projektes im Nachhaltigkeitsbericht 2018 (Flughafen Wien)
- Erwähnung des Projektes in der Bilanz-Presskonferenz 2018 in 2/2019 und Presseaussendung zur geplanten CO₂-Neutralität 2030 in 7/2019 (Flughafen Wien), inklusive Medienberichte in ORF.at, Heute, DER STANDARD, Die Presse, Kurier, Wiener Zeitung, NÖN, ÖVZ, TREND u.a. Medien
- Vorstellung/Diskussion des Projektes u.a. beim Austrian Capital Markets Day in Toronto in 4/2019, beim EMAS-Erfahrungsaustausch am Flughafen Wien in 10/2018 oder bei einem Erfahrungsaustausch mit dem Flughafen in Rom in 11/2019 (Flughafen Wien)
- Diskussion des Projektes bei Kunden aus den Sektoren Transport und Finanzwirtschaft (denkstatt, denkstatt & enertec)

Auf eine ursprünglich geplante Abschlussveranstaltung wurde aufgrund der Verschiebung in der Bearbeitung bzw. insbesondere der Programmierung in die letzten Projektmonate hin und der daraus resultierenden späten Verfügbarkeit von Projektergebnissen verzichtet, und stattdessen das Thema „Entkontextualisierung“ priorisiert, um eine zukünftige Verbreitung und Anwendung am Markt zu fördern.

B.6.3 Umsetzungs-Potenziale

Das gegenständliche Vorhaben mit dem Fokus auf smartes Energiemanagement und intelligente Anlagen- und Betriebsoptimierung leistet in erster Linie einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung des Flughafens zu einer smarten und nachhaltigen AirportCity, mit dem Ziel der CO₂-Neutralität 2030. Durch die Flexibilität und Skalierbarkeit der Lösung wurde ein Grundstein für eine effektive, zukunftsorientierte Anwendung geschaffen. Zusätzlich zum bisherigen Fokus der Steigerung der Energieeffizienz sollten Optimierungsmaßnahmen zur Verringerung bzw. Umverteilung der Lastspitzen verstärkte Beachtung in der Anwendung finden.

Seitens denkstatt, denkstatt & enertec und msg Plaut ist künftig geplant, das Smart AirportCity Monitoring-Tool weiterzuentwickeln. Hierbei sollen sowohl bestehende Kunden (Nutzer des Management-Tools, die zusätzlich am Monitoring-Tool interessiert sein könnten) als auch potenzielle Neukunden angesprochen werden. Im Kontext „Flughafen(quartier)“ sind die potenziellen Kunden in Österreich jedoch überschaubar, weshalb größere Flughäfen außerhalb Österreichs (insbesondere in den denkstatt Group Ländern Deutschland, Ungarn, Slowakei, Rumänien und Bulgarien) hier infrage kommen.

Interessanter ist jedoch die Anwendung in einem anderen Kontext – hierfür wurden im folgenden Kapitel „Entkontextualisierung“ mögliche Ziel-Branchen identifiziert. Neben der technischen Weiterentwicklung des Monitoring-Tools werden hierfür in Folge auch Unterlagen für die Marktbearbeitung erstellt (Sliddeck sowie Videos zur Darstellung der Anwendung in der Praxis mit Fokus auf (1) Allgemeine Funktionen bzw. Datenpunkte/-analyse, (2) Virtuelle Datenpunkte und Trenddatendarstellung, (3) Regeln / Regelwerke / Eventmanager).

Insgesamt wird jedenfalls eine weitere Zunahme der Bedeutung des Themas Dekarbonisierung – getrieben durch das Pariser Klimaschutzabkommen aber auch durch das Ziel der CO₂-Neutralität 2040 im österreichischen Regierungsprogramm – erwartet. Dem Thema Energieeffizienz und Digitalisierung (damit insbesondere auch dem Energiemonitoring) sollte dabei eine zentrale Rolle zukommen. Zusätzlich stellt die Ausrichtung von Finanzierungen an Kriterien der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz unter dem Stichwort „Sustainable Finance“ für Industrieunternehmen zunehmen einen bedeutenden Treiber dar.

Neben der Anwendung in Beratungsprojekten ist auch eine mögliche Weiterentwicklung mit Fokus Anwendung und Wirkungsvalidierung im Zuge eines Folge-Forschungsprojektes in einem anderen Testbed denkbar. Hierfür sollen zukünftige Ausschreibungen nach Anknüpfungspunkten gescreent bzw. potenzielle Partner identifiziert werden.

Darüber hinaus können auf Basis der in diesem Projekt entstandenen Methodiken zu den verschiedenen Gebäudesimulationen von Regression bis hin zu detaillierten Gebäudesimulationen Plausibilitätschecks und Soll/Ist Vergleiche auch für weitere Anwendungsfälle ausgeweitet werden. Durch digitale Modelle ist es möglich Echtzeiten und simulierte Daten rascher miteinander zu vergleichen, Analysen durchzuführen und Fehler zu erkennen. Die dazu verwendeten Gebäudesimulationen, sei es vereinfacht oder detailliert, dürfen aber nicht unabhängig von den Gebäudedaten existieren, sondern müssen mit Hilfe eines gemeinsamen Datenmodells immer den aktuellen Stand der Informationen nutzen. In diesem Sinn wird die Veröffentlichung des hier angewendeten Datenmodells inklusiver dem Softwarelayer für Datenschutz und Konsistenz ein nächster relevanter Schritt sein.

B.7 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

B.7.1 Zielerreichung und wesentliche Erkenntnisse

Die folgenden **Projektziele** im Forschungsprojekt können als erreicht betrachtet werden:

- **Senkung des Energieverbrauchs** ist soweit möglich bestätigt (Wirkungsvalidierung) bzw. zielen die entwickelten Maßnahmen und bereits angelegten Regelwerke auf einen solchen ab
- Energiemonitoring- und Anlagenoptimierungssystem (Monitoring-Tool) ist entwickelt und beim Flughafen **in Anwendung**, mit Fokus auf steigende **Automatisierung**
- Optimierungsalgorithmen können **flexibel** im Tool erstellt und angewendet werden
- **Stakeholderprozess** wurde aufgesetzt und implementiert, sodass Potenziale der technischen Lösungen gehoben werden können
- Automatisierung der Analyse führt zu **rascheren Reaktionszeiten** auf Fehlverhalten
- Trenddatendarstellung führt zu einer **effizienteren Mängelauswertung** und verbessertem **Systemverständnis**
- Automatisierung führt zu einer **Reduktion des Ableseaufwands** bei Zählern
- **Entwicklungspotenziale** für die Smart AirportCity Vienna in den Handlungsfeldern Energie, Gebäude und Kommunikation wurden aufgezeigt und das Projekt ist in das Smart City Verständnis des Flughafens Wien eingebettet

Aus der Arbeit im Forschungsprojekt werden folgende **Vorteile und Chancen der umgesetzten (technologischen) Lösung** gesehen, die unabhängig vom jeweiligen Anwendungsfall in der weiteren Anwendung bzw. bei zukünftigen Projekten aufrechterhalten werden sollten:

- **Hoher Grad der Automatisierung** (Datensammlung, Analyse, Wirkungsmessung)
- **Hohe Flexibilität der Lösung**
 - Formeleditor, Regeln und Regelwerke sowie Trenddatendarstellung ermöglichen **flexible Erstellung und Visualisierung von IST-Zuständen, Maßnahmen** und Abbildung unterschiedlicher Anwendungsfälle
 - **Beliebige Datenpunktkombinationen** (und damit Modellvergleiche) sind mittels **virtueller Datenpunkte** möglich
 - **Beliebige Zählerarten** (Temperatur, Raumbelastung, Indoor Feuchtigkeit, Luftqualität, etc.) können durch das Tool verarbeitet werden
- **Standardisierung mittels zentraler Schnittstelle** (GLT als zentraler Datensammler)
- **Schnelligkeit („Echtzeit“-Daten** (15min-Intervall mit max. 1,5h Zeitverzögerung)), **Zuverlässigkeit** und **hohe Verfügbarkeit**
- **Skalierbarkeit** (Zähler können einfach auf GLT aufgeschaltet werden und werden automatisch im System erkannt)
- Anpassung an bestehende Prozesse, Standards (z.B. M-Bus Zähler), IT-Infrastruktur (z.B.: Anbindung an Active Directory zur Nutzerverwaltung; Umsetzung On-Premise oder in der Cloud möglich) und damit **Integration bestehender Systeme**

- **Benutzerfreundlichkeit** (Drag & Drop, intuitiver Aufbau, etc.)
- **(Menschliche) „Intelligenz“** der Lösung (durch interdisziplinäre Konzepterstellung und iterative Entwicklung) reduziert übliche Gefahr von zu wenig oder zu viel Information
- **Integration** der Möglichkeiten und Module des Tools mit den Prozessen zur **Nutzereinbindung und -kommunikation** erhöht Akzeptanz der entwickelten Lösung

B.7.2 Entkontextualisierung: Interesse und Übertragbarkeit

Aus o.g. Überlegungen wurde sich im Projekt ausführlicher mit dem Thema „Entkontextualisierung“, d.h. der Übertragbarkeit auf andere Unternehmen, Branchen oder Situationen außerhalb der konkreten Anwendung am Flughafen Wien beschäftigt: Welche Branchen kommen für ein Projekt dieser Art – bzw. ein etwaiges Folgeforschungsprojekt, in dem auf den bisherigen Erkenntnissen aufgesetzt werden kann – infrage, welche technischen und operativen Anforderungen bestehen, welche Learnings wurden aus dem gegenständlichen Projekt für zukünftige Projekte gezogen und wo wird zukünftiges Potenzial gesehen?

B.7.2.1 Ziel-Branchen

Grundsätzlich ist eine Lösung wie die Smart AirportCity für Unternehmen mit **mehreren Objekten** (höhere Komplexität, Potenzial für gebäudeübergreifende Lösungen), **hohen Energieverbräuchen** (Potenzial für Energieeffizienzmaßnahmen) **bzw. Lastspitzen** (Potenzial zur Lastverschiebung), **vielen Datenpunkten** (bzw. dem Vorhaben der Erweiterung der Zählerinfrastruktur) und **unterschiedlichen Einflussfaktoren** auf den Energieverbrauch (z.B. Witterung, Auslastung, etc.) attraktiv. Folgende Ziel-Branchen mit diesen Charakteristika wurden deshalb identifiziert:

- **Shopping Center** u.a. größere Retailflächen bzw. große Handelsketten mit vielen Filialen
- **Infrastruktur**: Flughäfen, Bahnhöfe, Krankenhäuser
- **Industrie**: Großbetriebe, v.a. produzierendes Gewerbe (z.B. Eisen/Stahl, Papier, Pharma, Lebensmittel als größte Energieverbraucher) bzw. **Gewerbe- und Industrieparks**
- **Hotels, Messen bzw. Konferenz-Center**
- **Bürokomplexe**
- **Öffentliche Gebäude**, insbesondere Schulen u.a. Bildungseinrichtungen

B.7.2.2 Learnings und Erkenntnisse aus dem Monitoring und der Stakeholdereinbindung

Folgende Aspekte des Monitoring-Tools und aus dem Prozess der Stakeholdereinbindung sollten bei weiteren Projekten beibehalten werden:

- **Flexibilität des Monitoring-Tools**, insbesondere durch Formeleditor, virtuelle Datenpunkte (Analyse und Visualisierung), anpassbare Trendanalysen und unbegrenzte Regeln bzw. Verknüpfung von Regeln zu Regelwerken
- **Zentrale Zusammenführung der Zählerdaten in einer zentralen Datenbank** außerhalb der Smart AirportCity, mit **einer zentralen Schnittstelle** zum Tool → sichert gute technische Performance (Zugriffszeiten) und erleichtert zukünftiges Aufschalten weiterer Zähler (Zähler werden automatisch in Smart AirportCity angezeigt)

- **Iterativer Entwicklungsprozess** des Monitoring-Tools mit Entwicklung anhand von **Modulen** (Trenddatenanalyse, Formeleditor, Regeln und Regelwerke etc.), welche schrittweise an die Anwender ausgeliefert und somit direkt angewendet werden konnten, ermöglicht sofortiges Feedback der Anwender, welches wiederum zeitnah umgesetzt wird → **Validierung erfolgt in iterativer Anwendung direkt in der Praxis**
- **Stakeholderanalyse sinnvoll** um Art der Stakeholder und ihre jeweilige Betroffenheit abzubilden, jeweilige Integration in das Projekt festzulegen und bestehende Prozesse als Basis für die Stakeholdereinbindung im Prozess zu verstehen
- **Aufbauen auf bestehenden Prozessen der Stakeholdereinbindung** (falls vorhanden) und deren Verbesserung anhand der Möglichkeiten aus der Smart AirportCity sinnvoll

B.7.2.3 Gesamthafte Betrachtung der Übertragbarkeit

Ausgehend von den o.g. Überlegungen zur Übertragbarkeit auf andere Kontexte wird folgender **typischer Prozess für weitere Anwendungsfälle** identifiziert, inklusive aus dem Projekt abgeleiteter technischer und operativer Anforderungen/Empfehlungen:

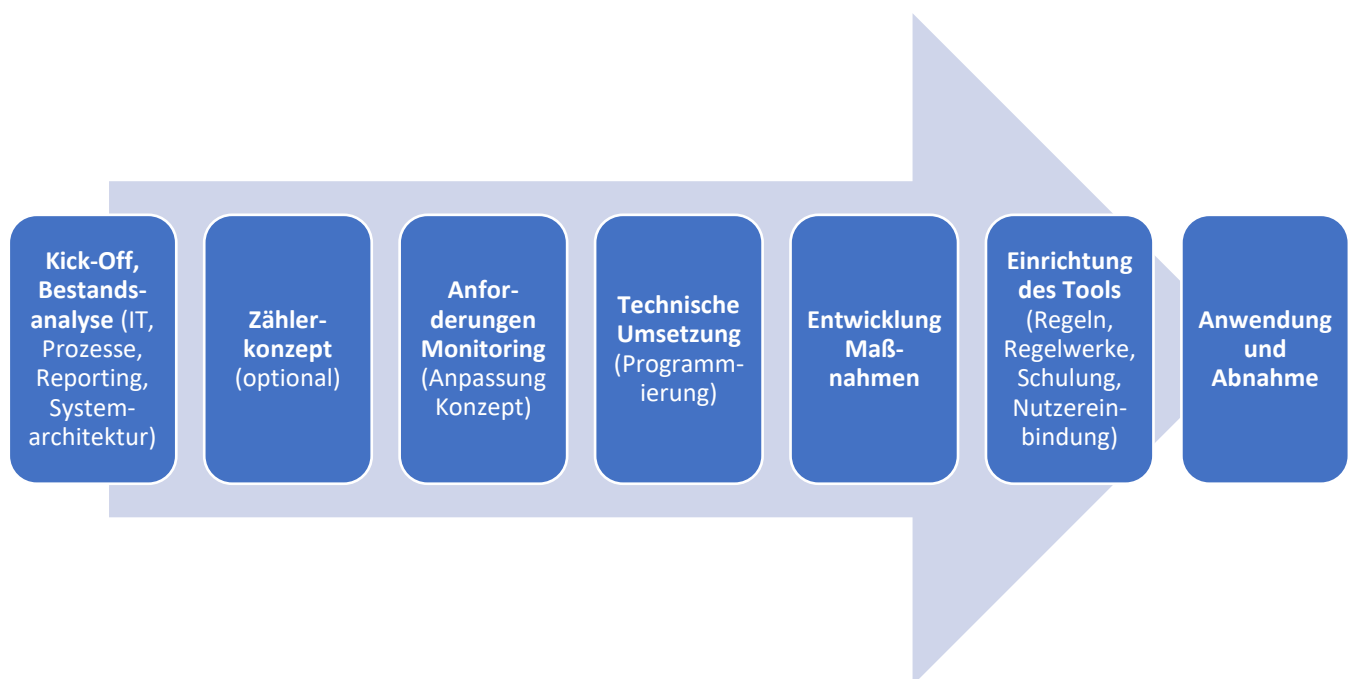


Abb. 50: Typischer Prozess für weitere Anwendungsfälle

Die Vorgehensweise bei Smart AirportCity hat folgende Empfehlungen hinsichtlich technischer und operativer Herangehensweise ergeben:

- **Bestandsaufnahme** zu Beginn notwendig, mit folgenden primären Zielen:
 - **IT-Anforderungen**, -Infrastruktur- und -Standards beachten (u.a. notwendig für Schnittstellenanpassung)
 - Gesamtsystem **Gebäude-Energie-Nutzer** verstehen
 - Wesentliche **Treiber des Energieverbrauchs** identifizieren (Wissen über Abhängigkeiten → Regressionsanalysen) → **Energieaudit** als idealer Ausgangspunkt

- **Datenmanagement** analysieren (wo werden Daten gemessen, wie werden diese übertragen, wo werden diese gesammelt, etc.?)
- **Stakeholderanalyse** durchführen und bestehende Prozesse (Kommunikation, Umsetzung) erheben
- **Erstellung eines Zählerkonzeptes** sinnvoll, insbesondere im Falle umfangreicher Investitionen in neue Zählerinfrastruktur bzw. Ersatz bestehender Zählerinfrastruktur
 - Bestandsaufnahme vorhandene Zählerlandschaft (automatisiert, manuell)
 - Anforderungen an neue bzw. zusätzliche Zähler definieren (Anzahl, Technik, etc.), ggf. inklusiver konkreter Typen-Empfehlungen
 - Roll-out zusätzlicher Zähler
- Ausreichendes Zeitbudget für **Erstellung und Abstimmung (Priorisierung) des Monitoringkonzeptes** ermöglicht eine effektive und praxisnahe Umsetzung
 - Definition der **technischen Anforderungen** (durch IT), **Userstruktur**
 - Festlegung der **Anbindung / Übermittlung der Zählerdaten** (Intervall, Art, etc.) → **Einheitlicher Datensammler** (Datenlayer), wie in Form der GLT in der Smart AirportCity, mit **einer zentralen Schnittstelle** erweist sich als praktikabler gegenüber der Programmierung von einzelnen Ausleseroutinen
 - Allgemeine **Tool-Struktur** besonders bei Einsatz des Management-Tools (Bezeichnungen, Hierarchien, Gebäudesteckbriefe, etc.)
 - **Datengrundlage** (verarbeitete Daten)
 - **Regelerstellung** (Definitionen, Regelkatalog, Regelwerk)
 - **Events und Ausgaben** aus dem System (Definition, Gültigkeit, Optimierungsempfehlung, Benachrichtigungen/Feedback, Dokumentation)
 - **Analyse/Visualisierung** (Trenddaten)
- **Fachliche Expertise für Erstellung von Regeln/Regelwerken** ist notwendig
 - Empfehlung, **mit bereits bekannten Herausforderungen/Problemen zu beginnen** (Maßnahmen aus operativem Betrieb, Maßnahmen aus Energieaudits)
 - Datenbank an „typischen“ Maßnahmen wäre hilfreich für das Generieren weiterer Regelwerke
- Ausreichend vorhandene **personelle Ressourcen im Energie- / Facility Management und Know-how** in der Organisation sind notwendig – sowohl für die Anpassungen (IT-Infrastruktur / Schnittstellen) als auch für die Erstellung und Anlegung von Regelwerken sowie die Bedienung/Anwendung in der Praxis:
 - Möglichkeiten für Anpassungen und Eingriffe in Betriebsführung notwendig
 - Kommunikation zwischen Energie- / Facility Management und ausführenden Personen wichtig → Projekt kann zur Verbesserung dieser Abläufe dienen (siehe Smart AirportCity Stakeholderprozess)

B.8 Ausblick und Empfehlungen

Im Zentrum der weiteren Entwicklung stehen die Anwendung durch den Flughafen Wien selbst sowie die Anwendung bei anderen Bereichen durch die Projektpartner. In Bezug auf die Nutzung am Flughafen Wien werden insbesondere folgende Potenziale für die weitere Anwendung gesehen:

- **Wirkungvalidierung** in der täglichen Anwendung – sobald sich operativer Betrieb am Flughafen nach der Coronakrise wieder stabilisiert – fortführen
- **Lastverschiebung** weist noch Potenzial für die Entwicklung von Maßnahmen und deren Abbildung in Regelwerken auf
- **Wetter- und Passagierdaten** können einfach in die Smart AirportCity angebunden werden, dies muss jedoch noch erfolgen und dazugehörige Regelwerke erstellt werden

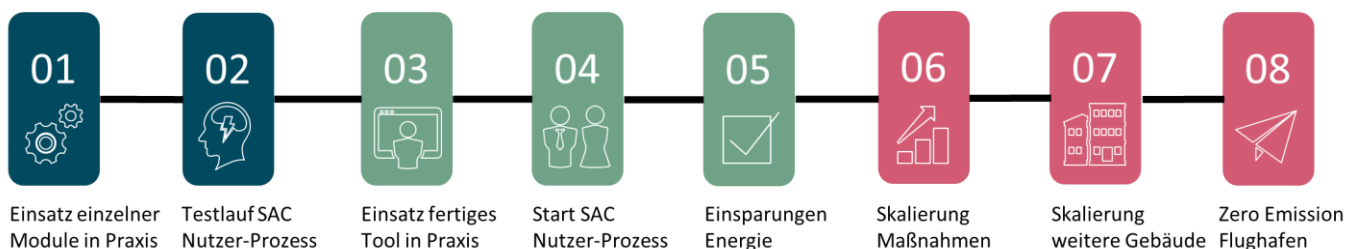


Abb. 51: Überblick bisheriger Anwendung und Ausblick

In Bezug auf weitere Anwendungsfälle sind die Überlegungen zur „Entkontextualisierung“ maßgeblich, in denen primäre Zielbranchen identifiziert, ein typischer Projektablauf entworfen und die wesentlichen Learnings und Anforderungen skizziert wurden. Hier ist der nächste Schritt die Ansprache potenzieller Nutzer.

Gleichzeitig wurden für weitere Anwendungsfälle bzw. mögliche Folge-Forschungsprojekte folgende **Potenziale** für Weiterentwicklungen identifiziert:

- Business Model Shift: **Software und Services als integrierte Value Proposition** durch Einbringen von Wissen zum Gesamtsystem Gebäude/Energie/Nutzer, Fähigkeiten in Datenanalyse und Expertise zu Gebäudebetrieb/-optimierung
- **Benchmarking** und verbesserte Daten-Verifizierung
- **Wartungsmanagement** (Predictive Analysis)
- Automatischer **Eingriff in die Regelung** (statt „nur“ Handlungsempfehlungen, d.h. bidirektionale Kommunikation)
- Integration von **Verrechnung bzw. Energiepreisen**
- Entwicklung einer **Best Practices Datenbank** mit Maßnahmen als zusätzlichen Ausgangspunkt neben Maßnahmen aus Energieaudits bzw. Anwender Know-how
- Integration mit **Energie-Apps** und **standardisierte Zähler-Anbindungen** (falls zentraler Datensammler nicht möglich ist)

C. Literaturverzeichnis

Alcatel-Lucent: Re-imagining the airport network for 2020 and beyond: Enabling network flexibility, agility and speed with IP/MPLS; Strategic Whitepaper; <http://globaltransportupdate.com/wp-content/uploads/2015/11/Reimagining-the-Airport-Network-for-2020-and-Beyond.pdf>

Bednar T., Bothe D., Forster J., Fritz S., Gladt M., Handler C., Haufe N., Hollaus M., Jambrich S., Kaufmann T., Kranzl L., Paskaleva G., Rab N., Schleicher J., Schlögl K., Schöberl H., Steininger C., Wolny S., Ziegler M.; 2018: SIMULTAN - Simultane Planungsumgebung für Gebäudecluster in resilienten ressourcen- und höchst energieeffizienten Stadtteilen; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; Wien

Flughafen Wien AG; 2016; Geschäftsbericht

Höffinger, S., 2018: Airport Cities ante portas – neue Zentren am Puls der Zeit; http://www.hoeffingersolutions.com/images/stories/news/2018/Airport_cities.pdf

Kasarda, J.; 2013: Airport cities: The evolution; Airport World Magazine

Ku, C.; 2018: What the Smart City Means for Future Airports; 25 January, 2018; <https://apex.aero/2018/1/25/smart-connected-airports>

Luisa Pereira et al.; 2015; Improving energy efficiency and cost reduction in airports

Ortega Alba S., Manana M.; 2016: Energy Research in Airports: A Review

Price P.; 2010: Methods for Analyzing Electric Load Shape and its Variability; Lawrence Berkeley National Laboratory.

Sinibaldi, V.; 2016; Airport 3:0: How smart technologies are transforming air travel; <https://www.citymetric.com/transport/airport-30-how-smart-technologies-are-transforming-air-travel-2008>

D. Anhang

Nachfolgend werden die einfachen Verbrauchsmodelle (erweiterte, multivariate lineare Regressionsmodelle) noch näher erläutert. Folgende Punkte werden mittels Grafiken näher dargestellt:

- Prozess für das Training (Aufbau) und das Testen (Analyse) der einfachen Verbrauchsmodelle
- MTR-Modell
- RT-Modell / RiT-Modell
- MRiT-Modell

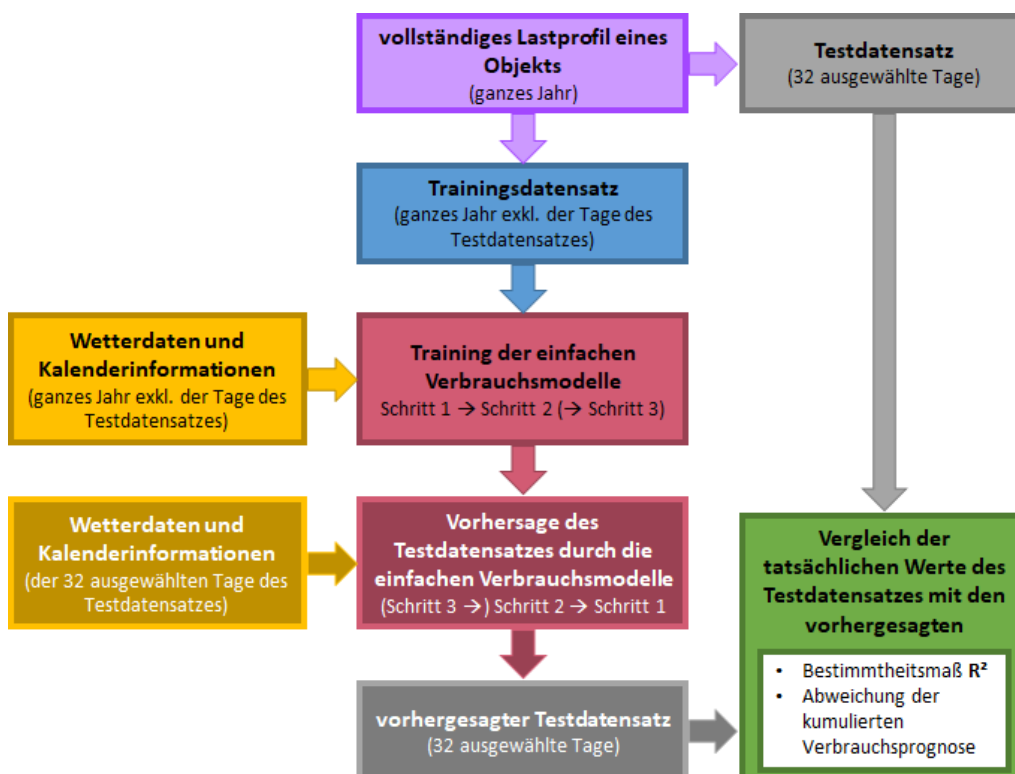


Abb. 52: Prozess für das Training (Aufbau) und das Testen (Analyse) der einfachen Verbrauchsmodelle

Mittelwert-Tagestyp-Regression-Modell ohne Interaktion der Prädiktoren, kurz MTR-Modell, ist in Abb. 53 dargestellt.

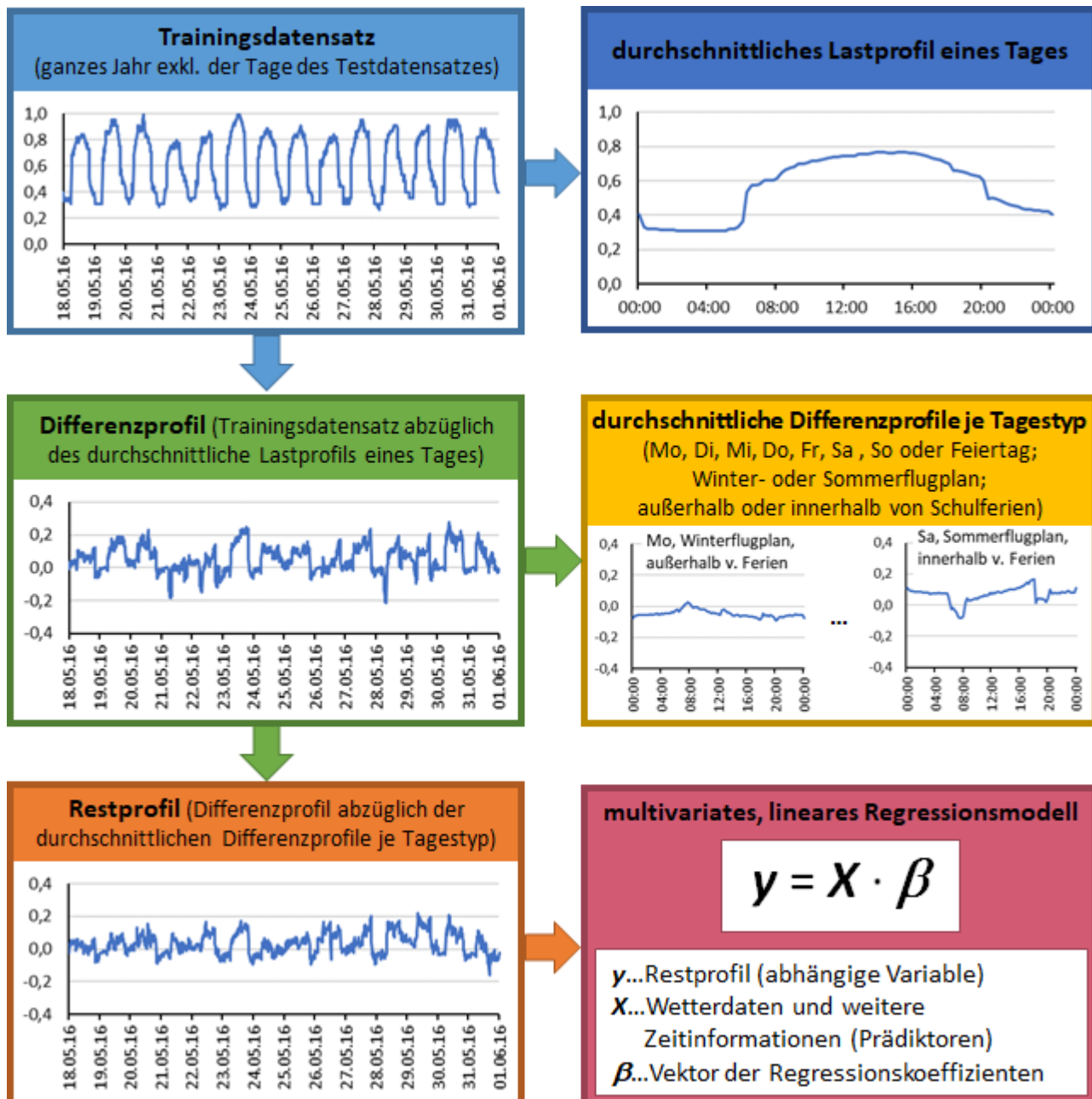


Abb. 53: MTR Modell

Abb. 54 zeigt die Vorgehensweise für das RT-Modell / RiT-Modell (Regression-Tagestyp-Modell ohne Interaktion der Prädiktoren / Regression-Tagestyp-Modell mit Interaktion der Prädiktoren).

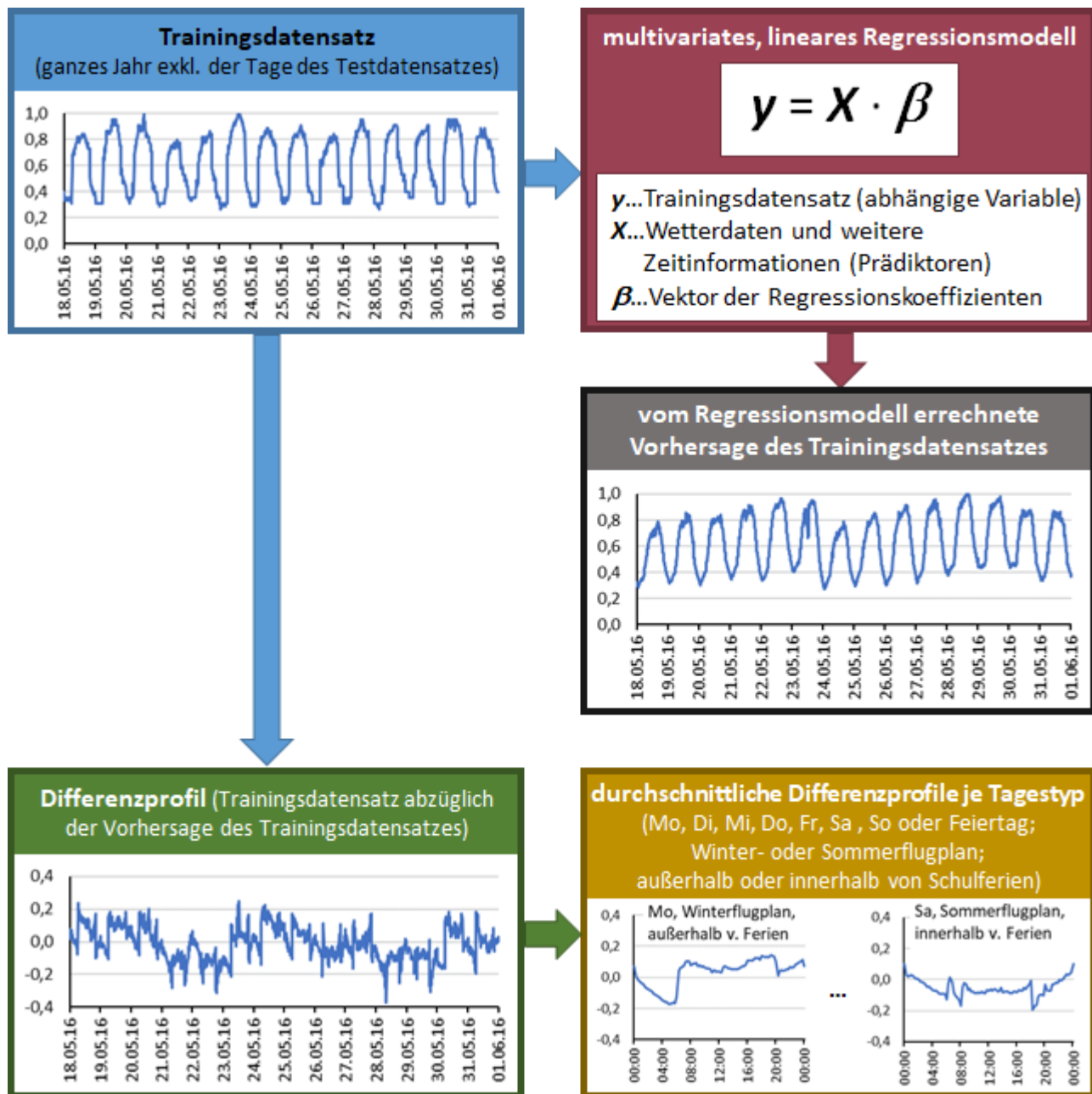


Abb. 54: RT-Modell / RiT-Modell

In Abb. 55 sind die Prozessschritte für das MRiT-Modell (Mittelwert-Regression-Tagestyp-Modell mit Interaktion der Prädiktoren) dargestellt.

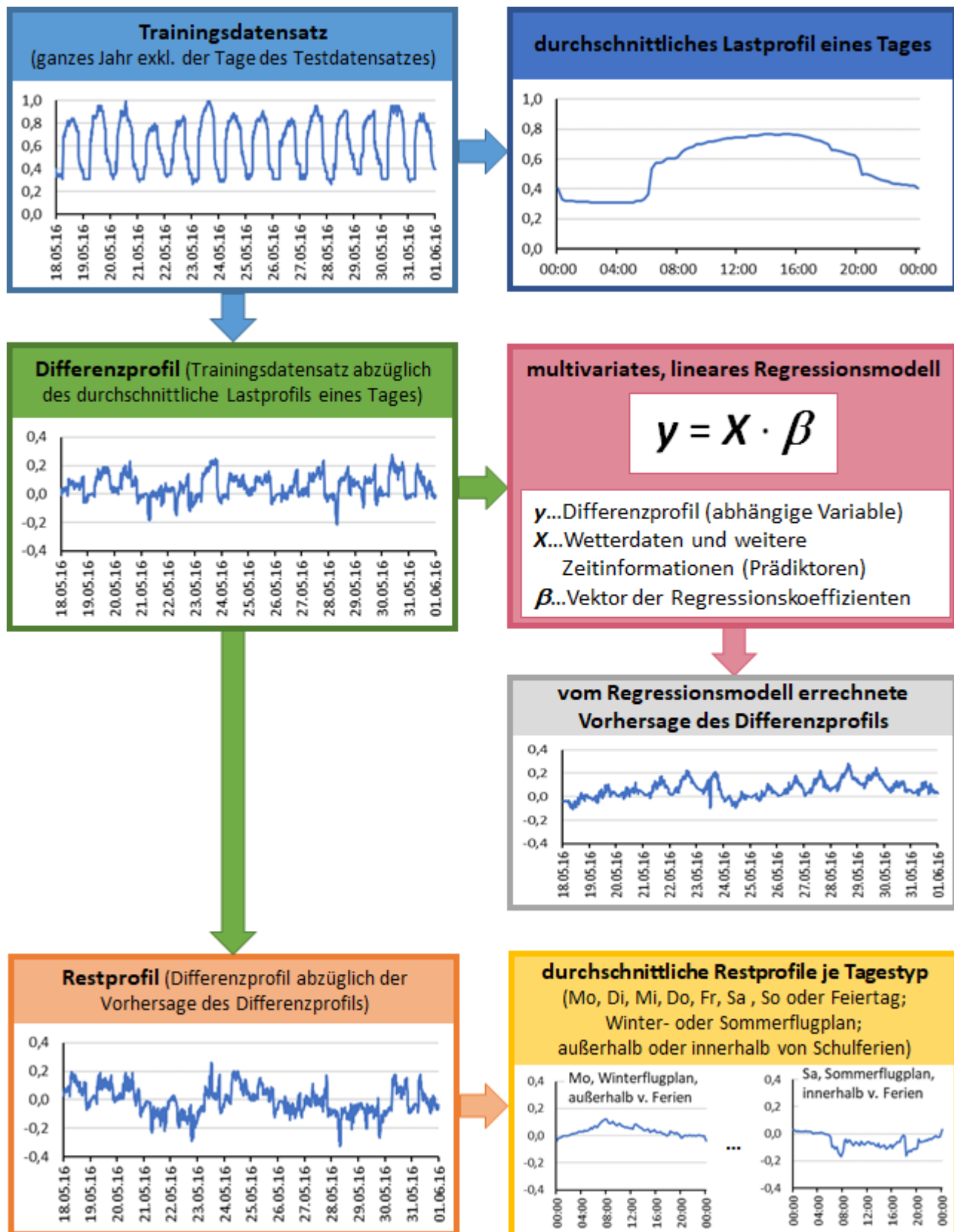


Abb. 55: MRiT-Modell

IMPRESSUM

Verfasser:

Denkstatt GmbH
Andreas Lindinger
Hietzinger Hauptstraße 28, 1130 Wien
Telefon: +43 664 8118002
E-Mail: andreas.lindinger@denkstatt.at

Projekt- und Kooperationspartner

Flughafen Wien AG (Wien)

denkstatt & enertec GmbH (Wien)

TU Wien, Institut für Werkstofftechnologie,
Bauphysik und Bauökologie,
Forschungsbereich Bauphysik (Wien)

mmsg Plaut Austria GmbH (Wien)

**Eigentümer, Herausgeber und
Medieninhaber:**

Klima- und Energiefonds
Leopold-Ungar-Platz 2/ Stiege 1/ Top 142
1190 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer:

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes:

ZS communication + art GmbH