

Energieforschungsprogramm

Publizierbarer

Endbericht

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Endbericht

erstellt am

29/01/2016

Projekttitle: ECOPLAN

Projektnummer: 838722

e!Mission.at - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ausschreibung	1. Ausschreibung e!Mission.at
Projektstart	01/09/2013
Projektende	31/12/2015
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	29 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	Technische Universität Wien, Institut für Softwaretechnik und interaktive Systeme
AnsprechpartnerIn	Prof. Dr. A Min Tjoa
Postadresse	Favoritenstrasse 9-11/E188, 1040 Wien
Telefon	+43 (1) 588 01 - 18801
Fax	+43 (1) 588 01 - 18899
E-mail	sek@ifs.tuwien.ac.at
Website	http://www.ifs.tuwien.ac.at

ECOPLAN

Simulation und Optimierung energieeffizienter Stadtteile

AutorInnen:

Technische Universität Wien

Mag. Johannes Heurix

Prof. Dr. A Min Tjoa

Austrian Institute of Technology

DI Sebastian Möller

Dr. Klaus Steinnocher

Xylem Technologies

Dominik Deutsch

Dr. Stefan Fenz

Dr. Thomas Neubauer

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
3	Inhaltliche Darstellung	7
3.1	Arbeitspaket 2: Use-case Definition, Anforderungsanalyse und Design der Softwarearchitektur	7
3.2	Arbeitspaket 3: Integration von Datenquellen und semantische Anreicherung	8
3.3	Arbeitspaket 4: Energieeffizienzengine	9
3.4	Arbeitspaket 5: Optimierung, Entscheidungsunterstützung und Benutzerschnittstelle	10
3.5	Arbeitspaket 6: System Integration und Validierung	12
3.6	Arbeitspaket 7: Dissemination	13
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	14
5	Ausblick und Empfehlungen	24
6	Kontaktdaten	25

2 Einleitung

Die Energie- und Klimaziele der Europäischen Union bis 2030 fordern auch von Österreich eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40% (gegenüber 1990). Der größte Produzent von Treibhausgasemissionen ist derzeit Heizen, Kühlen und Warmwasseraufbereitung in Gebäuden. Aus diesem Grund strebt die "Energie Strategie Österreich" eine Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden um mindestens 10% bis zum Jahr 2020 an (gegenüber 2005). Sowohl die 20-20-20 Ziele der EU sowie das kürzlich beschlossene Pariser Klimaschutzabkommen stellen Gebäudegruppenbetreiber in Europa vor gänzlich neue Herausforderungen. Bereits jetzt müssen Unternehmen und staatliche Akteure vor dem Hintergrund der EU Energy Directive signifikante Einsparungsmaßnahmen umsetzen oder bei Nichterfüllung entsprechende Ausgleichszahlungen leisten (siehe Österreich).

Während viele Werkzeuge für das Design von energieeffizienten Gebäuden und stadtweiten Energieinfrastruktur existieren, gibt es einen klaren Bedarf für Werkzeuge die Unterstützung bei der Entwicklung von integrierten und ganzheitlichen Energiestrategien auf Ebene von Städten, Stadtteilen und Bezirken, unter Berücksichtigung der lokalen Topologie und der finanziellen und rechtlichen Rahmenbedingungen bieten. ECOPLAN findet optimierte Szenarien in Bezug auf die ökologischen (carbon footprint, etc.) und finanziellen Auswirkungen (Investitionskosten, etc.) und hilft Entscheidungsträgern Energiestrategien für Stadtteile zu entwickeln, zu überprüfen bzw. um die Ausrichtung einzelner Initiativen an einer energiepolitischen Gesamtstrategie durchzuführen.

ECOPLAN hat es sich zum Ziel gesetzt folgende klimapolitische Ziele der EU und Österreichs nachhaltig im Rahmen des e!Mission Programms zu unterstützen:

- Ziel 1: Beitrag zur Erfüllung der energie-, klima- und technologiepolitischen Vorgaben der österreichischen Bundesregierung.
- Ziel 2: Erhöhung der Leistbarkeit von nachhaltiger Energie und innovativen Energietechnologien.
- Ziel 3: Aufbau und Absicherung der Technologieführerschaft bzw. Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit.

ECOPLAN unterstützt diese Ziele durch die Entwicklung eines neuen Entscheidungsunterstützungssystems für die Planung und Sanierung energie- und kosteneffizienter Städte und Stadtteile bzw. Gebäudekomplexe. ECOPLAN ermöglicht die integrierte Betrachtung und Optimierung der

- direkten CO2 Emissionen der Gebäudegruppe (CO2 Fußabdruck)
- Sanierungskosten
- Laufenden Energiekosten
- Kompatibilität der Sanierungsmaßnahmen
- Topologie der Stadt unter Berücksichtigung vorhandener Energieerzeugung und Energienetze.

Zur Erforschung und Implementierung dieses Entscheidungsunterstützungssystems wurden in der 29-monatigen Laufzeit folgende Arbeiten durchgeführt:

- Identifikation von konkreten Use Cases gemeinsam mit der Stadtgemeinde Baden
- Strukturierte Erfassung der Anforderungen und Erstellung eines adäquaten Softwaredesigns
- Entwicklung einer Ontologie für Energieeffizienzmaßnahmen auf Gebäude- und Gebäudegruppenebene und Identifikation der dafür benötigten Datenquellen
- Entwicklung einer Methodik zur automatisierten Evaluierung von Energieeffizienzmaßnahmen auf Gebäude- und Gebäudegruppenebene
- Entwicklung einer Optimierungseingine zur Identifikation geeigneter Maßnahmenbündel zur Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz
- Integration der Forschungsergebnisse in einem Softwaresystem und Erstellung der entsprechenden Benutzerschnittstellen
- Validierung des Systems gemeinsam mit der Stadtgemeinde Baden
- Verbreitung der Ergebnisse in wissenschaftlichen Konferenzen und Journalen

Die inhaltliche Darstellung der einzelnen Arbeitspakete inklusive der erzielten Ergebnisse ist Kapitel 3 „Inhaltliche Darstellung“ zu entnehmen.

3 Inhaltliche Darstellung

Arbeitspaket 1 hatte das Management des Projekts ECOPLAN zum Inhalt.

3.1 Arbeitspaket 2: Use-case Definition, Anforderungsanalyse und Design der Softwarearchitektur

Im Rahmen dieses Arbeitspakets erfolgt die Identifikation von Use Cases (Ziel 2.1, D2.1, M2.1) mit staatlichen Einrichtungen. Mit der Stadtgemeinde Baden konnte der ideale Partner für das Projekt ECOPLAN gefunden werden. Baden zählt mit ca. 25.000 Einwohnern zu den 20 größten Städten in Österreich. Diese Größe ist optimal um die Entwicklung von ECOPLAN für Städte umzusetzen, erlaubt jedoch – bei Anwendung des Tools auf größere Städte wie Wien – die Optimierung einzelner Stadtteile (zum Vergleich: Der neue Stadtteil Seestadt Aspern soll ca. 20.000 Einwohner umfassen). Durch das große Interesse der Stadt Baden an dieser Thematik konnten durch die Zusammenarbeit optimale Synergieeffekte erzielt werden.

Im Rahmen zahlreicher qualitativer Interviews wurden die Anforderungen der Stadt Baden an das System identifiziert und zusammen mit den Erfahrungen und Wissen des Projektteams sowie umfassenden Recherchen der state-of-the-art Literatur in einem Anforderungsdokument (Ziel 2.2, D2.2, M2.2) zusammengefasst. Auf Basis des Anforderungsdokuments erfolgte die Definition des Softwaredesigns und der Softwarearchitektur (Ziel 2.3, D2.3, M2.2). Dieses Dokument beinhaltet eine detaillierte Spezifikation der ECOPLAN Web Applikation. Dabei werden die Aufgaben der einzelnen Softwaremodule sowie deren Abhängigkeiten und Interaktionen dargestellt (vgl. Abbildung 1 für einen zusammenfassenden Überblick). Die Arbeiten an den Dokumenten D2.1, D2.2 und D2.3 wurden mit März 2014 abgeschlossen. Die Dokumentation von Änderungen, die sich während der Entwicklung des Prototyps ergeben erfolgt jedoch weiterhin in diesen Dokumenten, um eine konsistente Dokumentation zu gewährleisten.

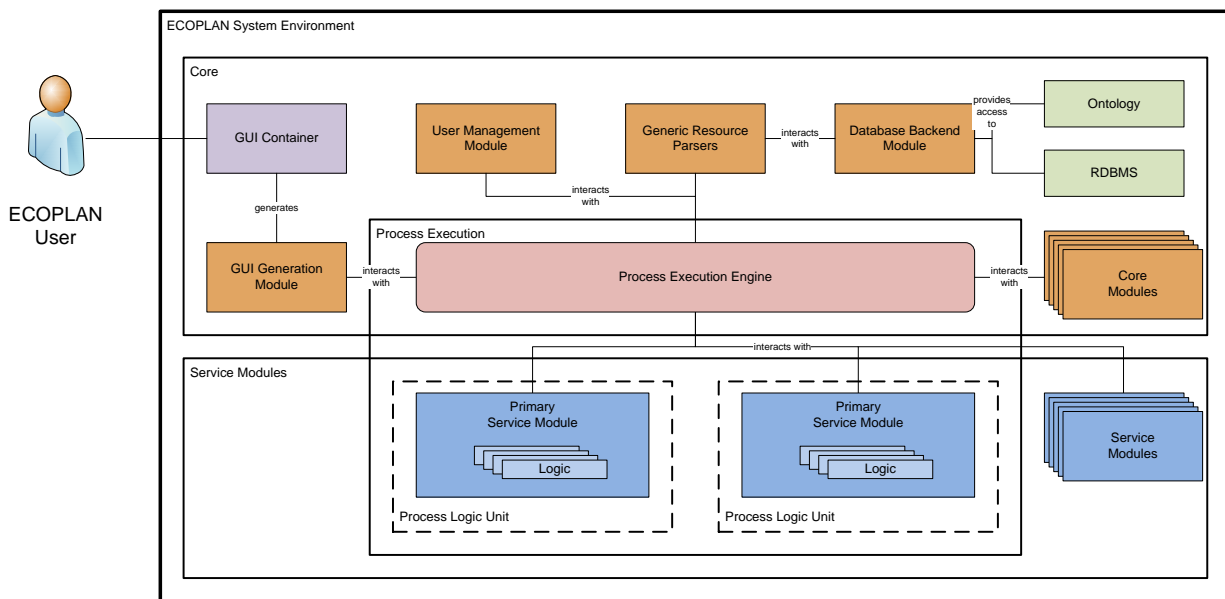


Abbildung 1: ECOPLAN Architektur

3.2 Arbeitspaket 3: Integration von Datenquellen und semantische Anreicherung

Die Arbeiten in AP3 umfassten die Identifizierung von möglichen Datenquellen sowie die benötigten Datenentitäten für die Entwicklung des Berechnungs- und Optimierungssystems. Für die Ermittlung der benötigten Daten wurde - basierend auf den Anforderungen aus AP2 - eine Analyse der möglichen Optimierungsmaßnahmen sowie der zugrundeliegenden Berechnungsmethoden durchgeführt. Als Basis dazu dienten standardisierte Berechnungsgrundlagen wie z.B. die ÖNORM B 8110-6. Daraus resultierend wurde ein internes Domänenmodell (ECOPLAN Object Model) erstellt, welches alle notwendigen Entitäten modelliert. Dies umfasst unter anderem die primären Energiekonsumenten verschiedenen Typs (Wohngebäude, Bürogebäude, Krankenhäuser, etc.), potentielle Optimierungsmaßnahmen (Sanierung der Gebäudehülle, Installation von PV-Anlagen, etc.), sowie die Elemente für die Modellierung von Energienetzen unterschiedlichen Typs (Fernwärme, Gas, ...). Das Domänenmodell unterstützt ebenfalls die Einbindung von GIS Daten für die korrekte Positionierung von Entitäten auf einer Karte. Die identifizierten Datenelemente umfassen unter anderem, geometrische Größen wie Bruttogeschossfläche, Volumen und Außenwandflächen sowie weitere technische Daten wie das Heizungssystem, Energieträger und U-Werte. Diese gebäudespezifischen Daten werden durch Standards wie z.B. Nutzungsprofilen aus der ÖNORM 8110-5 und Referenzklimadaten ergänzt um eine vollständige Datenbasis für die weitere Kalkulation zusammenzustellen. Da generell mit unvollständigen Quelldaten zu rechnen ist, müssen in weiterer Folge adäquate Annäherungsverfahren entwickelt werden, um diese Lücken mit realistischen und möglichst akkuraten Daten (Standardwerte, Schätzwerte) aufzufüllen. Des Weiteren erfolgte die Entwicklung des Ressourcenparsers, um das automatische Mapping der Daten in das durch die Ontologie definierte Datenformat vornehmen zu können. Dabei wird die Ontologie nicht nur als Möglichkeit zur Klassifikation betrachtet, sondern stellt ein

ausgereiftes Regelwerk dar, um im Rahmen der Optimierung von Städten automatische Schlussfolgerungen ziehen zu können.

3.3 Arbeitspaket 4: Energieeffizienzengine

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde das Domänenmodell in ein prototypisches Logikmodul gekapselt, welches erste Tests des Systems sowie eine schnelle Weiterentwicklung ermöglicht. Darüber hinaus wurden die Berechnungsmethoden von SEMERGY (siehe <http://www.semergy.net>) analysiert und notwendige Anpassungen identifiziert. Beispielsweise ist die Berechnung des Heizwärmebedarfs in SEMERGY auf einzelne Gebäude beschränkt, jedoch werden sie auch auf einer genaueren Ebene durchgeführt. Um für ECOPLAN anwendbar zu sein, müssen die Algorithmen so verändert werden, sodass sie mit einem geringeren Detaillevel der Quelldaten ausführbar sind. Weiterhin ist für jede Optimierungsmaßnahme (Sanierung der Gebäudehülle, Installation von PV-Anlagen, Erneuerung des Heizungssystems, etc.) eine eigene Implementierung notwendig, die die Auswirkungen auf die gebäudespezifischen Optimierungskennzahlen (CO₂-Verbrauch, Kosten, etc.) sowie mögliche Interaktionen berücksichtigt.

Die finale Liste der Optimierungskennzahlen umfasst die folgenden Indikatoren: Heizwärmebedarf, Primärenergiebedarf, CO₂-Ausstoß, Anteil erneuerbarer Energien und Kosten. Für die Ermittlung des Heizwärmebedarfs ist primär die Gebäudehülle zu berücksichtigen, welche durch die Anwendung von thermischen Sanierungsmaßnahmen maßgeblich beeinflusst wird. Die Berechnung des Primärenergiebedarfs schließt nun den Heizwärmebedarf, sowie weitere Energiebedarfsarten (Haushalts-/Betriebsstrom, Heizenergiebedarf, Endenergiebedarf, etc.) und die Haustechnik (d.h. verwendete Energieträger für Raumheizung und Warmwasser) mit ein, wobei die gegenseitigen Abhängigkeiten der Maßnahmen von der Energieeffizienzengine berücksichtigt werden. Zum Beispiel kann durch eine neu installierte Solarthermie-Anlage als Optimierungsmaßnahme der Warmwasserbedarf bis zu einem gewissen Teil oder sogar gänzlich gedeckt werden, abhängig vom Gebäudenutzungstyp und den damit verbundenen standardisierten Warmwasserbedarfswerten, der Größe und des Wirkungsgrads der Kollektorfläche, sowie der Ausrichtung und der damit verbundenen monatlichen Sonnenlichtausbeute (solare Einstrahlung). Dadurch verringert sich der Warmwasseranteil, der vom primären Heizsystem produziert werden muss, wodurch sich wiederum der Primärenergiebedarf aufgrund des allgemein niedrigeren Wärmebedarfs verringert. Darüber hinaus ist möglicherweise nur ein kleinerer Hauptkessel des Primärheizsystems notwendig, wodurch das Primärheizsystem kleiner dimensioniert werden kann, vor allem wenn die Solarthermie-Anlage nicht nur für die Warmwasserbereitung sondern auch raumheizungsunterstützend agiert. Dadurch könnte wiederum ein anderer Heizungstyp (sprich Energieträger) interessanter werden, d.h. der Einfluss einer Solarthermie-Anlage auf die Energieeffizienz und auf die Auswahl des Primärheizungssystems wird von der Energieeffizienzengine modelliert und kann bei der Optimierung (siehe Arbeitspaket 5) berücksichtigt werden. Auch die Kosten werden auf verschiedene Arten berechnet, um ein möglichst gesamtes Bild des monetären Aufwands modellieren zu können: Kosten werden zunächst in Investitionskosten und

laufende Kosten unterteilt, wobei in der Optimierung die Gesamtannuität berücksichtigt wird. Dadurch können unterschiedliche Kostenaspekte wie benötigte Reinvestitionen (aufgrund von erwarteten Lebensdauer von Maßnahmen), unterschiedliche laufende Kostenposten (Energiekosten, Wartung), und die Amortisation der Investitionskosten modelliert und berechnet werden. Wiederum haben Maßnahmen unterschiedliche Auswirkungen auf die Kosten: Während ein neues Primärheizungssystem die laufenden Kosten durch eine gesteigerte Energieeffizienz verringert, reduziert eine neue PV-Anlage nicht nur die laufenden Kosten durch die Reduzierung des benötigten extern produzierten Stroms, sondern generiert auch Einkünfte durch die Einspeisung der überschüssigen produzierten Strommenge in das Netz. Weitere Faktoren, die die Gesamtkosten beeinflussen, sind Begleitarbeiten, die für die Installation einer Maßnahme durchgeführt werden müssen, abhängig vom Gebäudebestand. Zum Beispiel kann es nötig sein, neue Heizungsrohre zu verlegen, um einen zentralen Heizkessel für kombinierte Raumheizungs- und Warmwasserbereitung zu installieren. Dies ist natürlich abhängig von der schon vorher installierten Heizungsanlage, wobei vorhandene Vorrohungen eventuell weiterverwendet werden können.

All diese Indikatoren werden sowohl lokal (für jedes Gebäude) als auch global (für den gesamten Stadtteil) berechnet, d.h. die Auswirkung jeder lokalen Veränderung an einem Gebäude (z.B. die Anwendung der thermischen Sanierung für Außenwände) wird sowohl für das Gebäude selbst als auch für den gesamten Stadtteil berücksichtigt. Die Implementierung der Energieeffizienzengine für die Berechnung der lokalen und globalen Indikatoren ist vollständig abgeschlossen.

3.4 Arbeitspaket 5: Optimierung, Entscheidungsunterstützung und Benutzerschnittstelle

Der Fokus der Arbeiten an Arbeitspaket 5 lag im Design von intuitiven Benutzerschnittstellen, um den potentiellen Nutzern so früh wie möglich einen Einblick in das System geben zu können. Auf diese Weise kann die Umsetzung und laufende Verbesserung des Systems anhand der unmittelbaren Erfahrung (hands-on) der Benutzer mit dem System ECOPLAN und nicht nur anhand von Interviews und Befragungen erfolgen.

Die Benutzerschnittstelle ist als Webbasiertes Interface implementiert, welches mehrere Vorzüge gegenüber einer Einzelplatzlösung (lokal installierte Einzelplatzlösung) hat, unter anderen die einfache Verfügbarkeit mittels Webbrowsers, Mehrbenutzerbetrieb und die zentrale Speicherung von Projektdaten. Besonderes Augenmerk lag während der gesamten Entwicklungsdauer auch auf der Zugänglichkeit der Schnittstelle, um ein möglichst intuitives Interface zu gestalten. Beispielsweise können Gebäude entweder in einer grafischen Umgebungskarte oder mittels Liste ausgewählt werden. Um möglichst zeitnah Feedback über das Interface zu erhalten, wurde ein Mockup der ECOPLAN Plattform erstellt, welches Schritt für Schritt mit zusätzlichen Funktionen erweitert wurde (siehe Arbeitspaket 6). Dadurch konnten z.B. Teile der Energieeffizienzengine auch ohne weitere Module wie das Optimierungsmodul getestet werden.

Der zweite Hauptpunkt lag in der Entwicklung des Optimierungsmoduls und der damit verbundenen Entscheidungsunterstützung. Die Optimierung in ECOPLAN unterstützt sowohl eine manuelle als auch eine automatische Optimierungsmöglichkeit. Die manuelle Optimierung konzentriert sich auf die Darstellung unmittelbarer Veränderungen aufgrund einer bestimmten Maßnahme, d.h. der Anwender kann die Veränderungen der Zielindikatoren aufgrund der Installation von z.B. einer neuen Heizungsanlage in einem bestimmten Gebäude nachvollziehen. Dabei nutzt das Optimierungsmodul die Berechnungsroutinen der Energieeffizienzengine, um die Indikatoren des Status-Quo-Zustand und des modernisierten Zustands des Gebäudes zu berechnen, um die Veränderungen ermitteln zu können. Dabei konnte eine effiziente Implementierung der Berechnungsroutine erreicht werden, sodass das System in quasi Echtzeit die Ergebnisse liefern kann, wodurch der Anwender dadurch unmittelbar die Veränderungen verfolgen kann und somit schnell und komfortable verschiedene Maßnahmenkombinationen durchprobieren kann. Die angezeigten (d.h. auswählbaren) Maßnahmen werden durch das System gemäß vordefinierter Regeln gefiltert, um technisch unmögliche oder unerwünschte Maßnahmen zu verhindern. Zum Beispiel werden nur für einen bestimmten Gebäudenutzungstyp typische Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen oder auch die aktuell installierte Haustechnik berücksichtigt. Teil des Optimierungsmoduls ist auch das Validierungsmoduls, welches explizit die aktuell vom Anwender ausgewählte Maßnahmenkombination auf Korrektheit überprüft und gegebenenfalls Feedback gibt.

Die automatisierte Maßnahmenfunktion erlaubt es einen Anwender die effiziente Maßnahmenkombinationen automatisch vom System ermitteln zu lassen. Dabei kann der Anwender bestimmte Optimierungsparameter festlegen, wie z.B. die maximalen Investitionskosten oder die zumindest erreichbare CO₂-Reduktion, die durch alle Lösungskombinationen erreicht werden müssen. Weiterhin kann der Anwender, zusätzlich zu den vordefinierten Regeln, bestimmte Maßnahmen manuell für den Optimierungsdurchlauf deaktivieren, wenn erwünscht. Dies kann notwendig sein, wenn aufgrund technischer Gegebenheiten eine bestimmte Maßnahme zwar möglich, jedoch vom Anwender dezidiert nicht erwünscht ist. Durch diesen manuellen Override wurde eine hohe Flexibilität in der Auswahl der möglichen Maßnahmen erreicht, sodass der Anwender die Optimierungsparameter sehr genau an seine Bedürfnisse anpassen kann. Die Optimierungseengine ermittelt während des Berechnungsvorgangs Pareto-optimale Maßnahmenbündel unter Berücksichtigung der Performance der Bündel in Bezug auf die Zielindikatoren. Aufgrund der hohen Anzahl an möglichen Maßnahmenkombinationen nutzt die Optimierungseengine metaheuristische Algorithmen um innerhalb einer vertretbaren Zeit effiziente Lösungen zu finden. Das Resultat des Prozesses ist eine Liste an möglichen Lösungen (Maßnahmenkombinationen), die der Anwender mittels Benutzerschnittstelle weiter einschränken kann. Diese Entscheidungsunterstützung wird durch die Veränderung von oberen und unteren Indikatorschranken erreicht, wobei die Lösungen wiederum durch das Validationsmodul verifiziert werden. Jede individuelle Lösung kann in die manuelle Optimierung geladen werden, um dort weiter analysiert bzw. verändert zu werden.

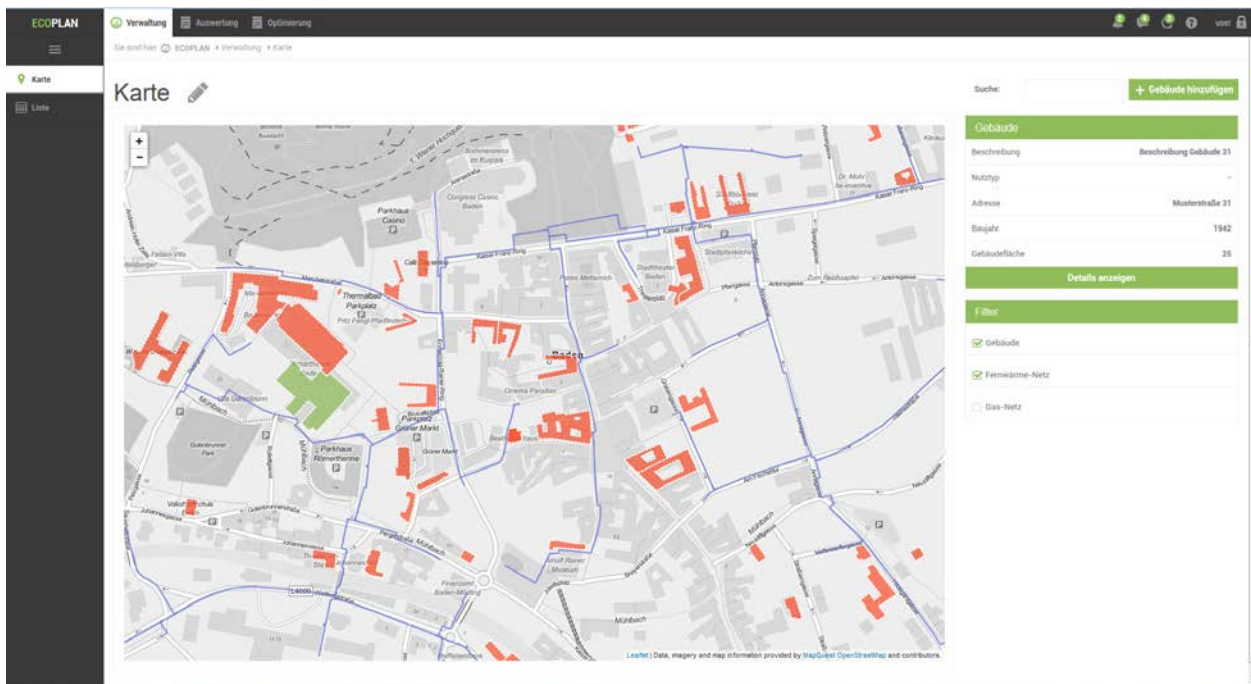


Abbildung 2: Benutzerschnittstelle von ECOPLAN

3.5 Arbeitspaket 6: System Integration und Validierung

In Arbeitspaket 6 wurden die einzelnen Komponenten von ECOPLAN zusammengeführt und gemeinsam getestet. Wie in Kapitel 3.4 bereits erwähnt (Arbeitspaket 5) wurde die Benutzerschnittstelle als Mockup implementiert und dann Schritt für Schritt mit Funktionen erweitert, welche durch die Energieeffizienzengine und das Optimierungsmoduls realisiert werden. Durch diesen Ansatz konnten die Tests für die Systemintegration minimiert werden, da die einzelnen Funktionen laufend auf einer geeigneten Plattform getestet werden konnten.

Abgesehen von der technischen Integration aller ECOPLAN Logikmodule und den damit verbundenen Systemtests (Korrektheit), lag der Fokus in Arbeitspaket 6 auch in der Validierung des Gesamtansatzes. Dabei wurde das System mit Echtdaten in zwei Use Cases getestet, wobei als Datenquellen die Stadtgemeinde Baden sowie die Energieagentur Steiermark gewonnen werden konnten. Dabei wurde folgende Arbeitsweise an den Tag gelegt: Zunächst wurde vom Projektteam ein Defaultset an Maßnahmen sowie deren Parametern (Effizienzwerte, Kosten, etc.) definiert, Regeln für die Auswahl der Maßnahmen erstellt, sowie Defaultwerte für Gebäudedaten bestimmt und diese Informationen in der Ontologie modelliert. Diese Ontologie agiert als Basiswissensset für die weitere Ableitung für unterschiedliche Szenarien (wenn notwendig). Die Datenquellen lieferten dann Echtdaten von Gebäuden inklusive Geometrie, Nutzungstyp, Haustechnik und andere relevante Informationen, die für die Berechnung in ECOPLAN notwendig sind. Da die Gebäudedaten in der Regel unvollständig waren, mussten bestimmte Datenpunkte vom ECOPLAN-System geschätzt werden bzw. durch Defaultwerte ergänzt werden. Nach erfolgtem Import der Gebäudedaten wurden dann die Regeln der Ontologie

angewendet und potentielle Maßnahmen für jedes individuelle Gebäude ermittelt. Schließlich wurden die Ergebnisse der manuellen und automatisierten Optimierung durch das Projektteam sowie den Experten der Stadtgemeinde Baden und der Energieagentur Steiermark validiert. Letztere lieferten vor allem auch wertvolles Feedback für die Verbesserung der Benutzerschnittstelle, um die Konzepte des Projektteams zu vervollständigen.

3.6 Arbeitspaket 7: Dissemination

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene Verbreitungsaktivitäten durchgeführt, um zum einen die entwickelten Ansätze zu validieren und zum anderen Anwendungsfälle zur Verwertung der Ergebnisse zu entwickeln. Die Gemeinde Baden Wien war sowohl maßgeblich bei der Entwicklung von Anwendungsfällen als auch an der Validierung der ECOPLAN Ansätze und Visualisierungen beteiligt. Weitere Stakeholder die im Rahmen des Projektes für Validierungszwecke gewonnen werden konnten, sind:

- I. Energieagentur Steiermark GmbH
- II. Land Niederösterreich

- I. Im Laufe des Projektes ECOPLAN konnte das Interesse der Energieagentur Steiermark gewonnen werden. Das Feedback der Energieagentur Steiermark ist bei der Weiterentwicklung der Ansätze und Visualisierungen der Ergebnisse für den Anwender eingeflossen. Zudem wurden Anwendungsfälle für ECOPLAN entwickelt, bei denen die Energieagentur Steiermark als Multiplikator auftritt indem die Betreuung der Gemeinden durch die Energieagentur Steiermark erfolgt, welche für die Datenaufbereitung und Szenarienerstellung durch ECOPLAN verantwortlich sind.
- II. Der Kontakt mit dem Land Niederösterreich wurde im Rahmen des Projektes hergestellt. Das Land Niederösterreich ist verantwortlich für das Management der Autobahnmeistereien und muss in den nächsten Jahren einen Maßnahmenplan für die Sanierung erarbeiten. ECOPLAN wurde als geeignete Entscheidungsunterstützung identifiziert, um das Land bei der Erarbeitung entsprechender Szenarien zu unterstützen.

Im Rahmen der Energie- und Umweltmanagement Fachtagung in Flensburg wurde das ECOPLAN Konzept und entwickelten Ansätze im März 2015 vorgestellt und mit Experten diskutiert. Dabei wurde wertvolles Feedback aus Deutschland gesammelt, welches in die weiteren Bearbeitungen eingeflossen ist.

4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In diesem Kapitel wird die Funktionsweise des finalen Systems anhand von Screenshots und dazu korrespondierenden Erläuterungen erklärt. Das System kann über <https://app.ecocities.at/de/login.html> erreicht werden. Zugangsdaten können bei support@xylem-technologies.com angefordert werden.

Web-basierte und zentralisierte Gebäudeverwaltung

Alle erfassten Gebäude als auch Energienetze werden in einer zentralisierten, kartenbasierten und web-basierten Ansicht dem Benutzer zur Verfügung gestellt. Energienetze können je nach Bedarf eingeblendet. Darüber hinaus kann der gesamte Gebäudebestand auch als übersichtliche Liste dargestellt werden. Für das Einblenden einer Detailansicht eines Gebäudes (siehe unten) kann das Gebäude entweder direkt in der Kartenansicht oder in der Liste ausgewählt werden.

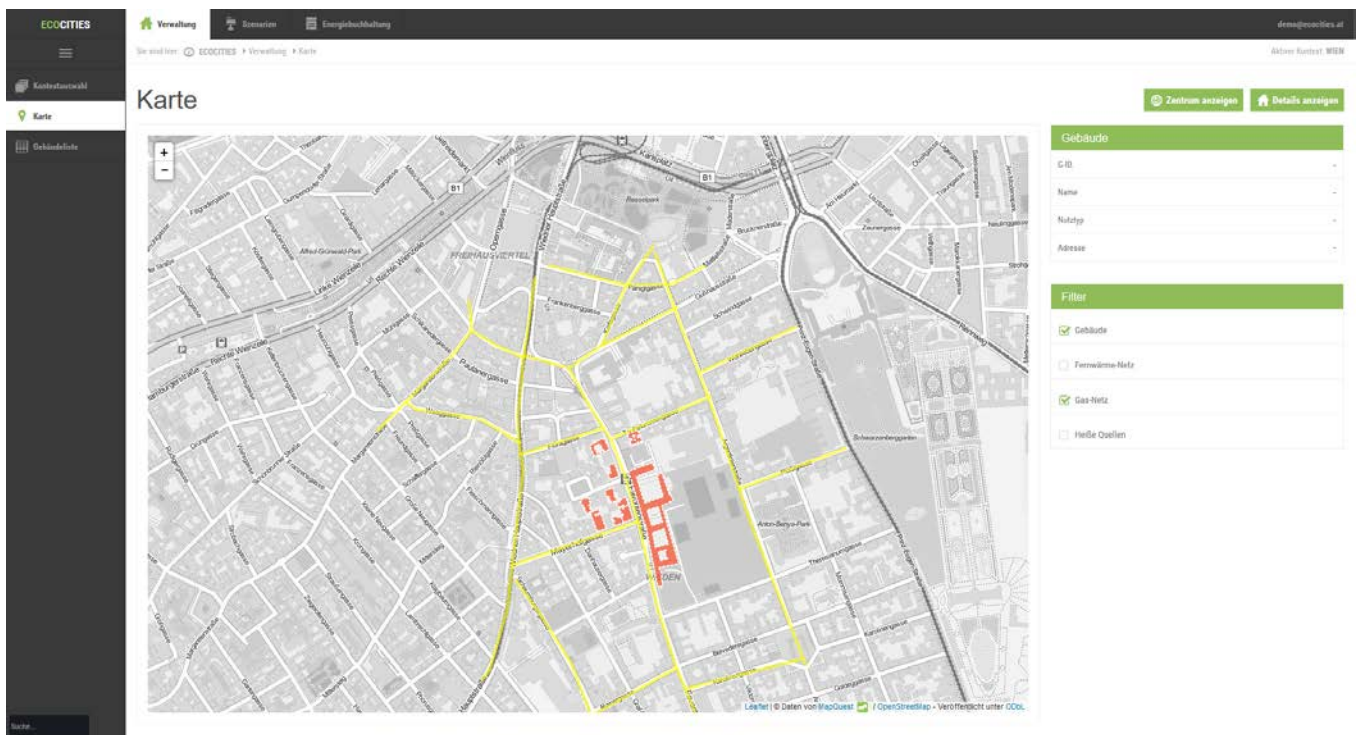


Abbildung 3: Darstellung der Kartenansicht

Gebäude Detaildaten

Zu jedem Gebäude können detaillierte Daten bzgl. den folgenden Themenfelder angezeigt und gespeichert werden. Zwecks Übersicht wurden die Daten in unterschiedliche Kategorien eingeteilt und auf verschiedene Reiter verteilt. Die Daten umfassen für die Berechnung notwendige Pflichtfelder (z.B. Gebäudefläche) als auch rein informative Daten (z.B. Grundstücksnummer), um eine Gebäudebuchhaltungsfunktion zu realisieren. Für jedes einzelne Feld wird auch eine

Veränderungshistorie angelegt, um Veränderungen nachvollziehen zu können. Der Kartenausschnitt zeigt die relative Position des Gebäudes zu anderen Gebäuden in der näheren Umgebung.

Die allgemeinen Gebäudedaten umfassen vor allem administrative Einträge wie die Adresse und die Grundstücksnummer. Als weiterer wichtiger Eintrag gilt der Nutzungstyp des Gebäudes, welcher bei der Auswahl des Standardnutzprofils des Gebäudes eine besondere Rolle spielt. Abhängig vom Nutzungstyp wird z.B. der allgemeine Stromverbrauch oder der Warmwasserbedarf berechnet.

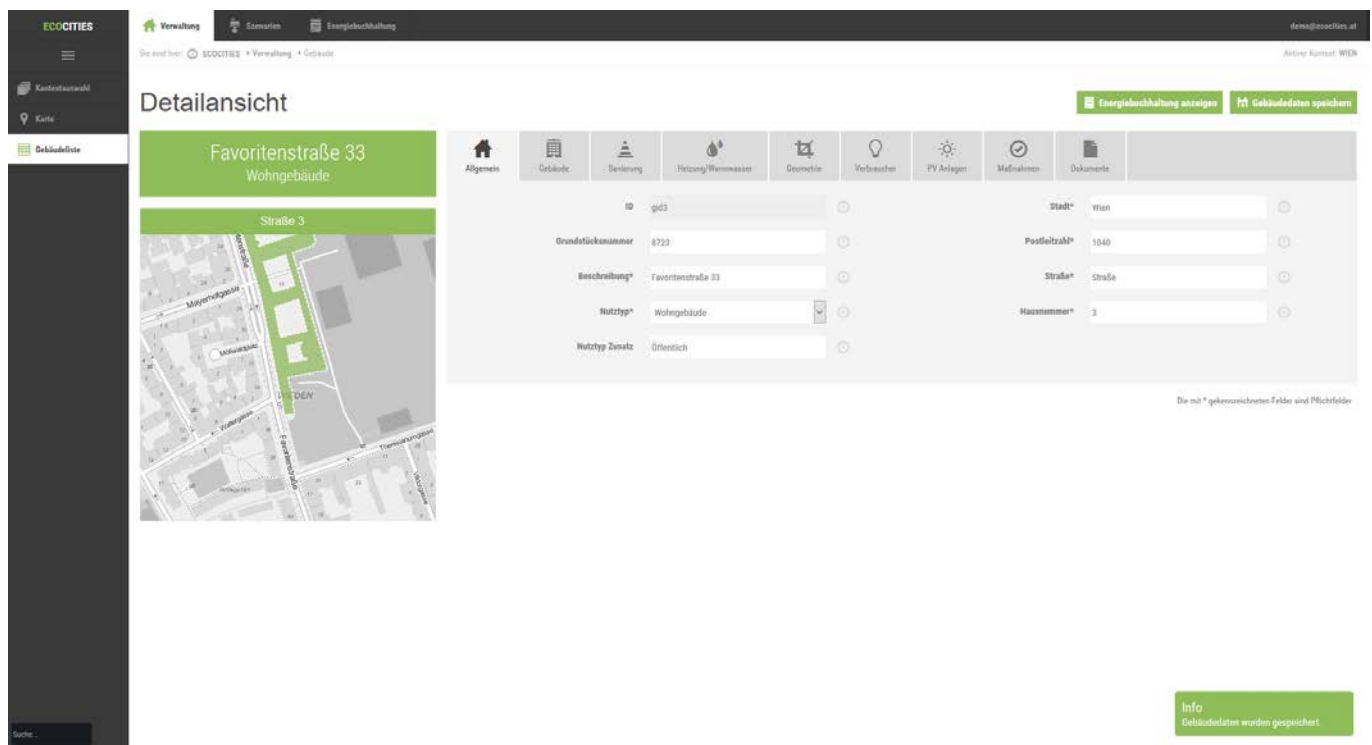


Abbildung 4: Darstellung der Detailansicht der Gebäudeverwaltung

Der Reiter Gebäude umfasst Felder für die allgemeinen technischen Eigenschaften des Gebäudes bzw. der Gebäudehülle. Die Bruttogeschossfläche beispielsweise umfasst sämtliche beheizte Geschossflächen und ist somit die Basis für die Ermittlung der Wärmeverluste. Bauweise und Lüftungsart sind weitere Faktoren, welche bei der Berechnung der Wärmespeicherungskapazität der Bausubstanz sowie der Wärmeverluste durch Raumlüftung benötigt werden. Weitere Hauptfelder in diesem Reiter sind die einzelnen u-Werte, die für die wichtigsten Flächen der Gebäudehülle eingetragen werden müssen. In Kombination mit den Gebäudehüllflächen (siehe Gebäudegeometrie) können die Transmissionswärmeverluste ermittelt werden.

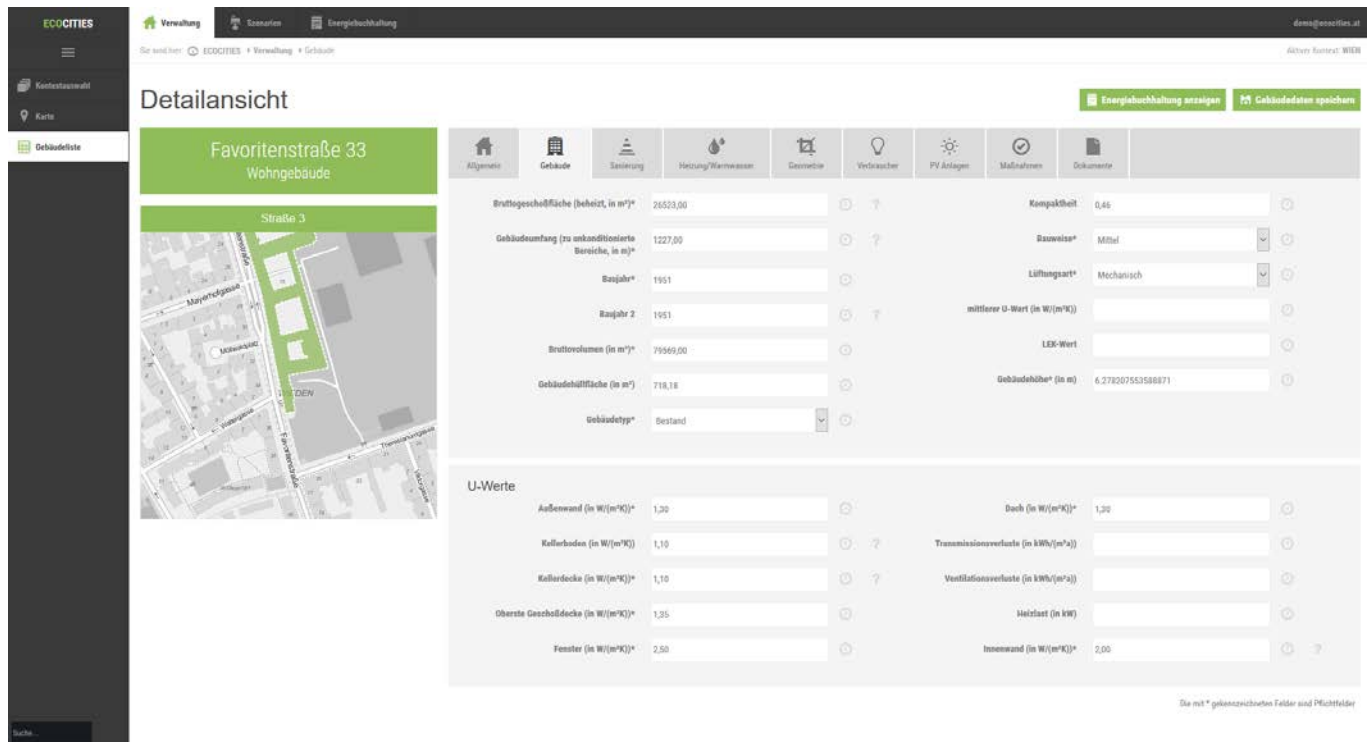


Abbildung 5: Darstellung der Detailansicht der Gebäudeverwaltung - Gebäudeinformation

Der Sanierungsreiter erlaubt die Eingabe von sowohl geplanten als auch abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen. Dadurch könnten bereits durchgeführte Maßnahmen dokumentiert werden und in der weiteren Optimierung berücksichtigt werden.

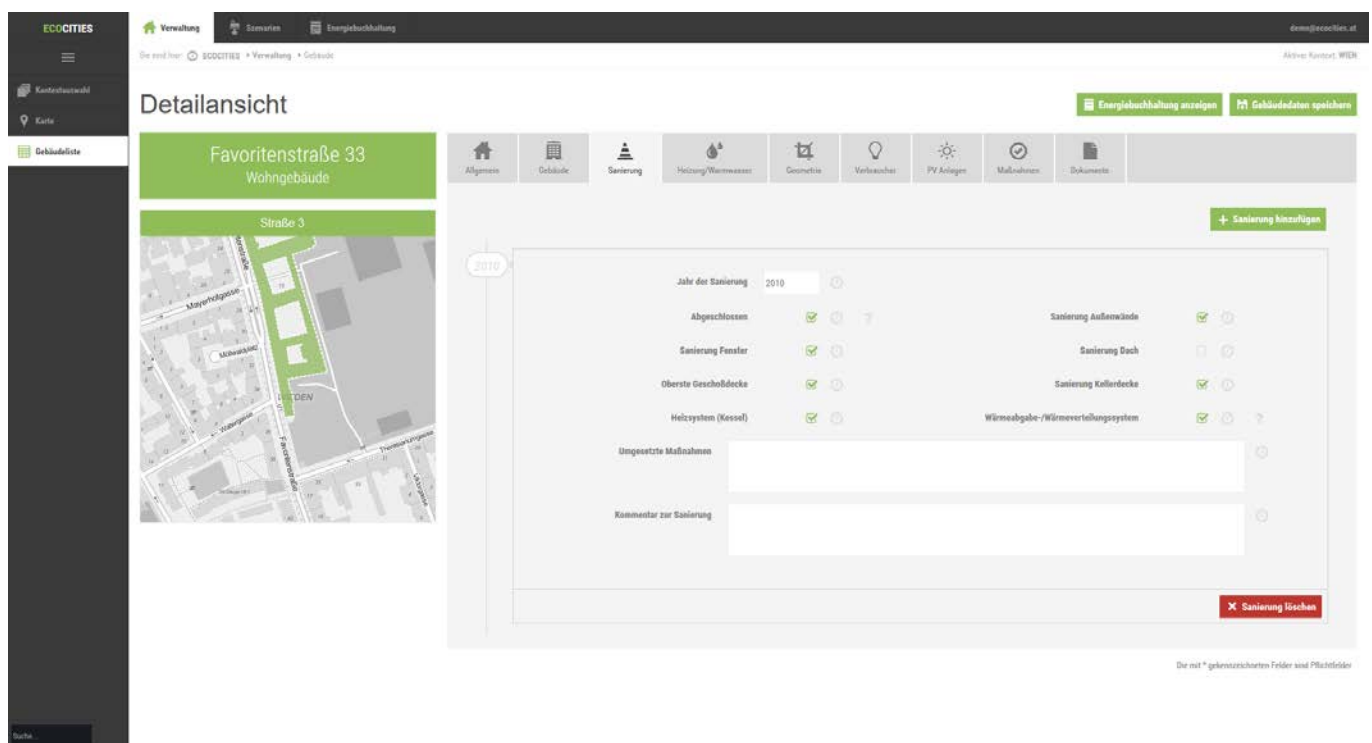


Abbildung 6: Darstellung der Detailansicht der Gebäudeverwaltung – Sanierungsmaßnahmen

Der Reiter für die Heizung- und Warmwasserbereitungssysteme erlaubt die detaillierte Bestimmung der vorhandenen Haustechnik. Heizsysteme können entweder explizit für Raumheizung und Warmwasser getrennt oder für beide kombiniert angegeben werden. Weiters können unterschiedliche Heizungstechnologietypen (z.B. Brennwerttechnik oder Wärmepumpe), der Wärmebereitstellungsort (zentral/dezentral/wohnungszentral) und der Energieträger separat eingegeben werden, gegebenenfalls wieder getrennt für Raumheizung und Warmwasser. Abhängig von der Technologieeingabe seitens des Anwenders filtert das System automatisch mögliche Einträge für die restlichen Felder vor. Dadurch wird sichergestellt, dass z.B. bei der Auswahl des Brennwertkessels die Energieträger Gas, Heizöl, Pellets und Hackschnitzel auswählbar sind und bei der Wärmepumpe nur Strom als Energieträger gültig ist; ein Einzelofen kann auch nur dezentral aufgestellt werden und nur für die Raumheizung genutzt werden (benötigt ein separates Warmwasserbereitungssystem). Neben Heizungsindikatoren können hier auch noch verfügbare Energienetze eingetragen werden, d.h. ob ein Hausanschluss vorhanden ist und ob überhaupt das Netz verfügbar ist.

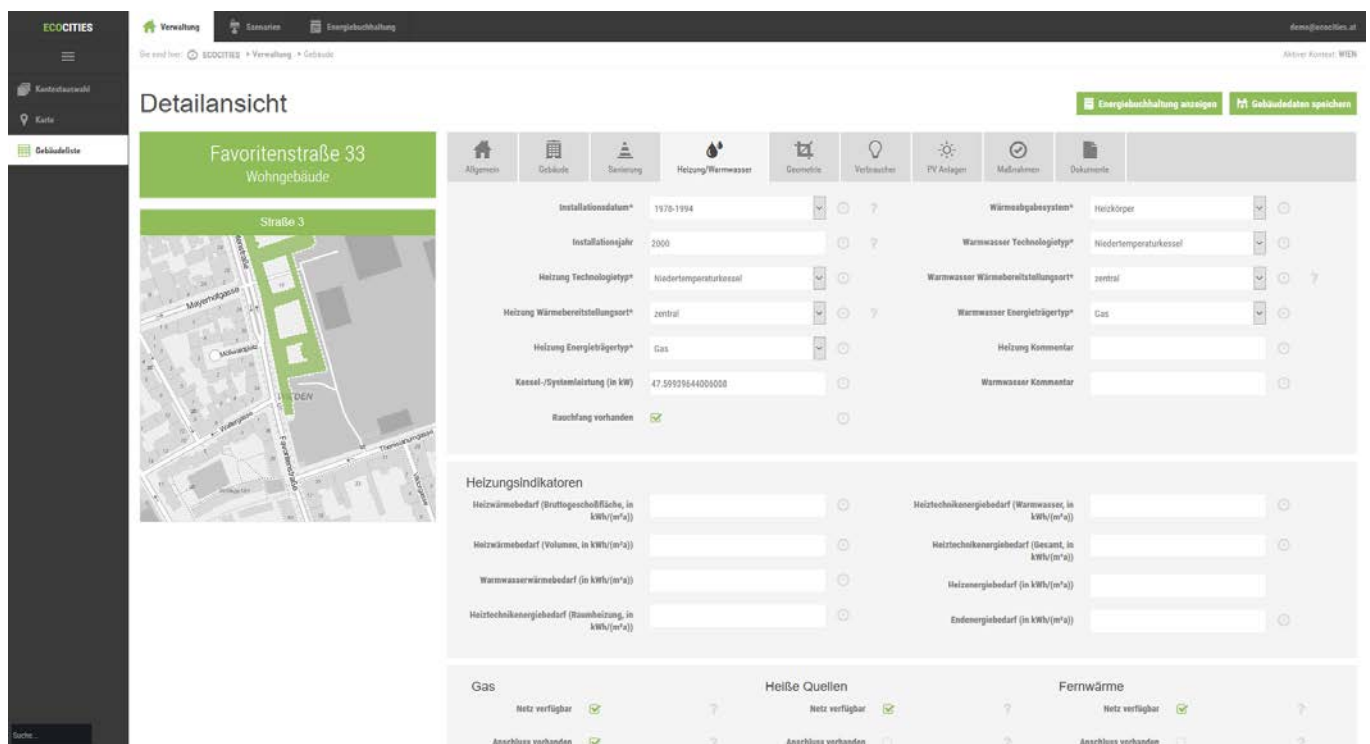


Abbildung 7: Darstellung der Detailansicht der Gebäudeverwaltung – Heizung/ Warmwasser

Die Geometriedaten umfassen vor allem die einzelnen Wand- und Dachflächen des Gebäudes. Während die Wandflächen für die Berechnung der Transmissionsverluste benötigt werden, spielen die Dachflächen auch bei der Ermittlung der verfügbaren Flächen für die Installation einer Photovoltaik- oder Solarthermie-Anlage eine Rolle. Dachflächen werden auch in thermisch relevante und nicht relevante Flächen unterteilt, um eine genauere Berechnung der Transmissionsverluste zu ermöglichen.

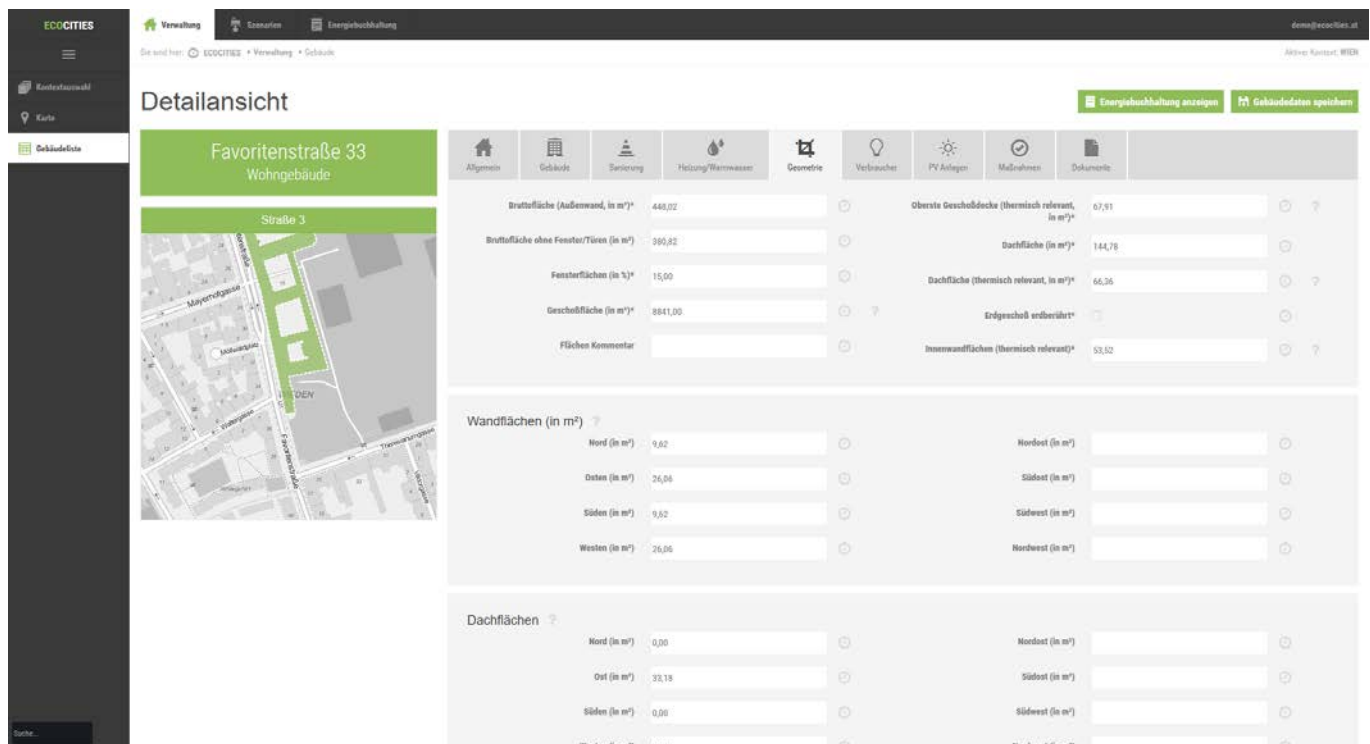


Abbildung 8: Darstellung der Detailansicht der Gebäudeverwaltung – Geometrie

Die ECOPLAN-Plattform ermöglicht es Anwender pro Gebäude einzelne Sanierungsmaßnahmen zu deaktivieren, um baulichen Vorgaben zu berücksichtigen (wenn z.B. eine Solaranlage bautechnisch nicht möglich ist) bzw. Präferenzen bezüglich Mindeststandard (vor allem bei thermischen Sanierungen) abzubilden. Da die Maßnahmen separat deaktivierbar sind, können sämtliche Kombinationen unterstützt werden. Zum Beispiel könnte ein Anwender für ein bestimmtes Gebäude sämtliche Außenwandsanierungsmaßnahmen aufgrund eines Denkmalschutzes deaktivieren und die Installation von Standardheizkesseln verhindern (Energiesparverordnung). Die Auswahl der Maßnahmen hier bilden vor allem bautechnische Einschränkungen ab, für die szenario-basierte Optimierung können die Maßnahmen weiter eingeschränkt werden, um Präferenzen des Anwenders abzubilden (z.B. Mindeststandard bei der thermischen Sanierung, siehe weiter unten).

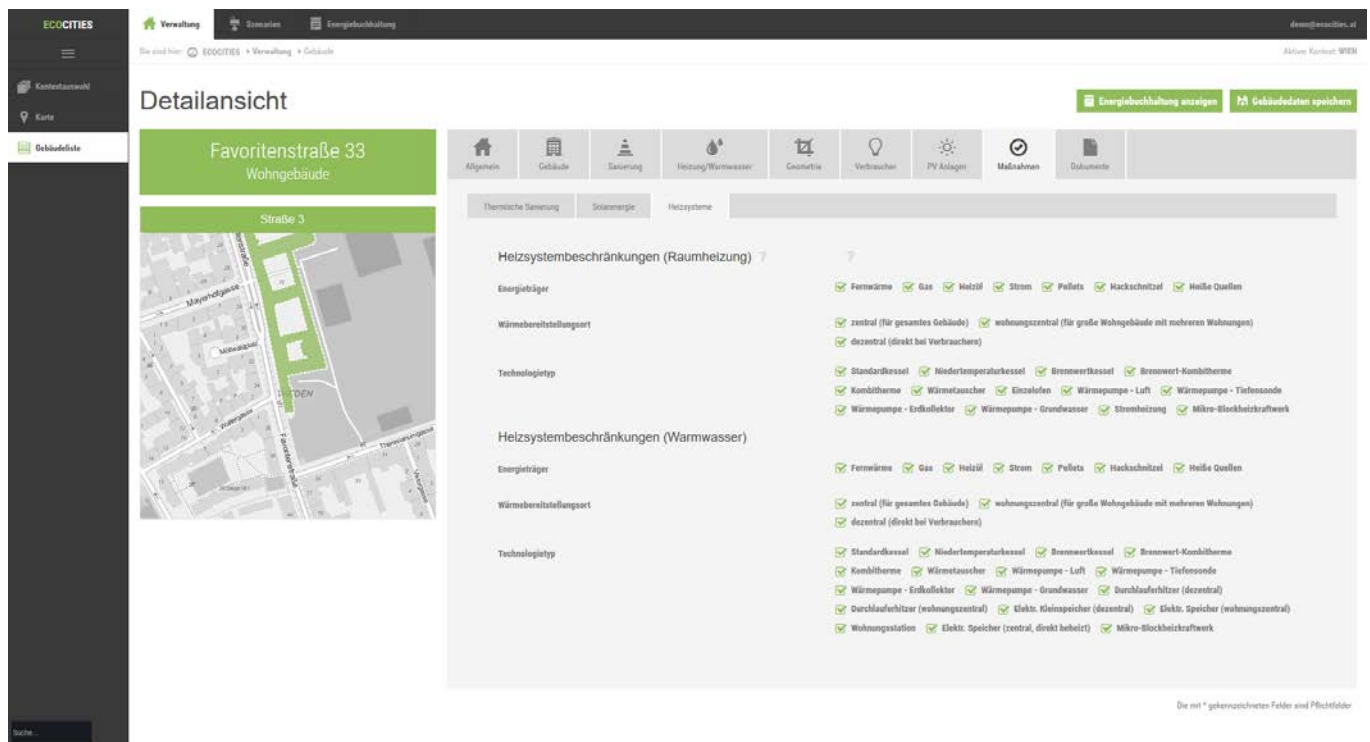


Abbildung 9: Darstellung der Detailansicht der Gebäudeverwaltung – Maßnahmenrestriktion Heizungssysteme

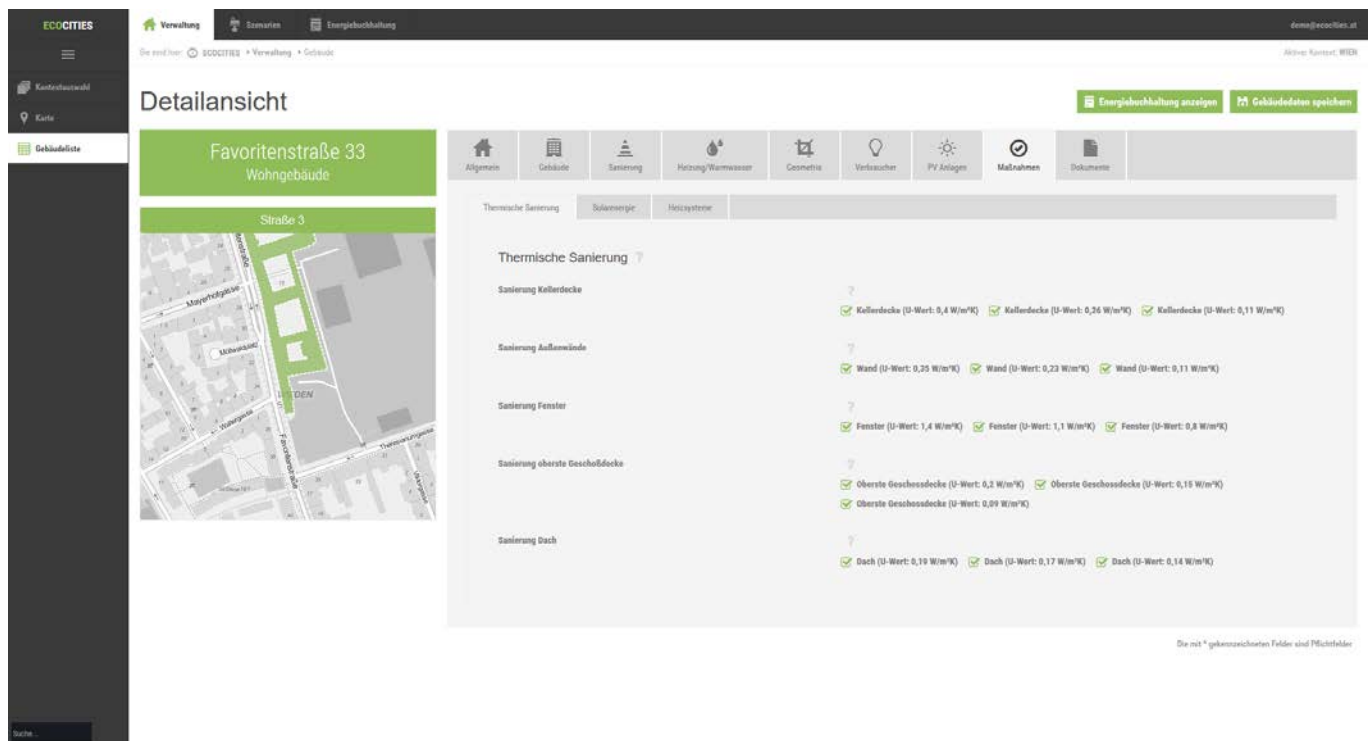


Abbildung 10: Darstellung der Detailansicht der Gebäudeverwaltung - Maßnahmenrestriktion Sanierung

Die ECOPLAN-Plattform umfasst auch eine Energiebuchhaltungsfunktion, welche die Eingabe von Zählerständen und das Monitoring der Verbrauchswerte pro Gebäude ermöglicht. Die Verbräuche werden nach Energietyp gefiltert (Fern-/Nahwärme, Strom, Gas, Wasser) und einzelnen Zählpunkten

sowie individuellen Zählern zugewiesen, d.h. ein Gebäude kann für jeden Energietyp ein oder mehrere Zählpunkte haben, wobei jeder Zählpunkt ein oder mehrere Zähler haben kann. Die Verbräuche können dann entweder individuell in Listenform oder in einer übersichtlichen Verbrauchsgrafik dargestellt werden.

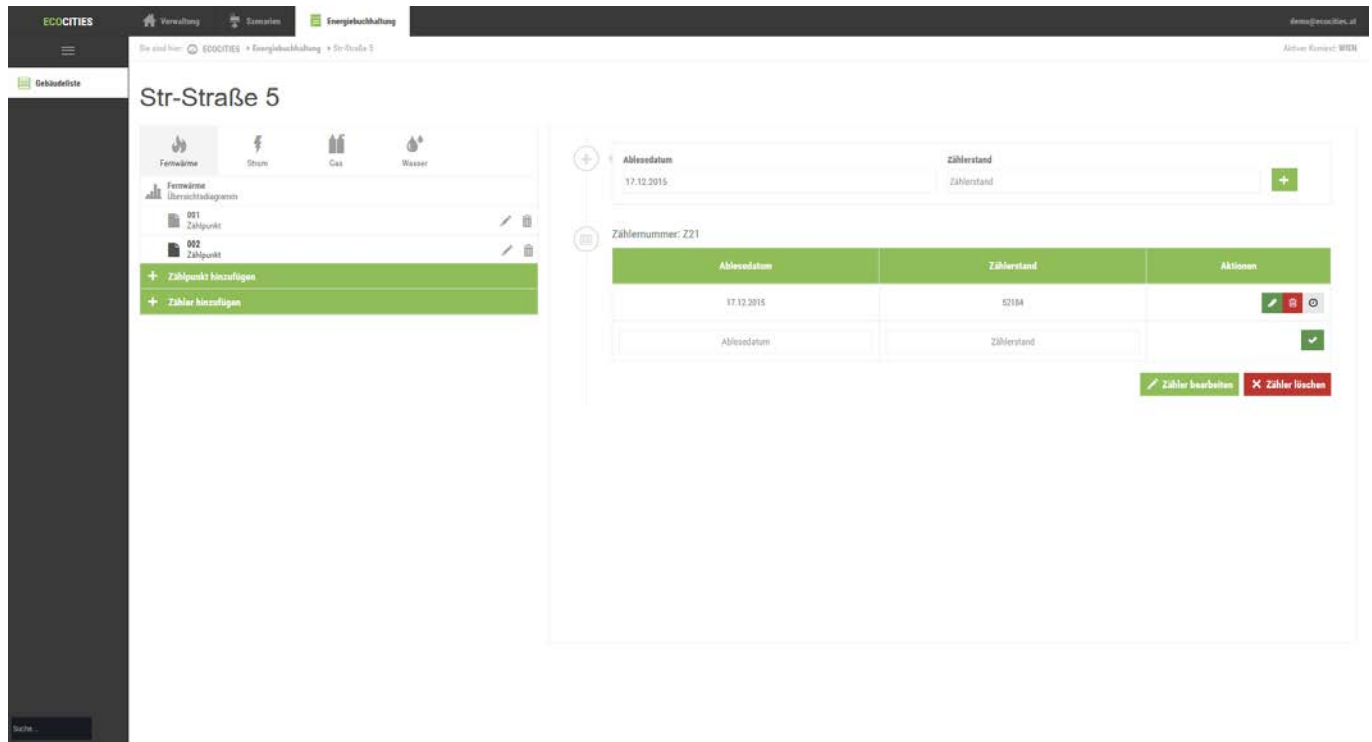


Abbildung 11: Energiebuchhaltung der Gebäude

ECOPLAN ermöglicht dem User die Definition von Szenarien auf Basis des Grunddatenbestandes. Jedes Szenario kann ein Subset von Gebäuden beinhalten und pro Gebäude die zulässigen Sanierungsmaßnahmen definieren, um unterschiedliche Präferenzen und Optimierungsszenarien durchspielen zu können (vgl. Deaktivieren von Maßnahmen aufgrund von baulichen Gegebenheiten in der Gebäudebuchhaltung, siehe weiter oben). Veränderungen in einem Szenario sind auf das Szenario beschränkt, d.h. es können mehrere voneinander unabhängige Szenarien existieren, welche den gesamten Gebäudebestand als Basis haben. Dadurch lassen sich verschiedene Optimierungsstrategien untersuchen und vergleichen, wie z.B. der Vergleich zwischen einer reinen thermischen Sanierungsstrategie mit einem Szenario, welche die thermischen Sanierungen mit einem Heizungsaustausch kombinieren. Die szenario-spezifischen Maßnahmeneinschränkungen sind für die manuelle sowie für die automatische Optimierungsfunktion gültig.

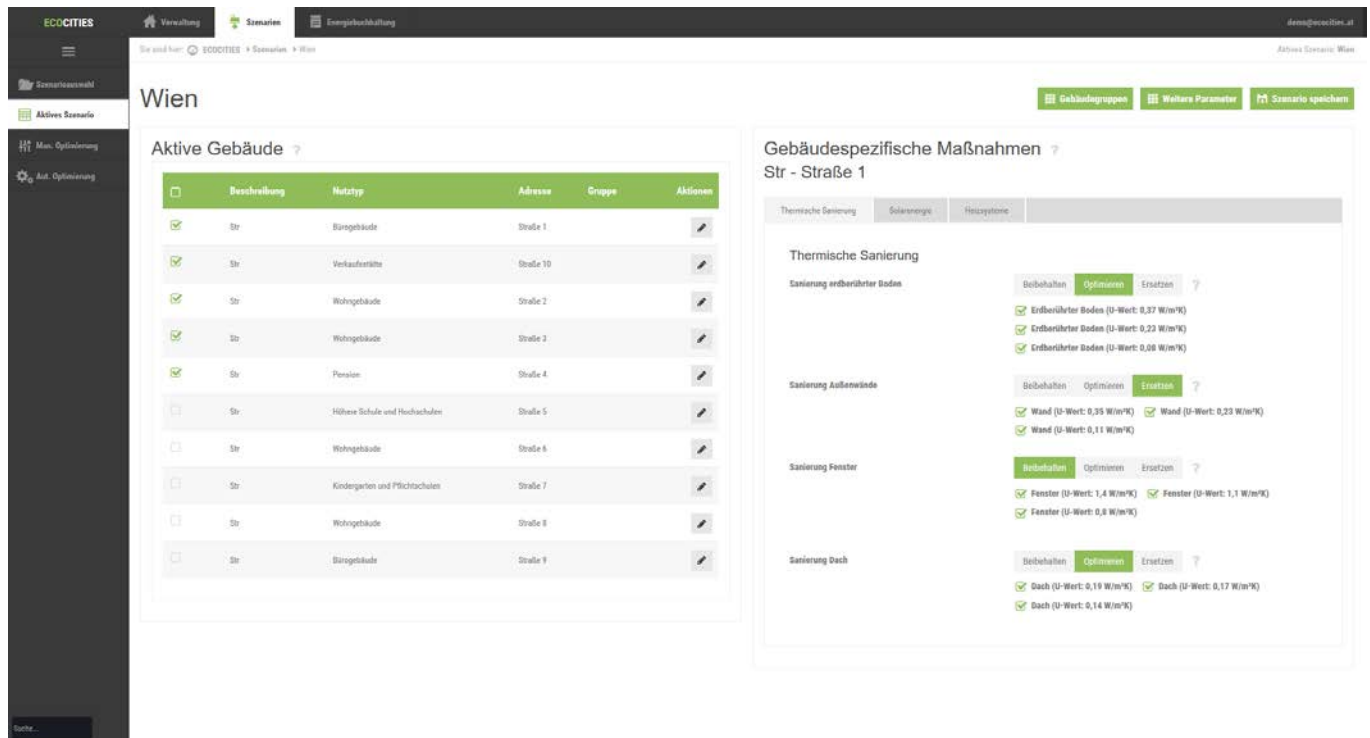


Abbildung 12: Szenariodefinition – Thermische Sanierung

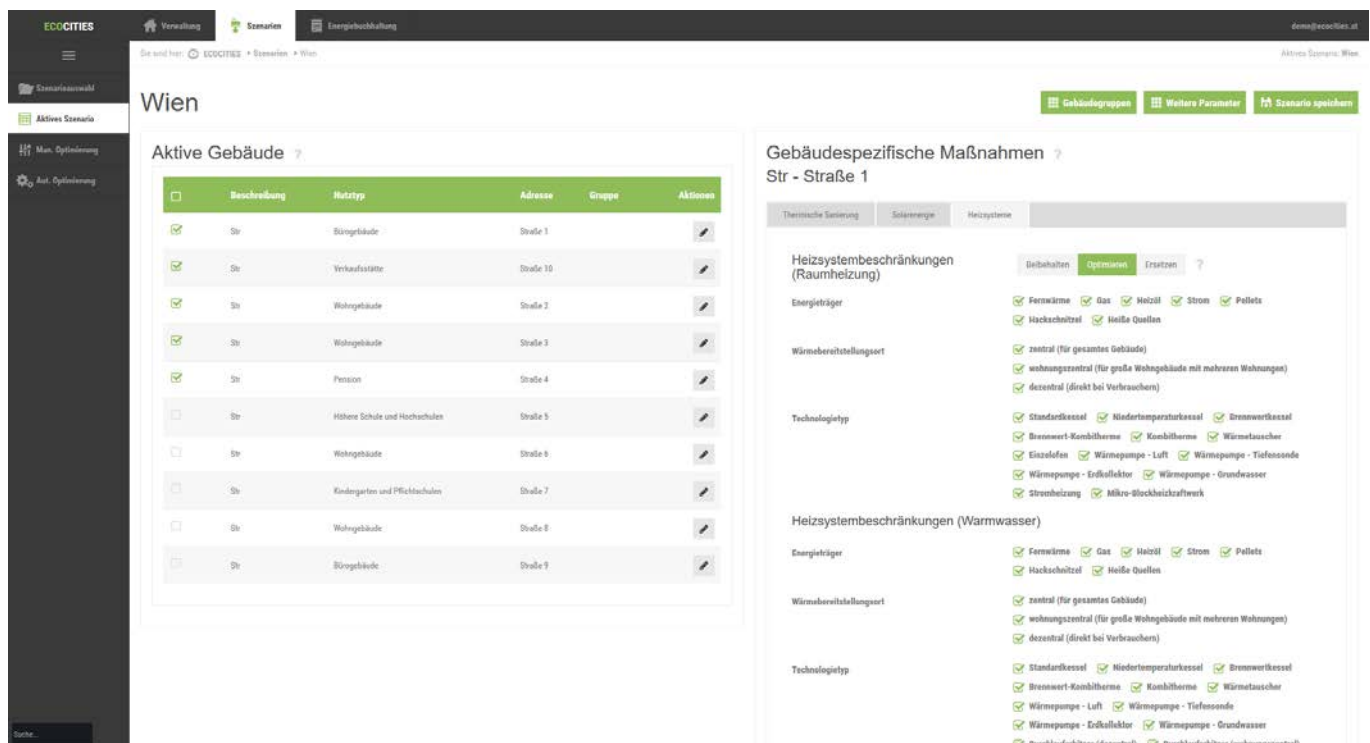


Abbildung 13: Szenariodefinition – Heizungssysteme

Während in der Szenariodefinition ‚Maßnahmen‘ deaktiviert werden können, können in der manuellen Maßnahmenoptimierung die einzelnen (erlaubten) Maßnahmen individuell ausgewählt und deren Auswirkungen auf die Schlüsselindikatoren untersucht werden. Die Maßnahmenkombination kann individuell zusammengestellt werden, wobei die Logik sämtliche Abhängigkeiten zwischen den

Maßnahmen berücksichtigt. Abgesehen von der individuellen Auswahl pro Gebäude können die Maßnahmen auch für Gebäudegruppen definiert werden, z.B. bei gemeinsam errichteten Wohnblöcken mit identer Gebäudehülle und Haustechnik. Für jeden Schlüsselindikator kann eine übersichtliche Grafik angezeigt werden, die weitere Informationen bezüglich der genauen Zusammensetzung der Indikatorwerte liefert.

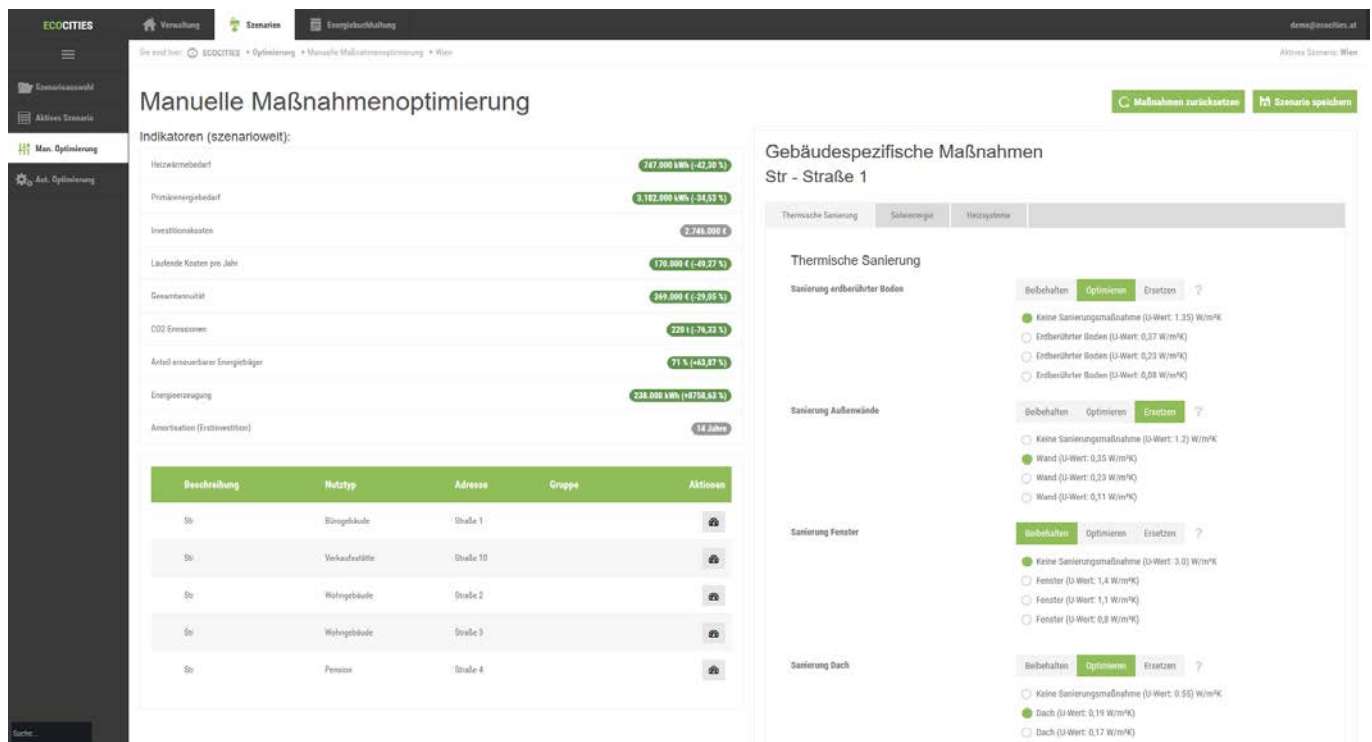


Abbildung 14: Szenarioerstellung - Manuelle Maßnahmenoptimierung

Neben der manuellen Optimierung kann auch die ECOPLAN Logik eigenständig optimale Maßnahmenkombinationen unter Berücksichtigung möglicher deaktivierter Maßnahmen (siehe oben) ermitteln. Dabei können optional fixe Grenzen (z.B. maximale Investitionskosten) definiert werden, an die sich die Optimierungslogik halten muss. Das Ergebnis eines Optimierungsprozesses ist eine Liste aller (Pareto-)optimalen Maßnahmenbündel, die nun durch den Anwender weiter analysiert werden können. Dafür stehen dem Anwender weitere Schieberegler zur Verfügung, um die minimalen und maximalen Grenzen für Indikatorwerte weiter einschränken zu können. Im Gegensatz zu den fixen Grenzen können diese flexiblen Grenzen wieder zurückgenommen werden, ohne einen neuen Optimierungsprozess starten zu müssen. Hat ein Anwender nun ein interessantes Lösungspaket gefunden und ausgewählt, wird im unteren Bereich eine Übersicht aller Maßnahmen pro Gebäude angezeigt. Für eine genauere Analyse kann die ausgewählte Lösung gespeichert und in die manuelle Optimierung übernommen werden, um dort weiter angepasst zu werden.

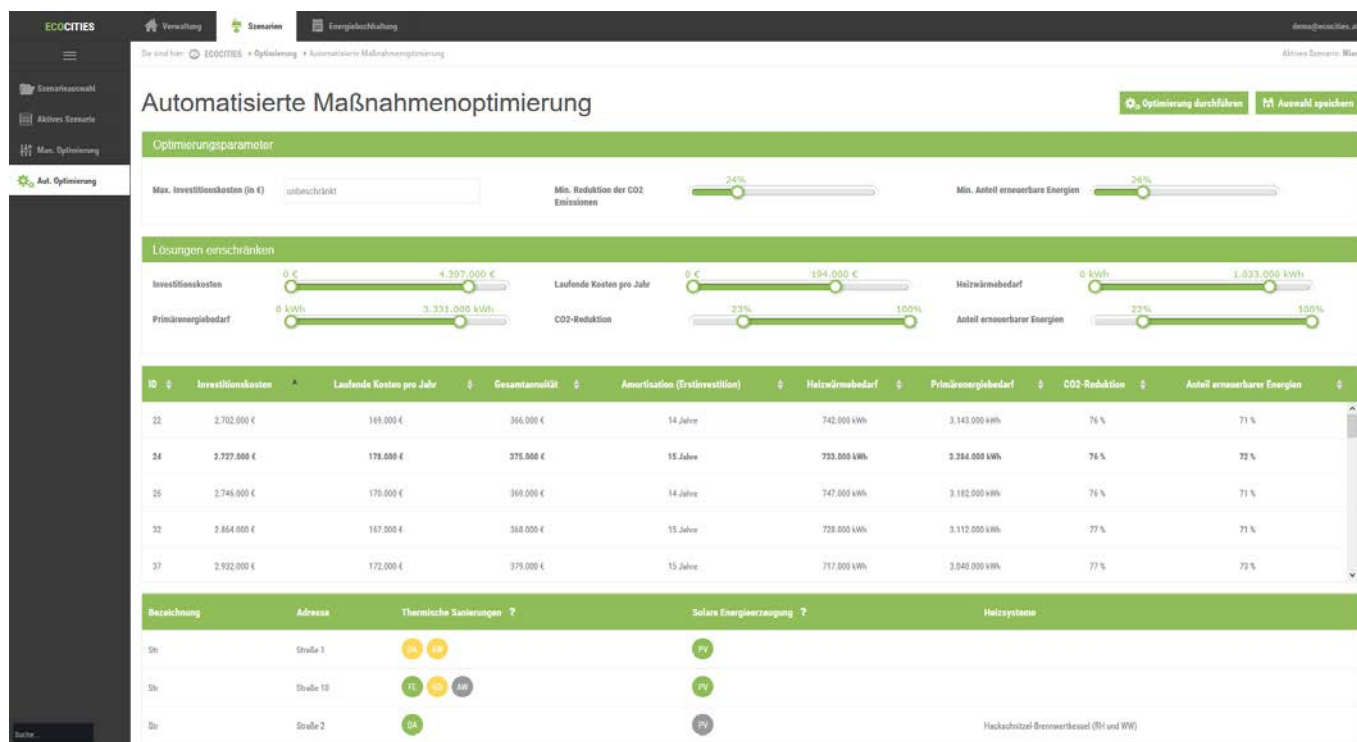


Abbildung 15: Ergebnisübersicht der automatisierten Maßnahmenoptimierung

5 Ausblick und Empfehlungen

Die im Rahmen von ECOPLAN durchgeführten Arbeiten haben diverse Erkenntnisse über die Anforderungen von Städten und Gemeinden im Bereich des kommunalen Gebäudemanagements generiert. Dabei stellen neben den Zielvorgaben insbesondere das häufig begrenzte zur Verfügung stehende Budget und eine unzureichende Datengrundlage zu den Bestandsgebäuden eine Herausforderung dar. Das ECOPLAN Werkzeug versucht diese Problematik durch eine transparente und nutzerfreundliche Oberfläche, welche mit verschiedenen Eingangsdaten z.B. auch unter Verwendung von Defaultwerten arbeitet. Neben der Betrachtung des Einzelgebäudes können auch Gebäudegruppen betrachtet werden.

Um ein optimales Maßnahmenportfolio für eine Vielzahl von Einzelgebäuden und Gebäudegruppen zu ermitteln, muss zukünftig die Qualität aber auch Granularität der Eingangsdaten für die einzelnen Gebäude verbessert werden. Die Integration von Erneuerbaren Energien und der Austausch von Energie zwischen mehreren Gebäuden bedarf es des Weiteren der Betrachtung von zeitlich hochaufgelösten Energiebedarfs- und -erzeugungsprofilen. Aufbauend auf den in ECOPLAN entwickelten Ansätzen soll in weiteren Projekten diese Lücke durch bestehende Modellierungsansätze geschlossen werden und auf Basis detaillierter Daten für unterschiedliche Gebäudestandards, Energieversorgungsoptionen und Erneuerbaren Energien, welche für jedes Gebäude individuell generiert werden können. Diese generierten Datensätze fließen in die Simulation und Optimierung der Gebäude und Gebäudegruppen ein und ermöglichen in Abhängigkeit der gewählten Indikatoren und gesetzten Restriktionen die Ermittlung eines oder mehrerer geeigneten Maßnahmenportfolios.

6 Kontaktdaten

Prof. Dr. A Min Tjoa

Technische Universität Wien – Institut für Softwaretechnik und interaktive Systeme

Favoritenstraße 9-11, 1040 Wien

Telefon: +43 (1) 588 01 – 18801

Fax: +43 (1) 588 01 – 18899

E-Mail: sek@ifs.tuwien.ac.at

Website: <http://www.ifs.tuwien.ac.at>

Weitere Projekt- bzw. Kooperationspartner:

Dr. Klaus Steinnocher

Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 2, 1090 Wien

Telefon: +43 664 8157996

E-Mail: Klaus.Steinnocher@ait.ac.at

Website: www.ait.ac.at

Dr. Stefan Fenz

Xylem Technologies

Favoritenstrasse 16, 1040 Wien

E-Mail: fenz@xylem-technologies.com

Website: www.xylem-technologies.com