

# **Gamification als Möglichkeit für die Generierung von Daten zur energieorientierten Quartiersplanung**

HotCity

E. Gebetsroither-Geringer,  
T. Wernbacher, M. Göls,  
E. Meißner, A. Graf,  
R. Stollnberger,  
J. Worster, A. Peiffer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**12/2022**

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe  
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

### **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in  
dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik  
Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

# Gamification als Möglichkeit für die Generierung von Daten zur energieorientierten Quartiersplanung

HotCity

Dr. Ernst Gebetsroither-Geringer, DI Romana Stollnberger,  
Ing. Roman Geyer MSc, Dr. Ralf-Roman Schmidt  
AIT Austrian Institute of Technology

DI Ernst Meißner, Ing. Angelika Graf MSc  
Grazer Energieagentur GmbH

Mag. Marko Göls, Jakob Worster MSc  
Digitalsunray Media GmbH

Mag. Thomas Wernbacher MA, MSc, Dr. Alexander Pfeiffer MBA  
Picapipe GmbH

Wien, Oktober 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform [www.NachhaltigWirtschaften.at](http://www.NachhaltigWirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Theodor Zillner

Interimistischer Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Projekthalt</b> .....	<b>12</b>
	4.1. Gamification als bottom-up-Methode zur Identifikation von energieorientierten Daten ....	12
	4.2. Blockchain zur Absicherung des Gamification Frameworks .....	13
	4.3. Machine-Learning / AI zur Analyse der User-generierten Bilder im Spiel .....	14
	4.4. Software-Entwicklung/Web-Service .....	15
	4.5. Methode App-Test .....	18
	4.6. Methode zur Analyse der gesammelten Testdaten.....	20
	4.7. Methode zur Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	23
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>25</b>
	5.1. Ergebnisse der Bildanalyse.....	25
	5.2. Die HotCity-App .....	26
	5.3. Ergebnisse der App-Tests.....	31
	5.4. Ergebnisse der gesammelten Testdaten.....	33
	5.5. Darstellung der Ergebnisse und Wirtschaftlichkeitsanalyse der Abwärmequellen mittels Web-App .....	36
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>40</b>
	6.1. Lessons learned bezüglich der HotCity-App Entwicklung .....	40
	6.2. Lessons learned bezüglich der gesammelten Daten.....	41
	6.3. Schlussfolgerungen bezüglich Anwendbarkeit von Gamification zur Datenerhebung .....	43
<b>7</b>	<b>Ausblick und Empfehlungen</b> .....	<b>45</b>
	7.1. Aufwand für reale Anwendung der HotCity-App.....	45
	7.1.1. Chancen .....	45
	7.1.2. Herausforderungen .....	46
	7.1.3. Risiken.....	47
	7.1.4. Empfehlung für weitere Umsetzungen .....	47
	7.2. Allgemeine Anwendbarkeit und Skalierungsmöglichkeiten .....	48
<b>8</b>	<b>Verzeichnisse</b> .....	<b>49</b>

# 1 Kurzfassung

## **Ausgangssituation, Problematik und Motivation:**

Das Energiesystem der Zukunft wird aus vielen verschiedenen dezentralisierten Einheiten bestehen. Für eine Entwicklung von Stadtteilen mit hoher Energieeffizienz und verstärkter Nutzung lokal verfügbarer und nachhaltiger Energieträger ist eine detaillierte räumliche Identifizierung von möglichen Energiepotenzialen notwendig, damit kosteneffizient und zukunftssicher geplant werden kann. Insbesondere Abwärme aus Industrie (Gießereien, Lebensmittelherstellung ...) und Gewerbe (Datencenter, Supermärkte ...) kann für die Wärmebereitstellung in Plus-Energie-Quartieren einen wichtigen Beitrag leisten. Viele größere Städte besitzen bereits einen Datensatz, mit dem Abwärmequellen identifiziert werden können, z.B. Open Government Data, der aber meist nicht aktuell genug, sowie nicht ausreichend (räumlich) detailliert ist. Aufgrund der dabei oftmals gewählten top-down Methodik der Abwärmepotenzialerhebung über die größten Schadstoffemittenten werden viele kleinere Abwärmequellen oder Rechenzentren nicht erfasst, die dadurch auch nicht in diesen Datenbanken aufscheinen.

## **Ziele, Innovationsgehalt und Methodik:**

Im vorliegenden Projekt wurde die Gamification als Methode verwendet, um Daten für die energieorientierte Quartiersplanung zu erheben. Gamification bietet die Möglichkeit, gezielte Anreizsysteme zur Datenerhebung (crowdsourcing/crowd-collecting) zu generieren. Spiele wie „Pokémon Go“ haben gezeigt, welche ungeahnten Dynamiken dadurch entstehen können. Am Beispiel der Identifikation bzw. Verortung von Abwärmequellen für Wien und Graz wurde erforscht, ob und mit welchem Aufwand relevante Daten über Gamification gewonnen werden können, z.B. über das Fotografieren von Rauchfängen und Rückkühlanlagen, aber auch durch die Recherche der Spielteilnehmer:innen im Internet, Vor-Ort Befragungen, oder aus Google Maps, etc. Dabei wurde unter der Verwendung von innovativen Ansätzen aus der *Artificial Intelligence* (AI) Forschung eine räumlich detaillierte Potenzialabschätzung ermöglicht. Durch den Einsatz von Blockchain-Technologie wurde erforscht, ob einerseits User:innen-Daten anonymisiert und verschlüsselt registriert und andererseits Errungenschaften im Spiel als einzigartige Leistung abgespeichert aber auch belohnt werden können, die wiederum zur Motivation der Spieler:innen und damit zu mehr Daten führen.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen:**

- Funktionstest („proof of concept“), ob durch Gamification kosteneffizient, rasch und zuverlässig ein aktueller Datensatz erhoben werden kann.
- Eine Verwertbarkeitsanalyse des Gamification-Ansatzes zur Datensammlung.
- Eine Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Nutzung der Abwärmepotenziale.
- Ein interaktives Web-Dashboards für räumlich differenzierte Analysen, die Stakeholder:innen (z.B. Energieraumplaner:innen) als Hilfe zur Planung von Plus-Energie-Quartieren basierend auf Abwärmepotenzialen verwenden können.
- Die Bewusstseinsbildung für effiziente Energienutzung und Abwärmepotenziale bzw. Erneuerbare Energiequellen im Allgemeinen.

## **Ausblick**

Grundsätzlich kann das bestehende Gamification-Konzept auf weitere Anwendungsbereiche wie zum Beispiel auf die Suche nach „Heat Islands“ oder nach geeigneten Flächen für PV-Paneele oder dem Sanierungsgrad von Gebäuden generalisiert werden.

Das verwendete Blockchain-System war in der Lage, die Belohnungselemente verfälschungssicher zu speichern und transparent mittels eines Token-Systems abzubilden. Dank der Features, welche die energieeffiziente Blockchain-Lösung Ardor anbietet, ist eine Skalierung auf Einsatzszenarien mit einer größeren User:innen-Zahl möglich und grundsätzlich kostenneutral, da mehrere 10.000e Assets ohne Zusatzaufwand generiert werden können.

Von besonderem Interesse für Energiedienstleister:innen und Gebietskörperschaften ist die Weiterentwicklung der HotCity-App, um den aktuellen Status der thermischen Qualität der Gebäudehülle zu erheben (z.B. als Basisinformation für die Energieraumplanung, da in der Verwaltung vorliegende Daten häufig veraltet bzw. nicht elektronisch abrufbar sind), weiters die Möglichkeit zum Aufspüren von Hitzeinseln in Städten oder beispielsweise die Gelegenheit, mit der HotCity-App Optimierungsvorschläge zur Verbesserung des Stadtklimas einzubringen (z.B. Hinweis auf Grünraum-Freiflächen zur Bewirtschaftung, Dach- oder Fassadenflächen für Begrünung, etc.). Auch die Möglichkeit der Weiterentwicklung der HotCity-App in Richtung einer Plattform für Grundstücks-/Gebäude-Eigentümer:innen, um aktiv verfügbare Flächen für die Installation von Anlagen zur erneuerbaren Wärme-/Stromproduktion anzubieten, wurden dem HotCity-Konsortium als interessante Verwertungsstrategie genannt.

Die HotCity-App kann mit relativ überschaubarem Aufwand auch für das nächste Major Release der Betriebssysteme iOS und Android angepasst werden. Für künftige Releases ist dies schwerer vorherzusagen als bei nativen Apps. Ein Einsatz bei einem potenziellen Auftraggeber ist jedoch möglich. Für einen langfristigen Einsatz wird eine Neuentwicklung empfohlen, die dem Umstand des langfristigen Software-Lebenszyklus Rechnung trägt.

Trotzdem kann die derzeitige Basis genutzt werden, um weiteres Prototyping durchzuführen oder andere Use-Cases zu testen. Mit einem erhöhten Aufwand bei Updates und in der Wartung bzw. der Anpassung von Modulen ist aber zu rechnen. Die App kann wie erwähnt für weitere Betriebssystemupdates für iOS und Android angepasst werden. Der Rollout für die Appstores und der damit vereinfachte Zugang zur App für eine größere Zielgruppe kann ebenfalls angedacht werden.

## 2 Abstract

### **Initial situation, problems and motivation:**

The energy system of the future will consist of many different decentralised units. For a development of urban districts with high energy efficiency and increased use of locally available and sustainable energy sources, a detailed spatial identification of possible energy potentials is necessary for cost-efficient and future-proof planning. In particular, waste heat from industry (foundries, food production ...) and commerce (data centres, supermarkets ...) can make an important contribution to the provision of heat in Positive Energy districts. Many larger cities already have a data set that can be used to identify waste heat sources, e.g., Open Government Data, but it is usually not up-to-date or sufficiently (spatially) detailed. Due to the often chosen top-down methodology of the waste heat potential survey on the largest pollutant emitters, many smaller waste heat sources or data centres are not recorded and therefore do not appear in these databases.

### **Objectives, innovation content and methods:**

In this project, gamification was used as a method to collect data for energy-oriented neighbourhood planning. Gamification offers the possibility of generating targeted incentive systems for data collection (crowdsourcing/crowd-collecting). Games such as "Pokémon Go" have shown the unexpected dynamics that can arise from this. Using the example of identifying and locating sources of waste heat for Vienna and Graz, we investigated whether and with what effort relevant data can be obtained via gamification, e.g., by photographing chimneys and recooling systems, but also by researching of the game participants on the internet, on-site surveys, or from Google Maps, etc. The results of this research were used to identify waste heat sources. Using innovative approaches from Artificial Intelligence (AI) research, a spatially detailed potential assessment was made possible. Through the use of block chain technology, research was conducted into whether, on the one hand, user data can be registered anonymously and encrypted and, on the other hand, achievements in the game can be stored as a unique performance and also rewarded, which in turn motivates the players and thus leads to more data.

### **Results and conclusions:**

- A "proof of concept" (functional test) if gamification can be used to collect an up-to-date data set in a cost-effective, rapid and reliable way
- An exploitability analysis of the gamification approach as means of data collection.
- An investigation of the economic viability of the collected waste heat potentials.
- An interactive web dashboard for spatially differentiated analyses that stakeholders (e.g., energy planners) can use as an aid for planning Positive Energy districts based on waste heat potentials.
- Raising awareness for efficient energy use and waste heat potentials or renewable energy sources in general.

## Outlook

In principle, the existing gamification concept can be generalised to other areas of application, such as the search for "heat islands" or suitable areas for PV panels or the degree of renovation of buildings.

The block chain system used was able to store the reward elements in a tamper-proof way and map them transparently by means of a token system. Thanks to the features offered by the energy-efficient block chain solution Ardor, scaling to deployment scenarios with a larger number of users is possible and basically cost-neutral, as several 10,000 assets can be generated without additional effort.

Of particular interest for energy service providers and local authorities is the further development of the HotCity app to collect the status of the thermal quality of the building envelope (e.g., as basic information for spatial energy planning, as data available in the administration is often outdated). Furthermore, the possibility to detect heat islands in cities or, for example, the opportunity to use the HotCity app to make suggestions for improving the urban climate (e.g., reference to open green spaces for cultivation, roof or façade areas for greening, etc.). The possibility of further developing the HotCity app into a platform for land/building owners to actively offer available spaces for the installation of renewable heat/electricity production systems was also mentioned to the HotCity consortium as an interesting exploitation strategy.

The HotCity app can also be adapted for the next major release of the iOS and Android operating systems with relatively manageable effort. This is more difficult to predict for future releases than for native apps. However, use by a potential client is possible. For long-term use, a new development is recommended that takes into account the circumstance of the long-term software life cycle.

Nevertheless, the current basis can be used to carry out further prototyping or test other use cases. However, an increased effort for updates and in the maintenance or adaptation of modules is to be expected. As mentioned, the app can be adapted for further operating system updates for iOS and Android. The rollout for the app stores and thus simplified access to the app for a larger target group can also be considered.

# 3 Ausgangslage

Das Energiesystem der Zukunft wird höchstwahrscheinlich aus vielen verschiedenen dezentralen Einheiten bestehen (z.B. PV-Dachanlagen, einzelne Wärmepumpen usw.). Für die Entwicklung von Quartieren mit hoher Energieeffizienz und verstärkter Nutzung lokal verfügbarer und nachhaltiger Energiequellen ist eine detaillierte räumliche Identifizierung möglicher Energiepotenziale notwendig, um kosteneffizient und zukunftssicher planen zu können. Insbesondere Abwärme aus Industrie (Gießereien, Lebensmittelproduktion...) und Gewerbe (Rechenzentren, Supermärkte...) sowie städtischer Infrastruktur (Tunnels, U-Bahn-Stationen) kann einen wichtigen Beitrag zur Heizung und Warmwasserbereitung in Plus-Energie-Quartieren leisten. Während "low-hanging-fruits" wie Abwärme aus großen Industrieanlagen oftmals bereits in großem Umfang genutzt werden, ist die Identifizierung kleinerer Quellen mit verschiedenen Schwierigkeiten verbunden (Schmidt, 2020). Viele größere Städte verfügen bereits über einen Datensatz, z.B. Open Government Data, der in der Regel aber nicht aktuell ist, nicht (räumlich) ausreichend detailliert ist und oft nicht die notwendigen Daten enthält. Durch die oft gewählte Top-Down-Methodik zur Ermittlung des Abwärmepotenzials, d.h. über eine Erhebung der größten Schadstoffemittenten (z.B. Brueckner et. al 2014), werden kleinere Quellen nicht erfasst, die somit nicht in diesen Datenbanken auftauchen.

Gamification hingegen bietet die Möglichkeit, gezielte Anreizsysteme für die Datenerhebung zu generieren (Crowdsourcing/Crowd Collecting). Spiele wie "Pokémon Go" haben gezeigt, welche ungeahnte Dynamik erzeugt werden kann. Im Rahmen des vom BMK geförderten Projekts HotCity wurde ein Game (die "HotCity-App") entwickelt, mit dem Nutzer:innen neue Abwärmequellen räumlich erfassen und bewerten können. Die Anwendung zur Erfassung von Abwärme wurde exemplarisch für andere räumliche Energiedaten (wie z.B. Energiebedarf bzw. Sanierungsstand von Gebäuden, oder geeignete Orte für PV-Strom Erzeugung, siehe dazu auch Kapitel 7.2) gewählt. Die Gamification der Datenerfassung für Abwärme sollte zusätzlich auch das allgemeine Bewusstsein für das Thema schärfen und die Erfassung von Daten kleiner Energiequellen erleichtern, die normalerweise in Top-Down-Ansätzen nicht berücksichtigt werden.

Die bekannten Ansätze zur Identifikation von Abwärmepotenzialen<sup>1</sup> sind:

1. Über produktionsbezogene Daten (Umsätze, Arbeitsplätze), branchenspezifischen Energieverbrauch und Annahmen zu Wirkungsgraden. Parameter wie Temperaturniveaus oder zeitliche Verfügbarkeit werden aus empirischen Analyseergebnissen abgeleitet.
2. Mittels Befragung der Unternehmen über Fragebögen. Das Ergebnis in Qualität und Quantität hängt vom Rücklauf sowie von der Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben ab.
3. Durch direktes Messen in den Betrieben: Setzt eine gewisse Vertraulichkeit voraus und wird gewöhnlich nur für Stichproben durchgeführt.
4. Über Luftbildaufnahmen der Wärmeabstrahlung

---

<sup>1</sup> Pehnt, et al. 2010

Die genannten Ansätze zur Identifikation von Abwärmepotenzialen sind allerdings mit einem **sehr großen Aufwand verbunden**, sodass so im Regelfall nur **wenige Datensätze** erhoben werden können, deren **Qualität z.T. nicht sehr hoch** ist.

# 4 Projektinhalt

## 4.1. Gamification als bottom-up-Methode zur Identifikation von energieorientierten Daten

Die massive Verbreitung und Marktdurchdringung digitaler Spiele ist beeindruckend - z.B. spielen aktuell 510 Millionen Menschen aktiv (5 Millionen in Österreich; ÖVUS, 2019), wobei das Durchschnittsalter bei 35 Jahren liegt. Gamification baut auf der Nutzung von Spielmechaniken in naturgemäß spielfremden Kontexten (Deterding, 2011) auf. Ziel ist es, gezielt gewünschte Verhaltensimpulse zu setzen. Dabei geht es darum, die in Spielen bewährten Motivations- und Feedbacktechniken anzuwenden. Spiele geben klare Ziele vor (Hunicke et al. 2004; z.B. Quests), sie belohnen (Vorderer et al., 2004; z.B. Badges, Level-Ups), sie ermöglichen es, sich mit anderen zu messen oder zu kooperieren (Yee, 2006; z.B. in Form von Rankings, Multiplayer-Elementen) und sie stellen einen interaktiven Rahmen für verschiedene Erfahrungen und Fähigkeiten bereit (Ivory & Kalyanaraman, 2007; Jansz, 2005).

Gamification wird schon in verschiedenen Anwendungsbereichen erfolgreich zur Förderung der Partizipation eingesetzt, wie zum Beispiel im Kontext von Zivilcourage (Coronado & Vasquez, 2014), Bürger:innen-Beteiligung (Thiel & Lehner, 2015), E-Learning (Barata et al., 2013) und E-Government (Al-Yafi & El-Masri, 2016). Auch im Mobilitätsbereich erbrachte die Anwendung von Gamification positive Ergebnisse, z.B. in Bezug auf die Förderung nachhaltiger Mobilitätsformen (Kazhamiakin, Raman et al., 2015).

Gamification ist ein **mehrfach validierter Ansatz zur Steigerung der Motivation und Teilnahmebereitschaft in partizipativen Prozessen**. Zur Erhebung von Daten für die energieorientierte Quartiersplanung im Allgemeinen und die Nutzung von Abwärmequellen im Speziellen sind aktuell keine Studien bekannt. Im Projekt wurde mittels des eingesetzten Frameworks Neuland betreten und somit empirische Pionierarbeit geleistet.

Im Projekt wird der Spielfortschritt zum einen durch die Spielmechanik (z.B. durch Tokens, Punkte/Heat Score, Badges)<sup>2</sup>, aber auch durch die Spieldynamik (Stadt Erkunden, Wärmequellen Finden, einer Crew beitreten) definiert und sichtbar gemacht. Als Multiplayer-Element dienen Crews dazu, weitere Tokens und Badges zu verdienen und den Aspekt des gemeinsamen Erfolges und eine freundschaftliche Rivalität zwischen Crews zu fördern.

Im Projekt liegt der Fokus auf dem Thema Abwärmepotenzial-Ermittlung. Um aber auch generellere Aussagen zu treffen, welche energierelevanten Daten allgemein über crowd-basierte Methoden erhoben werden können, wurden weitere Daten und mögliche Quellen analysiert. Im Zuge der Analyse wurde durch Recherche und Gespräche mit Fachexpert:innen aus dem Konsortium erarbeitet, welche Daten überhaupt für eine Erhebung mittels Gamification-Ansatz in Frage kommen (Energieverbrauch, Erzeugungspotenziale) und wie der Aufwand einerseits für die Spieler:innen und andererseits für die Software-Entwickler:innen bei größtmöglichem Nutzen geringgehalten werden, wozu in erster Linie

---

<sup>2</sup> Spielelemente: blockchainbasierte Tokens wurden für die Erfassung von Abwärmequellen vergeben, die zudem in einen Punkte-Counter einfließen; Badges wurden für besondere Spielleistungen vergeben.

die Methoden erhoben wurden, die sich für die Erhebung der Daten eignen, z.B. Fotos, Befragung, öffentliche Daten. Folgende Daten eignen sich für die spielerische Erhebung:

#### **Gebäudebezogene Daten:**

Sanierungszustand, Sanierungspotenzial<sup>3</sup>, Heizwärmebedarf, Strombedarf, Energieversorgung (z.B. Fernwärme, Gas, Strom, Öl, Kohle, etc.), Eigentümerstruktur (Privatbesitz, Genossenschaft, Sozialer Wohnbau, Miete), Typ (Einfamilienhaus, Reihenhaus, Geschosswohnbau, etc.), Baualter/Bauperiode, Nutzung (Wohnen, Industrie, Gewerbe, Büro, etc.), Bruttogeschossfläche, Höhe, Unternehmensdaten (Informationen zu Branche, Umsatz, Mitarbeiter).

#### **Daten bezogen auf die Energieerzeugung:**

Lokal vorhandene Solarthermie & PV-Anlagen (Größe, Leistung, PV/Solarthermie), lokal vorhandene (Klein)-Windkraftanlagen, lokal vorhandene Erdwärmepotenziale<sup>4</sup>, Flächenpotenziale für Solarthermie & PV-Anlagen (Freiflächen, Bebaute Flächen, ggf. Schutzgebiete), Windpotenziale<sup>5</sup>, Verortung Abwärmequellen (Industrie, Gewerbe, etc.; erkennbar durch z.B. Rückkühler, Schornsteine), Art der Abwärmequelle (z.B. Rückkühler, Schornsteine), Größe/Leistung von Abwärmequellen, Zeitlicher Anfall der Abwärme, Ermittlung bereits genutzte Abwärmepotenziale (innerhalb und/oder außerhalb des Industrie- und Gewerbebetriebs), vorhandene Fernwärmeleitungen, Verortung des Abwasserkanals.

## **4.2. Blockchain zur Absicherung des Gamification Frameworks**

Die Blockchain bestimmt auf Grund ihrer Dezentralität, Transparenz und Sicherheit den technologischen und gesellschaftlichen Diskurs (Buhl et al., 2017) und wird als disruptive Innovatorin für ein breites Anwendungsfeld gehandelt: von Transaktionsabwicklungen, über Grundbucheinträge bis hin zu Logistikketten soll in Zukunft der/die Vermittler:in eingespart werden (Hopf & Picot, 2018). Bisherige Crypto-Technologien wie Bitcoin und Ethereum setzen auf "Proof of Work" und belohnen "Miner", die das gesamte Netzwerk am Leben erhalten und alle Transaktionen validieren, für das Lösen von zufällig generierten Rechenaufgaben. Die dafür benötigte Rechenpower steigt mit der Schwierigkeit der Rechenaufgaben linear an und verbraucht immer mehr Ressourcen. Hier kommen neuartige Blockchain-Technologien wie z.B. „Ardor“ oder „NXT“<sup>6</sup> ins Spiel, welche auf einen „Proof of Stake“ Algorithmus aufbauen und wesentlich energieeffizienter sind. Hier geht es nicht um Rechenpower in Form von Grafikkartenleistung, sondern um das Vertrauen in die Technologie, das durch die Investition in die jeweilige Crypto-Währung (das Volumen, das gehalten wird) und die Bereitschaft, Transaktionen zu validieren, belohnt wird. Unabhängig vom Ansatz stellen das „peer to

---

<sup>3</sup> Sanierungsstand und -potenzial: Anhand äußerem Erscheinungsbild, z.B. Vollwärmeschutz anhand Bild von Fensterlaibung, aus dem aufgrund der Fensterposition Rückschlüsse gezogen werden können; ev. Nutzung AI zur Bilderkennung; Fensterverglasung (1, 2 oder 3 Scheiben) mittels Nahaufnahme und/oder Check Spiegelungen.

<sup>4</sup> Erdwärmepotenziale: Foto von verfügbaren Freiflächen für Abschätzung Potenzial für flache Erdwärmennutzung; Foto Innenhof und von Zufahrtsmöglichkeit für Bohrgerät für tiefe Erdwärmennutzung; ev. Verschneidung mit Potenzialkarten aus Landes-GIS-Systemen

<sup>5</sup> Windpotenzial: z.B. Freiräume fotografieren, Augmented Reality als Potenzialrechner mit Information aus Windpotenzialkarten, die in einigen Landes-GIS-Systemen vorliegen, durch Einschätzung oder Messung der Windstärken räumlich verortet

<sup>6</sup> <https://www.jelurida.com/ardor>

peer“-Prinzip, die starke Verschlüsselung sowie die permanente und validierbare Speicherung von Informationen eine Chance für diverse Branchen dar - natürlich auch für die Spielebranche.

Es kann davon ausgegangen werden, dass digitale Spiele und deren virtuelle Güter und Währungssysteme in den letzten Jahren massiv dazu beigetragen haben, dass letztendlich digitale Währungen – und hier sind nun Blockchain-basierte Währungen und Tokens gemeint – eine vermehrte Akzeptanz gefunden haben.

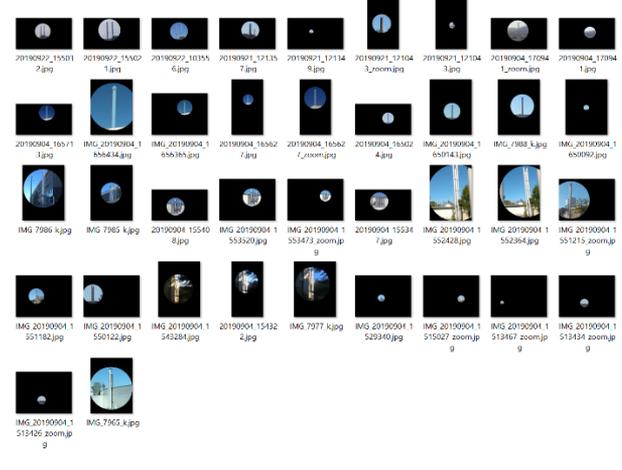
Im Projekt wurde ein Framework realisiert, das aus drei Tokens besteht, die Punkte darstellen: Bronze, Silber und Gold. Die Benutzer:innen erhalten Bronze-Token für einfache Aufgaben wie für das Hochladen unbestätigter Bilder und erhalten später Punkte mit höherem Wert, z.B. wenn Wärmequellen bestätigt werden. Diese Tokens können später gegen Incentives eingelöst werden, wobei für goldene Tokens bessere Incentives verteilt werden als für bronzene Tokens. Weiterhin werden alle Badges als Tokens abgebildet. Einige Badges sind Singleton-Tokens, sie sind einzigartig in der Blockchain, andere Abzeichen gibt es mehr als einmal.

### **4.3. Machine-Learning / AI zur Analyse der User-generierten Bilder im Spiel**

Machine-Learning (ML) als Teilgebiet der Artificial Intelligence (AI) war in der Vergangenheit zumeist ein Thema für Forschungseinrichtungen, hat aber in den letzten Jahren – nicht zuletzt durch die hohen Rechenleistungen von Alltagsgegenständen wie z.B. Mobiltelefonen – in vielen Bereichen Einzug gehalten. Spracherkennung, Gesichtserkennung bis hin zur personalisierten Onlinewerbung beeinflussen unser Leben. Frameworks wie Core ML, Amazon Machine Learning, Google’s Tensorflow, Microsoft Azure ML oder Open-Source Lösungen wie Apache Spark MLlib, Caffe – um nur einige zu nennen – ermöglichen es Entwickler:innen, intelligente Anwendungen zu entwickeln. Dabei werden mathematische und statistische Modelle verwendet, um aus Datenbeständen zu lernen. Aus Beispiels-Bildern findet der Computer über Deep Learning (DL) das *convolutionary neural network* (CNN) selbst heraus. Bei der Objektdetektion in Bildern werden CNNs dazu eingesetzt, um aus Bildbereichen Merkmale abzuleiten, die zur Klassifikation der Objekte dienen. Im Bereich der Gameentwicklung werden diese AI-Methoden aber derzeit nur selten angewandt.

Im Projekt wurde untersucht, ob und unter welchen Voraussetzungen der Einsatz dieser Methoden zielbringend erscheint. Ziel war es, die Klassifikation der Bilder im Spiel zu automatisieren, um somit die Validierung der Daten (potenziellen Abwärmequellen) zu unterstützen. Dazu wurden zuerst mit verschiedenen Datensätzen – (i) verfügbare Bilder aus dem Internet sowie (ii) selbst aufgenommene Bilder von gesuchten Objekten, die auf Abwärme hindeuten (Kamine und Rückkühler) – ML/DL-Netzwerke trainiert und Tests durchgeführt. Die Ergebnisse waren vielversprechend, insofern die Objekte zum Beispiel mittels manueller Ausmaskierung (Nachbearbeitung mittels ©Photoshop) der Umgebung hervorgehoben wurden, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Beispielsbilder der Bildanalyse (© AIT)

Maskierte Kamine	Maskierte Rückkühler
	
 <p style="text-align: center;">ausgewählter Kamin</p>	 <p style="text-align: center;">ausgewählter Rückkühler</p>

#### 4.4. Software-Entwicklung/Web-Service

Die Rahmenbedingungen des Projekts ermöglichten die Umsetzung mit einem, den agilen Methoden folgenden SCRUM-Prozess<sup>7</sup>, der die Entwicklung in Iterationen in fixen Durchlaufzeiten (z.B. zwei Wochen) – sogenannte Sprints – unterteilt. Diese iterationsbasierte Methode stellt die folgenden Rahmenbedingungen sicher:

- Eine funktionierende, ausführbare Test-Applikation als Zwischenergebnis jeder Iteration: Damit können Projektrisiken frühzeitig erkannt werden; nach jedem Sprint ist die unmittelbare Auswirkung auf die Projektplanung sichtbar; nach 2 Sprints kann ein Projektreport generiert werden, der den aktuellen Stand zusammenfasst.
- Ein agiler Ansatz, der mit einbezieht, dass sich Anforderungen während des Projektes ändern und zu einem großen Teil erst nach der Fertigstellung von Teilmodulen bzw. der Erhebung von Anforderungen einzelner Schnittstellen vollständig spezifiziert werden können.

<sup>7</sup> Projektmanagement-Strategie, welche "Sprints" als Entwicklungsprozess und regelmäßige Meetings zur Fortschrittskontrolle vorsieht.

### **Adaptiertes SCRUM-Model für das Projekt**

Da klassische agile Methoden Schwachstellen in Bezug auf Release-Planung und Modul-basierte Planung haben, wurden flankierend speziell adaptierte Methoden verwendet, um eine optimale Steuerungs- und Controlling-Möglichkeit zu bieten. So werden trotz agilen Vorgehens Release-Zyklen und Arbeitspakete definiert, die einen hinreichend genauen funktionalen Rahmen definieren. Über den Umsetzungszeitraum hinweg können sich hier jedoch entsprechend des agilen Vorgehens Änderungen und Anpassungen in strategischer und Software-technischer Hinsicht ergeben. Dieses Vorgehen ermöglicht eine optimale Balance zwischen Flexibilität und Risikominimierung durch definierte Arbeitspakete.

### **Umsetzung der Token-Logik**

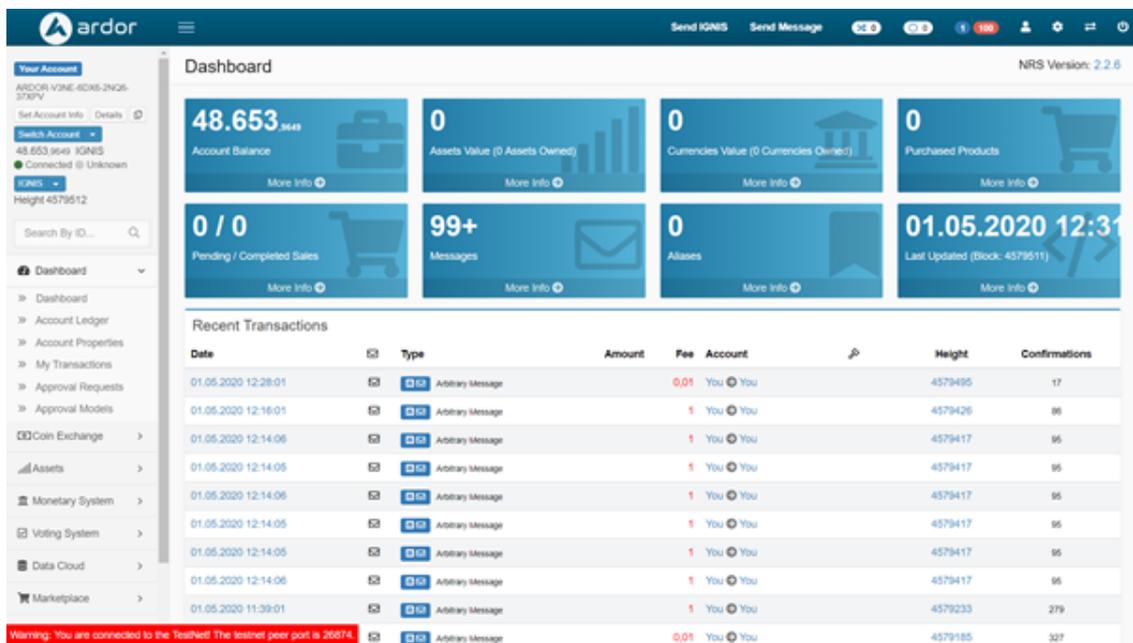
Die Token-Struktur innerhalb der Hot City App wurde mittels drei verschiedener Tokenarten – bronze, silber, gold – umgesetzt. Die Übertragung der Tokens erfolgt zur Gänze auf der Blockchain. Hierfür wurde ein Lightweight Contract (vgl. Smart Contract oder automatisierter Vertrag) entwickelt, welcher im Zusammenspiel mit der API gewährleistet, dass die Assets korrekt übertragen werden. Die Generierung der Tokens erfolgt vollautomatisch über den API-Container des Systems. Für die gewünschten Badges werden Tokens vom System Assets erstellt. Eine Überprüfung, ob eine Transaktion erfolgreich war oder eventuell neu angestoßen werden muss, erfolgt ebenfalls über das System.

Im Falle des HotCity-Prototypen erzeugt das Spielsystem die Wallets<sup>8</sup>, wenn sich die Benutzer:innen für ein Konto anmelden, und das Spielsystem verschlüsselt es so, dass auf diese Weise nicht mehr auf den privaten Schlüssel der Adresse zugegriffen werden muss. Die Benutzer:innen sind jedoch mit Benutzernamen und Passwort verbunden und über die HotCity-App wird nur Zugriff auf die vom Spiel erzeugten Tokens gewährt. Es gibt also keinen direkten Zugriff auf den Ardor-Node. Die Benutzer:innen kennen nur ihren öffentlichen Schlüssel, der in diesem Fall die Adresse der Ardor-Wallet ist. Die Wallets dienen also dazu, alle Errungenschaften abzusichern.

---

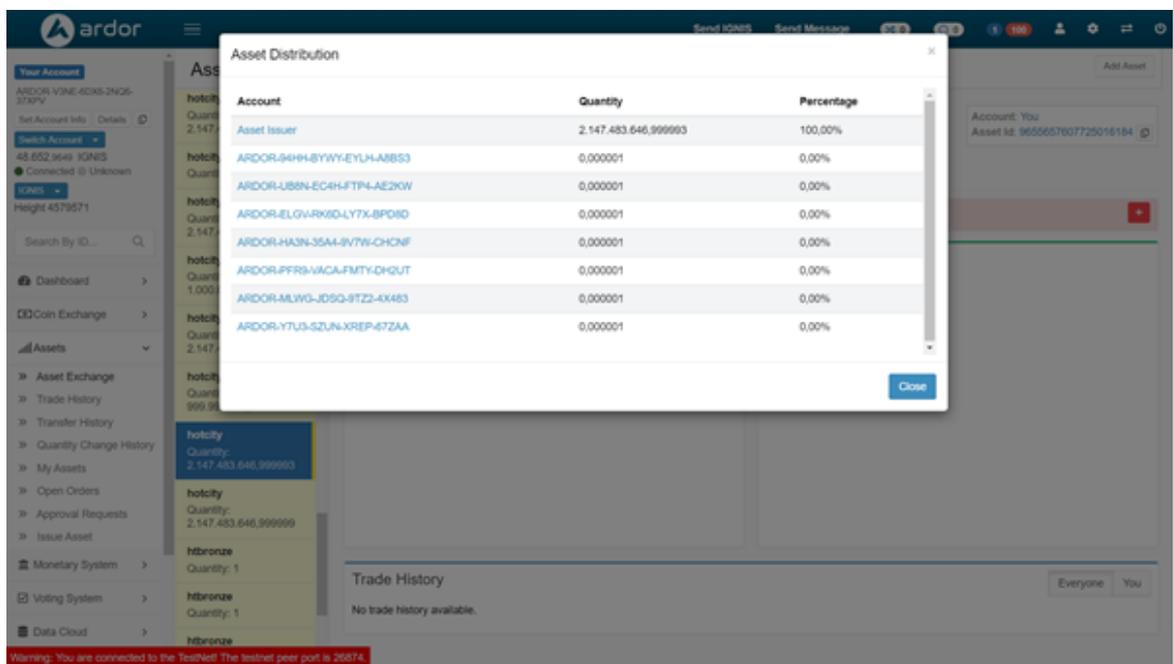
<sup>8</sup> Die blockchainbasierte Wallet in HotCity ermöglicht es Spieler:innen, ihr Guthaben der gesammelten bronzenen, silbernen und goldenen Tokens als Belohnung für die Erfassung von Abwärmequellen einzusehen.

Abbildung 1: Grafische Oberfläche des Ardor-Testnet-Knotens



In diesem Screenshot sind die grafische Oberfläche des Ardor-Testnet-Knotens und das Hauptkonto für das HotCity-Projekt abgebildet. Im Ardor-Netzwerk befinden wir uns in der IGNIS-Child Chain<sup>9</sup>. Hier können die benötigten Tokens erstellt, an die Spieler:innen versandt und die Smart Contracts eingerichtet werden, welche die Token-Logik definieren. In der Mitte des Bildschirms ist das Datum mit Zeitstempel und den laufenden Transaktionen ersichtlic.

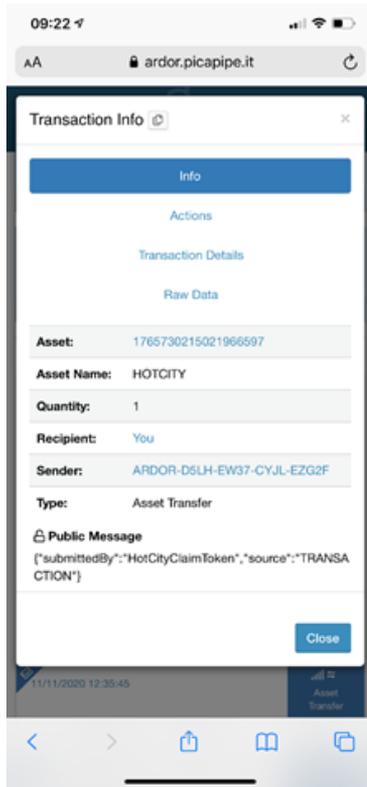
Abbildung 2: Ansicht eines Asset (Token) Transfers



<sup>9</sup> Ignis ist eine "Tochterkette" von Ardor, eine untergeordnete Blockchain, welche die wesentlichen Funktionen wie etwa die "Smart Contracts" zur automatisierten Vergabe der Tokens bereitstellt.

Abbildung 2 zeigt einen Punkt eines bronzenen Tokens, der an den/die Spieler:in geschickt wird (1 Punkt entspricht 0,000001 Tokens). Abbildung 3 zeigt die mobile Ardor-Wallet sowie exemplarisch einen Asset-Transfer am Beispiel eines bronzenen „Hot City“-Tokens. Der/die Empfänger:in sieht, dass ein Token an die eigene Adresse überwiesen wurde.

Abbildung 3: Screenshot eines mobilen Ador-Wallets eines Users. ©HotCity



## 4.5. Methode App-Test

Am Anfang Februar 2020 wurde eine Fokusgruppe in Graz mit acht Proband:innen durchgeführt. Unter Anwendung einer teilnehmenden Beobachtung sowie eines mobilen Surveys wurden zentrale Features des App-Demonstrators getestet: das Onboarding, das Erfassen von Wärmequellen, das Ranking sowie die Token-Logik.

Abbildung 4: Fokusgruppe in Graz



Abbildung 5: Bild einer Abwärmequelle am Dach



Der eigentliche Feldtest verlief in zwei verschiedenen Phasen im Wintersemester 2020/2021. Die erste Phase startete am 11.11. bis zum 25.11.2020, während die zweite Phase am 15.02. startete und am 05.03.2021 endete. Für die Proband:innen wurden 150 Euro Honorar für 5 bis 8 Stunden Spielzeit vergeben. Insgesamt nahmen 31 Personen am Test teil und füllten den Online-Fragebogen aus. Die Antworten wurden in anonymisierter Form mit der Bitte um offenes kritisches Feedback erhoben. Nach der Testphase wurde ein Online-Fragebogen mittels der Software „Survey Monkey“ erstellt und verteilt. Die Item-Sammlung enthielt sowohl offene als auch geschlossene Fragen mit dichotomen und ratingskalierten Abstufungen.

Das Briefing der Teilnehmer:innen erfolgte per E-Mail sowie über eine Tutorial Seite: <https://cities.ait.ac.at/projects/hotcity/app/Einfuehrung.html> (getestet am 25.02.2022).

Der folgende Screenshot zeigt, wie der Fragebogen mobil auf den Smartphones der Teilnehmer:innen ausgesehen hat:

Abbildung 6: Screenshots aus dem Online-Fragebogen auf mobilen Endgeräten

The image shows two screenshots of a mobile survey form for 'Hot City'. The first screenshot displays question 3: 'Wie oft haben Sie die App genutzt?' (How often do you use the app?). It features a radio button for 'mehrmals täglich' (multiple times daily), 'einmal täglich' (once daily), and a selected radio button for '3x/Woche' (3 times a week). Below these are radio buttons for '1x/Woche' (once a week) and 'Falls Sie die App gar nicht verwendet haben, aus welchem Grund?' (If you haven't used the app at all, for what reason?). A text input field is provided for the latter. A progress bar at the bottom indicates 50% completion. The second screenshot displays question 4: 'Bitte erinnern Sie sich an Ihr Spielerlebnis mit „Hot City“ zurück. Wie viele Sterne würden Sie der App geben?' (Please remind yourself of your gaming experience with 'Hot City'. How many stars would you give the app?). It features a five-star rating system with four stars selected. Below this is question 5: 'Würden Sie die "Hot City" App weiterempfehlen?' (Would you recommend the 'Hot City' app?). It has radio buttons for 'Ja' (Yes) and a selected radio button for 'Nein' (No). Question 6 is partially visible: 'Bitte bewerten Sie, inwiefern folgende Aussagen auf Sie zutreffen:' (Please evaluate how much the following statements apply to you:).

## 4.6. Methode zur Analyse der gesammelten Testdaten

Bei der Entwicklung der Algorithmen zur Ermittlung der Abwärmepotenziale ist die besondere Herausforderung, die Rahmenbedingungen bei der Potenzialermittlung mittels Gamification zu berücksichtigen. Unter anderem geht es darum, eine Klassifizierung für Spieler:innen zu definieren, die zum Teil über keine technischen Vorkenntnisse verfügen und nur anhand klarer Merkmale beim optischen Erscheinungsbild Unterscheidungen treffen sollen. Im Zuge der Begehungen und ersten Tests hat sich gezeigt, dass durch die eingeschränkte Sichtbarkeit auch für Techniker die Unterscheidung in unterschiedliche Rückkühlertechnologien (z.B. Nasskühlung oder Hybridkühlung) nur selten möglich ist. Aus den Einschränkungen bei den Unterscheidungsmerkmalen beim optischen Erscheinungsbild resultierte eine relativ kleine Anzahl von Kategorien und Unterkategorien, die auf Literaturrecherchen, Interviews mit Anlagenherstellern und Planern sowie Gesprächen mit Behörden und Sachverständigen basieren.

Als potenzielle Abwärmequellen sind Kamine bzw. Rauchfänge und Rückkühlanlagen von Gewerbe- und Industrieanlagen gesucht. Während bei ersteren die Höhe als Kriterium herangezogen wird, um damit auf die Leistung zu schließen, wird bei Rückkühlanlagen neben der Größe auch eine Unterscheidung der Bauart getroffen. Da diverse Typen nur schwer zu unterscheiden sind, wurde eine Einschränkung auf wenige Kategorien, nämlich box-förmige Rückkühlanlagen, V- bzw. tischförmige Rückkühlanlagen und Kühltürme, getroffen.

Bei Rückkühlern wurden anhand technischer und optischer Eigenschaften Benchmarks ermittelt, die dann mit den von den Spieler:innen ermittelten Größen für die Berechnung des Abwärmepotenzials herangezogen werden.

Tabelle 2: Benchmarks für v-förmige/tisch-förmige Rückkühler

	Rückkühler - v-förmig / tisch-förmig		
	von	bis	Mittelwert
kW	46	1.459	
m <sup>2</sup>	2,2	16,7	
kW/m <sup>2</sup>	21	88	
kW/Einheit	25	67	46

Tabelle 3: Benchmarks für Kühltürme

	Kühltürme		
	von	bis	Mittelwert
kW	46	11.512	
m <sup>2</sup>	0,4	76,8	
kW/m <sup>2</sup>	104	150	127
kW/Einheit	46	11.512	

Bei den boxförmigen Rückkühlern zeigt sich jedoch, dass die Bandbreite zu groß ist, um daraus ein Potenzial aufgrund der optischen Eigenschaften abschätzen zu können, siehe Tabelle 4.

Tabelle 4: Benchmarks für box -förmige Rückkühler

	Rückkühler box-förmig		
	von	bis	Mittelwert
kW	50	30.000	
m <sup>2</sup>	1,1	14,6	
kW/m <sup>2</sup>	44	2.050	1.047
kW/Einheit	50	30.000	

Zusätzlich zur ermittelten Leistung der Anlagen müssen außerdem die Betriebszeiten zur Ermittlung der Abwärmemenge angenommen werden. Diese wurden wie in Tabelle 5 dargestellt angenommen.

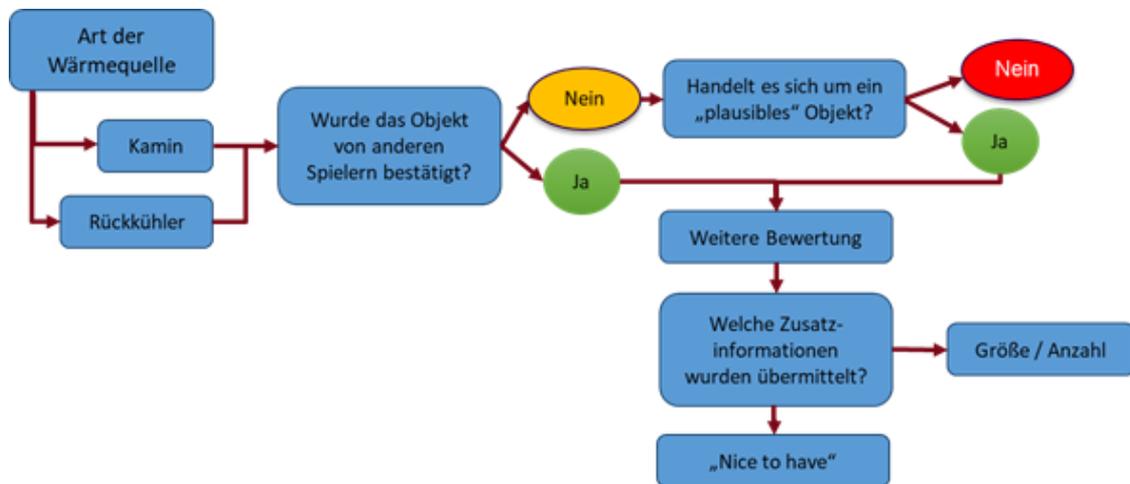
Tabelle 5: Angenommene Betriebsstunden für Anlage zur Leistungsermittlung

	Einheit	Klein	Mittel	Groß
Betriebsstunden	h/a	8.000		
Schornsteinhöhe	m	15	50	100
Spez. Abwärme-Leistung	kW/m	20	100	200
Nutzbare Energie	%		40	
<b>Abwärmepotenzial</b>	<b>MWh/a</b>	<b>960</b>	<b>16.000</b>	<b>64.000</b>

Daraus resultieren jedoch zum Teil sehr große Bandbreiten bei der Ableitung der Leistungen und damit des theoretischen Abwärmepotenzials innerhalb einzelner Kategorien. Eine höhere Genauigkeit ergibt sich, wenn die Bildinformationen noch durch Zusatzinformationen zu den potenziellen Abwärmequellen, wie etwa die Branche des Unternehmens oder die üblichen Betriebszeiten, ergänzt werden. Genauere Informationen müssen bei potenziell interessanten Anlagen aber dann durch individuelle Befragung abgeklärt werden, etwa ob Anlagen zum Schutz von Nachbarn vor Lärm oder Schadstoffen speziell dimensioniert werden mussten, oder ob die vorhandene Abwärme im Sinne der Energieeffizienz bereits im Unternehmen genutzt wird.

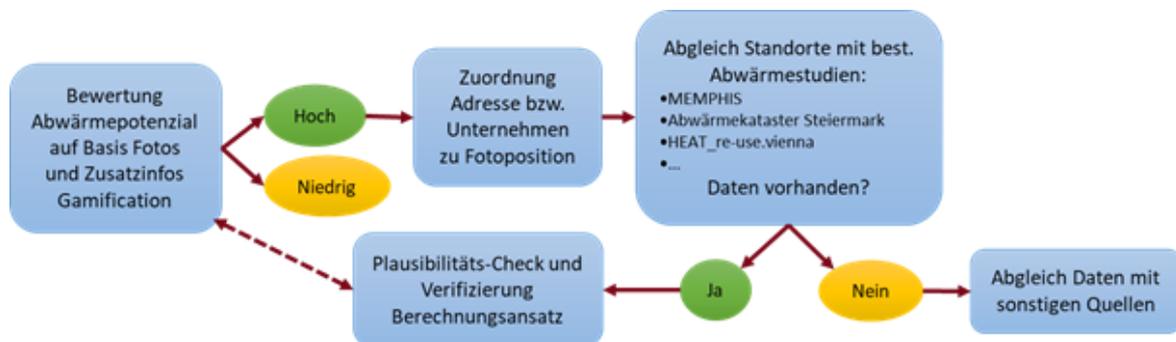
Für eine Abschätzung, welches Potenzial die in den Tests im November 2020 und Februar 2021 gefundenen potenziellen Abwärmequellen haben, wurde ein Evaluierungskonzept entwickelt, das in zwei Stufen erfolgt. Im ersten Schritt sollten diese Daten verifiziert werden. Diese Überprüfung kann einerseits bereits in der App durch andere Spieler:innen erfolgen, die ein Objekt bestätigen oder auch als „falsch“ melden, oder andererseits durch HotCity-Expert:innen anhand von Fotos durchgeführt werden. In weiterer Folge können dann mögliche Zusatzinformationen kontrolliert werden.

Abbildung 7: Ablauf Datenverifizierung



Nach der Bestätigung, dass es sich beim aufgenommenen Objekt um eine gesuchte Abwärmequelle handelt, sollte ein theoretisches Abwärmepotenzial anhand der ermittelten Kennwerte berechnet werden, welches anschließend mit bestehenden Studien abgeglichen werden sollte. In erster Linie werden die Abwärmequellen mit hohem ermitteltem Potenzial überprüft. Bei der Verwendung bestehender Studien muss aber auch die Aktualität und die Datenqualität berücksichtigt werden. Die verwendeten Studien sind unter anderem „Abwärmekataster Graz“<sup>10</sup> oder „MEMPHIS“<sup>11</sup> für Graz, bzw. „HEAT\_re\_USE.Vienna“<sup>12</sup>, „ENUMIS“<sup>13</sup> und „Wien Umweltgut“<sup>14</sup> für Wien, ergänzt durch Daten und Informationen aus Thermalscan-Befliegungen. Nicht alle der verwendeten Studien sind öffentlich, daher wurden lediglich die Leistungs- und Energiedaten für den internen Abgleich und den Plausibilitäts-Check verwendet.

Abbildung 8: Priorisierung und Abgleich mit anderen Datenquellen



In beiden Phasen der Evaluierung sind Feedback-Schleifen enthalten, um die Qualität der Daten zu hinterfragen. Weichen die Ergebnisse markant von den Erwartungen ab, so sind die Gründe zu eruieren und es kann im Bedarfsfall gegengesteuert werden.

<sup>10</sup> Siehe [https://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12776224\\_157067047/c2520903/AWK\\_Stmk\\_%C3%96ffentlicher\\_Kurzbericht\\_v1.0.pdf](https://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12776224_157067047/c2520903/AWK_Stmk_%C3%96ffentlicher_Kurzbericht_v1.0.pdf)

<sup>11</sup> Siehe <http://cities.ait.ac.at/uilab/udb/home/memphis/>

<sup>12</sup> Siehe [https://smartcities.at/projects/heat\\_re\\_use-vienna/](https://smartcities.at/projects/heat_re_use-vienna/)

<sup>13</sup> Siehe <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/enumis.php>

<sup>14</sup> Siehe <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/>

## 4.7. Methode zur Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Entwicklung von Plus-Energie-Quartieren ist eine detaillierte Identifizierung von lokalen Abwärmepotenzialen notwendig. Die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von der Erschließung von Abwärmequellen hängt von unterschiedlichsten Kriterien ab, die a-priori nicht zu beurteilen sind. Folgende Kriterien / Herausforderungen gibt es zu beachten:

- Technische Parameter (Energie, Temperatur, Leistung, Abwärme-Medium, Erschließungskosten),
- räumliche Parameter (Entfernung zum Verbraucher, Trassenführung, Art der Bebauung),
- rechtliche Parameter (Eigentumsverhältnisse) sowie
- wirtschaftliche Parameter (Investitions- und Betriebskosten, Kosten bestehender Wärmeversorgung, Verlässlichkeit der Abwärmequelle, etc.).

Im Projekt wurde ein Konzept erarbeitet, wie aus den Daten, die mittels des Spieles erhoben werden, eine räumliche Analyse der Potenziale für Abwärme aus Industrie und Gewerbe erstellt werden kann. Dafür wird z.B. der Standort der potenziellen Abwärmequellen (AWQ), der von den Spieler:innen angegeben und von den Mitspieler:innen evaluiert wird, sowie die Klassifizierung der Art der Quelle (Rückkühler, Kamin, Zusatzfragen zur Branche und Bauweise etc.) herangezogen. Der Standort kann auch aus den Bilddaten extrahiert werden, wobei der Aufnahmeort der Bilder (Geolokation) relativ weit vom Standort der AWQ entfernt sein kann. Für die wirtschaftliche Betrachtung sollen zum einen räumliche Aspekte und technische Aspekte (z.B. Temperaturniveau) der AWQ mit Charakteristika der Umgebung (z.B. mögliche Nutzer:innen, Nähe des Fernwärmenetzes...) kombiniert werden. Mögliche Veränderungen wie Gaspreise oder Strompreise können ebenfalls in diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen. Als Zielgruppe (Nutzer:innen) werden v.a. Energieraumplaner:innen, Fernwärmebetreiber:innen oder auch Bauträger:innen gesehen, die auf der Suche von potentiellen Abwärmequellen als Energielieferanten sind. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse soll dabei eine grobe und schnelle Analyse der Wirtschaftlichkeit ermöglichen.

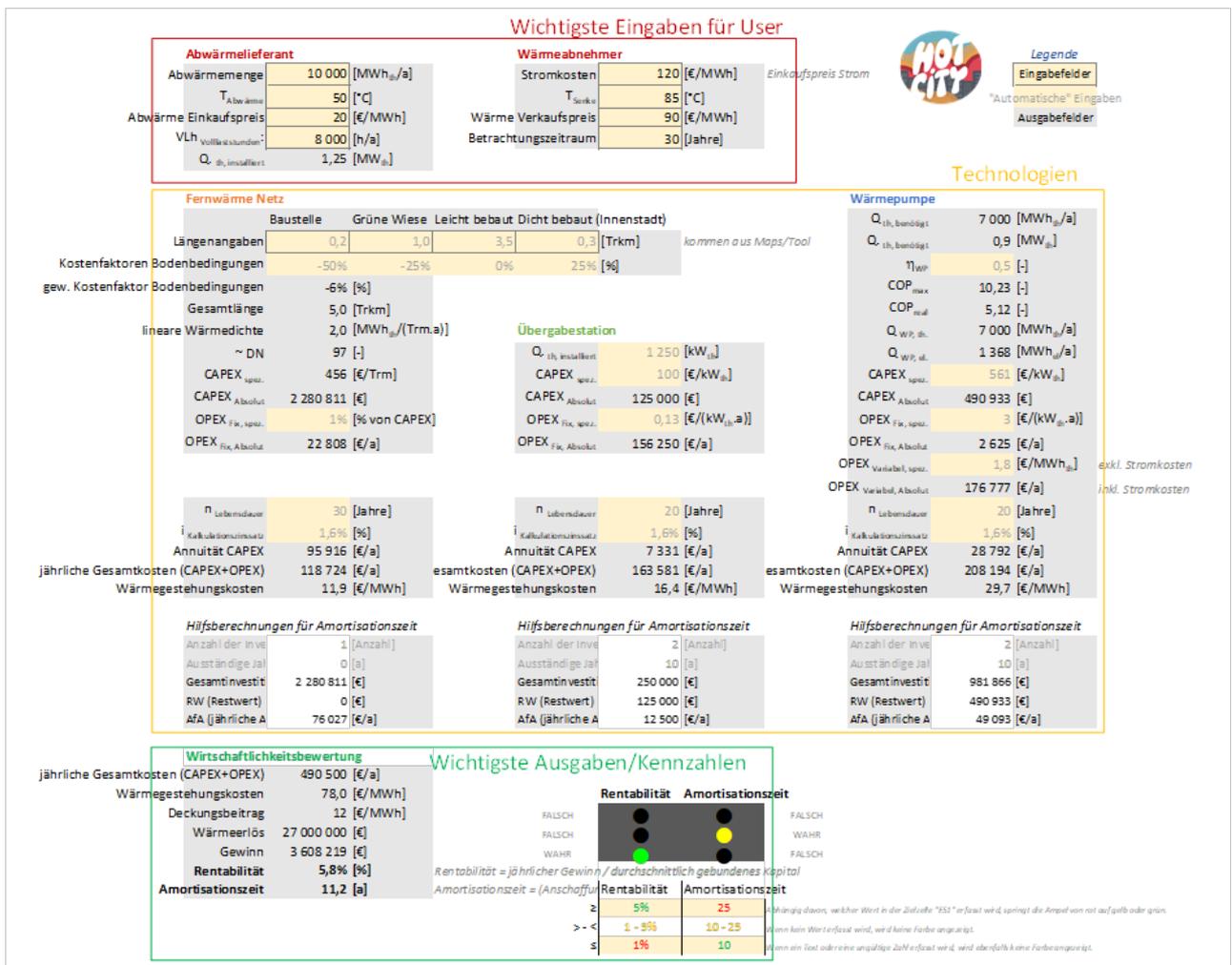
Die User:innen-Eingaben erfolgen aus der Logik des „Abwärmelieferanten“ und des „Wärmeabnehmers“. Es sind die jährliche Abwärmemenge (in  $MWh_{th}/a$ ), das Temperaturlevel der Abwärmequelle (in  $^{\circ}C$ ), der Preis für die Abwärme (in  $\text{€}/MWh$ ) sowie die jährlichen Volllaststunden (in  $h/a$ ) einzugeben. Aus der jährlichen Abwärmemenge und den Volllaststunden berechnet sich die mittlere Abwärmeleistung (in  $MW_{th}$ ). Zusätzlich sind die Stromkosten (in  $\text{€}/MWh$ ) anzuführen. Diese haben Einfluss auf die Kosten für den Betrieb der Wärmepumpe, welche Strom als Antriebsenergie benötigt. Ebenso ist die gewünschte Senktemperatur der Wärmeabnehmer:in (in  $^{\circ}C$ ) einzugeben. Über diesen Parameter entscheidet der Algorithmus, ob eine Wärmepumpe (WP) zur Erschließung der Abwärmequelle notwendig ist oder nicht. Über die Temperaturspreizung zwischen Senktemperatur und Abwärmetemperatur berechnet sich die benötigte Leistung der WP. Zusätzlich ist der erzielbare Verkaufspreis der Wärme anzuführen. Dieser hat Einfluss auf die erzielbaren Erlöse und entspricht dem Preis, den der Einkäufer der Abwärme für eine andere Wärmebereitstellung zahlen müsste.

Die wirtschaftliche Bewertung von Abwärmepotenzialen erfolgt anhand der beiden Kennzahlen „Rentabilität“ und „Amortisationszeit“ und wird in Form eines „Wirtschaftlichkeits-Scores“ im Ampelsystem angeführt. Die hinterlegte Berechnung und Logik ist in Abbildung 9 dargestellt und wird im Weiteren im Detail beschrieben. Zu erkennen sind drei wesentliche Abschnitte. Im ersten Abschnitt (siehe roter Rahmen) sind die Eingaben durch die User:innen dargestellt. Insgesamt können acht Parameter (gelbe Eingabefelder) eingegeben werden.

Im zweiten Abschnitt (siehe gelber Rahmen) erfolgt die techno-ökonomische Bewertung. Zum einen erfolgt eine technische Parametrisierung und eine Bewertung der Kosten. In diesem Abschnitt sind keine Eingaben seitens User:innen erforderlich. Die gelb markierten Felder mit grauer Schrift sind sogenannte „Automatische Eingaben“. Sie können durch profunde User:innen im Hintergrund (der WebGIS-Anwendung) geändert werden. Zur einfachen Anwendung für Enduser:innen sind bereits vordefinierte Werte hinterlegt. Hinter den Berechnungen stecken Logiken, um verschiedene Dimensionierungen - mittels Skaleneffekten - automatisch abbilden zu können.

Im dritten Abschnitt (siehe grüner Rahmen) erfolgt die wirtschaftliche Bewertung. Es werden Wärmegestehungskosten, Deckungsbeitrag sowie Rentabilität und Amortisationszeit berechnet. Im Ergebnis werden die Kennzahlen in Form des Ampelsystems gruppiert. Die Parametrisierung der Ampel, und somit die Ausgabe der Ampelfarbe, ist in der WebGIS-Anwendung ebenfalls hinterlegt (siehe Abbildung 38).

Abbildung 9: Übersicht über die im Tool implementierte Methodik zur wirtschaftlichen Bewertung von Abwärmepotenzialen ©AIT (Screenshot der Excel Berechnung)



# 5 Ergebnisse

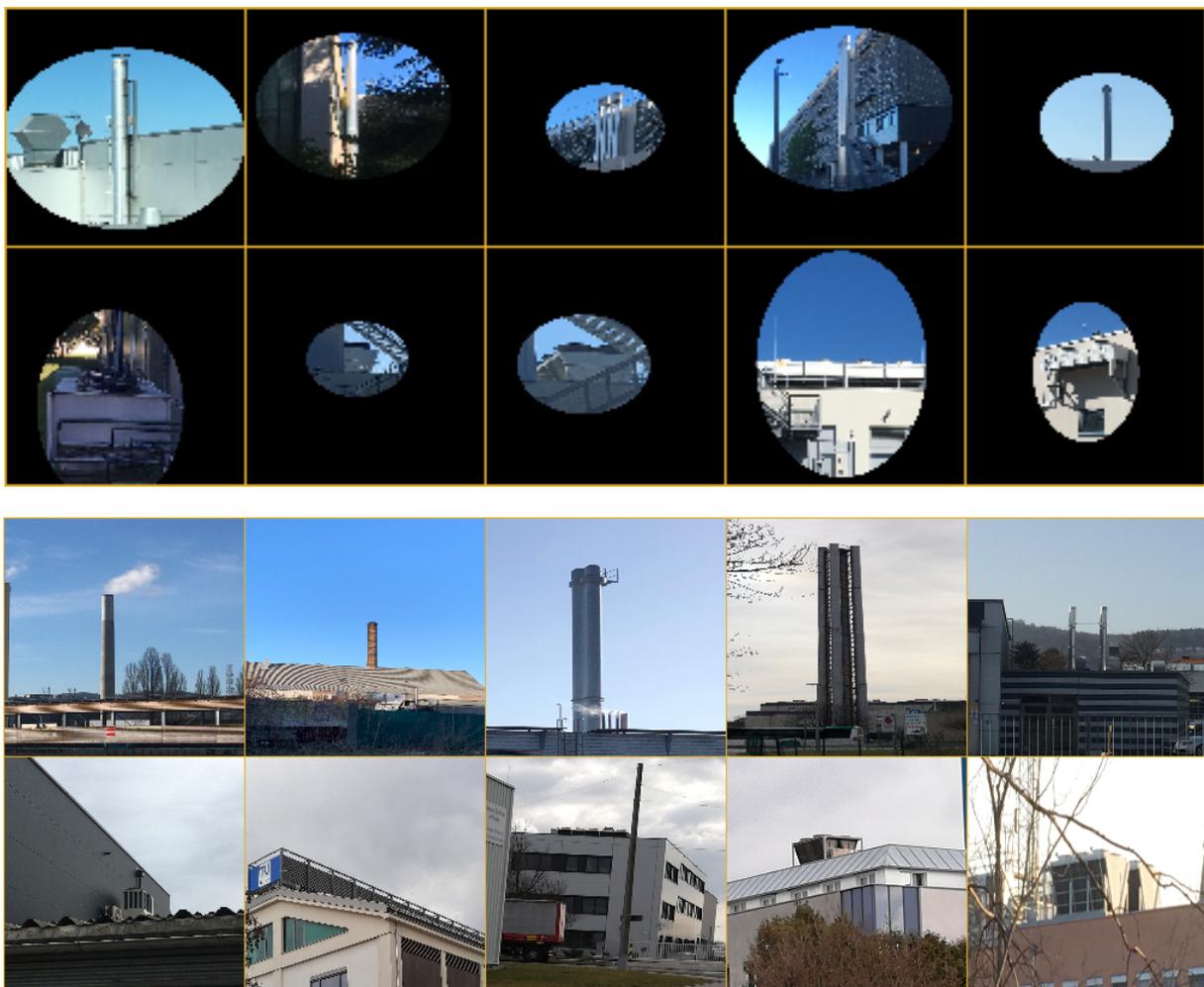
## 5.1. Ergebnisse der Bildanalyse

Aus dem 2. Testlauf vom März 2021 wurden 131 Bilder (59 Kamine und 72 Rückkühler) zur Analyse verwendet. 121 Bilder (54 Kamine und 67 Rückkühler) wurden zum Trainieren des CNN verwendet und 10 Bilder (5 Kamin und 5 Rückkühler) zum Validieren des Modells. Mittels eines iterativen Prozesses konnte ein Modell erstellt werden, das beim Trainingsdatensatz eine 90% Erkennungsquote und beim Testdatensatz immerhin 80% erreichen konnte – was deutlich über dem Zufallswert von 48% für Kamine und 60% für Rückkühler lag.

Die bei der Methodenentwicklung dargestellte Verbesserung der Ergebnisse durch das nachträgliche Maskieren der Bilder konnte nicht genauso in die entwickelte HotCity-App übernommen werden. Nach der Erstellung des Fotos wurde eine Möglichkeit implementiert, das Objekt (Kamin oder Rückkühler) manuell auszuschneiden.

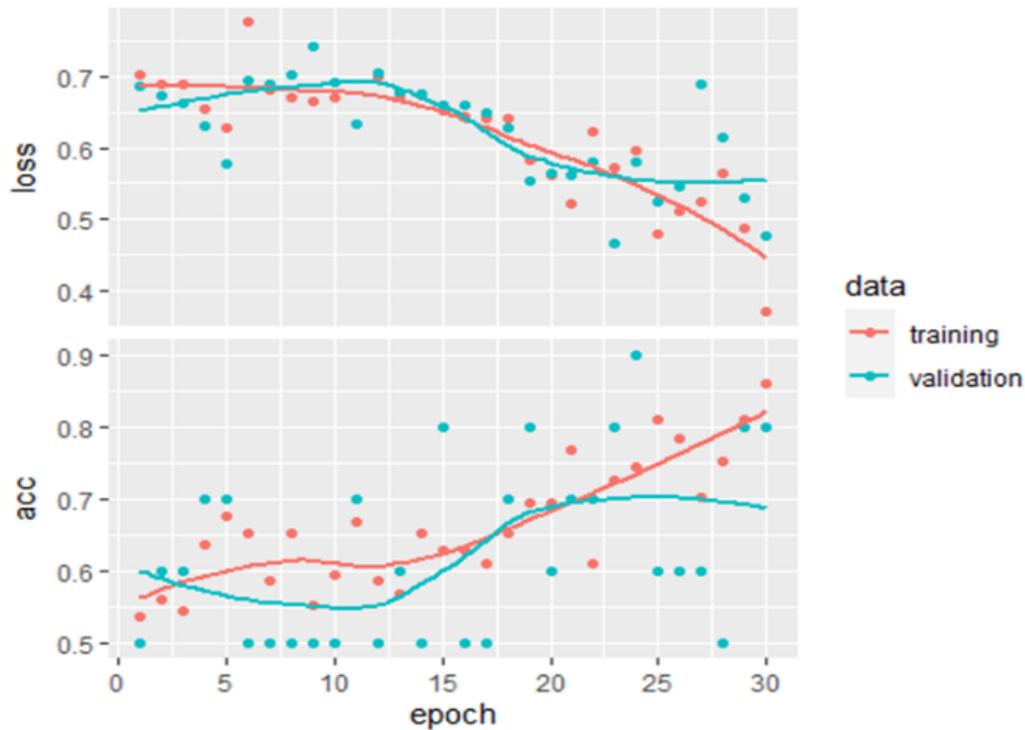
Die folgenden Abbildung 10 zeigt Testbilder aus der Methodenentwicklung (oben) - siehe auch Kapitel 4.3 - und Testbilder nicht nachbearbeitet aus der HotCity-App (unten).

Abbildung 10: Trainingsbilder Methodenentwicklung (oben) und der Tester:innen (unten) ©HotCity



Mit einem CNN (*convolutionary neural network*) konnte eine Zuordnungsgenauigkeit von 80% für die zehn Testbilder (Bilder, die nicht im Trainingsdatensatz waren) erreicht werden. Die folgende Abbildung 11 zeigt den Trainingsverlauf. Das Ergebnis stimmt sehr zuversichtlich, dass die Methode eingesetzt werden kann, um zumindest zwischen Kaminen und Rückkühlern recht zuverlässig zu unterscheiden. Man könnte damit auch Objekte identifizieren, die nicht eindeutig zuordenbar sind, d.h. Objekte, bei denen sich die Wahrscheinlichkeit, ein Kamin oder Rückkühler zu sein, nicht signifikant von Zufall unterscheidet.

Abbildung 11: Trainingsverlauf des CNN mit den HotCity Testbildern



## 5.2. Die HotCity-App

Für die Umsetzung der HotCity-App wurde ein Plattform-neutrales App-Design geschaffen, um User:innen beider Welten (iOS, Android) anzusprechen. Dieses plattform-agnostische Design bietet die Möglichkeit, die User:innen stärker in die HotCity-Welt zu ziehen, da die Branding-Elemente aus dem Styleguide überall ihre Umsetzung finden. Für einen schnellen Überblick wurden Erklärungsscreens für ein rasches Onboarding ausgearbeitet, welche die User:innen beim App-Start angezeigt bekommen und auch während der Nutzung der App immer wieder ansehen können. Die App orientiert sich an gelernten User Interface-Patterns (z.B. Menüführung, Call to Actions, Karte mit Markern), sodass keine spezifischen Kenntnisse oder Erklärungen notwendig sind, um die App zu bedienen.

Abbildung 12: Start-Screen der HotCity App

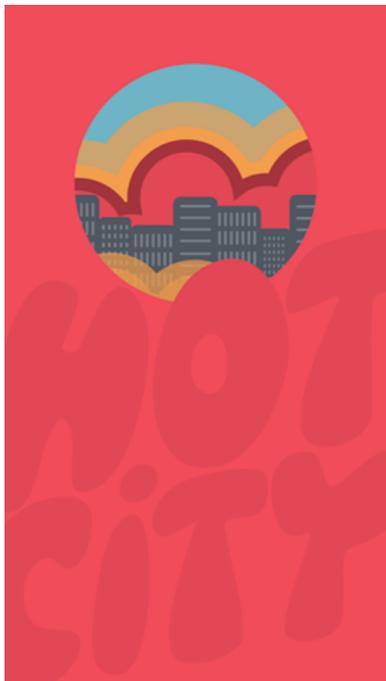
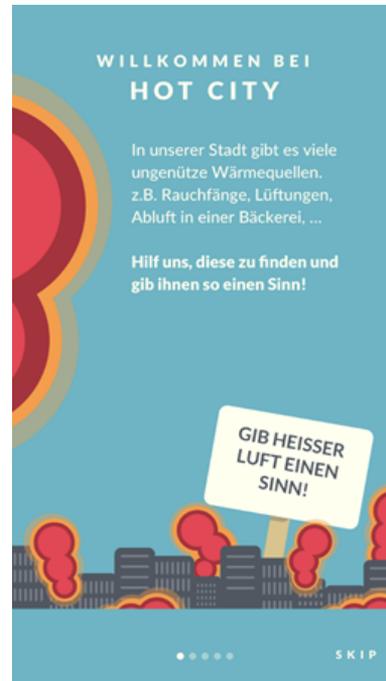


Abbildung 13: Tutorial der HotCity App



Die farbliche Gestaltung der App folgt einer einfachen Polarisierung, um ansprechend auf den/die User:in zu wirken. Frisches Himmelblau wird als primäre Farbe genutzt. Dem gegenüber steht Rot/Pink/Orange im App-Logo, das die Stadt-Hitze darstellen soll. Der/die User:in soll das Thema und die Aufgabe der App anhand der Farben implizit vermittelt bekommen.

Abbildung 14: Tutorialansicht II



Abbildung 15: Tutorialansicht III



Damit der/die User:in auf Augenhöhe in und durch das Spiel begleitet wird, werden an wichtigen Stellen Avatare genutzt. Diese Avatare sind illustrierte Personen in Weiß gekleidet (sie stehen für Sauberkeit und Frische), die immer wieder vorkommen, um die Spielmechanik zu erklären, oder um Feedback zu geben.

Abbildung 16: Kartenansicht der HotCity App

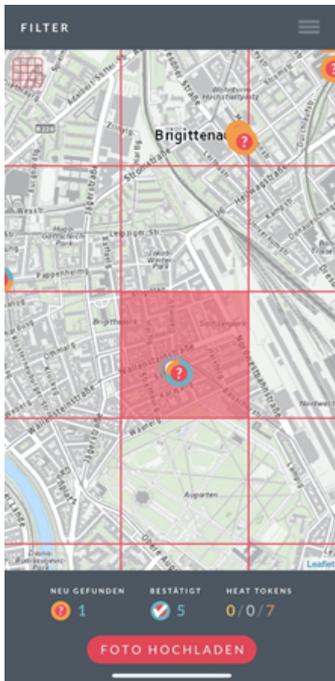


Abbildung 17: Ansicht einer eingetragenen AWQ

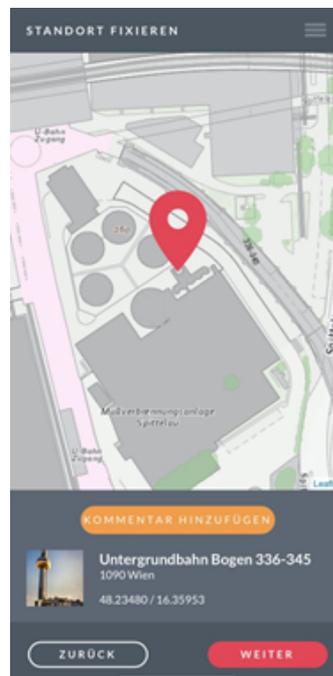


Der Home-Screen der App bzw. Hauptspielbereich ist die Übersichtskarte. Die Karte ist in rechteckige Distrikte geteilt, die durch User:innen und Crews erobert werden können. Von dort aus kann der/die User:in alles überblicken. Der/die User:in sieht die Stadt aus der Vogelperspektive, darüber die Distrikte und die Wärmequellen. Die Wärmequellen haben einen Status, der anzeigt, wie viele Infos noch von User:innen hinzugefügt werden können. Die gefundenen potentiellen Abwärmequellen werden auf der Karte als rot und orange umrandete Punkte angezeigt, siehe Abbildung 16 und Abbildung 17. Wenn der Abwärmequelle (AWQ) alle vier zugehörigen Informationen hinterlegt wurden, wird Sie als Häkchen im Rot-Blauen Kreis angezeigt, siehe Abbildung 17.

Abbildung 18: Wahl des Wärmequellen-Typs



Abbildung 19: Verortung einer Wärmequelle



Die User:innen können direkt vom Home-Screen aus neue potenzielle Abwärmequellen via „Foto Hochladen“ hinzufügen. Dabei wird das Foto erst gespeichert und danach via eines Karten-Pickers auf der Basemap Austria mit Koordinaten<sup>15</sup> eingetragen. Im nächsten Schritt wird der/die User:in dazu aufgefordert, erste Details zu der gefundenen Wärmequelle hinzuzufügen. Der Upload der Bilder zur Map und die Benennung der jeweiligen Abwärmequelle sowie die Bestätigung der Echtheit durch andere User:innen sind zentrale Herausforderungen des User:innen-Interfaces.

Abbildung 20: Highscore Ansicht in der App



Abbildung 21: Ansicht der Badges in der App



Ziel ist es, den/die User:in durch bekannte und etablierte Reward-Systeme im Spiel zu halten. Weitere Elemente sind der Heatscore (Anzeige von Heat-Tokens), Badges sowie zu erobernde Distrikte. Für die Spielmechanik wurden Badges und der Heatscore in der Form von Utility Tokens in Gold/Silber/Bronze abgebildet.

In den folgend dargestellten App-Screens sind Kommentare zu eingetragenen potenziellen AWQs sowie die Möglichkeit dargestellt, Details hinzuzufügen. Dabei wurden die Spieler:innen mit der Hilfe von Vergleichsabbildungen beim Eintragen der Detailangaben wie Höhe und Größe unterstützt.

<sup>15</sup> Die Spieler:innen legen die genaue Position auf der Karte fest, andere Spieler:innen können diese Angaben evaluieren.

Abbildung 22: Appscreens zu Eingabe von Details (links); Höhenangabe (mittig) und Modulgrößenangabe (rechts)

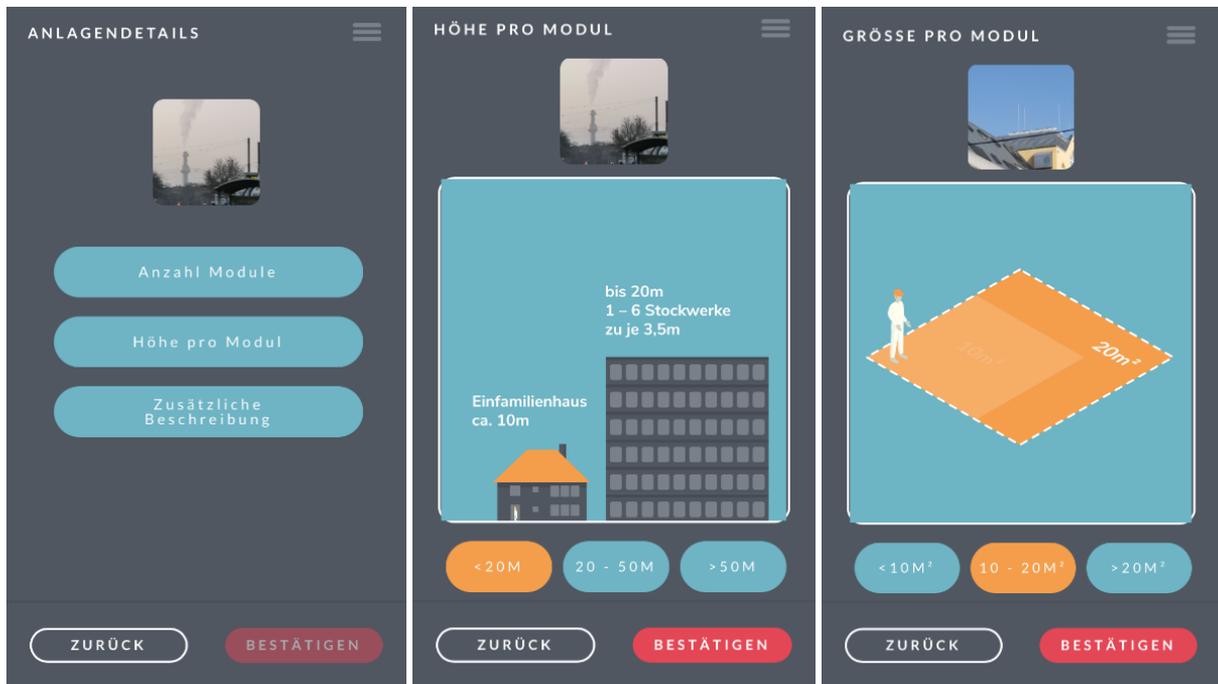


Abbildung 23: Kommentare zu pot. AWQs

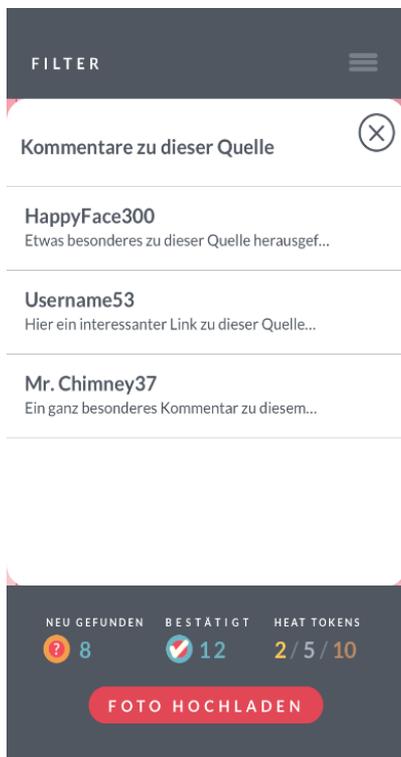
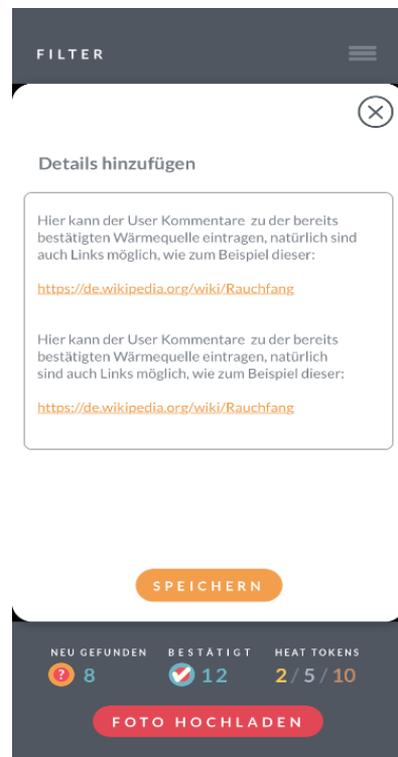


Abbildung 24: Details zu pot. AWQs



### 5.3. Ergebnisse der App-Tests

Im Folgenden werden die Ergebnisse der App-Tests im Zuge des Feldtests in Graz und Wien darstellt. Die folgenden Datenquellen wurden hierbei verwendet – siehe auch Kapitel 4.5:

- 1) App-Nutzungsdaten,
- 2) Daten aus einer Online-Befragung.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt auf deskriptiver Ebene mittels Mittelwerte aus einer fünfstufigen Ratingskala. Die folgenden Abbildungen zeigen eine Serie an erfassten Abwärmequellen in Graz (Abbildung 25) und das Logo einer Gruppe von Spieler:innen, die sich in einer „Crew“ zusammengefunden haben (Abbildung 26).

Abbildung 25: Route auf der Suche nach AWQs in Graz

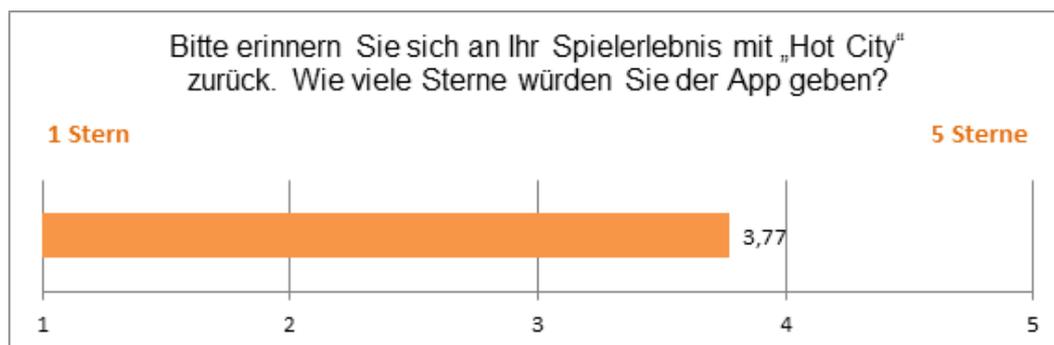


Abbildung 26: Logo einer Crew



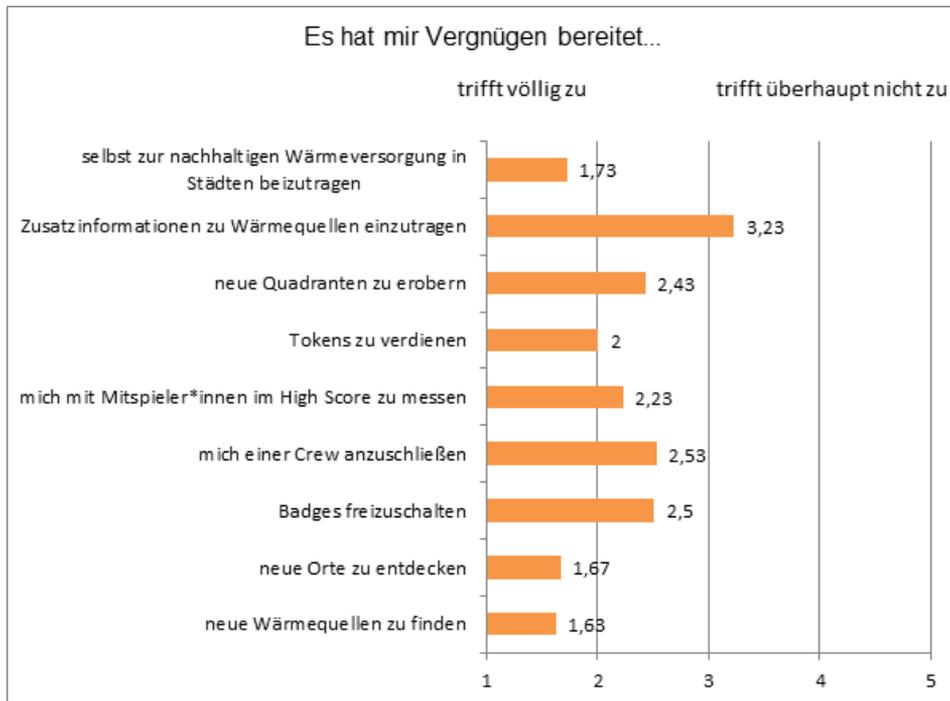
Insgesamt wurden 836 Tokens versendet für a) Abwärmequellen, unterteilt in Bronze, Silber sowie Gold und b) Badges. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Online-Befragung dargestellt.

Abbildung 27: Globale Bewertung der HotCity App



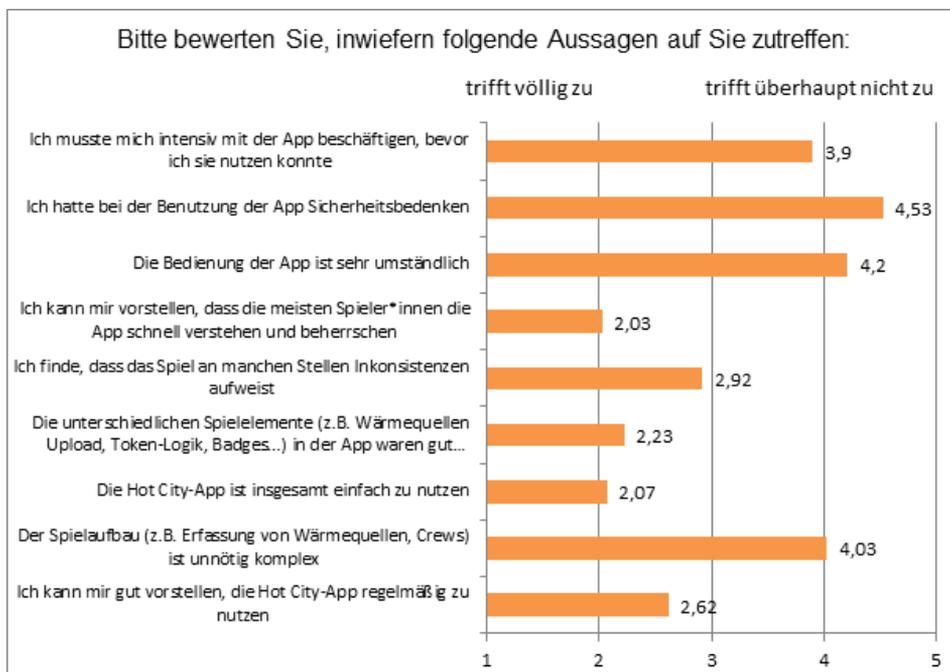
Die Gesamt-Bewertung der App, basierend auf einem fünfstufigen (Stern-)System, liegt bei 3,77.

Abbildung 28: Bewertung der Spieldynamiken



Das beliebteste Spielfeature deckt sich mit dem Hauptziel des Gamification Frameworks – dem Auffinden von Wärmequellen (M=1,63) – gefolgt von dem Auffinden neuer Orte (M=1,67) sowie dem persönlichen Beitrag zur Wärmeversorgung des jeweiligen Wohnorts / der Heimatstadt, siehe Abbildung 28.

Abbildung 29: Usability Rating der HotCity App



In Bezug auf die Usability & Akzeptanz der App können zufriedenstellende Werte berichtet werden, siehe Abbildung 29. So ist die Bedienbarkeit subjektiv hoch (Mittelwerte von 2,03 bis 2,62). Vor allem

das simple User-Interface (M=2,07) sowie die Einschätzung der Verständlichkeit für andere User:innen (M=2,03) sind diesbezüglich hervorzuheben. Der normierte System-Usability-Score (SUS-Score)<sup>16</sup> liegt bei 79,675, was einem guten Wert entspricht (Maximum = 100, Minimum = 0).

Als erfolgreichste bzw. beliebteste Spielstrategie wurde „Spaziergehen“ genannt (27%), unter anderem wegen der positiven gesundheitlichen Effekte, gefolgt von der gezielten Suche nach Wärmequellen in Industrievierteln (20%) sowie der Suche vorab auf Google Satellitenkarten (16%).

*„Einerseits Aufsuchen von Industriegebieten eher außerhalb von Wien, da sich hier einige Wärmequellen finden ließen. Wenn ich in der Stadt spazieren war, habe ich oft geschaut, ob schon Wärmequellen eingezeichnet waren, die ich überprüfen und bestätigen könnte.“*

### **Fazit**

Die Ergebnisse des Feldtests zeigen hohe Werte für die Akzeptanz der App. Auch der Spielspaß bzw. „Fun of Play“ sowie der Schwierigkeitsgrad wurden als angemessen bewertet. Der normierte SUS Usability Score liegt im oberen Fünftel, somit ist eine hohe subjektive Bedienbarkeit evident.

Die Kernfunktionalität der App – das Suchen von Wärmequellen, die im Einklang mit den Projektzielen konzipiert und integriert wurde – wird seitens der User:innen als motivierend gesehen. Im Vergleich zu anderen Spielfeatures ist hier der Unterhaltungswert besonders hoch ausgeprägt.

In Bezug auf die qualitativen Aspekte wurden sowohl das Design der App, die Spielidee als auch die einfache Bedienung seitens der Testpersonen gelobt.

## **5.4. Ergebnisse der gesammelten Testdaten**

Auf Basis des Evaluierungskonzeptes (siehe Kapitel 0) wurden die Daten der beiden Tests im November 2020 und Februar 2021 analysiert. Die aus der App gewonnenen Daten bestehen hauptsächlich in der Unterscheidung, ob es sich um einen Kamin oder einen Rückkühler handelt, bzw. um eine Unterscheidung der Type. Vereinzelt wurden auch Zusatzinformationen, z.B. die Größe einer Anlage, übermittelt.

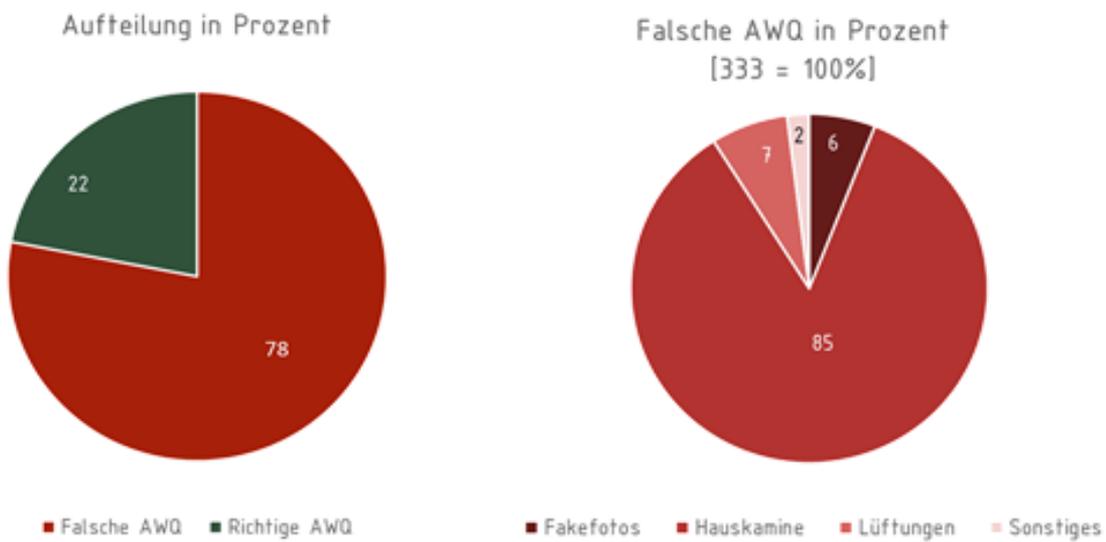
Gerade im ersten Feldtest musste festgestellt werden, dass vielen Spieler:innen offenbar nicht ausreichend bewusst war, welche Objekte gesucht werden sollen, sodass nicht einmal ein Viertel der markierten Abwärmequellen den Suchkriterien entsprachen. Vor allem Hauskamine, die als solche eigentlich gut identifizierbar sind, wurden angezeigt. Daraus wurde abgeleitet, dass das Prozedere des Briefings der Tester:innen (Kapitel 4.5) deutlich intensiviert werden sollte, um verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Diese Bemühungen haben im zweiten Testlauf ein deutlich gewandeltes Bild bewirkt.

Abbildung 30 zeigt das Ergebnis der Evaluierung der gemeldeten potenziellen Abwärmequellen (AWQ) im ersten Testlauf im Herbst 2020:

---

<sup>16</sup> SUS-Score: Methode zur Messung der Usability einer Anwendung – Werte können eine Ausprägung zwischen 0 (schlechteste vorstellbare Anwendung) und 100 (beste vorstellbare Anwendung) annehmen. (<https://blog.seibert-media.net/blog/2011/04/11/usability-analysen-system-usability-scale-sus/>)

Abbildung 30: Verifizierung potenzieller Abwärmequellen aus dem 1. Feldtest



Die im Zuge der ersten Evaluierung als richtig identifizierte Objekte waren zu etwa einem Drittel Rückkühleranlagen und etwa zwei Drittel Rauchfänge. Da aufgrund der geringen Zusatzinformationen und der geringen Anzahl an validen Daten eine repräsentative Auswertung nicht möglich war, wurde auf die zweite Stufe der Detailevaluierung verzichtet.

Im zweiten Testlauf im Februar 2021 wurden insgesamt 250 potenzielle Quellen gemeldet, wobei etwa gleich viele in Wien und in Graz eingetragen wurden.

Abbildung 31: Verortung der Abwärmequellen in Graz (©Basemap: basemap.at)

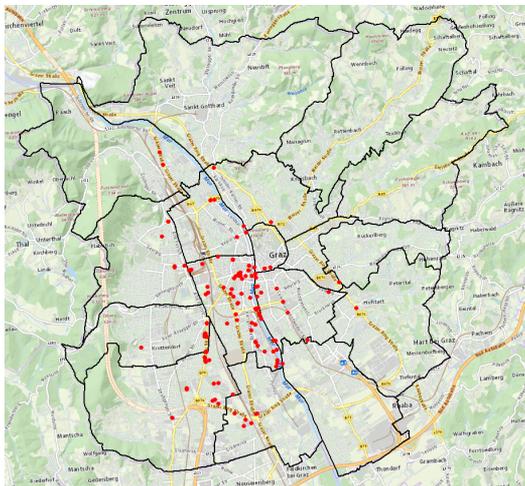
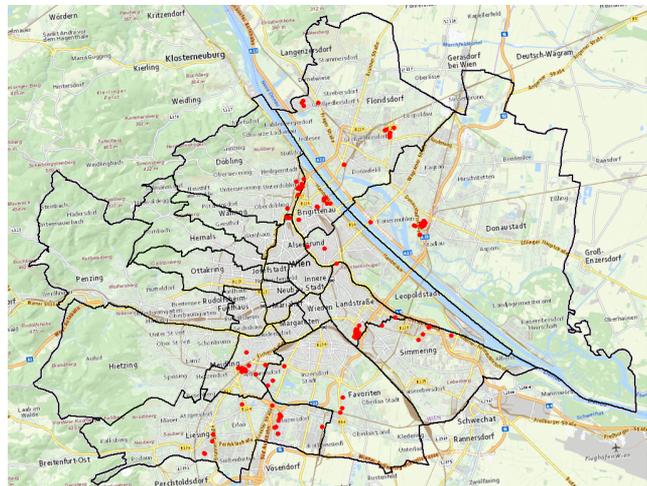


Abbildung 32: Verortung der Abwärmequellen in Wien (©Basemap: basemap.at)



Ergebnis der Validierung der gemeldeten Abwärmequellen im zweiten Testlauf im Februar 2021 in **Graz**:

Abbildung 33: Verifizierung Abwärmequellen in Graz nach Typen

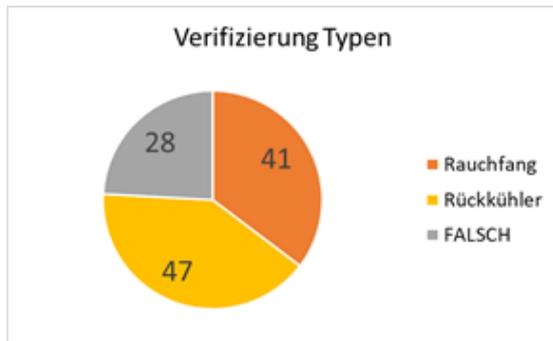
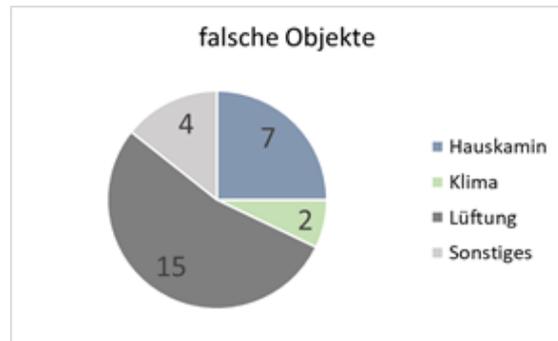


Abbildung 34: Typisierung falscher Objekte



Ergebnis der Validierung der gemeldeten Abwärmequellen im zweiten Testlauf im Februar 2021 in **Wien**:

Abbildung 35: Aufteilung nach Haupttypen in Wien

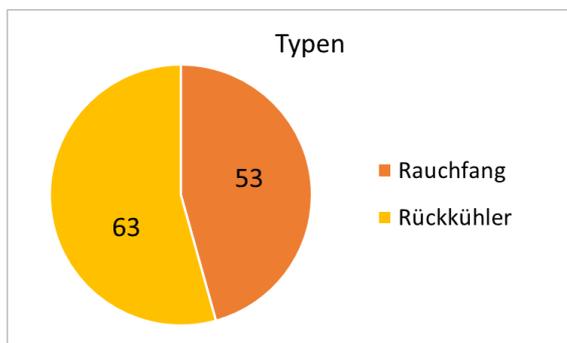
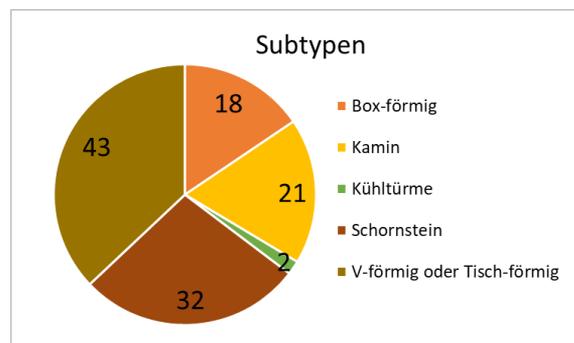


Abbildung 36: Aufteilung nach Subtypen in Wien



Bei etwa 15% der gesamten Einträge wurden zusätzlich Detailinformationen angegeben. Weniger als 10% der eingetragenen Quellen wurden mehr als zweimal bestätigt. Die Validierung der Objekte, die mehr als zweimal bestätigt wurden (8), erweisen sich zum Großteil als plausibel (75%).

In beiden Testphasen wurden fast keine zusätzlichen Informationen über die Größe der Anlagen übermittelt, sodass eine Berechnung des Abwärmepotenzials kaum möglich ist. Im Spiel war es möglich, mittels eines Vergleichs mit anderen Objekten (z.B. Gebäuden) eine grobe Abschätzung der Höhen und Größen der Anlagen (Anzahl/Fläche oder Höhe) abzugeben (siehe dazu Kapitel 5.2). Für einzelne Anlagen wurden nachträglich online – z.B. anhand von Luftbildern – Informationen über die Anlagenart und -größe gesammelt, um so einen Plausibilitäts-Check über die unter Kapitel 0 angenommenen Werte im Abgleich mit bestehenden Studien durchführen zu können.

Dabei wurden große Unterschiede zwischen den Werten aus den bestehenden Studien und den nun ermittelten Potenzialen festgestellt. Während die ermittelten Abwärmeleistungen hinreichend übereinstimmen, weichen die Jahresenergiemengen zum Teil sehr stark ab. Dies liegt hauptsächlich in den sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Betriebsweisen der Anlagen, wodurch keine Vereinheitlichung möglich ist. Aufgrund fehlender Informationen zu Branche, Verwendungszweck und Betriebszeiten der Anlagen, etc. ergeben sich diese großen Abweichungen. Ob Anlagen zur

Gewährleistung der Betriebssicherheit, z.B. in Serverzentren, redundant ausgeführt wurden, oder ob eine Anlage ganzjährig, nur im Sommer oder überhaupt nur sporadisch betrieben wird, hat große Auswirkungen auf das Abwärmeaufkommen. Im Zuge einer Weiterentwicklung des Spiels sollte einerseits die Möglichkeit verbessert werden, diese allgemein zugänglichen Zusatzinformationen wie z.B. die Branche, Größe eines Unternehmens, Art der Niederlassung (großer Produktionsbetrieb, kleines Büro, ...) eingeben zu können, aber auch entsprechende Anreize geschaffen werden, indem es beispielsweise für Online-Recherchen zusätzliche Belohnungen gibt. Ob dieses theoretisch vorhandene Potenzial eventuell bereits in internen Prozessen genutzt wird oder tatsächlich zur Verfügung steht, kann anschließend ohnehin nur in direktem Kontakt mit dem betreffenden Unternehmen ermittelt werden.

Positiv zu bewerten ist, dass, auch wenn sowohl in Wien als auch in Graz nur einzelne Teile der Stadt besucht wurden, einige Quellen identifiziert werden konnten, die bisher nicht bekannt waren. Dabei handelt es sich vorwiegend um Einkaufszentren, Wäschereien oder Serverzentren, die auf den ersten Blick vielversprechende Potenziale aufweisen und in einem nächsten Schritt einer detaillierten Analyse unterzogen werden müssen. Speziell kleinere Anlagen können durch diese spielerische Methode besser und flächendeckender erfasst werden.

Besonders hervorzuheben ist außerdem, dass in einigen Fällen die Verortung der Anlagen aufgrund der Nutzung von Luftbildern sehr exakt durchgeführt wurde. Da bei bisherigen Studien üblicherweise eine Georeferenzierung über die Adresse erfolgte, stellt die Methode von HotCity hier eine wesentliche Verbesserung dar.

## **5.5. Darstellung der Ergebnisse und Wirtschaftlichkeitsanalyse der Abwärmequellen mittels Web-App**

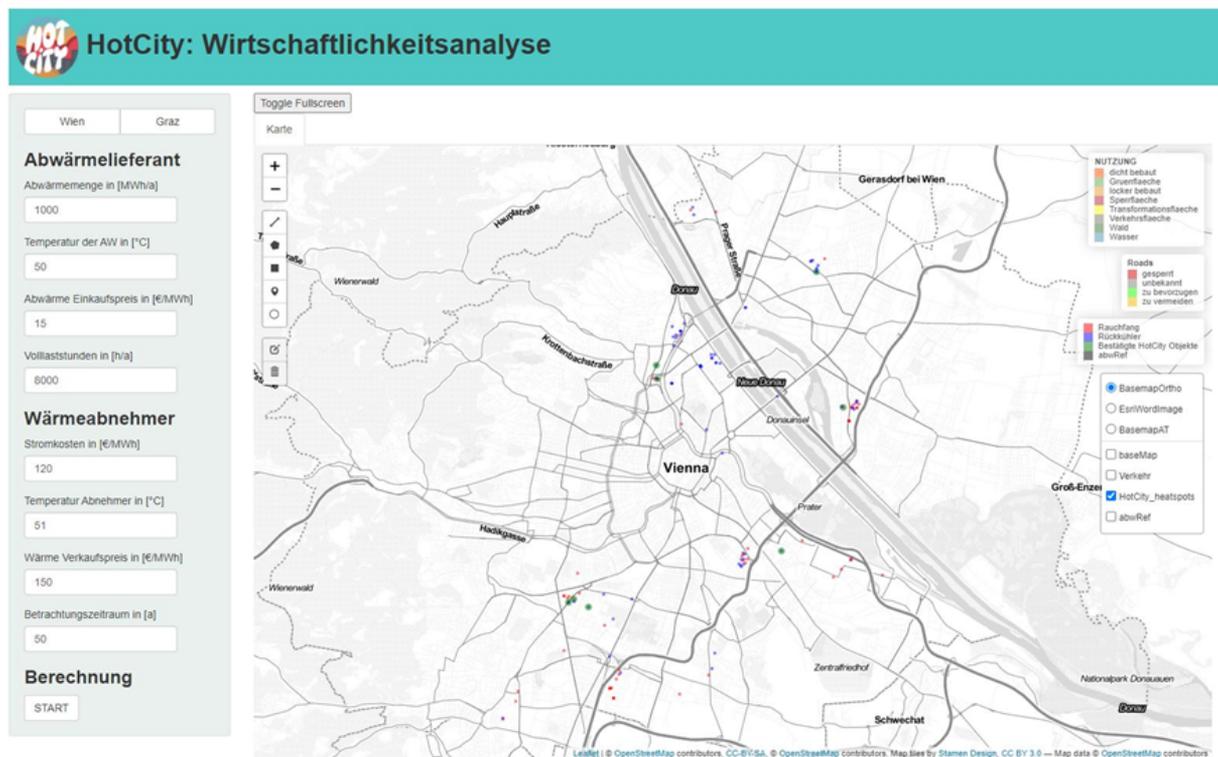
Das entwickelte Konzept (Kapitel 0) wurde in eine interaktive Web-GIS Applikation überführt. Dabei wurde mittels R<sup>17</sup>-Scripts und Shiny<sup>18</sup> ein Tool erstellt, das es den Benutzer:innen ermöglicht, die Ergebnisse aus dem Spiel gezielt für z.B. Stadtplaner:innen (Energieraumplaner:innen) aufbereitet abzurufen. Die folgende Abbildung zeigt den Prototypen dieser Web-GIS Applikation.

---

<sup>17</sup> <https://www.r-project.org/> zuletzt abgerufen am 29.10.2021 um 21:38

<sup>18</sup> <https://shiny.rstudio.com/> zuletzt abgerufen am 29.10.2021 um 21:39

Abbildung 37: Web-GIS Applikation zur Darstellung der HotCity-App Ergebnisse und Wirtschaftlichkeitsanalyse (proof of concept Prototyp) © AIT



Mittels der Angabe von wenigen Parametern v.a. zu den Wärmeabnahmebedingungen und einer Eingabe der Verbindung zwischen Abwärmelieferanten und Abwärmennutzung und verschiedenen Hintergrundinformationen wie der aktuellen Landnutzung<sup>19</sup>, wird eine erste Abschätzung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt die dem/der Benutzer:in der Web-App angezeigt wird. Ein wichtiger Aspekt ist die Leitungslänge. Diese ergibt sich aus den gemessenen Längen aus dem Tool. Die Leitungslängen werden dabei vier verschiedenen Kategorien zugeordnet. Diese haben einen Einfluss auf die Investitionskosten, da die Baukosten auf der Baustelle geringer sind, als im dicht bebauten (Stadt-) Gebiet. Dies wird durch Kostenfaktoren (von -50 bis + 25%) für Bodenbedingungen berücksichtigt. Diese Informationen können für Wien aus der Realnutzungskarte (OGD) oder aber auch über Urban Atlas Daten (für das Untersuchungsgebiet Graz) bezogen werden. Aus diesen Faktoren und den jeweiligen Längenangaben ergibt sich ein gewichteter Kostenfaktor. Die lineare Wärmedichte ist ein wichtiger Indikator in der Fernwärme, siehe z.B. (Pol 2016). Sie berechnet sich aus der gesamten Wärmemenge (z.B. MWh/a) pro Trassenlänge (Trm). Als Richtwert für den wirtschaftlichen Betrieb gilt eine lineare Wärmedichte von größer 1,2 MWh/(Trm.a) (ÖKL, 1999). Je höher die lineare Wärmedichte, desto besser ist die Wirtschaftlichkeit.

Bei Unwirtschaftlichkeit kann eine mögliche alternative Route analysiert oder Änderungen der Eingabeparameter vorgenommen werden, um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Die folgende Abbildung stellt dies anhand eines Beispiels dar:

<sup>19</sup> Ackerland, Wiese, Wohngebiet, Verkehrsflächen, Transformationsflächen aus der Realnutzungskartierung für Wien (OGD Wien) oder Urban Atlas Daten für Graz

Abbildung 38: Beispielsanwendung der Web-Applikation zur Wirtschaftlichkeitsanalyse © AIT

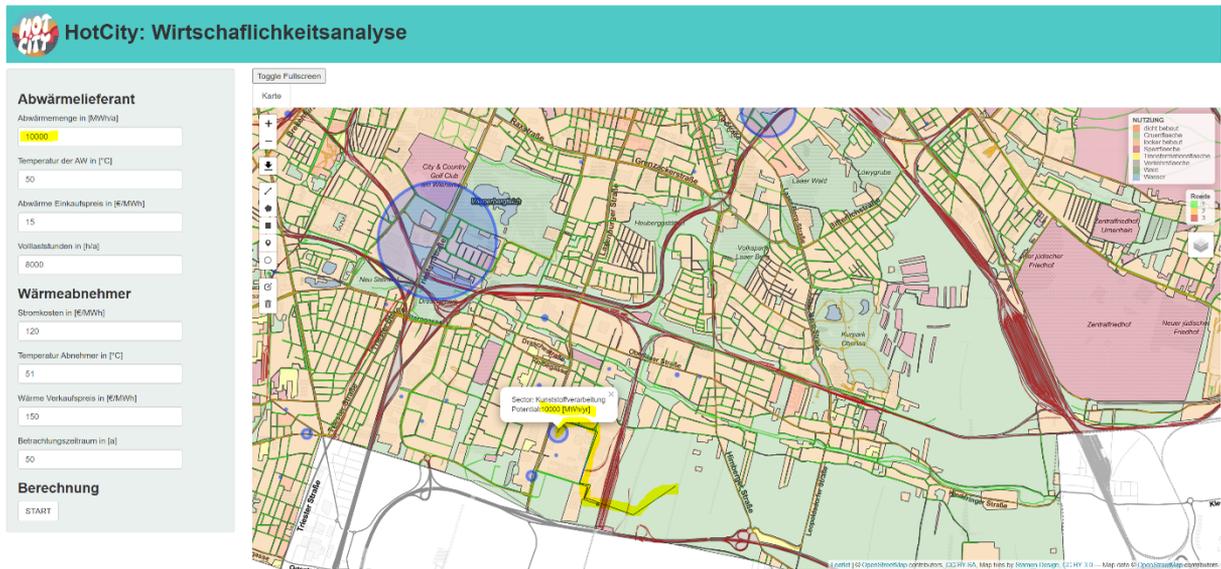
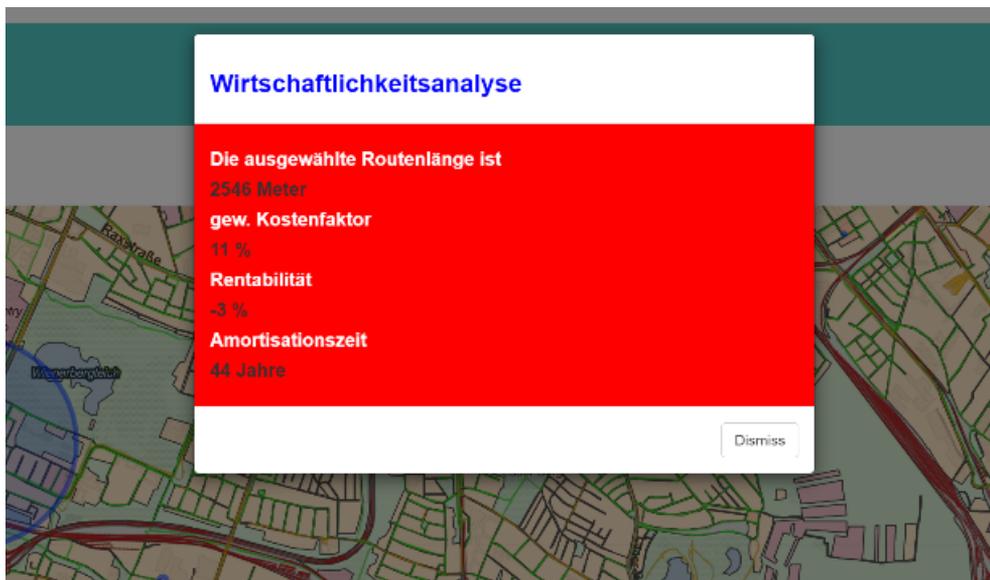


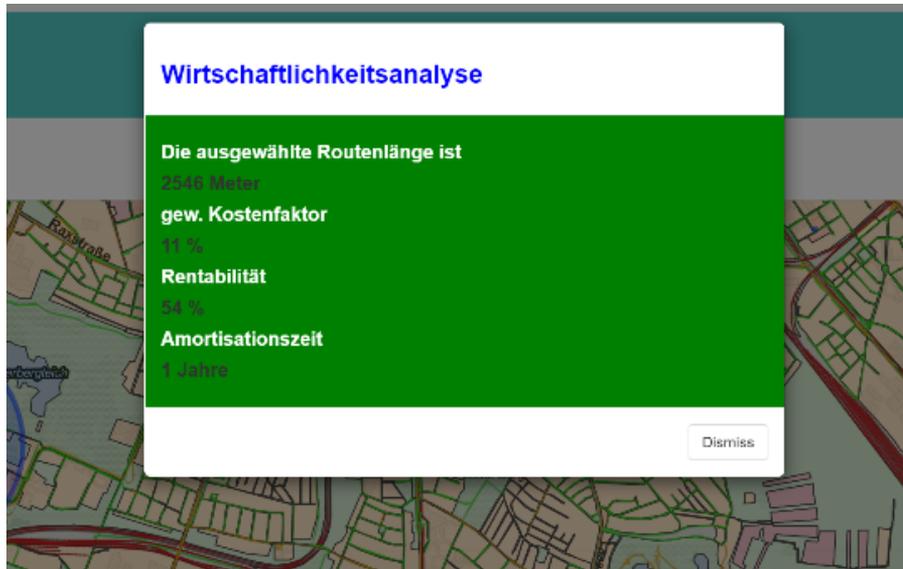
Abbildung 39: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsanalyse mit unwirtschaftlichen Parametereinstellungen © AIT



Im gezeigten Beispiel kann die Wirtschaftlichkeit erreicht werden, indem der Einkaufspreis von 130 €/MWh (unwirtschaftlich) auf 50 €/MWh (wirtschaftlich) stark reduziert wird<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Es ist anzumerken, dass es sich dabei um ein rein fiktives Beispiel handelt und die Wirtschaftlichkeit auch z.B. durch eine Erhöhung des Wärme-Verkaufspreises eines alternativen Wärmelieferanten (z.B. durch gestiegene Öl- oder Gaspreise) erzielt werden kann.

Abbildung 40: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsanalyse mit wirtschaftlichen Parametereinstellungen © AIT



Da es sich beim Projekt um einen „proof of concept“ handelt, ist diese Web-GIS-Applikation nicht öffentlich verfügbar. Die Online-Dokumentation beinhaltet ein Video, das die Funktionsweise demonstriert und das Tool genauer beschreibt ([Link](#)).

# 6 Schlussfolgerungen

## 6.1. Lessons learned bezüglich der HotCity-App Entwicklung

- Bereitstellung eines optionalen Tutorial-Videos und eines halbstündigen Webinars zur Einführung und Erklärung der App: Da die User:innen-Segmentierung in Zukunft reguläre User:innen-Expert:innen sowie Community-Expert:innen umfassen könnte, ist ein solches Webinar eine effiziente Methode zum Onboarding sowie zur Vermittlung der notwendigen Kompetenzen, um Wärmequellen nach ihrem Potential beurteilen zu können.
- Vereinfachung des Registrierungsprozesses durch Veröffentlichung in den App Stores: Der aktuelle Prozess setzt mehrere Schritte voraus, die eine zeitliche Verzögerung für User:innen bedingen und somit ein „seamless Onboarding“ erschweren. Zudem musste die Freigabe auf Grund von restriktiven Settings bei Firmengeräten teils manuell erfolgen. Eine Veröffentlichung im App-Store würde derartige Probleme unterbinden.
- Integration eines Buttons zum Update der eigenen GPS-Position innerhalb der App: Diese Funktion erleichtert die korrekte Positionierung, zudem sollte eine „double-select“ Interaktion für den Upload von Fotos eingeführt werden, damit User:innen die GPS-Position korrekt eintragen bzw. nachjustieren können.
- Umstellung der Kartensicht auf eine Satellitenansicht: Damit ist ein einfacheres Erkennen von Wärmequellen möglich, zudem kann mit beispielsweise Google Earth 3D auch eine Höhenabschätzung der Objekte/Wärmequellen vorgenommen werden.
- Integration von Push-Notifications (Kurznachrichten, die vom System bzw. der App an den Smartphone-User geschickt werden) für das Finden von Wärmequellen und die Einladung in Gruppen: Damit werden User:innen auch regelmäßig zur Nutzung der App animiert, jedoch muss hier auf eine gute Balance geachtet werden, um keinen störenden Einfluss auszuüben.
- Die Token-Logik sollte so angepasst werden, dass das Bestätigen von Wärmequellen nur zwischen unterschiedlichen Gruppierungen/Crews möglich ist.
- Die „Melden“-Funktion für hochgeladene Wärmequellen sollte besser erklärt bzw. eingeführt werden, um eine positive Konnotation zu erzeugen und somit Nutzung seitens der User:innen anzuregen. Beispielsweise könnte „Melden“ durch die Bezeichnung „Richtig?“ ersetzt werden. Außerdem sollte, z.B. mittels Textfeld, dargelegt werden können, was eventuell nicht richtig ist (falsche Verortung, falsches Objekt, doppelte Deklaration, ...)
- Die Hybrid-App-Entwicklung mittels Cross-Plattform-Technologie – in diesem Fall Ionic (WebApp Development Framework) mit Capacitor (Cross-Platform native Runtime) – hat Vorteile bezüglich der Umsetzungsgeschwindigkeit und der damit verbundenen Aufwände für die beiden relevanten Smartphone-Betriebssysteme iOS und Android gebracht. Allerdings ist bei realem Betrieb jenseits eines Prototypen auch mit einem erhöhten Wartungsaufwand zu rechnen, da Libraries und Plugins in diesen Hybrid-App Ökosystemen sehr kurze Lebenszyklen haben und auch die Basisframeworks oft eine Aktualisierung erfahren. Updates müssen regelmäßig durchgeführt werden und Migrationen auf neue Major-Releases sind mittels des Migrationspfads zwar möglich, aber ebenfalls mit erhöhtem Aufwand verbunden, da die Dokumentation generisch ist und selten die

speziellen Anwendungsfälle der jeweiligen App mit der kombinierten Nutzung von Plugins und Libraries behandelt.

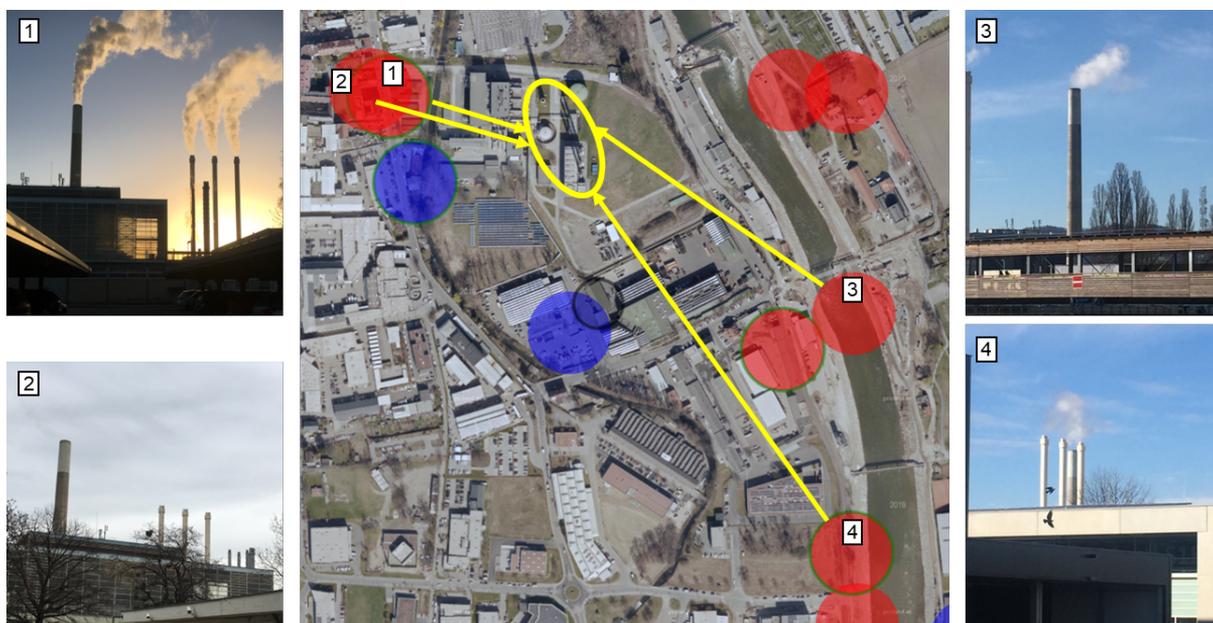
- Generell eignen sich Hybrid-App Technologien für Prototypen, um rasch für plattformübergreifende Projekte zu entwickeln und damit eine breite Zielgruppe für Tests anzusprechen. Speziell für markttaugliche Anwendungen ist aber auf eine sehr saubere Appstruktur und kontinuierliche Updates zu achten, um später höhere Aufwände zu vermeiden bzw. nicht Gefahr zu laufen, den Migrationsaufwand unwirtschaftlich werden zu lassen. Es besteht weiters die Gefahr, dass bei unterlassenen Wartungszyklen ein App-Update für die jeweilige Plattform aufgrund von nicht mehr unterstützten Plugins unmöglich bzw. unwirtschaftlich wird.

## 6.2. Lessons learned bezüglich der gesammelten Daten

Im Zuge der Evaluierung der Ergebnisse aus den Testläufen wurden diverse Aspekte festgestellt, die bei der Auswertung hinderlich waren. Diese wurden erfasst, um daraus zu lernen oder auch um die HotCity-App entsprechend verbessern zu können.

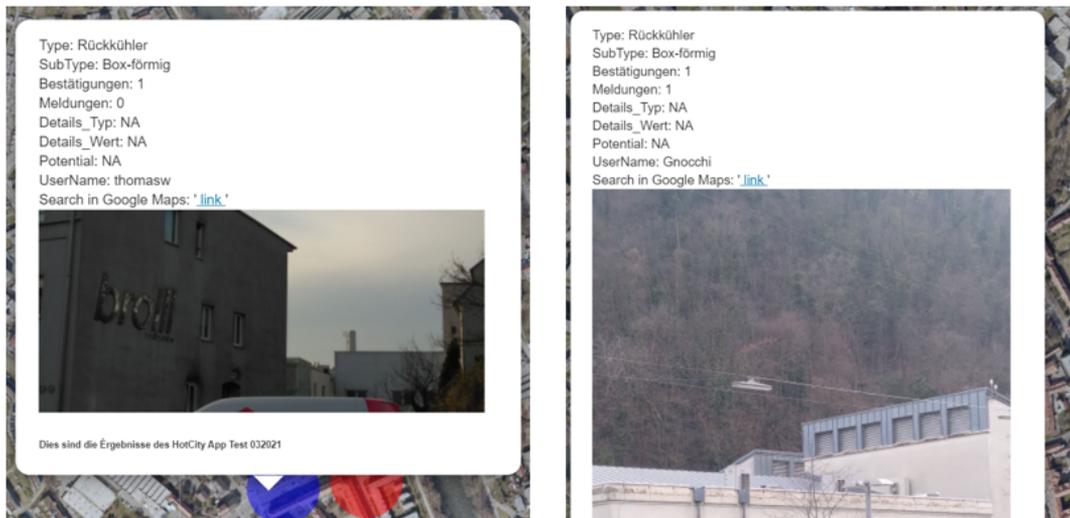
**Verortung:** Einige der überprüften potenziellen Abwärmequellen waren falsch verortet. Dies stellt einerseits bei der Überprüfung eine Erschwernis dar, weil eine Abwärmequelle erst manuell der richtigen Position und dem richtigen Unternehmen zugeordnet werden muss. Auch ein Abgleich mit bestehenden Studien wird dadurch erschwert. Zusätzlich passiert es dadurch leichter, dass eine Quelle mehrfach identifiziert wird, wodurch ebenfalls eine manuelle Bearbeitung erforderlich ist, damit das realistische Potenzial nicht vervielfacht wird. Im Zuge einer Weiterentwicklung der App sollte eine korrekte Verortung erleichtert werden.

Abbildung 41: Mehrfache Identifikation einer Abwärmequelle ohne richtige Verortung  
(Hintergrundbild Mitte © basemap.at Ortho)



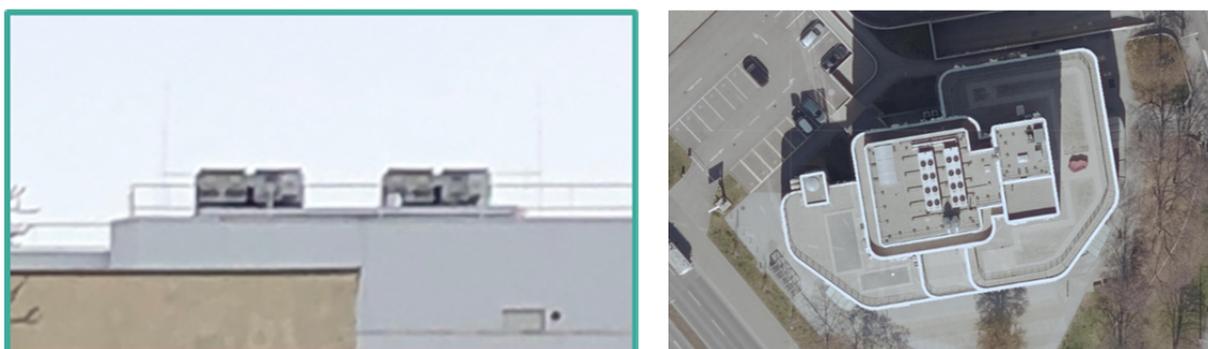
**Schwer identifizierbare Quellen:** Manche, der von den Spieler:innen markierten Abwärmequellen waren anhand der Fotos nur schwer zu identifizieren und zu kontrollieren. Dies liegt teilweise an der sehr großen Entfernung des Objektes bei der Aufnahme, einem unzureichend eingegrenzten Bereich oder den Lichtverhältnissen und zusätzlich unzureichender Verortung.

Abbildung 42: Nicht oder kaum erkennbare Abwärmequellen auf Fotos



**Nutzung von Luftbildern:** Zum Teil sind Abwärmequellen aber auch vom Boden aus kaum oder gar nicht erkennbar, sondern nur aus Luftaufnahmen. Einige Tester:innen in Wien haben auch explizit anhand von Luftbildern nach Wärmequellen, wie z.B. Rückkühlern gesucht. Auf den hochgeladenen Fotos sind teilweise keine Rückkühler abgebildet. Im Zuge der Evaluierung konnte das Gebäude durch die Geolocation in der Stadt ausfindig gemacht und am Luftbild die Wärmequelle identifiziert werden. Werden zukünftig nicht nur die meist auf Straßenniveau erstellten Fotos der Spieler:innen zur Abwärmequelle gespeichert, sondern auch dazugehörige Luftbilder, so wird eine Bewertung vereinfacht und es können auch Potenziale aufgezeigt werden, die sonst unentdeckt blieben.

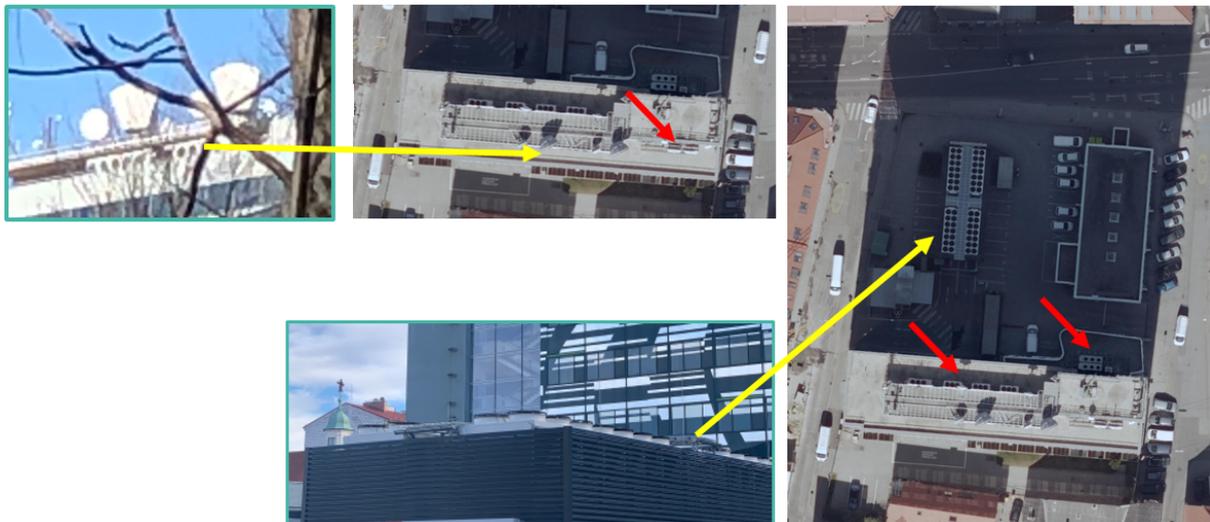
Abbildung 43: genauere Detailinformation für Rückkühler am Dach durch Luftbilder (Hintergrundbild rechts © basemap.at Ortho)



Luftbilder zu nutzen, ist eine sinnvolle Möglichkeit, um Quellen in der Umgebung des eigenen Standorts zu entdecken. Ebenso sind sie hilfreich, um Detailinformationen wie z.B. die Anzahl der Rückkühler zu identifizieren, da diese vom Standort auf der Straße nur selten eingesehen werden können.

Auch bei diesem Rechenzentrum in Graz konnten nicht alle Rückkühleranlage vom Straßenniveau aus entdeckt werden. Ergänzend können auch über Google Earth Erkenntnisse über Anlagen gewonnen werden

Abbildung 44: Gefundene und nicht gefundene Rückkühler-Anlagen (Bild rechts und oben Mitte basemap.at Ortho)



**Angabe Zusatzinformationen:** Zum Teil war den Spieler:innen offenbar nicht klar, welche Zusatzinformationen benötigt werden. Vor allem bei Tisch- und V-förmigen Rückkühlern war dies vermutlich nicht ausreichend definiert. So wurde „Anzahl der Module“ üblicherweise als die Anzahl der Geräte verstanden, die jedoch sehr unterschiedliche Leistungen haben können. Gesucht ist jedoch die Anzahl der sichtbaren Ventilatoren, die weit mehr Rückschluss auf die Leistung geben können. Eine Hilfe bei der Eingabe, was bei der jeweiligen Type angegeben werden soll, könnte hier Abhilfe schaffen.

Für die Ermittlung des Abwärmepotenzials sind weitere Zusatzinformationen zum Unternehmen, der Branche, Betriebszeiten des Unternehmens bzw. der Abwärme-produzierenden Anlage etc. nötig. Da dafür meist aufwendigere Recherchen notwendig sind, sollten für Informationen dieser Art zusätzliche Anreize, z.B. in Form von Tokens, geschaffen werden.

### 6.3. Schlussfolgerungen bezüglich Anwendbarkeit von Gamification zur Datenerhebung

Das gamifizierte Belohnungssystem auf Blockchain-Basis konnte User:innen in Verbindung mit externen Incentives dazu motivieren, nach Abwärmequellen zu suchen. Diese Vermengung aus intrinsischen und extrinsischen Motivatoren erscheint als sinnvolle Methode, um eine möglichst hohe Compliance je nach Einsatzzweck zu ermöglichen.

Die Analyse der Einsatzmöglichkeiten einer solchen App, d.h. welche energierelevanten Daten allgemein über crowd-basierte Methoden erhoben werden können, hat ergeben, dass jene Daten, die für Spieler:innen einfach zu erheben sind, für Software-Entwickler:innen recht schwierig zu implementieren sind: Für den Großteil der zu erhebenden Datensätze können die Spieler:innen Fotos in der App hochladen, was ohne großen Aufwand möglich ist. Das zur Verfügung gestellte Foto kann mittels automatisierter Methoden analysiert werden. Dabei können Algorithmen zur Bilderkennung

angewandt werden, bzw. müssen entwickelt werden, was den Aufwand für die (Software)-Entwicklerinnen und Entwickler erheblich erhöht. So haben die ML/DL-Tests im Projekt gezeigt, dass es zwar möglich erscheint, die Bilder automatisch zu klassifizieren, dazu aber ein erheblicher Aufwand notwendig ist, v.a. wenn die Qualität (Aufnahmeposition und Winkel) der Bilder schlecht ist. Die Validierung der übermittelten potenziellen Abwärmequellen kann aber gut durch die Spieler:innen selbst erfolgen, insofern ein dementsprechendes Briefing der gesuchten Objekte stattgefunden hat bzw. Expert:innen für AWQ dies durchführen. Diese Validierung kann mittels der entwickelten Web-GIS Applikation online durchgeführt werden, was in Kombination mit dem Gamifikation-Ansatz eine signifikante Beschleunigung der Datenrecherche zur Folge hat.

Die Methode der „Selbsteinschätzung“, bei der Spieler:innen selbst gewisse Daten/Fakten beurteilen, ist für sie mit größerem Aufwand verbunden (Recherche, Texteingaben) bzw. nur mit Expert:innen-Wissen möglich. Auf der Programmierseite wird dies hingegen durch verhältnismäßig einfach zu implementierende Formulare abgebildet, damit die Erkenntnisse als Freitext oder mittels geleiteten Fragens eingegeben werden können.

# 7 Ausblick und Empfehlungen

## 7.1. Aufwand für reale Anwendung der HotCity-App

Die Realisierung einer für den realen Einsatz nutzbaren App jenseits eines Prototyps ist aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten. Die folgenden Punkte geben einen Einblick in die Möglichkeiten und Herausforderungen in Bezug auf Umsetzung und Verwertung, die im Zuge des Projekts identifiziert wurden.

### 7.1.1. Chancen

Der im gegenständlichen Projekt genutzte Cross-Platform Ansatz und die damit entwickelte Hybrid-App hat folgende Vorteile gegenüber der Entwicklung zweier nativer Apps<sup>21</sup> für die beiden Smartphone-Plattformen iOS und Android (ausgenommen Huawei<sup>22</sup>):

- Geringerer Aufwand bei der App-Entwicklung aufgrund einer gemeinsamen Codebasis im Gegensatz zur nativen App-Entwicklung mit jeweils einer Codebasis für iOS und Android,
- Schnelleres Prototyping für den Test von Funktionalitäten und Use Cases,
- Rascheres Einarbeiten von Feedback und damit höhere Chancen auf die Einführung eines MVPs (Minimum Viable Products),
- Dadurch bessere Orientierung an den Bedürfnissen der Zielgruppe,
- Grundsätzliche Möglichkeit des Rollouts für mobile Browser und damit Erweiterung der Zielgruppe (das genutzte Cross-Platform Framework basiert auf Web-Technologien und ermöglicht den Rollout als Web-App) - dies war jedoch kein Projektziel,
- Generelle Aufwandsreduktion in der Konzeptions- und Designphase, da nur ein User:innen Interface-Design erstellt werden musste (siehe jedoch Herausforderungen bei technischer Konzeption Kapitel 0).

---

<sup>21</sup> Native Apps werden für die gängigen Betriebssysteme von Google und Apple entwickelt und optimiert.

<sup>22</sup> Die auf Android basierten Smartphones des Herstellers Huawei und dessen App-Ökosystem - und damit die Zielgruppe der Huawei Smartphone User - wurden in diesem Projekt nicht berücksichtigt. Es gibt im Entwicklungsprozess für die Standardkomponenten auch keinen Unterschied. Lediglich bei speziellen Funktionalitäten wie z.B. Push Notifications und bei der Veröffentlichung der App im proprietären Huawei App-Store ist gesonderter Aufwand notwendig. Dies war für dieses Projekt jedoch nicht relevant.

### 7.1.2. Herausforderungen

Im Zuge der Recherche zur Technologieauswahl und während der Umsetzung wurden folgende Punkte identifiziert, die beim Einsatz der genutzten Technologie bedacht werden sollten:

- **Die Art der Technologie entscheidet das Skillset der Entwickler:innen. Dieses Skillset muss vorhanden sein oder aufgebaut werden:**

Es gibt unterschiedliche Ansätze bei der Hybrid-App Entwicklung. Während z.B. React Native<sup>23</sup> und Flutter<sup>24</sup> einen eher nativen Codeentwicklungs-Ansatz verfolgen, basiert Ionic<sup>25</sup> auf einem Web-Development Ansatz. Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile und eine ebenso fragmentierte Developer-Community.

- **Erfahrung mit dem genutzten Framework ist von großer Bedeutung:**

Dies gilt natürlich grundsätzlich für alle Technologien, spielt jedoch bei der Hybrid-App Entwicklung eine spezielle Rolle. Aufgrund des Open-Source Gedankens bei den meisten Technologien dieser Art und durch den bei Entwickler:innen im Wettstreit der Funktionalitäten stehenden Frameworks, sind Plugins und Libraries zwar meist frei verfügbar. Die Ausgereiftheit und der Langzeit-Support sind aber nicht immer gegeben. Dadurch entsteht sowohl bei der Entwicklung ein Risiko der Fehleinschätzung von Implementierungsaufwänden als auch bei der späteren Wartungsintensität der einzelnen Softwarekomponenten.

- **Die Größe der Developer-Community und die Durchdringung der Technologie von im Einsatz befindlichen Projekten/ Produkten ist von Bedeutung:**

Im Open-Source-Bereich ist man permanent sowohl von der Erfahrung und dem Support der Community als auch von der Robustheit von Softwarekomponenten abhängig. Die Framework-Lösungen stehen in starkem Wettbewerb zueinander und entwickeln sich mit sehr hoher Geschwindigkeit weiter. Ist die Community zu klein oder wird die Technologie nicht rasch genug in der Praxis durch Best-Practice Umsetzungen bestätigt, kann eine rasche Abwanderung der Community erfolgen und bringt damit Projekte mit Langzeitfokus in Gefahr. Zudem sind Entwickler:innen enorm vom Support der Community und von funktionierenden Softwarekomponenten abhängig. Sind Plugins oder Libraries fehlerhaft oder entstehen Fehler bei Updates, kann der Entwicklungsaufwand rasch die abgeschätzten Aufwände übertreffen.

- **Prototyping vs. langfristigem App-Lebenszyklus:**

Die Planung von Software im agilen Entwicklungsumfeld tritt zwar zugunsten schneller inkrementeller Lösungen in den Hintergrund, ist aber keinesfalls entwertet oder abgeschrieben. Allerdings liegt der Fokus bei z.B. "rapid prototyping" in der Geschwindigkeit der Lösung und nicht in deren Robustheit für langfristige Lösungen.

Im gegenständlichen Projekt lag der Fokus auf schnell verwertbaren Ergebnissen und kurzen Zyklen für die Einarbeitung von Feedback. Ebenso wurden Update-Zyklen großzügig gestaltet, um den Gesamtaufwand für die Entwicklung zu reduzieren. Dies entsprach der Natur des

---

<sup>23</sup> <https://reactnative.dev/>

<sup>24</sup> <https://flutter.dev/>

<sup>25</sup> <https://ionicframework.com/>

Projekts. Für einen langfristigen App-Lebenszyklus müssten diese Parameter aber justiert werden, um ein marktreifes Produkt zu gewährleisten.

### 7.1.3. Risiken

- **Aufwandsfehleinschätzung**

Die oben genannten Herausforderungen (siehe Kapitel 0) bergen das Risiko der Fehleinschätzung bei der Umsetzung von Softwarekomponenten. Ein entsprechender Puffer bei der Planung ist unumgänglich, kann aber durch strategischen Fokus bei der Feature-Priorisierung abgedeckt werden. Gerade vermeintlich kleine Aufwände von einfachen Komponenten können rasch den 3-4-fachen Aufwand erzeugen. Agile Planung und Priorisierung sind daher umso wichtiger.

- **Strategische Fehlplanung bei der Zielsetzung für die App und den kalkulierten Kosten**

Speziell die zuvor angesprochene Schnelllebigkeit der Frameworks (siehe Kapitel 0) macht sehr kurze Updatezyklen notwendig, um langfristig große Code-Umstrukturierungen zu vermeiden. Gerade bei Major Releases der Basis-Frameworks aber auch bei Plugin- und Library-Updates ist dies jedoch manchmal unumgänglich. Rasch werden Technologien oder Lösungsansätze in der Community als veraltet angesehen und es bedarf eines Austauschs von Komponenten bis hin zur kompletten Neuentwicklung bei Technologiewechseln (z.B. der Umstieg von AngularJS auf Angular).

Die Definition der Zielsetzung der App ist somit am Beginn von großer Bedeutung. Aus Verwertungsperspektive ist ein MVP-Ansatz jedoch durchaus üblich. Hier wird versucht, rasch ein auf die aktuellen Bedürfnisse der Zielgruppe ausgerichtetes Produkt zu liefern, aus dem User:innen-Feedback zu lernen und möglichst schnell eine signifikante Userbase aufzubauen, um diese zu monetarisieren. Die Ergebnisse aus dem Feedback und die Einnahmen bzw. die Bewertung durch die Userbase ermöglichen eine auf einen langfristigen Software-Lebenszyklus ausgerichtete App. Dies erfolgt oft (aber nicht ausschließlich) auf Basis nativ entwickelter Apps, die eine andere Kostenstruktur haben als Hybrid-Apps.

- **Marktbedürfnisse werden nicht erkannt**

Aufgrund des eingeschränkten Testumfelds kann die Fehleinschätzung von Bedürfnissen an die App als Risiko klassifiziert werden. Die Testergebnisse sind zwar aufschlussreich, aber mit einem Rollout auf eine öffentliche Zielgruppe nicht zu vergleichen. Die Anpassungsmöglichkeiten der App erlauben aber die relativ einfache Adaptierung der App auf weitere Anforderungen eines möglichen Auftraggebers.

### 7.1.4. Empfehlung für weitere Umsetzungen

Die App kann mit relativ überschaubarem Aufwand für das nächste Major Release der Betriebssysteme iOS und Android angepasst werden. Für künftige Releases ist dies schwerer vorherzusagen als bei nativen Apps. Ein Einsatz bei einem potenziellen Auftraggeber ist jedoch möglich. Für einen langfristigen Einsatz wird eine Neuentwicklung empfohlen, die dem Umstand des langfristigen Software-Lebenszyklus Rechnung trägt.

Trotzdem kann die derzeitige Basis genutzt werden, um weiteres Prototyping durchzuführen oder andere Use-Cases zu testen. Mit einem erhöhten Aufwand bei Updates und in der Wartung bzw. der Anpassung von Modulen ist aber zu rechnen. Die App kann wie erwähnt für weitere Betriebssystem-Updates für iOS und Android angepasst werden. Der Rollout für die Appstores und der damit vereinfachte Zugang zur App für eine größere Zielgruppe kann ebenfalls angedacht werden.

## **7.2. Allgemeine Anwendbarkeit und Skalierungsmöglichkeiten**

Grundsätzlich kann das bestehende Gamification-Konzept auf weitere Anwendungsbereiche wie zum Beispiel auf die Suche nach "Heat Islands" oder nach geeigneten Flächen für PV-Paneele oder dem Sanierungsgrad von Gebäuden generalisiert werden.

Das verwendete Blockchain-System ist in der Lage, die Belohnungselemente verfälschungssicher zu speichern und transparent mittels eines Token-Systems abzubilden. Dank der Features, welche die energieeffiziente Blockchain-Lösung Ardor anbietet, ist eine Skalierung auf Einsatzszenarien mit einer größeren User:innenzahl möglich und grundsätzlich kostenneutral, da mehrere 10.000e Assets ohne Zusatzaufwand generiert werden können.

Von besonderem Interesse für Energiedienstleister:innen und Gebietskörperschaften ist die Weiterentwicklung der HotCity-App, um den aktuellen Status der thermischen Qualität der Gebäudehülle zu erheben (z.B. als Basisinformation für die Energieraumplanung, da in der Verwaltung vorliegende Daten häufig veraltet bzw. nicht elektronisch abrufbar sind). Darüber hinaus sind die Möglichkeit zum Aufspüren von Hitzeinseln in Städten oder beispielsweise die Gelegenheit, mit der HotCity-App Optimierungsvorschläge zur Verbesserung des Stadtklimas einzubringen (z.B. Hinweis auf Grünraum-Freiflächen zur Bewirtschaftung, Dach- oder Fassadenflächen für Begrünung, etc.), interessant. Auch die Möglichkeit der Weiterentwicklung der HotCity-App in Richtung einer Plattform für Grundstücks-/Gebäude-Eigentümer:innen, um aktiv verfügbare Flächen für die Installation von Anlagen zur erneuerbaren Wärme-/Stromproduktion anzubieten, wurden dem HotCity-Konsortium als interessante Verwertungsstrategie genannt.

# 8 Verzeichnisse

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grafische Oberfläche des Ardor-Testnet-Knotens.....	17
Abbildung 2: Ansicht eines Asset (Token) Transfers .....	17
Abbildung 3: Screenshot eines mobilen Ador-Wallets eines Users. ©HotCity.....	18
Abbildung 4: Fokusgruppe in Graz .....	18
Abbildung 5: Bild einer Abwärmequelle am Dach .....	18
Abbildung 6: Screenshots aus dem Online-Fragebogen auf mobilen Endgeräten .....	19
Abbildung 7: Ablauf Datenverifizierung .....	22
Abbildung 8: Priorisierung und Abgleich mit anderen Datenquellen .....	22
Abbildung 9: Übersicht über die im Tool implementierte Methodik zur wirtschaftlichen Bewertung von Abwärmepotenzialen ©AIT (Screenshot der Excel Berechnung).....	24
Abbildung 10: Trainingsbilder Methodenentwicklung (oben) und der Tester:innen (unten) ©HotCity .....	25
Abbildung 11: Trainingsverlauf des CNN mit den HotCity Testbildern .....	26
Abbildung 12: Start-Screen der HotCity App.....	27
Abbildung 13: Tutorial der HotCity App .....	27
Abbildung 14: Tutorialansicht II .....	27
Abbildung 15: Tutorialansicht III .....	27
Abbildung 16: Kartenansicht der HotCity App .....	28
Abbildung 17: Ansicht einer eingetragenen AWQ .....	28
Abbildung 18: Wahl des Wärmequellen-Typs.....	28
Abbildung 19: Verortung einer Wärmequelle.....	28
Abbildung 20: Highscore Ansicht in der App.....	29
Abbildung 21: Ansicht der Badges in der App.....	29
Abbildung 22: Appscreens zu Eingabe von Details (links); Höhenangabe (mittig) und Modulgrößenangabe (rechts) .....	30
Abbildung 23: Kommentare zu pot. AWQs .....	30
Abbildung 24: Details zu pot. AWQs .....	30
Abbildung 25: Route auf der Suche nach AWQs in Graz.....	31
Abbildung 26: Logo einer Crew .....	31
Abbildung 27: Globale Bewertung der HotCity App.....	31
Abbildung 28: Bewertung der Spieldynamiken.....	32
Abbildung 29: Usability Rating der HotCity App.....	32
Abbildung 30: Verifizierung potenzieller Abwärmequellen aus dem 1. Feldtest.....	34
Abbildung 31: Verortung der Abwärmequellen in Graz (©Basemap: basemap.at) .....	34
Abbildung 32: Verortung der Abwärmequellen in Wien (©Basemap: basemap.at) .....	34
Abbildung 33: Verifizierung Abwärmequellen in Graz nach Typen .....	35

Abbildung 34: Typisierung falscher Objekte .....	35
Abbildung 35: Aufteilung nach Haupttypen in Wien .....	35
Abbildung 36: Aufteilung nach Subtypen in Wien .....	35
Abbildung 37: Web-GIS Applikation zur Darstellung der HotCity-App Ergebnisse und Wirtschaftlichkeitsanalyse (proof of concept Prototyp) © AIT.....	37
Abbildung 38: Beispielsanwendung der Web-Applikation zur Wirtschaftlichkeitsanalyse © AIT .....	38
Abbildung 39: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsanalyse mit unwirtschaftlichen Parametereinstellungen © AIT .....	38
Abbildung 40: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsanalyse mit wirtschaftlichen Parametereinstellungen © AIT.....	39
Abbildung 41: Mehrfache Identifikation einer Abwärmequelle ohne richtige Verortung (Hintergrundbild Mitte © basemap.at Ortho) .....	41
Abbildung 42: Nicht oder kaum erkennbare Abwärmequellen auf Fotos .....	42
Abbildung 43: genauere Detailinformation für Rückkühler am Dach durch Luftbilder (Hintergrundbild rechts © basemap.at Ortho) .....	42
Abbildung 44: Gefundene und nicht gefundene Rückkühler-Anlagen (Bild rechts und oben Mitte basemap.at Ortho) .....	43

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispielsbilder der Bildanalyse (© AIT) .....	15
Tabelle 2: Benchmarks für v-förmige/tisch-förmige Rückkühler .....	20
Tabelle 3: Benchmarks für Kühltürme.....	20
Tabelle 4: Benchmarks für box -förmige Rückkühler .....	21
Tabelle 5: Angenommene Betriebsstunden für Anlage zur Leistungsermittlung .....	21

## Literaturverzeichnis

AL-YAFI, K., & El-Masri, M.: Gamification of e-Government Services: A Discussion of Potential Transformation., 2016.

BARATA, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D.: Improving participation and learning with gamification. In Proceedings of the First International Conference on gameful design, research, and applications, pp. 10-17. ACM. Vienna, 2013.

BARATA, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D.: Improving participation and learning with gamification. In Proceedings of the First International Conference on gameful design, research, and applications, pp. 10-17. ACM. Vienna, 2013.

BRUECKNER S., Miró, L., Cabeza L. F., Pehnt, M., Laevemann, E.: Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 38, 2014: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.078>

BUHL, H. U., Schweizer, A., & Urbach, N.: *Blockchain-Technologie als Schlüssel für die Zukunft?*, 2017.

CORONADO ESCOBAR, J. E., & Vasquez Urriago, A. R.: Gamification: an effective mechanism to promote civic engagement and generate trust? In *Proceedings of the 8th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, pp. 514-515. ACM, 2014.

DETERDING, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L.: From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, pp. 9-15, 2011

HOPF, S., & Picot, A.: Revolutioniert Blockchain-Technologie das Management von Eigentumsrechten und Transaktionskosten? In *Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung*, pp. 109-119. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018.

HUNICKE, R., LeBlanc, M., & Zubek, R.: MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*. Vol. 4, Issue. 1, pp. 1722, 2004.

IVORY, J. D., & Kalyanaraman, S.: The effects of technological advancement and violent content in video games on players' feelings of presence, involvement, physiological arousal, and aggression. *Journal of Communication*, Vol. 57, Issue 3, pp. 532-555. 2007.

JANSZ, J.: The emotional appeal of violent video games for adolescent males. *Communication theory*, 15(3), 219-241, 2005.

KAZHAMIKIN, R., Marconi, A., Perillo, M., Pistore, M., Valetto, G., Piras, L. & Perri, N.: Using gamification to incentivize sustainable urban mobility. In *Smart Cities Conference (ISC2), IEEE First International*, pp. 1-6. IEEE, 2015.

ÖKL: Bund-Länder-Arbeitsgruppe Ökoenergiefonds, Merkblatt Nr. 67, *Technisch/ wirtschaftliche Standards für Biomasse-Fernheizwerke*, 1. Auflage, 1999

ÖVUS 2019, <https://www.ovus.at/news/ueber-fuenf-millionen-oesterreicher-spielen-videospiele/> ; abgerufen 11.02.2022

PEHNT, M., Bödeker, J., Arens, M., Jochem, E., Idrissova, F.: *Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung*, Heidelberg, Karlsruhe, 2010, online unter: [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Nutzung\\_industrieller\\_Abwaerme.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Nutzung_industrieller_Abwaerme.pdf) , zuletzt abgerufen am 29.10.2021 um 21:56

POL, O., Schmidt, R.-R.: Development of district heating and cooling in the urban planning context, Editor(s): Robin Wiltshire, In *Woodhead Publishing Series in Energy, Advanced District Heating and Cooling (DHC) Systems*, Woodhead Publishing, 2016, Pages 319-337, ISBN 9781782423744, <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-374-4.00015-X.15-X>

SCHMIDT, R.-R., Geyer, R., & Lucas, P.: DISCUSSION PAPER The barriers to waste heat recovery and how to overcome them? *Recommendations on Waste Heat Recovery – UAETP*, 2020:

<https://www.euroheat.org/news/policy-updates/recommendations-waste-heat-recovery-urban-agenda-energy-transition-partnership/> zuletzt abgerufen am 29.10.2021 um 22:06

STATISTA 2021 <https://www.statista.com/statistics/308454/gaming-revenue-countries/> ; abgerufen 11.02.2022

THIEL, S. K., & Lehner, U.: Exploring the effects of game elements in m-participation. In Proceedings of the 2015 British HCI Conference, pp. 65-73. ACM, 2015.

VORDERER, P., Klimmt, C., & Ritterfeld, U: Enjoyment: At the heart of media entertainment. Communication theory, Vol. 14, Issue 4, pp. 388-408. 2004.

YEE, N.: Motivations for play in online games. Cyber Psychology & Behavior, Vol. 9, Issue 6, pp. 772-775. 2006.

## Abkürzungsverzeichnis

App	Applikation
AWQ	Abwärmequelle
AWQs	Abwärmequellen
SUS	System Usability Scale
ML	Machine Learning
DL	Deep Learning
AI	Artificial Intelligence
pot.	potentiell
OGD	Open Government Data

A large, light blue geometric shape, resembling a right-angled triangle or a trapezoid, is positioned on the right side of the page. It has a vertical right edge and a horizontal top edge, with a diagonal line connecting the top-left corner to the bottom-right corner.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)