

Gefördert durch:



Bundesministerium  
der Justiz und  
für Verbraucherschutz



Projektträger Bundesanstalt  
für Landwirtschaft und Ernährung



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2020 - 31.12.2021**

## **Wissenschaftlicher Abschlussbericht Smart\_HEC**

Vorhabentitel: „Der HeizCheck für alle mit KI –  
Empowerment durch eine smarte Bewertung der  
Heizkostenabrechnung“

Förderkennzeichen: 28V2304A19, 28V2304B19, 28V2304C19,  
28V2304D19)

von

Yvonne Scheurer, Oliver Albrecht  
co2online gGmbH, Berlin

Dr. Jana Diels, Marlene Münsch, Prof. Dr. Christian Thorun  
ConPolicy GmbH, Berlin

Markus Otto  
SEnerCon GmbH, Berlin

Julian Balling, Frank Binder, J. Nathanael Philipp, Robert Sachunsky,  
Dr. Andreas Niekler, Prof. Dr. Gerhard Heyer  
Universität Leipzig

Berlin, Leipzig

17.12.2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Forschungsentwicklung</b> .....	<b>2</b>
2.1. KI-Entwicklung: Maschinelles Lernen für die Layout-Analyse, Klassifikation und Datenextraktion aus HKAs.....	3
2.2. Verbraucherforschung zur Nutzerzentrierung, Verständlich- und Anwendungsfreundlichkeit der Anwendung.....	4
<b>3. Anwendungsentwicklung</b> .....	<b>5</b>
3.1. Berechnung und Bewertung.....	5
3.2. Entwicklung des Prototyps des smarten HeizChecks.....	7
<b>4. Fazit und Empfehlungen an die Politik</b> .....	<b>9</b>

## 1. Einführung

Jedes Jahr **erhalten rund 16 Millionen Haushalte in Deutschland eine Heizkostenabrechnung** (HKA), die unnötig komplex, nur schwer überprüfbar und nicht standardisiert ist. So verwendet jeder Messdienstleister (MDL) unterschiedliche Formate und Begrifflichkeiten. Das Resultat: **Intransparenz und Orientierungslosigkeit** für Verbraucher\*innen. Fehler werden nicht erkannt, Energie und Dienstleistungen werden übersteuert eingekauft, Anreize zum Energiesparen nicht gesetzt. Dies kostet Verbraucher\*innen Milliarden Euro jährlich und schadet dem Klima durch erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionen, verursacht durch hohe Heizenergieverbräuche der Gebäude.

In dem Forschungsprojekt „Der HeizCheck für alle mit KI – Empowerment durch eine smarte Bewertung der Heizkostenabrechnung“ (Smart\_HEC) entwickelten die Universität Leipzig, co2online, SEnerCon und ConPolicy gemeinsam eine **prototypische Anwendung zur automatisierten Erkennung und Bewertung von HKAs auf Basis von Künstlicher Intelligenz (KI)**. Dabei soll die HKA mit Hilfe optischer Zeichenerkennung (OCR) ausgelesen und relevante Kennwerte der Abrechnung für die Heizkostenanalyse durch maschinelles Lernen (KI) automatisch extrahiert werden. Verbraucher\*innen erhalten dann in der Anwendung transparente Verbrauchsinformationen und umfassende Energiespar-Tipps, um ihren Heizenergieverbrauch nachhaltig zu reduzieren. Förderer des Projekts ist das Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV). Die Anwendungsentwicklung wurde durch die Praxispartner Deutscher Mieterbund, FINANZTIP und die Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen begleitet.

Im Folgenden sollen die wissenschaftlichen Erkenntnisse skizziert und gezeigt werden, wie der Prototyp des smarten HeizChecks entwickelt wurde und auf welchen Grundlagen der Rechenkern für die Heizkostenanalyse fußt. Abschließend werden Empfehlungen an die Politik präsentiert.

## 2. Forschungsentwicklung

Für die Entwicklung eines smarten Prototyps für die Heizkostenanalyse mit Hilfe von KI wurde ein Neuronales Netz für die Extraktion der Verbrauchsinformationen aus der HKA

entwickelt und trainiert. Die Anwendungsentwicklung wurde außerdem durch Methoden der Verbraucherforschung begleitet. Die Ergebnisse werden nachstehend zusammengefasst.

### 2.1. KI-Entwicklung: Maschinelles Lernen für die Layout-Analyse, Klassifikation und Datenextraktion aus HKAs

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine **Klassifikations-Pipeline** entwickelt, um verschiedene Werte einer HKA automatisiert auszulesen und **34 unterschiedliche Kennwerte zu klassifizieren und zu extrahieren**. Ziel der Verarbeitungspipeline ist die Erkennung, Klassifikation und Transformation der gegebenen Kennwerte vom unstrukturierten Eingabeformat (Bilder, Fotos, Scans) in ein strukturiertes Datenausgabeformat (PageXML). Durch das gewählte Konzept von Kontextregionen und Kennwertregionen können räumlich zueinander in Beziehung stehende Strukturen aus semi-strukturierten Dokumenten ausgelesen werden.

Die Informationsextraktion wurde robust über unterschiedliche MDL mit unterschiedlichen HKA-Layouts realisiert. Insgesamt wurden **sechs große unterschiedliche MDL** berücksichtigt: Techem, Brunata, Ista, Minol, BFW und Kalo. Außerdem wurde ein weiterer MDL „Sonstige“ eingeführt, in dem alle HKAs konsolidiert werden, die von anderen MDL erstellt werden.

Zur Layoutanalyse und Texterkennung wird dabei auf das **Open-Source Projekt OCR-D** zurückgegriffen. OCR-D basiert auf einem modularen Ansatz, d. h., es stellt Schnittstellen für bereits existierende Werkzeuge zur Verfügung, bzw. entwickelt eigene, so dass jedes Modul, genannt Prozessor, in einer Workflow-Pipeline nacheinander gereiht ausgeführt wird und auf die Ergebnisse des vorherigen Prozessschrittes zurückgreifen kann.<sup>1</sup> In der Verarbeitungs-Pipeline werden vorhandene Prozessoren für Binarisierung, Rauschentfernung, Begradigung, Zuschnitt sowie Segmentierung und OCR eingesetzt. Letzteres erfolgt mittels der quelloffenen Zeichenerkennung von Tesseract.<sup>2</sup> Zuletzt erfolgt noch eine automatische Nachkorrektur der ausgelesenen Kennwerte.

Als projektspezifische Erweiterungen wurde ein "visueller Lookup-Ansatz" zur Extraktion der 34 Kennwerte aus den HKAs auf der Grundlage von **Mask R-CNN** implementiert, eines speziellen Architekturtyps eines regionsbezogenen Faltungsnetzes (Neuronales Netz) zur Objekterkennung auf Bilddaten.<sup>3</sup> Die Positionierung der Kennwerte auf den Dokumentenseiten ist im Voraus unbekannt und wird nur durch domänenspezifische, teils MDL-spezifische Kontextbegriffe, angegeben, die in horizontaler und/oder vertikaler Nähe zu den Kennwerten erscheinen – in einem veränderlichen **tabellenartigen Layout** ohne strenge tabellarische Beziehungen.

Für das Trainieren und Evaluieren des Mask R-CNN zur Vorhersage der Kennwertregionen wurde eine Datengrundlage, die sogenannte **Grundwahrheit (Ground Truth)** erstellt, indem Kontext- und Kennwertregionen zu 34 Kennwerten auf insgesamt 495 HKAs anhand einer hierfür entwickelten Annotationsrichtlinie per Hand annotiert wurden.<sup>4</sup> Dabei kam das Werkzeug LAREX zum Einsatz.<sup>5</sup> Die Trainingsergebnisse der Neuronalen Netze können mit Hilfe

---

<sup>1</sup> Vgl.: <https://ocr-d.de/en/workflows>

<sup>2</sup> Vgl.: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>

<sup>3</sup> Vgl.: [https://github.com/matterport/Mask\\_RCNN](https://github.com/matterport/Mask_RCNN)

<sup>4</sup> Vgl.: <https://hackmd.io/@bertsky/Sy4oxZaiL>

<sup>5</sup> Vgl.: <https://github.com/OCR4all/LAREX>

des COCO-Explorers inspiziert werden.<sup>6</sup> Alle eingesetzten Werkzeuge und das KI-Modul wurden als Docker-Container bereitgestellt und stehen **als Open Source Software zur weiteren Benutzung und Weiterentwicklung zur Verfügung**. Eine umfassende Dokumentation zum Trainieren und Evaluieren der eingesetzten Neuronalen Netze ist öffentlich verfügbar.<sup>7</sup>

Auf Basis der knapp bemessenen Trainingsdaten und des gewählten Technologieansatzes kann der entwickelte Prototyp **im Schnitt 14 der 34 Kennwerte der (zumeist mehrseitigen) HKAs auslesen**, bei einer Laufzeit von 20 bis 40 Sekunden pro Seite. Weitere **Verbesserungspotenziale** liegen in der Integration performanterer Neuronaler Netzwerke zur Reduktion der Laufzeit, sowie in der Erweiterung der Datengrundlage (z. B. im Rahmen der Betriebsphase des Prototyps) inklusive der Annotation einer relevanten Anzahl weiterer Datenbeispiele mit einem anschließenden erneuten Training der Neuronalen Netze.

## **2.2. Verbraucherforschung zur Nutzerzentrierung, Verständlich- und Anwendungsfreundlichkeit der Anwendung**

Ein Ziel des Forschungsprojekts war es, Nutzer\*innen ein virtuelles Assistenzsystem an die Hand zu geben, das an ihren Bedürfnissen an eine Online-Beratung ausgerichtet ist, die Bewertung der eigenen HKA maßgeblich vereinfacht und diese Informationen in verständlicher und transparenter Weise ausgibt sowie personalisierte Handlungsempfehlungen ausgibt. Vor diesem Hintergrund wurde eine **kontinuierliche und bedarfsorientierte Nutzerforschung** umgesetzt. Konkret sollte die Nutzerzentrierung sowie die empirische Analyse der **Verständlichkeit und Anwendungsfreundlichkeit der prototypischen Anwendung des smarten HeizChecks** durchweg sichergestellt werden, um im Ergebnis einen Service zu entwickeln, der Verbraucher\*innen dazu befähigt, in einfacher und intuitiv verständlicher Weise ihren Heizkostenverbrauch zu analysieren und basierend auf dem Ergebnis dieser Analyse ihr Heizverhalten anzupassen.

Ausgehend von dem jeweiligen technischen Entwicklungsstand der prototypischen Anwendung wurden **verschiedene qualitative und quantitative empirische Forschungsmethoden** eingesetzt. Die jeweils erzielten Ergebnisse wurden dann in die Weiterentwicklung der Anwendung gegeben. Durch dieses Wechselspiel wurde die Nutzerzentrierung und -orientierung während des gesamten Forschungsprozess sichergestellt. Folgende **Forschungsformate** wurden während des Vorhabens konzipiert, umgesetzt und ausgewertet:

- **Explorative Online-Fokusgruppen** zur Erhebung der allgemeinen **Nutzererwartungen** an die Anwendung
- **Quantitative Kurzumfrage** zur quantitativen Erhärtung der Erkenntnisse zur Nutzungsmotivation
- **Quantitative Online-Umfrage** zur Erhebung von Nutzererwartungen und Bedenken beim **Datenschutz**
- **UX-Test** zur Untersuchung der **Navigation**, Bedienbarkeit und Funktionalität
- **Fokusgruppen** zum Thema **Handlungsmotivation** und mögliche Ansätze von Nudging auf der Ergebnisseite

---

<sup>6</sup> Vgl.: <https://github.com/i008/COCO-dataset-explorer>

<sup>7</sup> Vgl.: [https://git.informatik.uni-leipzig.de/smarthec/smarthec\\_data](https://git.informatik.uni-leipzig.de/smarthec/smarthec_data)

- **Kreativ-Workshop** zur Anreicherung der Start- und Ergebnisseite mit verhaltenswissenschaftlichen Erkenntnissen zur Motivation der Nutzer\*innen
- **UX-Test** zur Untersuchung der Conversion und Identifizierung möglicher Abbruchgefahren
- **Quantitative Online-Umfrage** zur Umsetzungswahrscheinlichkeit von **Handlungsempfehlungen**

Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass die **konstante Einbindung und Befragung** der Verbraucher\*innen die Entwicklung und Ausgestaltung der Anwendung an mehreren Stellen maßgeblich beeinflusste und lenkte. Somit konnte gewährleistet werden, dass der Entwicklungsprozess nicht an den Bedürfnissen, Wünschen, Perspektiven, aber auch Herausforderungen der Verbraucher\*innen vorbei verlief. Dies wiederum ist entscheidend, wenn es um die Bewertung der **Akzeptanz** der Anwendung am Markt geht. Ein weiterer entscheidender Bestandteil der Nutzererhebung war das Sicherstellen der **Verständlichkeit** von Informationen. Zuletzt wurden Handlungsempfehlungen so entwickelt, dass sie auf den individuellen Bewertungsfall abzielen und in diesem Sinne **personalisiert** sind. Dieses Ziel kann somit als erfüllt bewertet werden.

Weiterhin sollte ein **niedrigschwelliges Angebot** entwickelt werden, das von möglichst vielen Verbrauchergruppen, besonders auch von verletzlichen Verbraucher\*innen, genutzt wird bzw. werden kann. Da die Erhebungen zeigten, dass die Ansprüche und das Vorwissen unterschiedlicher Gruppen weit auseinanderliegen, wurde eine Variante des smarten HeizChecks entwickelt, in der weniger versierte und interessierte Nutzer\*innen **schnell einen Überblick bekommen** als auch Nutzer\*innen mit Detailinteresse **zusätzliche Informationen** zur Aufschlüsselung der Bewertung sowie den Berechnungsgrundlagen erhalten. Durch dieses Vorgehen wurde dem Anspruch genügt, **möglichst allen Verbrauchergruppen ein adäquates und verständliches Analyseergebnis zu präsentieren**.

Ferner sollte der Prototyp nicht nur gesetzlichen **Vorgaben zum Datenschutz** genügen, sondern – darüber hinaus – durch eine **hohe Transparenz in Bezug auf den Umgang mit personenbezogenen Daten** Vertrauen bei den Nutzer\*innen ausrufen und sie in ihrer informationellen Selbstbestimmung stärken. Diesem Ziel wurde gemäß des nutzerzentrierten Forschungsansatzes dadurch begegnet, dass Nutzer\*innen kontinuierlich nach ihren **Datenschutzpräferenzen** befragt wurden und auf diese Präferenzen in der Entwicklung entsprechend eingegangen wurde.

### 3. Anwendungsentwicklung

Die Entwicklung der prototypischen Anwendung des smarten HeizChecks inklusive des Rechenkerns zur Bewertung der HKA erfolgte unter Einsatz **agiler und nutzerzentrierter Methoden**. So wurde die Anwendung iterativ und unter Einbeziehung regelmäßigen Nutzerfeedbacks entwickelt und getestet. Nachfolgend werden die Bewertungsgrundlagen der Heizkostenanalyse präsentiert und gezeigt, wie der Prototyp erfolgreich umgesetzt wurde.

#### 3.1. Berechnung und Bewertung

Im Rahmen des Vorhabens wurde unter anderem eine **API (Web-Schnittstelle) und ein Rechenkern zur Berechnung von Kennwerten** entwickelt, die eine differenzierte Bewer-

tion von HKAs zu den Aspekten Wohnungsverbrauch, Energiekosten und Dienstleistungen sowie dem Zustand des Gebäudes ermöglichen.

In zentral beheizten Gebäuden ist die Erstellung einer HKA in Deutschland verpflichtend. Die rechtliche Grundlage dafür bildet seit 1981 die **Heizkostenverordnung** (HeizkostenV). Sie ist für alle Haus- und Wohnungseigentümer\*innen verbindlich und regelt die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten.

In der HKA sind alle im Abrechnungszeitraum angefallen **Heiz- und Heiznebenkosten sowie der angefallene Energieträgerverbrauch bzw. die Menge an gelieferter Wärme aufgeführt**. Zu den abrechenbaren Heiznebenkosten gehören Wartungskosten der Heizung, Gebühren der Heizkostenverteilung und für den/die Schornsteinfeger\*in sowie die Betriebsstromkosten der Heizungsanlage. Die Kosten für die Verbrauchsmessung und für das Erstellen der Abrechnung gehören ebenfalls zu den Heiznebenkosten

Jenseits von den inhaltlichen Vorgaben, welche Angaben mindestens auf einer HKA ausgewiesen sein müssen, gibt es ansonsten keine gesetzlichen Vorgaben, wie das Layout der einzelnen Abrechnungsseiten aussehen muss. Auch bei den Begrifflichkeiten zu einzelnen Kennwerten besteht seitens der MDL gestalterischer Spielraum. Diese Faktoren machen es grundsätzlich schwer, messdienstleisterübergreifend HKAs korrekt zu lesen und zu verstehen.

Die Grundlage für eine weitestgehend fehlerfreie und inhaltlich belastbare Berechnung und Bewertung von HKAs ist die **Vollständigkeit und Korrektheit der dazu zur Verfügung stehenden Parameter** wie Angaben zu Verbräuchen und den jeweiligen Kosten. Eine Herausforderung stellt in diesem Zusammenhang die Kombination automatisiert erfasster Einzelwerte und händischer Eingaben der Nutzer\*innen dar, die eine **Fehlerquelle für die Plausibilitätsprüfung** (Validierung) sind. Durch die unterschiedlichen Wege der Kennwert-Erfassung kann sich im schlechtesten Fall eine Konstellation ergeben, bei der Nutzer\*innen der Anwendung eine Vielzahl an sich teilweise aufeinander beziehenden Fehlermeldungen in geeigneter Form zur Verfügung gestellt werden muss. Dies darf im Idealfall aber nicht demotivieren und gegebenenfalls zum Abbruch der Online-Beratung führen

Alle für die Berechnung und Bewertung nötigen Eingabewerte werden im smarten Heiz-Check gesammelt und zur Weiterverarbeitung an den von der SEnerCon implementierten **Webservice** übergeben. Implementiert wurde der Webservice im PHP-Framework Phalcon, Version 3.4. Es stellt für die Datenverarbeitung vorgefertigte Module für Verbindungsaufbau, Routing und Datenbankzugriffe zur Verfügung. Für die Datenbankzugriffe verfügt Phalcon über ein System zur objektrelationalen Abbildung (englisch object-relational mapping, ORM) und nutzt eine spezifische Query Language (PHQL). Der mit Phalcon implementierte Webservice wurde strukturell so aufgebaut, dass alle sekundären Verbindungsdaten (API-Key, Response-Typ, Landeskenntung etc.) via http-Header gesendet werden, während die primären Daten (Eingabedaten aus den HKAs) in die Request-URL integriert sind. Die für die Verbindung genutzten sogenannten Endpunkte nehmen Daten ausschließlich im standardisierten JSON-Format entgegen und geben die Rückgabewerte ebenfalls ausschließlich in diesem Format zurück.

### 3.2. Entwicklung des Prototyps des smarten HeizChecks

Die Entwicklung des Prototyps des smarten HeizChecks lässt sich in **verschiedene inhaltliche Entwicklungsphasen** gliedern, die je durch Formate der Nutzerzentrierung begleitet wurden und deren Ergebnisse kurz dargestellt werden sollen. Das Feedback der Verbraucher\*innen zur prototypischen Anwendung floss in jede Entwicklungs-Iteration mit ein und bildete die Basis für die Programmierung der neuen Anwendung (User Experience, UX).

#### Anforderungsanalyse und Konzeption

Zum Start des Entwicklungsprozesses wurde in einen **Konzeptions-Kick-off** die Vision des Prototyps und dazugehörige Grundstruktur in Form einer User Story Map entwickelt. Vorab erstellte das Team von co2online Personas, die die Zielgruppe des Angebots repräsentieren. Für die ersten Fokusgruppengespräche wurden Entwürfe in Form von **Mock-ups der Anwendung** erstellt, die die Grundstruktur des Prototyps und verschiedene Stile der Nutzerinteraktion und -kommunikation abbildeten. Die Ergebnisse waren die Grundlage für die Weiterentwicklung der prototypischen Anwendung in der Phase des Prototyping.

#### Prototyping

Die **Design-Entwicklung in Form des Prototyping** verlief in kurzen Sprints in enger Zusammenarbeit mit der UX-Agentur und dem verantwortlichen Programmierer. Die entwickelten Anwendungsschritte für das (1) Erfassen der Werte der HKA, (2) das Validieren der von der KI erkannten Werte, (3) das Ergänzen der fehlenden Werte für die Heizkostenanalyse und (4) die Auswertung/Ergebnisseite wurden in Form von **UX-Tests** mit Nutzer\*innen erprobt, um daraufhin für die Umsetzung weiter optimiert zu werden.

Eine besondere Herausforderung bei der Anwendungsentwicklung war die Gestaltung und Umsetzung der **Ergebnisseite**, da es sich bei der Heizkostenanalyse um ein hoch komplexes Thema handelt. Zeitgleich ist die Ergebnisseite elementar, um die Erwartungen der Nutzer\*innen sowie die Ziele des Verbraucher- und Klimaschutzes (Transparenz, Empowerment, CO<sub>2</sub>-Reduktion) zu erfüllen. Nach mehrfachen Nutzergesprächen wurde eine Ergebnisseite entwickelt, die die verschiedenen Ansprüche der Verbraucher\*innen nach schneller, überblicksartiger Information und erläuternder Erklärtexte und Zusatzinformationen in Form eines **One-Pagers** erfüllt. In die Handlungsempfehlungen wurden **Nudges** integriert, um Nutzer\*innen zum Energiesparen zu aktivieren: u. a. Kosten-Nutzen-Analyse, konkrete Einsparpotenziale in Euro und CO<sub>2</sub>-Emissionen, Übersetzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in verständliche Einheiten/Vergleichsgrößen.

#### Umsetzung

Der Prototyp wurde als **responsive Web-Applikation** umgesetzt. Die entwickelten KI-Module zur Erkennung sowie der Rechenkern zur Heizkostenanalyse wurden per Web-Schnittstelle integriert. Im Rahmen dieses Berichts sollen **drei Besonderheiten der Umsetzung** kurz beleuchtet werden, die eng mit den Ergebnissen der begleitenden Verbraucherschforschung zusammenhängen:

- (1) **Erfassung der HKA:** Um die HKA für die KI-Bildanalyse zu erfassen können Nutzer\*innen die Abrechnung mit dem Smartphone/Tablet fotografieren und hochladen. Da die HKA in den meisten Fällen per Post verschickt wird und nur analog vorliegt, wurde die Fotografier-Funktion im Prototypen mit viel Aufwand umgesetzt. Eine Herausforderung lag in der technischen Verbindung der Anwendung am Rechner und dem Smartphone/Tablet der Nutzer\*innen, die mit Hilfe eines Kurzlinks und der Eingabe einer eindeutigen Kennziffer so optimiert wurde, dass sie für Nutzer\*innen gut handhabbar ist.
- (2) **Hilfestellungen für die Werteeingabe:** Die größte Abbruchstelle im smarten HeizCheck besteht darin, dass Nutzer\*innen damit überfordert sind, die Werte auf ihrer HKA zu finden. Zur Lösung des Problems wurden umfassende und dynamische Hilfestellungen für die Werteeingabe in der Anwendung entwickelt, die sich an den individuellen Abrechnungslayouts der MDL orientieren und durch Musterabrechnungen ergänzt wurden.
- (3) **Umsetzung vorbildlicher Datenschutzstandards:** Der entwickelte Prototyp hebt sich insofern von anderen Online-Anwendungen ab, dass relevante Datenschutzinformationen proaktiv und transparent direkt in die Anwendungsoberfläche integriert wurden (push-Ansatz). Ferner werden personenbezogenen Daten nicht weiterverarbeitet. So enthalten die hochgeladenen und gespeicherten HKAs zwar die Wohnadresse und Namen der Nutzer\*innen, diese werden allerdings weder von der automatischen Bildverarbeitung noch im Zuge der Qualitätssicherung und Verbesserung der automatischen Heizkostenanalyse verwendet. Durch zusätzliche Einhaltung der Grundsätze der Datensparsamkeit und Veröffentlichung der Analyseergebnisse ohne Abfrage unnötiger Nutzerdaten konnte das Ziel des vorbildlichen Datenschutzes erfüllt werden.

### **Beta-Phase und vorläufige Auswertung der Conversionrate**

Die Beta-Version des Prototyps wurde auf [www.co2online.de](http://www.co2online.de) und [www.heizspiegel.de](http://www.heizspiegel.de) veröffentlicht. Um zu beurteilen, ob Nutzer\*innen durch die Entwicklung des KI-Prototypen einfacher an relevante Informationen kommen, wurde der Fortschritt der Nutzer\*innen in der Anwendung ausgewertet und die Erreichung der Ergebnisseite als Conversion ermittelt. Nach einem knappen halben Jahr der Veröffentlichung des Prototyps als Beta-Version liegt die Conversionrate bei der Nutzung der automatischen Bilderkennung mit 47 % deutlich höher als bei den Nutzer\*innen, die keine automatische Erkennung nutzen (31 %).

Bei einem vergleichbaren Ratgeber wie dem [HeizCheck von co2online](#) liegt die Conversionrate gemittelt über mehrere Jahre bei etwa 32 %. So konnte **eine Steigerung der Conversion durch die automatische Erkennung erreicht werden**. Es besteht Raum für weitere Verbesserungen, die nach Projektende weiter geprüft werden sollen. Dazu gehören u. a. eine mögliche Weiterentwicklung der Datenerfassung (z. B. Hilfestellungen und Fehlermeldungen) und die langfristige Begleitung von Nutzer\*innen, um den Heizenergieverbrauch zu senken. Dabei ist zu berücksichtigen, wie sich die organische Conversionrate und Zufriedenheit der Nutzer\*innen mit dem Angebot entwickelt, nachdem der Prototyp als Produkt in das Beratungsangebot von co2online integriert und die Nutzungszahlen gesteigert wurden.



#### 4. Fazit und Empfehlungen an die Politik

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine prototypische Anwendung zur **automatisierten Erkennung und Bewertung** von HKAs zu entwickeln. Dabei sollten KI-Bilderkennungsverfahren so weiterentwickelt werden, dass die Kennwerte der nicht-standardisierten HKAs automatisch extrahiert werden können. Dieser Vorgang sollte es Verbraucher\*innen ermöglichen, auf Basis ihrer HKA in einer Web-Applikation **schnell und einfach transparente Verbrauchsinformationen zu erhalten und dazugehörige Sparpotenziale zu heben**.

**Im Ergebnis** wurde in diesem Vorhaben der **Prototyp des KI-basierten smarten HeizChecks** durch die interdisziplinäre Zusammenstellung des Verbunds und unter kontinuierlicher Nutzereinbindung erfolgreich getestet und entwickelt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die **Ausgestaltung der Ergebnisse der Heizkostenanalyse** auf der Ergebnisseite des Online-Ratgebers gelegt. Nutzer\*innen erhalten hier eine prägnante, aber umfassende Auswertung in verschiedenen Analyseebenen und direkt **integrierte, individualisierte Handlungsempfehlungen**, um ihren Heizenergieverbrauch und die Heizkosten nachhaltig zu reduzieren. Die Analyse steht Nutzer\*innen zum Berichtszeitpunkt gebührenfrei und ohne weitere Dateneingabe zur Verfügung. Damit wurde ein niedrighschwelliges Angebot für Verbraucher\*innen geschaffen, um die Ziele des Verbraucher- und Klimaschutz voranzutreiben. Die vielfältigen **Methoden der Nutzerzentrierung** konnten dabei erfolgreich eingesetzt werden, um blinde Flecken in der Anwendungsentwicklung zu identifizieren und einen Service zu entwickeln, der den **Bedürfnissen der Verbraucher\*innen** entspricht.

Die Projektergebnisse verweisen hinsichtlich der Erkennungsrate und des Abschlusses der Online-Beratung (i.e. Conversion) mit Hilfe der Bilderkennung auf **die Potenziale der erforschten KI-Methoden zur Unterstützung des Verbraucheralltags** (consumer enabling technologies). In dem Forschungsvorhaben konnte gezeigt werden, dass Verfahren der KI grundsätzlich dafür geeignet sind, die **Datenerfassung** in dem Online-Ratgeber zur Heizkostenanalyse erheblich zu **erleichtern** und die Conversion im Vergleich zu ähnlichen Beratungsangeboten wie dem HeizCheck von co2online um immerhin 15 % zu steigern.

Es ist im Projektzeitraum allerdings nicht gelungen, die durch KI zu extrahierenden 34 Kennwerte der HKA in hinreichender Qualität zu erkennen und so die Erfordernisse der manuellen Dateneingabe für Nutzer\*innen auf ein Minimum zu reduzieren. Für eine zukünftige **Verbesserung der Erkennungsqualität** wäre die Erweiterung des Datenstamms und erneute Trainingsiterationen des Neuronalen Netzes vonnöten. Ebenfalls konnte die Heizkostenanalyse für Verbraucher\*innen nicht signifikant beschleunigt werden. Das liegt zum einen daran, dass Nutzer\*innen noch immer einige Daten der HKA manuell in die Anwendung übertragen müssen und zum anderen an den erheblichen **Rechenkapazitäten und diesbezüglichen Wartezeiten der KI-Analyse auf Nutzerseite** (Verarbeitungsdauer von 20 - 40 Sekunden pro Seite). Die Auswertungen der Betaphase lassen darauf schließen, dass die Wartezeit aber für viele kein Abbruchkriterium darstellt.

Die nötige Rechenkapazität erfordert ein hohes Maß an kostenintensiver Hardwareressourcen (idealerweise GPU-Kerne). In Hinblick auf diese und den zu erwartenden hohen jährlichen Wartungs- und Pflegeaufwand für die KI-Komponente des Prototyps stellt die **Refinanzierung KI-gestützter Dienstleistungen für die Zwecke des Verbraucherschutzes** eine ungelöste **Herausforderung** dar. Der entwickelte Prototyp soll nach der

Förderphase als Produkt weiterentwickelt und in das Beratungsangebot von co2online integriert werden. Dabei soll für den Service vorrangig durch Lizenzmodelle und freiwilligen Spenden der Nutzer\*innen Einnahmen für die Kostendeckung generiert werden.

Basierend auf den Projektergebnissen lassen sich die folgenden **Schlussfolgerungen** und **Empfehlungen** für weitere KI-basierte Forschungsprojekte sowie an die Politik ableiten:

- (1) **Nutzerzentrierung bei KI-Entwicklungen:** Das Vorhaben demonstriert die Notwendigkeit, die Perspektive der Nutzer\*innen von Beginn an in den Blick zu nehmen, statt die Güte einer KI ausschließlich daran zu bemessen, wie gut und wie schnell sie bestimmte Daten erkennt und weiterverarbeitet. So verfehlt selbst die beste KI ihr Ziel für die Verbraucher\*innen, wenn sie nicht in eine Anwendung integriert ist, die den Anforderungen an hohe Nutzerfreundlichkeit, einfache Bedienbarkeit und gutem Datenschutz genügt.
- (2) **Strategische Steuerung des Einsatzes von KI-Verfahren:** Der Einsatz von KI-Verfahren zur Dokumentenverarbeitung und Informationsextraktion ist ein dynamisches Forschungsfeld, in dem in schneller Folge neue Ansätze und KI-Architekturen erscheinen. Hiernach sind die zu Projektbeginn gewählten Modellarchitekturen und Quellcodebibliotheken z. T. schnell veraltet bzw. werden nicht mehr gepflegt – was den Anpassungsaufwand für die KI-Komponente des Prototyps stark erhöht. Umso wichtiger ist es, KI-basierte Systeme nur dort einzusetzen, wo das zu lösende Problem nicht auf besser geeignete Weise – beispielsweise durch Gesetzgebung und Regulierung gelöst werden kann. Bei der Umsetzung KI-basierter Forschungs- und Entwicklungsvorhaben ist eine stark modularisierte Systemarchitektur und hinsichtlich der sich wiederholenden Test- und Evaluationsabläufe automatisierte Herangehensweise zu verfolgen. Dies gilt auch bezüglich der einzelnen Komponenten innerhalb der KI-Module. Mit OCR-D wurde eine modulare und quelloffene technologische Grundlage gewählt.
- (3) **Weiterentwicklung und Digitalisierung der Verbrauchsinformationen der HKA:** Ausgangspunkt des Forschungsvorhabens waren die Mängel bestehender HKAs, die intransparent und nicht standardisiert waren. Die zum 01.12.2021 in Kraft getretene Novelle der HeizkostenV<sup>8</sup> begegnet diesen Problemen z. T., indem für mehr Transparenz bei Verbraucher\*innen gesorgt wird. So sollen Abrechnungen künftig u. a. Vergleiche des Verbrauchs des/der Nutzer\*in mit einem Durchschnittsnutzer enthalten. Allerdings wurden keine Standards für die Abrechnungslayouts definiert. Auch wird der Gebäudeverbrauch nicht bewertet. Die definierten Mindestanforderungen sind nicht geeignet, eine umfassende und unabhängige Heizkostenanalyse, wie die des smarten HeizChecks, zu ersetzen. Damit Verbraucher\*innen selbst oder über Dritte eine über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehende Analyse ihrer Heizkosten durchführen können, sollten die Daten, die der HKA zu Grunde liegen, auf Basis verpflichtender, offener Standards zur Verfügung gestellt werden. Die weitere Digitalisierung der HKA, die über die derzeit geplante Veröffentlichung als PDF-Datei hinausgeht, ist ein notwendiger Schritt, um die Datenextraktion mit Hilfe von KI obsolet zu machen (u. a. Verfügbarmachung der Daten über API-Schnittstelle oder in Form eines maschinenlesbaren Formats).

---

<sup>8</sup> Vgl.:

[https://www.bgb1.de/xaver/bgb1/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBI&jumpTo=bgb1121s4964.pdf#bgb1\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgb1121s4964.pdf%27%5D\\_1639152568180](https://www.bgb1.de/xaver/bgb1/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgb1121s4964.pdf#bgb1_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgb1121s4964.pdf%27%5D_1639152568180)