

Crowdsourcing zur Informationsgewinnung von Potentialen zur Nutzung von Gebäudeintegrierter Photovoltaik

TIM WENDT¹, ROBERT HECHT² & MARTIN BEHNISCH²

Zusammenfassung: Im Hinblick auf die Abschätzung des Potentials für Gebäudeintegrierte Photovoltaik (Building-integrated Photovoltaic, kurz BIPV) spielen insbesondere Fassaden- und Konstruktionseigenschaften eine wichtige Rolle. Ziel dieses Beitrages ist die Erprobung von Crowdsourcing zur Informationsgewinnung über Gebäude und deren Fassadeneigenschaften, insbesondere dem Fenster/Türenflächenanteil, basierend auf gegebenen geokodierten Bilddatensätzen. Es werden kommerzielle und nichtkommerzielle Crowdsourcing-Plattformen getestet und die Qualität der abgeleiteten Information hinsichtlich der Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzerhebungen bewertet. Die Ergebnisse zeigen qualitative Unterschiede zwischen den kommerziell und den nicht-kommerziell generierten Daten. Als Gemeinsamkeit beider Plattformen konnte eine systematische Unterschätzung der für BIPV nutzbaren Fläche ermittelt werden.

1 Hintergrund und Fragestellung

In der Bundesrepublik Deutschland ist im Vergleich zu anderen europäischen Ländern das Potential der Gebäudeintegrierten Photovoltaik nur sehr gering ausgenutzt (MONTORO et. al. 2009). Diesen Rückstand gilt es in den kommenden Jahren aufzuholen und den Sektor der Gebäudeintegrierten Photovoltaik zu stärken. Insbesondere fällt der Fokus der Nutzung von Flächenpotentialen zur Integration der Photovoltaikmodule auf Gebäude, die bereits existieren. Neben der primären aktiven Energiegewinnung der Photovoltaikmodule bieten zusätzlich multifunktionale Aspekte gebäudeschützender Funktionen weitere Vorteile, wie bspw. Wetter, Wärme, Brand, Schall- und Strahlenschutz (BUNDESVERBAND BAUSYSTEME e.V. 2012). Trotz wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Bedeutung fehlt es an ausreichend detaillierten Informationen zum Gebäudebestand, dessen Struktur und räumlicher Verteilung. Zur Realisierung eines effizienten und flächendeckenden Ausbaus der Gebäudeintegrierten Photovoltaik müssen diese Informationslücken ergänzt und zuverlässige Erfassungsansätze entwickelt werden. Die experimentelle Studie steht im Kontext einer Potentialanalyse eines BMWI finanzierten Projektes zur Entwicklung einer vorgefertigten Standard-BIPV-Fassade für ausgewählte Bauwerkskategorien in Deutschland. In diesem Beitrag werden Crowdsourcingansätze getestet, um Flächenpotentiale unter kombinierter Nutzung von 3D-Gebäudedaten und geokodierter Bilddaten zu ermitteln. Fassadeninformationen sind in einer Vielzahl geokodierter Bilder in sozialen Medien, kommerziellen Diensten und Fotoaustauschplattformen (z.B. Flickr, GoogleStreetView, Mapillary, Wikimapia etc.) implizit gegeben und könnten in Zukunft über eine Crowdcourcing-basierte Bildinterpretation explizit erfasst werden.

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Kartographie, Helmholtzstraße 10, D-01069 Dresden, E-Mail: wendttim@aol.de

² Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Weberplatz 1, D-01217 Dresden, E-Mail: [R.Hecht, M.Behnisch]@ioer.de

Crowdsourcing hat sich bereits in zahlreichen Studien als geeigneter Ansatz bewährt, qualitativ hochwertige Daten kostengünstig zu generieren. Zu nennen wären beispielsweise Studien zur Abschätzung der Landbedeckung (BAYAS et al. 2016; SEE et al. 2013) zur Analyse von Strukturmerkmalen von Gebäuden (HECHT et al. 2017) sowie zur Identifizierung von Malaria betroffenen Blutkörperchen in der Medizin (MAVANDADI et al. 2012). Im Kontext von Crowdsourcing von räumlicher Information spielen neben der Klassifizierung (Annotation, Labeling) von Objekten auch komplexere Aufgaben der Digitalisierung von Polygonen oder das Zusammenführen von Datensätzen durch Zuordnung (Conflation) eine wichtige Rolle (ALBUQUERQUE et al. 2016). HILLEN UND HÖFLE (2015) entwickelten beispielsweise den Prototypen Geo-reCAPTCHA zur Digitalisierung von Gebäudeumringen.

In der vorliegenden Studie werden auf einer kommerziellen und einer nicht-kommerziellen Crowdsourcing-Plattform Bilder zur Flächenpotentialabschätzung integriert und bezüglich der Datenqualität validiert, indem die durch die Crowd erzeugten Daten mit den Referenzdaten verglichen werden. Unter Flächenpotentialabschätzung wird im Kontext dieser Arbeit lediglich eine Teilanalyse der für BIPV nutzbaren Fläche verstanden. In Kombination mit 3D-Geodaten können jedoch absolute Flächen berechnet und unter Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung echte Solarpotentiale in kWh/m² pro Zeiteinheit abgeschätzt werden. Dieser Beitrag thematisiert folgende Fragestellungen:

- Welche Crowdsourcing-Plattformen gibt es?
- Wie genau lassen sich mithilfe von Crowdsourcing die Flächenpotentiale für Gebäudeintegrierte Photovoltaik abschätzen?
- Weisen die kommerzielle und die nicht-kommerzielle Crowdsourcing-Plattform qualitative Unterschiede auf?

Die aufgeworfenen Fragestellungen werden in diesem Positionspapier in den folgenden Kapiteln beantwortet und wichtige Erkenntnisse dieser Studie im Fazit zusammengefasst.

2 Crowdsourcing

2.1 Definitionsansätze

Crowdsourcing versteht sich als eine Wortneuschöpfung, die sich aus den Begriffen „Crowd“ und „Outsourcing“ zusammensetzt. Dabei werden bestimmte Aufgaben bzw. Wertschöpfungsaktivitäten im Auftrag von Unternehmen oder Institutionen ausgelagert und durch einen öffentlichen Aufruf von einer Masse an Menschen durchgeführt (LEIMEISTER 2012). Crowdsourcing nutzt die „Weisheit der Masse“, um kollektives Wissen zusammenzutragen und gezielt einzusetzen (SUROWIECKI 2004). Erstmals wurde der Begriff Crowdsourcing von Jeff Howe im Jahr 2006 genutzt (HOWE 2006). In diesem Beitrag beziehen wir uns allerdings auf die folgende integrierende Definition des Crowdsourcing-Begriffs (ESTELLÉS-AROLAS & GONZÁLEZ-LADRÓNDE-GUEVARA 2012): *“Crowdsourcing is a type of participative online activity in which an individual, an institution, a non-profit organization, or company proposes to a group of individuals of varying knowledge, heterogeneity, and number, via a flexible open call, the voluntary undertaking of a task. [...]”*. Crowdsourcing wird im Kontext von Citizen Science auch als erste Stufe der Partizipation angesehen, in dem der Mensch als Sensor agiert (HAKLEY 2013).

2.2 Crowdsourcing-Plattformen

Heutzutage existiert eine große Vielzahl verschiedener Crowdsourcing-Plattformen, auf denen Auftraggeber (Unternehmung, Organisation, Gruppe oder einzelne Personen) eine zu lösende Aufgabe veröffentlichen und auf der anderen Seite potentielle Auftragnehmer (Crowd) diese Aufgabe lösen können. Grundsätzlich kann man die Plattformen nach kommerziellen und nicht-kommerziellen Plattformen unterscheiden. Bei kommerziellen Plattformen werden die Nutzer für abgeschlossene Tasks monetär vergütet und so zusätzliche Anreize für die Aufgabenbearbeitung gegeben. Bei den nicht-kommerziellen Plattformen spielen andere motivierende Faktoren eine Rolle, wie z.B. thematisches Interesse, Unterhaltung, Anerkennung oder der wohlthätige Gedanke. Die folgenden Tabellen 1 und 2 geben einen Überblick. Tabelle 1 listet die kommerziellen und Tabelle 2 die nicht-kommerziellen Plattformen mit entsprechenden Anwendungsfeldern sowie der dazugehörigen Homepage auf.

Tab. 1: Zusammenstellung von kommerziellen Crowdsourcing-Plattformen

Plattform	Anwendungsfelder	Homepage
Amazon Mechanical Turk	Diverse	https://www.mturk.com
Casting Words	Übersetzung	https://castingwords.com
Clickworker	Diverse	https://www.clickworker.de
Crowdfunder	Datenverifizierung und Datenklassifizierung, Datenkategorisierung und Stimmungsanalysen	https://www.crowdfunder.com
Crowdspace (OneSpace)	Schriften	https://www.onespace.com
CrowdSPRING	Logo- und Webdesign	https://www.crowdspring.com
Freelancer	Software, Design, Dateneingabe	https://www.freelancer.com
Guru.com	Diverse	http://www.guru.com
iFreelance	Webentwicklung, Design	https://www.ifreelance.com
myGengo	Übersetzung	https://gengo.com
Replace Myself	Diverse	http://www.replacemyself.com
Squadhelp	Diverse	http://www.squadhelp.com
Textbroker	Schriften	https://www.textbroker.de

Tab. 2: Zusammenstellung von nicht-kommerziellen Crowdsourcing-Plattformen

Plattform	Anwendungsfelder	Homepage
BizReef	Webdesign, Übersetzung	http://www.bizreef.com
Crowdcrafting	Bildklassifizierung, Übersetzung, Geokodierung etc.	https://crowdcrafting.org
Samasource	Digital Work	https://www.samasource.org
Zooniverse	Kunst, Biologie, Klima, Geschichte, Sprache, Literatur, Medizin, Natur, Physik, Sozialwissenschaften	https://www.zooniverse.org

Auf Grundlage der zusammengetragenen Informationen wurden für die experimentelle Studie jeweils eine kommerzielle und eine nicht-kommerzielle Crowdsourcing-Plattform ausgewählt, die in den folgenden Abschnitten detaillierter vorgestellt werden.

2.3 Amazon Mechanical Turk

Amazon Mechanical Turk (kurz MTurk) entspringt der Idee von Jeff Bezos (PONTIN 2007) und existiert seit dem Jahr 2005. Es ist eine der bekanntesten kommerziellen Crowdsourcing-Plattformen. Arbeitgeber können dabei Jobs (sog. Human Intelligence Tasks (HITs)) veröffentlichen und die Rahmenbedingungen nach eigenem Belieben gestalten. Arbeitnehmer können auf der anderen Seite dann bestehende Jobs recherchieren und diese gegen eine vom Arbeitgeber festgelegte Geldleistung durchführen. Der Arbeitgeber kann definieren, wieviel Zeit die Bearbeitung der Aufgabe maximal in Anspruch nehmen darf und wie lange das Projekt aktiv ist. Zudem legt er den Preis fest, der für eine abgeschlossene Task zu zahlen ist (CHEN et al. 2011). Laut BUHRMESTER et al. (2011) bietet MTurk alle notwendigen Elemente zur erfolgreichen Durchführung von Crowdsourcingprojekten. Die Stärken dieser Plattform sind das offene Marktdesign und die vielen Teilnehmer.

2.4 Zooniverse

Im Gegensatz zu den kommerziellen Plattformen wird der Anreiz bei Zooniverse nicht des Geldes wegen geschaffen, sondern durch die Motivation, die durch ein Projekt und bei der Beantwortung der Aufgaben entsteht (FREI 2009). Zooniverse startete im Jahr 2007 mit dem Projekt „Galaxy Zoo“. Dabei beteiligten sich mehr als 175.000 freiwillige Menschen. Die daraus gewonnenen Daten wurden für 50 Publikationen verwendet (SMITH et al. 2013). Seitdem hat Zooniverse sich zu einer der wichtigsten nicht-kommerziellen Plattform mit vielen unterschiedlichen Anwendungsgebieten (Biologie, Geschichte, Kunst, Medizin usw.) entwickelt.

3 Untersuchungsansatz

Die folgende Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des Untersuchungsansatzes. Dabei ist grundsätzlich zu differenzieren in Aktivitäten des Projektleiters (Vorbereitung und statistische Analyse) und der von den Arbeitnehmern/Nutzern (Crowd) durchgeführten Interpretation an sich (Crowdsourcing). In der Vorbereitungsphase werden die Bilddatensätze generiert, das Task Design definiert und implementiert sowie die zur Validierung notwendigen Referenzdaten erhoben. Im Anschluss an das Crowdsourcing erfolgt die statistische Analyse anhand der deskriptiven Statistik und einer externen Validierung.

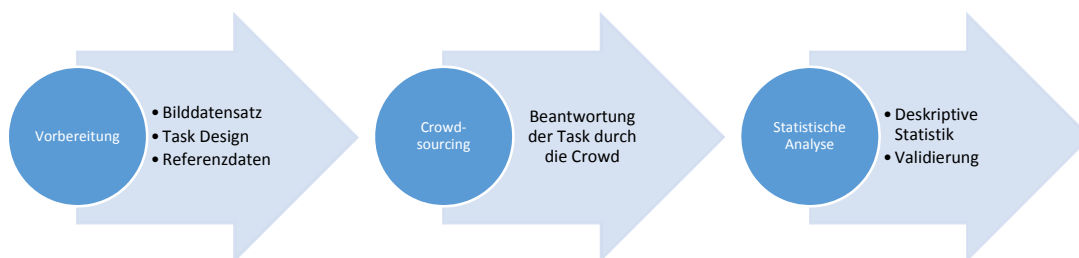


Abb. 1: Workflow der Studie

3.1 Vorbereitung

3.1.1 Bilddatensatz

Grundlage dieser Untersuchung bilden Fotos von Gebäuden. Für die Durchführung wurde ein Bilddatensatz aus dem Projekt „ENOB: dataNWG“ verwendet. Ziel des Projektes ist die Erschaffung einer Nichtwohngebäudedatenbank, „die für valide strukturelle, immobilienwirtschaftliche, energetische und geoinformatische Analysen“ zur Verfügung steht (IWU 2016). Dieser enthielt Fassadenfotos von Gebäuden unterschiedlicher Nutzungskategorien aus den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Thüringen. Die unterschiedlichen Nutzungskategorien können dafür genutzt werden, differenzierte Aussagen über das vorhandene Flächenpotential für BIPV der einzelnen Nutzungskategorien vornehmen zu können. Da pro Gebäude mehrere Bilder aus verschiedenen Blickwinkeln existierten, erfolgte eine manuelle Vorselektion der Bilder. Wichtigstes Kriterium bei der Auswahl des besten Bildes pro Gebäude war eine möglichst vollständige Fassadenabbildung. Aus datenschutzrechtlichen Gründen wurden diese anschließend bearbeitet und alle Kfz-Kennzeichen, Gesichter und Hinweise auf Wohnsitz der Bürger unkenntlich gemacht. Daraufhin konnten die Bilder auf der kommerziellen und der nicht-kommerziellen Crowdsourcing-Plattform integriert werden.

3.1.2 Task Design

Um eine gute Lösbarkeit der definierten Aufgabe (Task) sicherzustellen, wurde eine möglichst einfache Abfrage formuliert, deren Beantwortung unabhängig vom Kulturkreis der Nutzer möglich ist. Zur Abschätzung des prozentualen Anteils der Fassadenfläche für BIPV wurde das Kriterium des Fenster- und Türenflächenanteils verwendet. Realisiert wurde dies über eine Abfrage des Fenster- und Türenflächenanteils über Antwortmöglichkeiten in 10 % Schritten (Auswahlbuttons). Zusätzlich bestand die Möglichkeit im Falle schwieriger Interpretationsverhältnisse keine Bewertung vorzunehmen. Diese Angaben sind nicht in die statistische Auswertung eingeflossen. Die Task wurde zusammen mit Handlungsanweisungen und Hilfestellungen auf den Crowdsourcing-Plattformen Amazon Mechanical Turk und Zooniverse identisch umgesetzt (siehe Benutzeroberfläche in Abbildung 3).

3.1.3 Referenzdatenerhebung

Zur Validierung der Daten wurden Referenzwerte mittels Adobe Photoshop erzeugt, indem die Pixelanzahl der Fenster- und Türenfläche gemessen und in Relation zur Gesamtfassade betrachtet wurde. Dieses Verfahren wurde für eine Stichprobe von 25 % des Bilddatensatzes (insgesamt 186 Bilder) durchgeführt. Die Referenzdatenerhebung ist in folgender Abbildung an einem Beispiel mit entsprechender Berechnungsvorschrift aufgezeigt. Den prozentualen Anteil der Fenster- und Türenfläche ist als A_{FT} definiert.



Gebäudepixelanzahl ($P_{Geb.}$)

Fassadenpixelanzahl ($P_{Fas.}$)

$$A_{FT} = \frac{P_{Geb} - P_{Fas}}{P_{Geb}} \times 100$$

$$A_{FT} = \frac{306490 - 216644}{306490} \times 100$$

$$A_{FT} = 29,31\%$$

Abb. 2: Referenzdatenerhebung

Die in diesem Verfahren erstellten Referenzwerte wurden in einer Datenbank zusammengefügt und im Anschluss an das Crowdsourcingverfahren mit den erzeugten Daten verglichen. Es sei darauf hingewiesen, dass geometrische Bildverzerrungen durch Perspektive und Aufnahmesystem bei der Referenzdatenerhebung zu kleinen Abweichungen der gemessenen Referenzwerte gegenüber der Realität führen können, die jedoch im Kontext der Studie vernachlässigbar sind.

3.2 Crowdsourcing

Der Prozess des Crowdsourcing wurde auf einer kommerziellen und einer nicht-kommerziellen Plattform realisiert. Als kommerzielle Plattform wurde Amazon Mechanical Turk (MTurk) und als nicht-kommerzielle Plattform Zooniverse gewählt. Anhand der Abbildung 3 wird der Workflow deutlich, indem Arbeitsanweisungen, Hilfestellungen sowie Antwortmöglichkeiten bereitgestellt werden. Für die korrekte Bearbeitung der Task war es für die Nutzer unerlässlich die Arbeitsanweisung aufmerksam zu lesen sowie die Hilfestellung zu beachten, um bspw. die korrekte Fassadenfläche zu bewerten. Die Benutzeroberflächen unterscheiden sich lediglich grafisch voneinander und sind der Abbildung 3 zu entnehmen.

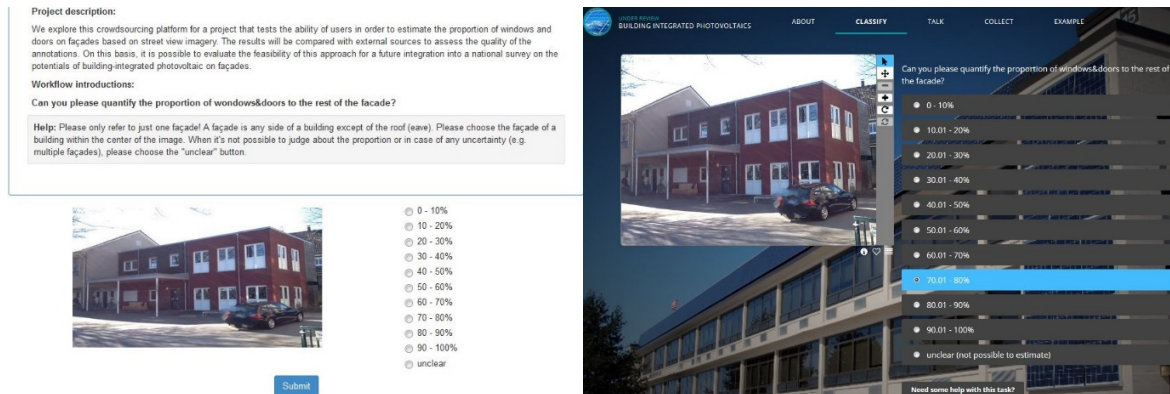


Abb. 3: Implementierte Benutzeroberfläche MTurk (links) und Zooniverse (rechts)

3.3 Deskriptive Statistik

Aus den Ergebnissen der Antworten aus dem Crowdsourcingprozess der jeweiligen Plattform konnten folgende deskriptive Parameter abgeleitet werden.

- Anzahl Bilder
- Annotationen pro Bild (mean)
- Mögliche Kategorien
- Anzahl Annotationen
- Anzahl Annotatoren
- Annotationen pro Annotator (mean)

Diese geben einen ersten Überblick zur Datenstruktur.

3.4 Validierung

Der Validierungsschritt dient dazu, die Qualität des Crowdsourcings in Bezug auf die geschätzten Fenster- und Türenflächenanteile zu messen und zu beurteilen. Hierzu wird der Mittelwert aller Antworten (Annotationen) eines Bildes berechnet und dem jeweils vorliegenden Referenzwert gegenübergestellt. Damit lassen sich Aussagen über die Abweichungen der Ergebnisse aus dem Crowdsourcing vornehmen und ggf. Zusammenhänge feststellen.

4 Erste Ergebnisse und Diskussion

4.1 Deskriptive Statistik

Tabelle 3 zeigt die grundlegenden Kennwerte und statistischen Parameter auf, die sich aus den Daten der Crowdsourcings mittels Amazon Mechanical Turk und Zooniverse ergeben haben. Aus der Tabelle geht hervor, dass die Crowd von Zooniverse die geforderte Anzahl von zehn Annotationen pro Bild in der Projektlaufzeit nicht erreichen konnte. Bei Zooniverse haben zwar deutlich mehr Nutzer (Annotatoren) an dem Projekt teilgenommen, jedoch hat jeder Nutzer im Mittelwert nur 8 Annotationen durchgeführt. Die kommerzielle Plattform von Amazon Mechanical Turk erzielte durch den monetären Anreiz bei den Nutzern eine größere Anzahl von ca. 56 Annotationen pro Annotator.

Tab. 3: Überblick deskriptiver Parameter beider Plattformen

Plattform	Task	Anzahl Bilder	Mögliche Kategorien	Anzahl Annotationen	Anzahl Annotatoren	Annotationen / Bild (mean)	Annotationen / Annotator (mean)
MTurk	Flächenanteil Fenster und Türen in %	743	11	7430	132	10,0	56,3
Zooniverse	Flächenanteil Fenster und Türen in %	743	11	3808	476	5,1	8,0

4.2 Validierung

Die Ergebnisse der externen Validierung zeigt Tabelle 4. Dabei werden die mittleren Werte für den Fenster/Türenflächenanteil von den Nutzern von MTurk mit denen von Zooniverse verglichen. Zudem wird die mittlere Differenz (MEAN Diff) die Standardabweichung der Differenz (SD Diff) dargelegt. Die Standardabweichung gibt die einfache Standardabweichung an und dokumentiert die Streubreite der Werte um das arithmetische Mittel.

Tab. 4: Werte der externen Validierung (Fenster/Türenflächenanteil in %)

	MEAN Referenz (A)	MEAN Wert (B)	MEAN Diff (B-A)	SD Diff
MTurk	27,16	57,36	30,20	13,21
Zooniverse	27,16	41,80	14,64	10,42

Visuell kann ein direkter Vergleich der MTurk-Crowd mit der Zooniverse-Crowd über ein Streudiagramm vorgenommen werden (Abbildung 4). Dabei sind die Mittelwerte der Antwort zum Flächenanteil in % jedes Bildes dem dazugehörigen Referenzwert in % gegenübergestellt. Eingezeichnet ist die Regressionsgerade. Die Anpassungsgüte der Regression wird durch das Bestimmtheitsmaß (R^2) abgebildet. Im Ergebnis ist der Zusammenhang zwischen Referenzwert und abgeschätztem Wert aus dem Crowdsourcing im Falle von Zooniverse stärker.

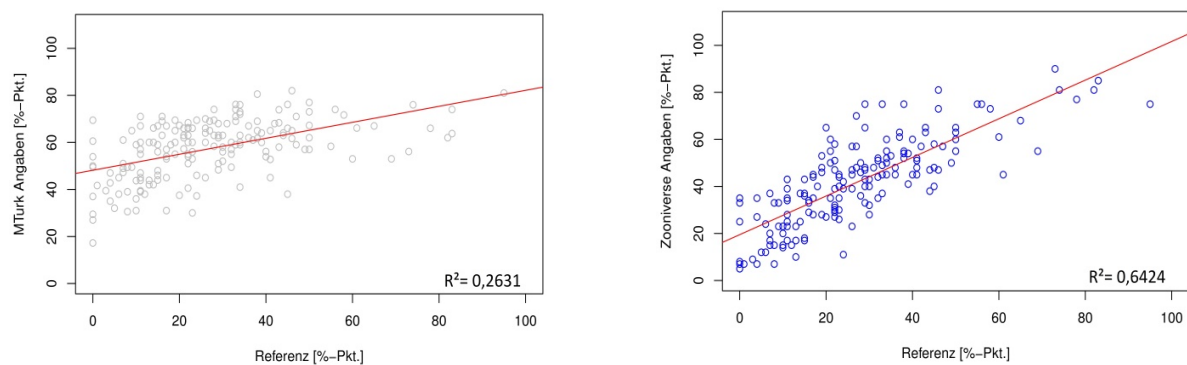


Abb. 4: Gegenüberstellung Crowd Angaben und Referenzwert MTurk (links) und Zooniverse (rechts)

Stellt man auf Grundlage der gegebenen Antworten der Annotatoren und den daraus errechneten Mittelwerten jedes einzelnen Bildes die Stärke der Abweichung in negativer und positiver Ausprägung visuell dar, so kommt die systematische Überschätzung des Fenster- und Türenflächenanteils der Fassaden zur Geltung (Abbildung 5). Allerdings nimmt diese Abweichung kontinuierlich ab, je höher der Fenster- und Türenflächenanteil der Fassaden ist. Diese Besonderheit konnte bei beiden Plattformen beobachtet werden, wobei die Abweichung unter Nutzung von Zooniverse geringer ist. Dieser systematische Zusammenhang stellt eine neue, nutzbare Erkenntnis dar und eignet sich zur Entwicklung eines Korrekturmodells.

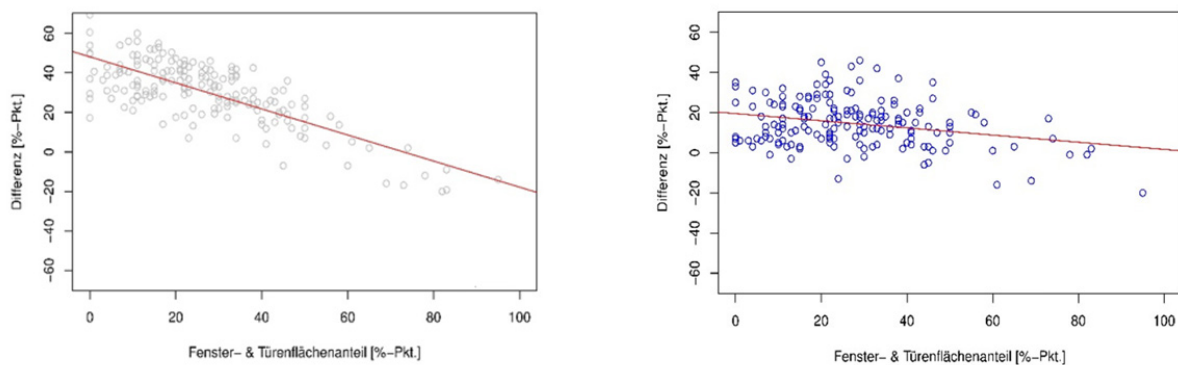


Abb. 5: Abweichung der Crowd - MTurk (links) und Zooniverse (rechts)

Anhand der Konfusionsmatrizen (Tabelle 5 und 6) kann die Stärke der Abweichungen von Amazon Mechanical Turk und Zooniverse gegenüber der Referenz dargestellt werden. Auch hier zeigt sich, dass wesentlich mehr Fehlzusammenordnungen bei Nutzung der Plattform MTurk im Gegensatz zu Zooniverse auftreten.

Tab. 5: Konfusionsmatrix MTurk

Amazon Mechanical Turk		Referenz										Summe
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Crowd	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	2	1	9	2	0	0	0	0	0	0	0	12
	3	2	4	3	0	1	0	0	0	0	0	10
	4	1	5	3	4	4	0	0	0	0	0	18
	5	5	4	5	2	4	0	0	0	0	0	20
	6	3	2	8	8	2	0	1	1	0	0	25
	7	4	4	4	7	1	2	1	1	1	0	25
	8	2	10	9	3	6	1	0	1	0	0	32
	9	2	2	10	5	5	2	1	0	2	1	28
	10	2	2	1	2	0	1	0	0	0	0	8
Summe		28	42	45	32	23	6	3	3	3	1	186

Tab. 6: Konfusionsmatrix Zooniverse

Zooniverse		Referenz										Summe
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Crowd	1	16	3	1	0	0	0	0	0	0	0	20
	2	9	11	1	1	1	1	0	0	0	0	24
	3	1	10	10	4	1	0	0	0	0	0	26
	4	0	9	12	3	1	0	0	0	0	0	25
	5	1	3	8	12	8	2	0	0	0	0	34
	6	1	6	5	7	7	0	0	0	0	0	26
	7	0	0	4	3	2	1	1	0	0	0	11
	8	0	0	4	2	1	2	1	0	0	1	11
	9	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2
	10	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	7
Summe		28	42	45	32	23	6	3	3	3	1	186

5 Fazit & Ausblick

Crowdsourcing hält ein großes Potential für die effiziente Annotation von georeferenzierten Bilddaten bereit. In diesem Beitrag wurde die Nutzung von Crowdsourcing für die Abschätzung des Fenster- und Türenflächenanteils unter Nutzung kommerzieller und nicht-kommerzieller Plattformen erprobt. Aus dem Vergleich mit Referenzdaten konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden: (1) Mit der nicht-kommerziellen Plattform Zooniverse konnten bessere Ergebnisse erzielt werden als durch die monetär motivierte Crowd der kommerziellen Plattform Amazon Mechanical Turk. (2) Für beide Plattformen konnte eine systematische Überschätzung des Fenster/Türenflächenanteils beobachtet werden. (3) Mit zunehmenden Fenster/Türenflächenanteil verringert sich die Abweichung des gemessenen Anteils vom Referenzwert.

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass der Umgang mit der Komplexität der Aufgabenstellung für den Erfolg der Crowdsourcingansätze von großer Bedeutung ist. Im Nachgang sollten vertiefende Auswertungen zu den Ursachen der Abweichungen und möglichen Fehlern im Aufbau des Untersuchungsdesigns durchgeführt werden (z.B. Qualität des Bildmaterials, Didaktik der Aufgabenstellung, unklare Fassadenabgrenzung, Qualifikation der Nutzer). Auch ist zu prüfen, ob eine Potentialabschätzung überhaupt nur für bestimmte Gebäudenutzungskategorien sinnvoll ist. Des Weiteren ist zu klären, ob sich über eine Nachprozessierung mittels Filterung unter Ausschluss der Annotatoren mit einer geringen Vertrauenswürdigkeit die Qualität der Ergebnisse verbessern lässt. Dazu sind entsprechende Gütemaße zur Quantifizierung der Vertrauenswürdigkeit zu berücksichtigen. Zusätzlich könnte auf Basis des systematischen Zusammenhangs von Fenster- und Türenflächenanteil und der Abweichung vom Referenzwert ein entsprechendes Korrekturmodell entwickelt werden.

6 Acknowledgements

Gedankt sei den Kolleginnen und Kollegen des Projektes „Primärdatenerhebung zur Erfassung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland“

(ENOB:dataNWG, Fkz: 03ET1315) mit Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Bereitstellung der Bilddaten aus dem Screening (Pilotphase). Ferner danken wir den Kolleginnen und Kollegen des ebenfalls vom BMWi geförderten Projektes „Entwicklung einer vorgefertigten Standard-BIPV-Fassade für ausgewählte Bauwerkskategorien in Deutschland“ (Standard-BIPV, Fkz: 0324063C) für die Unterstützung bei der Umsetzung sowie die wertvollen Hinweise bei der Entwicklung des Task Designs.

7 Literaturverzeichnis

- ALBUQUERQUE, J.P., HERFORT, B. & ECKLE, M., 2016: The Tasks of the Crowd: A Typology of Tasks in Geographic Information Crowdsourcing and a Case Study in Humanitarian Mapping. *Remote Sensing*, **8**, 859.
- BAYAS, J.C.L., SEE, L., FRITZ, S., STURN, T., PERGER, C., DÜRAUER, M., KARNER, M., MOORTHY, I., SCHAPESCHENKO, D., DOMIAN, D. & MCCALLUM, I., 2016: Crowdsourcing In-Situ Data on Land Cover and Land Use Using Gamification and Mobile Technology. *Remote Sensing*, **905**(8), 1-18.
- BUHRMESTER, M., KWANG, T. & GOSLING, S. D., 2011: Amazon's Mechanical Turk: A New Source of inexpensive, Yet High-Quality, Data? *Perspectives on Psychological Science*, **6**(1), 3-5.
- BUNDESVERBAND BAUSYSTEME e.V. (Hrsg.), 2012: Bauwerksintegrierte Photovoltaik-Systeme – Positionspapier. Koblenz.
- CHEN, J.J., MENEZES, N.J. & BRADLEY, A.D., 2011: Opportunities for Crowdsourcing Research on Amazon Mechanical Turk. Seattle.
- FREI, B., 2009: Paid Crowdsourcing – Current State & Progress toward Mainstream Business Use.
- HAKLAY, M., 2013: Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. *Crowdsourcing Geographic Knowledge*, Sui, D., Elwood, S. & Goodchild, M., (Hrsg.), Springer Netherlands, Dordrecht, 105-122.
- HECHT, R., KALLA, M. & KRÜGER, T., 2017: Crowd-sourced data collection to support automatic classification of building footprint data. ICC 2017: Proceedings of the 2017 International Cartographic Conference.
- HILLEN, F. & HÖFLE, B., 2015: Geo-reCAPTCHA: Crowdsourcing large amounts of geographic information from earth observation data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **40**, 29-38.
- HOWE, J., 2006: The rise of crowdsourcing. *Wired Mag* 14, 1–4.
- IWU, 2016: Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude (ENOB: dataNWG).
- LEIMEISTER, J. M., 2012: Crowdsourcing: Crowdfunding, Crowdvoting, Crowdcreation. *Zeitschrift für Controlling und Management (ZFCM)*, **56**, 388-392.
- MAVANDADI, S., DIMITROV, S., FENG, S., YU, F., SIKORA, U., YAGLIDERE, O., PADMANABHAN, S., NIELSEN, K. & OZCAN, A., 2012: Distributed Image Analysis and Diagnosis through Crowd-Sourced Games: A Malaria Case Study, *PLoSOne* **7**(5)
- MONTORO, D. F., VANBUGGENHOUT, P. & CIESIELSKA, J., 2009: Building Integrated Photovoltaics: An overview of the existing products and their fields of application. *Sunrise* (Hrsg.)

PONTIN, J., 2007: Artificial Intelligence, With Help From the Humans.

<<http://www.nytimes.com/2007/03/25/business/yourmoney/25Stream.html>>.

SEE, L., COMBER, A., SALK, C., FRITZ, S., VAN DER VELDE, M., PERGER, C., SCHILL, C., MCCALLUM, I., KRAXNER, F. & OBERSTEINER, M., 2013: Comparing the Quality of Crowdsourced Data Contributed by Expert and Non-Experts, PLoSOne **8**(7)

SMITH, A. M., LYNN, S. & LINTOTT, C. J., 2013: An Introduction to the Zooniverse. AAAI Technical Report Cr-13-01. 103

SUROWIECKI, J., 2004: The Wisdom of Crowds.