



LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER

WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSINFORMATIK

**Transparente regionsspezifische
Photovoltaik-Preisbewertung in
Deutschland - Ein Web-Crawling basiertes
Framework zur Entscheidungsunterstützung**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M.Sc.)“ im Masterstudiengang
Wirtschaftswissenschaft der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Viktoria Grove-Heike



Prüfer:

Prof. Dr. Michael H. Breitner

Betreuer:

M. Sc. Tobias Kraschewski

Hannover, den 30. September 2022

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Quellcodeverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Photovoltaik – Technologie und Systeme	3
2.2 Preiskomponenten	6
2.3 Photovoltaikmarkt in Deutschland	8
2.4 Zusammenhang von Preistransparenz und Angebotspreisen im Photovoltaikmarkt	14
2.4.1 Einfluss von Informationskosten auf die Preistransparenz im Photovoltaikmarkt	14
2.4.2 Direkte Angebotserstellung	16
2.4.3 Indirekte Angebotserstellung durch einen Aggregator	17
2.5 Status Quo Entscheidungsunterstützungen im Hinblick auf Preistransparenz	21
3 Implementierung des Frameworks	25
3.1 Ziel des Frameworks	25
3.2 Datenbeschaffung mithilfe von Web-Crawling	27
3.3 Analysen und und Entwicklung der Entscheidungsunterstützungen	31
3.3.1 Deskriptive Analyse des Datensatzes	31
3.3.2 Preisbildende Faktoren der regionsspezifischen Photovoltaik Preisbewertung	36
3.3.3 Entwicklung der Entscheidungsunterstützung	40
3.4 Grafische Benutzeroberfläche des Frameworks	46
3.4.1 Infrastruktur	46
3.4.2 Darstellung der Inhalte auf der Oberfläche	48
4 Diskussion der Ergebnisse	54
4.1 Nutzbarkeit der Datengrundlage eines Forums	54
4.2 Beitrag eines Frameworks zur Entscheidungsunterstützung	55
4.3 Praktische Anwendung	57

5	Limitationen und Ausblick	59
6	Fazit	61
	Literaturverzeichnis	61
A	Anhang	67
A.1	Python Code Regressionsanalyse	67
A.2	Backend Code	71
A.3	Regressionsanalyse Code	96
B	Research Summary	97
B.1	Einleitung	97
B.2	Preistransparenz und Formen der Angebotserstellung	98
B.3	Datengrundlage	98
B.4	Entscheidungsunterstützungen	101
B.5	Grafische Benutzeroberfläche des Frameworks	102
B.6	Diskussion	105
B.7	Fazit und Ausblick	107
	Ehrenwörtliche Erklärung	108

1 Einleitung

«Im Jahr 2030 sollen mindestens 80 Prozent des verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Energien stammen, und bereits im Jahr 2035 soll die Stromversorgung fast vollständig aus erneuerbaren Energien gedeckt werden.»³

Dies ist in dem Gesetzentwurf zu „Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien“ zu lesen.⁴ Im ersten Halbjahr 2022 wurde der Stromerzeugung der erneuerbaren Energien ein Anteil von 48.5% zugeschrieben.⁵ Das ambitionierte Ziel der 80% soll unter anderem mit einem Ausbauziel für Photovoltaik (PV) von 215 GW installierter Leistung im Jahr 2030 erreicht werden.⁶ PV Energie ermöglicht es privaten Haushalten klimafreundlichen Strom zu erzeugen und damit auf das übergeordnete Ziel der 80 Prozent einzuzahlen. Die im Gesetzentwurf angestrebte Unabhängigkeit von Energieimporten wird dabei unterstützt. Darüberhinaus können private Haushalte auch die eigene Unabhängigkeit von steigenden Strompreisen kreieren.

Der PV Markt in Deutschland leistet mit einem Anteil von 40%⁷ bereits den größten Beitrag der installierten Leistung Europas, jedoch werden PV Anlagen Interessenten vor maßgebliche Herausforderungen aufgrund einer intransparenten Angebotsfindung gestellt.⁸ Der PV Markt ist insbesondere aufgrund des hohen Grades der standortspezifischen Anlagenplanung in Bezug auf die Preise intransparenter als andere Märkte und bremst daher die Umsetzung vieler Interessenten. Fundamental ist dabei die Betrachtung der Angebotserstellung im PV Markt, die sich in den letzten Jahren durch das vermehrte Aufkommen von Online Plattformen transparenter geworden. Dennoch weisen diese Plattformen ebenfalls Verbesserungspotential im Hinblick auf die Transparenz auf. Die Literatur in dem Bereich der Auswirkung von Online Plattformen ist bisher nur auf den US Markt beschränkt und betrachtet nicht die Toollandschaft in Deutschland. Die spärliche Forschungsgrundlage der Preistransparenz im deutschen PV Markt bildet die Basis der vorliegenden Arbeit und führt zu der folgenden Forschungsfrage

Kann ein Web-Crawling basiertes Framework zur Entscheidungsunterstützung und Verbesserung der Preistransparenz beitragen?

Anhand der Literatur in diesem Bereich und der Identifikation des Status Quo entsteht die Plattform PV Transparency, ein Web-Crawling basiertes Tool zur Entscheidungsunterstützung, das auf einer öffentlichen Datengrundlage eines PV Forums basiert.

³Deutscher Bundestag (2022) S. 1.

⁴Vgl. Deutscher Bundestag (2022) S. 1.

⁵Vgl. Statistisches Bundesamt (2022d)

⁶Vgl. Deutscher Bundestag (2022) S. 1.

⁷Vgl. Statistisches Bundesamt (2022c)

⁸Vgl. O'Shaughnessy & Margolis (2018) S. 406.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage werden in Kapitel 2 zunächst theoretische Grundlagen behandelt, die nach einem kurzen technischen Exkurs der PV Technologie in die wirtschaftliche Betrachtung der einzelnen Komponenten einer PV Anlage einsteigt. Eine ausführliche Untersuchung des PV Marktes in Deutschland greift die Zusammenhänge von politischen Eingriffen und Installationszahlen der Anlagen auf und verdeutlicht damit die Relevanz von Informationen und Transparenz im Markt. Daraufhin wird der Begriff Preistransparenz im Zusammenhang mit der Preisstreuung erörtert und durch die zwei Formen der Angebotserstellung in den Kontext gesetzt. Abschließend wird der Status Quo bezüglich der Entscheidungsunterstützungen im PV Markt in Deutschland untersucht.

In Kapitel 3 beginnt die Implementierung des Frameworks mit der konkreten Zielsetzung anhand von Verbesserungsmaßnahmen bisheriger Lösungen und konkreten Funktionen, die am Ende der Arbeit bei der Beantwortung der Forschungsfrage unterstützen. Nachdem die Methode des Web-Crawlings daraufhin kurz erläutert wird, wird der finale Datensatz vorgestellt sowie die Bereinigung und Anreicherung von Daten kenntlich gemacht. Der Datensatz wird in Kapitel 3.3 in einer deskriptiven Analyse verwendet und die daraus erstandenen ersten Erkenntnisse in einer Regressionsanalyse verdeutlicht und im nächsten Teil in konkrete Entscheidungsunterstützungen eingebettet. Im Anschluss steht in Kapitel 3.4 die grafische Benutzeroberfläche im Fokus, dessen technische Infrastruktur zu Beginn erläutert wird und darauf folgend die Inhalte des Tools beleuchtet werden.

In der Diskussion werden die Ergebnisse der Arbeit hinsichtlich mehrerer Faktoren kritisch betrachtet, darauf basierend Limitationen identifiziert und ein Ausblick gegeben. Im Anschluss daran wird ein abschließendes Fazit gezogen.

B.7 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf der Entwicklung eines Frameworks zur Entscheidungsunterstützung anhand einer regionsspezifischen Preisbewertung. Die Problematik der geringen Preistransparenz im PV Markt wurde im Rahmen dessen beleuchtet und der Status Quo der Entscheidungsunterstützungen im deutschen PV Markt untersucht. Die Plattformen wurden hinsichtlich ihrem Beitrag zur Preistransparenz bewertet und Verbesserungspotentiale herausgearbeitet, die die Entwicklung des Frameworks PV Transparency maßgeblich beeinflusst haben.

Die Datengrundlage des Frameworks stellt in der Arbeit ein Kundenforum zur Veröffentlichung erhaltener Angebote dar, die mithilfe von Web-Crawling Methoden extrahiert und gespeichert wurden. Anhand deskriptiver Analysen wurden maßgebliche Zusammenhänge erkannt, die die Basis für die regionsspezifische Preisbewertung darstellen.

Durch die Umsetzung der fünf konkreten Funktionen im Framework, die auf Forschungserkenntnissen zur Steigerung der Preistransparenz basieren, und die anschließende Diskussion kann die Forschungsfrage *Kann ein Web-Crawling basiertes Framework zur Entscheidungsunterstützung und Verbesserung der Preistransparenz beitragen?* mit *Ja* beantwortet werden.

Die Web-Crawling basierte Datenbasis in Zusammenhang mit der Cloud-basierten Infrastruktur des Frameworks ermöglicht den Ausbau von PV Transparency durch die automatisierte Bereitstellung aktueller Daten aus dem Forum. Die kontinuierliche Datenanreicherung kann aufgrund der vergrößerten Datenbasis zu einer verbesserten Modellgüte beitragen. Diese Untersuchung und Beobachtung von Veränderungen im Regressionsmodell geben einen Ausblick auf mögliche weitere Forschungen.

Die in der Diskussion erwähnten Limitationen aufgrund des *Trade-off* zwischen Benutzerfreundlichkeit und Präzision der Ergebnisse, stellen ein Potential für weitere Forschungen dar, indem durch Nutzerfeedback der tatsächliche Mehrwert der Entscheidungsunterstützungen im Framework messbar gemacht wird und anhand dessen Verbesserungspotentiale identifiziert werden.