

NEUE ENERGIEN 2020

Endbericht – Tätigkeitsbericht

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

1 Projektdaten

Kurztitel	PVSPEC	
Langtitel	Einfluss von Sonnenspektrum und Klima auf die Performance von photovoltaischen Anlagen: Regionale Abschätzung des Sonnenenergiepotentials Österreichs	
Projektnummer	[822053]	
Programm/Programmlinie	Neue Energien 2020 2 Ausschreibung	
Antragsteller	Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie (BOKU_Met) Prof. Philipp Weihs	
Projektpartner	Arsenal Research Center (ARS) jetzt Austrian Institute of Technology (AIT) Austrian Clean Technology (ACT) jetzt Green Jobs Austria	
Projektstart u. - Dauer	Projektstart: 01.08.2009	Dauer: 31 Monate
Berichtszeitraum	von 01.08.2009 bis 29.02.2012	

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

Synopsis: Fünf- bis zehnzeilige Kurzfassung (Synopsis) in dt. Sprache

Der Einfluss des Spektrums auf den Ertrag von drei Photovoltaik-Technologien konnte an zwei Standorten untersucht werden. Im Mittel zeigte sich ein geringerer Einfluss als erwartet. Kurzzeitig (z.B. Simulation von Tageserträgen) ist der spektrale Einfluss aber signifikant. Der Einfluss der Bewölkung auf den Ertrag konnte ebenfalls ermittelt werden. Bewölkung verringert in erster Linie den Ertrag durch Abschattung der direkten Bestrahlungsstärke, kann aber auch zu einer Zunahme des Ertrags durch Zunahme der diffusen Bestrahlungsstärke führen. Weiters konnte gezeigt werden, dass Kondensstreifen den Ertrag kurzzeitig um bis zu 65 % verringern können. Es wurde eine qualitativ hochwertige Datenbasis erstellt und die Grundlage für ein weiteres mehr-jähriges Monitoring gelegt.

2 Technisch-wissenschaftliche Beschreibung der Arbeit

2.1 Projektabriss (max. 3 Seiten)

Der Projektabriss gibt eine überblickartige Darstellung des Projektes und beinhaltet folgende Inhalte:

- Kurzbeschreibung des Projektes (Ausgangssituation, Zielsetzung, Methodik – Arbeiten)
- Ergebnisse und Schlussfolgerungen des Projektes
- Ausblick und Resümee

Ertragsprognosen sind bei der Planung von Photovoltaikanlagen unverzichtbar. Seit ca. 20 Jahren gibt es Simulationsprogramme für Photovoltaikanlagen. Die Zahl der Simulationsprogramme hat bei steigender Qualität vor allem in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Genauigkeit der Ertragsprognose ist dabei sowohl von der verwendeten Methodik, als auch von den Eingangsparametern abhängig. Neben den technischen Einflussfaktoren (Widerstände, Verluste am Wechselrichter,...) hat die auf die PV-Module auftreffende (spektrale) Bestrahlungsstärke wesentlichen Einfluss auf den Ertrag.

Im Projekt PVSPEC sollte der Einfluss der meteorologischen Einflussparameter und vor allem die spektrale Charakteristik der Strahlung auf den Ertrag von PV Modulen untersucht werden. Aussagen über die Eignung von unterschiedlichen PV-Modultypen in verschiedenen klimatischen Regionen Österreichs sollten getroffen werden. Ein genaues Prognosewerkzeug für den PV-Ertrag sollte entwickelt werden bzw. bestehende Programme sollten verbessert werden. Dabei sollte vor allem der Einfluss der spektralen Variabilität auf den Ertrag untersucht werden. Das PV Potential innerhalb von Österreich sollte in Abhängigkeit von Standort, PV-Technologie, Jahreszeit und Anwendung abgeschätzt werden.

Um diese Fragen zu beantworten wurden im Rahmen von PVSPEC am Standort AIT (Wien) und am Standort Kanzelhöhe (Kärnten) kontinuierliche Messungen der Globalstrahlung auf horizontaler und auf geneigten Flächen, spektrale Messungen der Bestrahlungsstärke, Wolkenbeobachtungen mit Hilfe von Fischaugenkameras sowie Messungen der Kurzschlussströme von 3 verschiedenen PV-Modultypen durchgeführt.

Vor Errichtung der beiden Messstandorte wurden zunächst die elektrischen Kenngrößen und die spektrale Empfindlichkeit der drei verwendeten Modultypen im Labor charakterisiert. Zum Zeitpunkt der Berichtslegung liegen an beiden Standorten jeweils eine ca. 1,5 jährige Zeitreihe mit einer minütlichen zeitlichen Auflösung vor. Zunächst wurde mithilfe des qualitativ hochwertigen Datensatzes Fallstudien durchgeführt, um den Einfluss von unterschiedlichen meteorologischen Parametern auf den Kurzschlussstrom abzuschätzen. Die Ergebnisse wurde auf zahlreichen Fachtagungen vorgestellt. Es zeigte sich, dass der spektrale Einfluss auf den Ertrag bisher kaum untersucht wurde und in diesem Bereich besonders hoher Forschungsbedarf besteht. Deshalb wurde

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

bei der weiteren Auswertung der Daten auf den spektralen Einfluss fokussiert. Für alle Zeitpunkte der Messungen wurden mit Strahlungstransferprogrammen umfangreiche Simulationen durchgeführt. Damit konnte ein Datensatz erstellt werden, der sowohl gemessene, als auch theoretisch zu erwartende Kurzschlussströme zu jedem Zeitpunkt beinhaltet. Mithilfe dieses Datensatzes konnte für jede PV-Technologie ein Korrekturfaktor (k) bestimmt werden, die den Unterschied zwischen theoretisch zu erwartendem Kurzschlussstrom und tatsächlich gemessenen Kurzschlussstrom beschreibt.

Um die Ergebnisse einer breiten Öffentlichkeit in leicht verständlicher Weise zugänglich zu machen, wurde eine Internetpräsenz erstellt (www.sonnenkarte.at www.pvspec.at). Es werden die wichtigsten Ergebnisse des Projektes in Kartenform dargestellt. Daneben ist es möglich umfangreiche Unterlagen (Konferenzbeiträge, Berichte) einzusehen. In Kartenform ist die Bestrahlungsstärke in Österreich dargestellt. Die an den zwei Standorten Kanzelhöhe (Kärnten) und Wien (AIT) bestimmten Korrekturfaktoren konnten mithilfe des Strahlungsdatensatzes und eines digitalen Höhenmodells für ganz Österreich abgeschätzt werden. Es wurden in Abhängigkeit von der Jahreszeit, der PV-Technologie und der Ausrichtung (Ost, Süd, West) 27 Karten erstellt.

Es konnte gezeigt werden, dass der spektrale Einfluss auf den Kurzschlussstrom von PV-Anlagen im zeitlichen Mittel geringer als erwartet ist. Bei bestimmten meteorologischen Situationen ist der spektrale Einfluss dagegen nicht zu vernachlässigen. Zum Beispiel erzielt bei wolkenlosen Situationen mit dominierender direkter Bestrahlungsstärke die kristalline Silizium Technologie relativ höhere Erträge als die beiden Dünnschichttechnologien. Die Durchführung von ähnlichen Studien in anderen Klimazonen ist deshalb sehr erstrebenswert. Wegen der geringen Auswirkungen des Spektrums ($< 2\%$) auf den Jahresertrag und vor allem wegen der räumlich innerhalb Österreichs nicht signifikanten Unterschiede, war es nicht sinnvoll, eine ökonomische Abschätzung des spektralen Einflusses durchzuführen. Wesentlich nützlicher ist die Verwendung des im Projekt ermittelten Korrekturfaktors k in Kombination mit herkömmlichen Simulationsprogrammen für PV-Anlagen. Somit können die Ergebnisse dieser Untersuchung am effizientesten Ertragsprognosen verbessern.

Trotz des im Mittel geringen spektralen Einflusses auf den Ertrag, gibt es Bestrebungen, die Normen im PV-Bereich zu erweitern und neben den Standardtestbedingungen noch zwei weitere Bedingungen mit unterschiedlichem Spektrum und unterschiedlicher Temperatur zu definieren. Die Ergebnisse des Projektes und speziell die ungewöhnlich lange Messreihe der spektralen Bestrahlungsstärke können dabei einen wichtigen Beitrag leisten.

Die Ergebnisse des Projektes und speziell die ungewöhnlich lange Messreihe der spektralen Bestrahlungsstärke können dabei einen wichtigen Beitrag leisten. Aus diesem Grund sollen die Messungen auch weiter durchgeführt werden (Monitoring). Ein Langzeitmessprogramm mit erweiterter Standortzahl (Zypern/AIT/Kanzelhöhe) kann sehr wahrscheinlich bei einem der kommenden Calls der Förderprogramme des FFG eingereicht werden. Andere Möglichkeiten

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

schließen Energieerzeuger und Netzbetreiber ein, die ein spezielles Interesse an Langzeiterfahrungen sowie Technologiewahl für kommende Anlagen haben. Erste Gespräche dazu sind in Anbahnung. Dabei ist es sehr erstrebenswert, nicht nur den Kurzschlussstrom, sondern die gesamte Kennlinie zu messen. Ein entsprechendes Gerät wurde AIT-intern zur Nutzung auch in diesem Projekt entwickelt, konnte letztlich aber (noch) nicht im Routinemessbetrieb eingesetzt werden. Die derzeit geplante Variante einer Umsetzung greift auf eine Hausinterne Entwicklung des AIT zurück, die höchst wahrscheinlich im Herbst 2012 einsatzbereit sein wird und elektronisch topologische Fehler der Prototypenversion verbessert. Die Messung wird dann an beiden Standorten synchron erfolgen.

Um noch genauere Abschätzungen des spektralen Einflusses auf den Ertrag zu erhalten, sollten spektrale Messungen nicht nur in der horizontalen, sondern zusätzlich in der Modulebene durchgeführt werden. Messungen der globalen Bestrahlungsstärke sollten in Zukunft mit spektral unabhängigen Messsystemen, z.B. mit Sternpyranometern, durchgeführt werden.

Die Untersuchung des Einflusses von Kondensstreifen und Wolken auf den solaren Ertrag zeigte, dass es besonders wichtig ist, ob die Sonne durch Wolken oder Kondensstreifen abgeschattet ist oder nicht. Es zeigte sich auch, dass es bei Abschattung durch Kondensstreifen kurzfristig zu Ertragseinbussen von bis zu 68% kommen kann. Die Auswertung des Einflusses von Wolken auf die Bestrahlungsstärke zeigen aber eindeutig, dass es bei einer Zunahme des Bewölkungsgrades zu einer Zunahme der diffusen Bestrahlungsstärke und deswegen auch der Globalstrahlung kommen kann.

2.2 Inhalte und Ergebnisse des Projektes (max. 20 Seiten)

Sinn der Darstellung ist eine fundierte Information in Hinblick auf die vom Antragsteller festgelegten Projektziele und deren Erreichung lt. Projektantrag.

1. Ausgangssituation/Motivation des Projektes
2. Zielsetzungen des Projektes
3. Durchgeführte Arbeiten im Rahmen des Projektes inkl. Methodik
4. Beschreibung der Ergebnisse und Meilensteine
5. Beschreibung der eventuellen Schwierigkeiten bei Erreichung der geplanten Ziele
6. Beschreibung der „Highlights“ des Projektes
7. Beschreibung und Begründung der Unterschiede zum ursprünglichen Projektantrag

2.2.1 Ausgangssituation

Photovoltaik (PV) besitzt mittelfristig das Potential, einen signifikanten Beitrag bei der Stromerzeugung durch erneuerbare Energieträger in Österreich zu leisten. Die eingestrahlte Sonnenenergie übersteigt um mehrere Größenordnungen den Energiebedarf. Bei der Planung von PV-Anlagen liefert die Ertragsprognose trotzdem einen wesentlichen Beitrag. Oft kann eine Änderung des zu erwartenden Jahresertrages um wenige Prozent über die Wirtschaftlichkeit einer Anlage

entscheiden. Die mit vereinfachten meteorologischen Bedingungen bisher für Österreich durchgeführten PV Energiepotentialabschätzungen liefern Ergebnisse mit einer hohen Unsicherheit. Ein besonders hohes Informationsdefizit besteht im Bereich des spektralen Einflusses auf den Ertrag von PV-Anlagen. Während im Labor spektrale Einflüsse auf den Ertrag leicht simuliert werden können, gibt es bisher wenige Untersuchungen unter Outdoor-Bedingungen. Die spektrale Empfindlichkeit der PV-Paneele liegt bei a-Si Zellen im Wellenlängenbereich zwischen 300 und 800 nm, bei c-Si zwischen 300 und 1200 nm und bei CIS Modulen zwischen 300 und 1250 nm (Kenny et al., 2006). Der Einfluss der spektralen Zusammensetzung auf den Ertrag von amorphen (a-Si), kristallinen (c-Si) und multikristallinen Silizium (mc-Si) und CIS PV Modulen wurde u.a. von Gottschalg et al. (2005), Kenny et al. (2006), Minemoto et al. (2007) und Santbergen und van Zolingen (2008) untersucht. Für die a-Si Module war der Einfluss der spektralen Zusammensetzung am meisten ausgeprägt. Die c-Si und CIS Module waren etwas weniger von der spektralen Strahlung abhängig (und deswegen auch weniger abhängig vom Sonnenstand). Minemoto zeigt außerdem, dass der Ertrag der mc-Si Module vor allem von der Paneeltemperatur abhängt und kaum vom Spektrum. Die Verwendung der Sonnenenergie ist außerdem auch durch die Integration von PV Paneelen auf Dächern und in Wänden von Gebäuden möglich (Boyle, 2004). Die übliche Orientierung der Paneele ist Richtung Süden. In Zukunft werden aber vor allem in städtischen Gebieten die Integration von PV Paneelen in andere Himmelsrichtungen in Betracht gezogen werden.

2.2.2 Zielsetzung

Im Rahmen des Projektes sollten umfangreiche Messungen durchgeführt werden, um an zwei Standorten in Österreich das Strahlungsklima detailliert in Bezug auf photovoltaische Nutzung zu untersuchen. Dabei sollte der Einfluss von meteorologischen Parametern, vor allem spektrale Einflüsse und Bewölkungseinflüsse, auf den Ertrag unterschiedlicher PV-Technologien abgeschätzt werden. Die Abhängigkeit des Ertrages von Sonnenhöhe, Seehöhe und (Modul)Temperatur sollte ebenfalls für drei unterschiedliche Modultechnologien für Österreich abgeschätzt werden.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse sollten Aussagen über die Eignung unterschiedlicher Modultechnologien an verschiedenen Standorten in Österreich getroffen werden. Dazu sollten zusätzlich zu den durchgeführten Messdaten, regionale Strahlungs-, Temperatur- und Wolkenklimatologien verwendet werden. Letztlich sollte eine Darstellung der Ergebnisse in Kartenform angestrebt werden.

Letztlich sollten die erhobenen Daten dazu beitragen, ein verbessertes Prognosewerkzeug zur Bestimmung des PV-Ertrages zu entwickeln. Dieses Werkzeug sollte PV-Erträge in Abhängigkeit von Zeit, Standort, Orientierung und Neigung und PV-Modultyp berechnen. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf den spektralen Einfluss gelegt werden, weil dazu bisher wenige Untersuchungen vorlagen. Neben standortspezifischen Vor- und Nachteilen bestehender PV-Technologien sollten die Anforderungen an zukünftige PV-Technologien speziell für Österreich definiert werden. Die

Grundlage dafür sollten Untersuchungen des spektralen Strahlungsklimas und der Temperatur an zwei typischen Standorten in Österreich bilden.

2.2.3 Durchgeführte Arbeiten

2.2.3.1 Messaufbau (AP2)

Als Grundlage für die weiteren Untersuchungen wurden die elektrischen Kenngrößen und die spektrale Empfindlichkeit der drei verwendeten Modultypen charakterisiert (siehe Abbildung 1). Danach wurden die beiden Messstandorte (AIT(Wien) und Kanzelhöhe (Kärnten)) eingerichtet. Es wurden und werden (Langzeitmonitoring) an beiden Messorten in einer zeitlichen Auflösung von einer Minute umfangreiche Strahlungsmessungen und synchron, Messungen der Kurzschlussströme der Module durchgeführt.

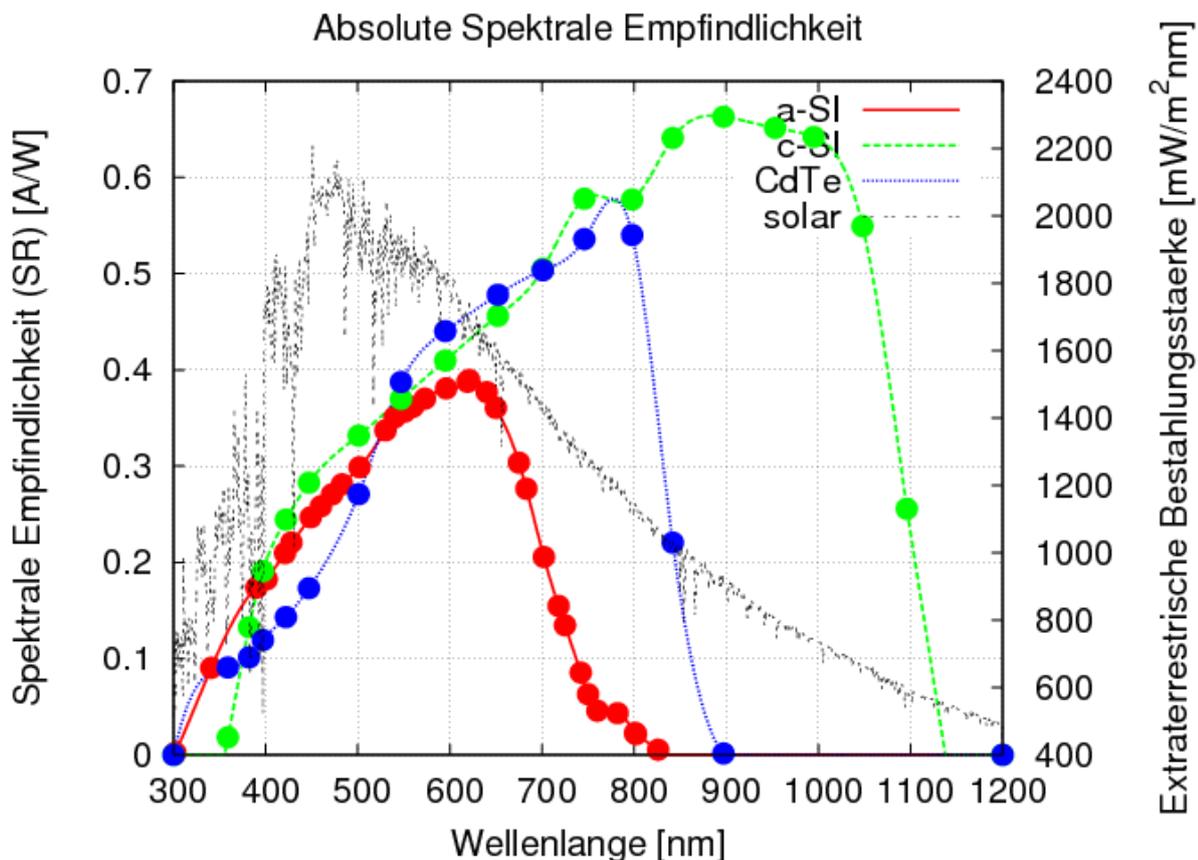


Abbildung 1: Die spektrale Empfindlichkeit für die drei unterschiedlichen Modultypen (amorphes Silizium – a-Si, monokristallines Silizium – c-Si und Cadmium-Tellur – CdTe) ist dargestellt (linke Ordinate).

Folgende Messungen werden minütlich an beiden Standorten durchgeführt:

- Fotos mit der Wolkenkamera
- Spektrale Bestrahlungsstärke mit dem Spektralradiometer (horizontal)
- Globale Bestrahlungsstärke mit dem Pyranometer (horizontal)
- Globale Bestrahlungsstärke mit dem Pyranometer (nach Osten, 35° Neigung)

- Globale Bestrahlungsstärke mit dem Pyranometer (nach Süden, 35° Neigung)
- Globale Bestrahlungsstärke mit dem Pyranometer (nach Westen, 35° Neigung)
- 3 mal (Osten, Süden, Westen) Kurzschlussstrom a-Si Modul
- 3 mal (Osten, Süden, Westen) Kurzschlussstrom c-Si Modul
- 3 mal (Osten, Süden, Westen) Kurzschlussstrom CdTe Modul
- 3 mal (Osten, Süden, Westen) Modultemperatur a-Si Modul
- 3 mal (Osten, Süden, Westen) Modultemperatur c-Si Modul
- 3 mal (Osten, Süden, Westen) Modultemperatur CdTe Modul

Die Messungen laufen derzeit noch und sollen auch weiter betrieben werden (Monitoring). Schon zu Beginn des Projektes (2010) wurden erste Ergebnisse auf Fachtagungen vorgestellt (siehe Kapitel 2.5.1).

2.2.3.2 Datenanalyse und Modellierung (AP3)

Auswertungen der Messdaten von beiden Standorten wurden zunächst im Rahmen von Fallstudien durchgeführt und auf internationalen Konferenzen präsentiert. Es zeigte sich insgesamt eine gute Qualität der Messdaten. Um die gemessenen Spektren sinnvoll vergleichen zu können wurde jeweils die Gleichgewichtswellenlänge bestimmt (siehe Abbildung 2).

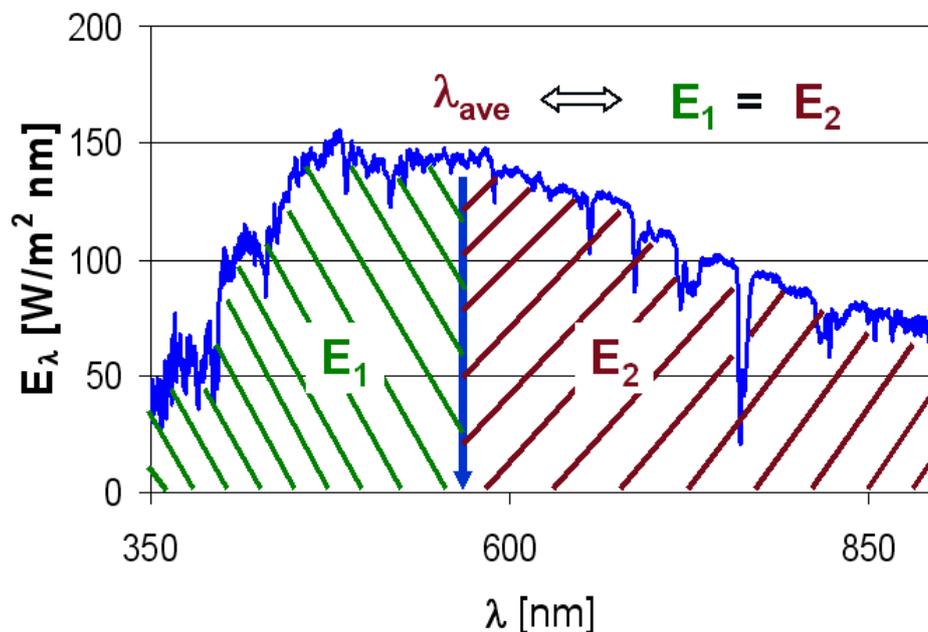


Abbildung 2: Bestimmung der Gleichgewichtswellenlänge des Sonnenspektrums.

Um die Daten effizient auszuwerten, wurden umfangreiche Simulationen durchgeführt. Für wolkenlose Bedingungen wurde der Kurzschlussstrom für alle Modultypen und Ausrichtungen bestimmt. Somit steht zu jedem Zeitpunkt ein Referenzwert zur Verfügung.

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

2.2.3.3 Auswertung der Wolkenkamerabilder (AP3)

Weiters wurden die Kamerabilder der Wolkenkamera ausgewertet, um den Einfluss von Wolken im Allgemeinen und Kondensstreifen im Speziellen zu untersuchen. Die automatische Bildauswertung (siehe Abbildung 3 und 4) ermöglicht die Bestimmung des Bedeckungsgrades und bestimmt außerdem, ob die Sonne von Wolken verdeckt war oder nicht. Um die Software sinnvoll einzusetzen mussten Fallstudien zur Validierung durchgeführt werden. Es zeigte sich, dass sich die automatische Auswertung durch geeignete Auswahl des untersuchten Ausschnitts (horizontnahe Bereiche sollten nicht analysiert werden) verbessern lässt. Bei sehr tiefen Sonnenständen ist die Software unzuverlässig. Diese Situationen sind aber auch bei der Strahlungsmessung schwer zu erfassen und wurden deshalb bei den meisten Untersuchungen nicht berücksichtigt.

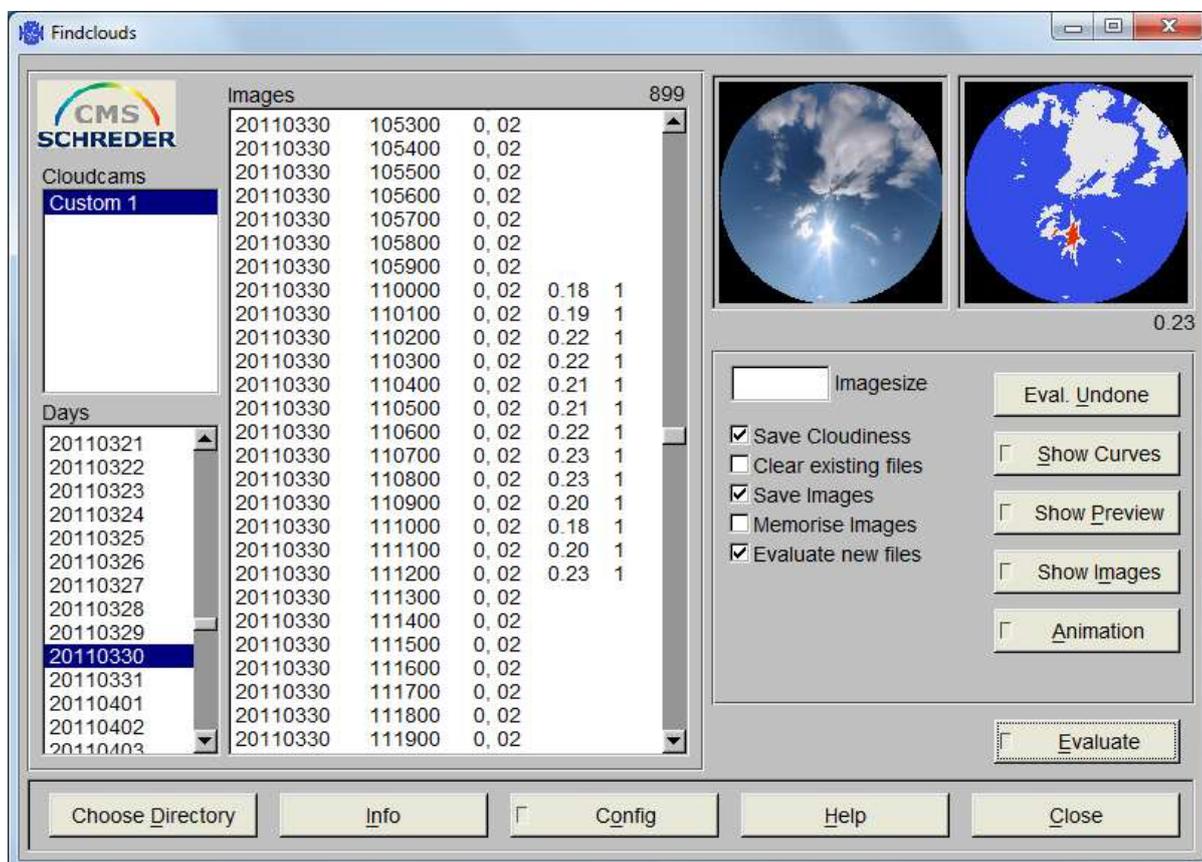


Abbildung 3: Screenshot der Software zur Auswertung der Wolkenkamerabilder

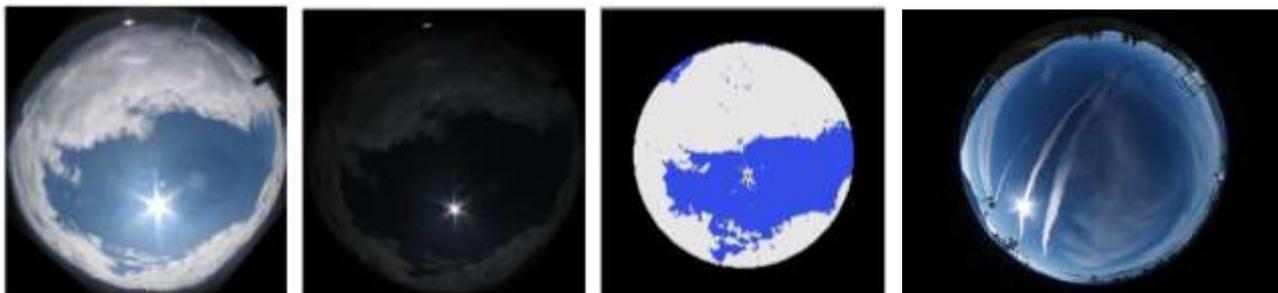


Abbildung 4: Auswertung der Wolkenkamerabilder und Abschattung der direkten Sonnenstrahlung durch Kondensstreifen (rechts).

2.2.3.4 Berechnung des Korrekturfaktors (AP4) von Ertragsprognosen

Um den Einfluss des Spektrums im Strahlungsklima Österreichs abzuschätzen wurden die Messdaten in die drei Kategorien direkte Sonnenstrahlung, diffuse Himmelsstrahlung und diffuse Wolkenstrahlung eingeteilt. Jede dieser drei Kategorien weist ein typisches Spektrum auf. Die direkte Sonnenstrahlung liefert langwelliges (rotes) Licht, diffuse Himmelsstrahlung kurzwelliges (blaues) und diffuse Wolkenstrahlung eher kurzwelliges Licht (leicht ins Blaue verschoben)- siehe Abbildung 5. Seehöhe und Bewölkungsverhältnisse bestimmen wesentlich den Anteil der Kategorien an der Jahressumme der Bestrahlungsstärke. Weitere signifikante Einflussfaktoren auf das Spektrum wurden aus Datenmangel nicht berücksichtigt (Wolkendicke und -art, Aerosole, ...). Für diese Parameter wurden Mittelwerte angenommen.

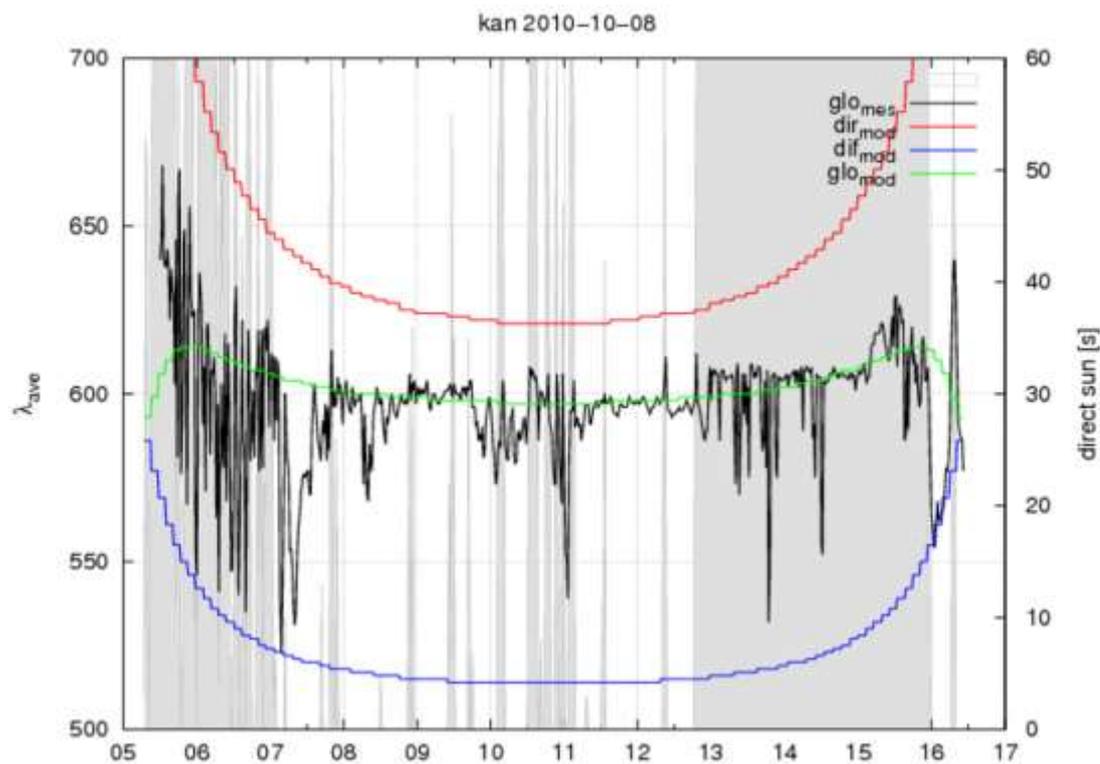


Abbildung 5: Tagesgang der Gleichgewichtswellenlänge an einem Tag mit durchbrochener Bewölkung (8. Oktober 2011). Es sind Messungen (schwarze Linie) und Modellrechnungen (rot – direkte Bestrahlung, blau – diffuse Bestrahlung und grün – globale Bestrahlung) dargestellt.

Mithilfe von klimatologischen Globalstrahlungsdaten des österreichischen Wetterdienstes und eines digitalen Höhenmodells konnte ein Korrekturfaktor „C“ bestimmt werden, der den Einfluss des Spektrums auf den Ertrag für die drei untersuchten Modultypen beschreibt. Diese Bestimmung des Korrekturfaktors C bestand darin die Abweichungen des realen Spektrums vom Standardspektrum $G_{AM1.5}(\lambda)$ zu bestimmen, den Kurzschlussstrom neu zu berechnen und so den Einfluss der spektralen

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

Variabilität auf den Kurzschlussstrom abzuschätzen. Der spektrale Korrekturfaktor wurde mit Hilfe folgender Gleichung berechnet:

$$C(m, d, z, t) = \frac{A \cdot \int S(\lambda, m) \cdot G(\lambda, d, z, t) d\lambda}{A \cdot \int S(\lambda) \cdot G_{AM1.5}(\lambda) d\lambda}$$

mit A – Modulfläche und $S(\lambda)$ – spektrale Empfindlichkeit (siehe Abb. 1)

Durch die Einteilung des Lichtes in die beschriebenen drei Kategorien, konnten somit auch drei Korrekturfaktoren (C_{wol} , C_{dir} , C_{dif}) bestimmt werden. Aufgrund des klimatologischen Bedeckungsgrades P_{wol} und des mit Strahlungstransfermodellen bestimmten Anteils der direkten Strahlung P_{dir} , konnten diese Korrekturfaktoren entsprechend gewichtet zum effektiven Korrekturfaktor aufsummiert werden (siehe folgende Formel):

$$C(m, d, z, t) = C_{wol}(m) \cdot P_{wol}(d, t) + C_{dir}(m, d, t) \cdot (1 - P_{wol}(d, t)) \cdot P_{dir}(d, z, t) + C_{dif}(m, t) \cdot (1 - P_{wol}(d, t)) \cdot (1 - P_{dir}(d, z, t))$$

Mit :

m – Technologie (aSi, cSi, CdTe)

d – Ausrichtung (ost, süd, west) (ost und west sind identisch, es soll also nur süd und ost dargestellt werden)

z – Meereshöhe

t – Zeit (Sommerhalbjahr, Winterhalbjahr, Jahr)

Mit dieser Berechnungsmethode wurden die auf der Homepage (siehe auch Abbildung 17) dargestellten Ergebnisse bestimmt.

2.2.3.5 Aufbau der Homepage (AP5)

Im Rahmen von Expertengesprächen bei Fachtagungen stellte sich heraus, dass eine Eigenentwicklung einer Software zur Ertragssimulation wegen des geschätzten hohen Aufwands und den bereits zahlreich vorhandenen Programmen innerhalb des Projektes nicht sinnvoll ist. Ebenso wurde eine weitere Möglichkeit, die Erweiterung von vorhandenen PV-Ertragswerkzeugen geprüft. Die Softwareprogramme PV-Sol und Insel wurden auf Ihre Einsatzfähigkeit für das gegenständliche Projekt getestet. Ergebnis der Prüfung war, dass die Programme aufgrund ihrer Komplexität und Einschränkungen durch die jeweiligen Entwickler für eine Erweiterung ungeeignet sind. Es wurde deshalb vereinbart, nur den prozentuellen Korrekturfaktor „k“ zu ermitteln und graphisch darzustellen. Dazu und allgemein für die Präsentation des Projektes wurden zwei Domainnamen (www.sonnenkarte.at und www.pvspec.at) gekauft und die Programmierung einer Internetseite zur Darstellung der Ergebnisse begonnen. Im Zentrum stand dabei eine thematische Karte von

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

Österreich, die spektral bedingte regionale Ertragsunterschiede quantifiziert. Intuitive Bedienung soll Nutzer mit wenig Vorwissen ansprechen. Zusätzlich zu den auf Konferenzen bzw. in wissenschaftlichen Journalen veröffentlichten Beiträgen sind hier Ergebnisse des Projektes anschaulich für die interessierte Öffentlichkeit dargestellt. Zunächst wurden dazu in einer konzeptuellen Phase Aufbau und Design abgestimmt.

Für die Realisierung eines Designs und Programmierung der Projekthomepage engagierte green jobs Austria den Webdesigner und Programmierer Andreas Mursch-Radlgruber. Dem Projektfördergeber wurde in diesem Zusammenhang schriftlich mitgeteilt, dass es bei green jobs Austria eine Kostenumschichtung in Höhe von EUR 3.500,00 von Personalkosten zu Drittkosten gab. In den Abbildungen 6 und 17 wird die Entwicklung des Designs der Projekthomepage vom Erstentwurf zum fertigen Endprodukt dargestellt.

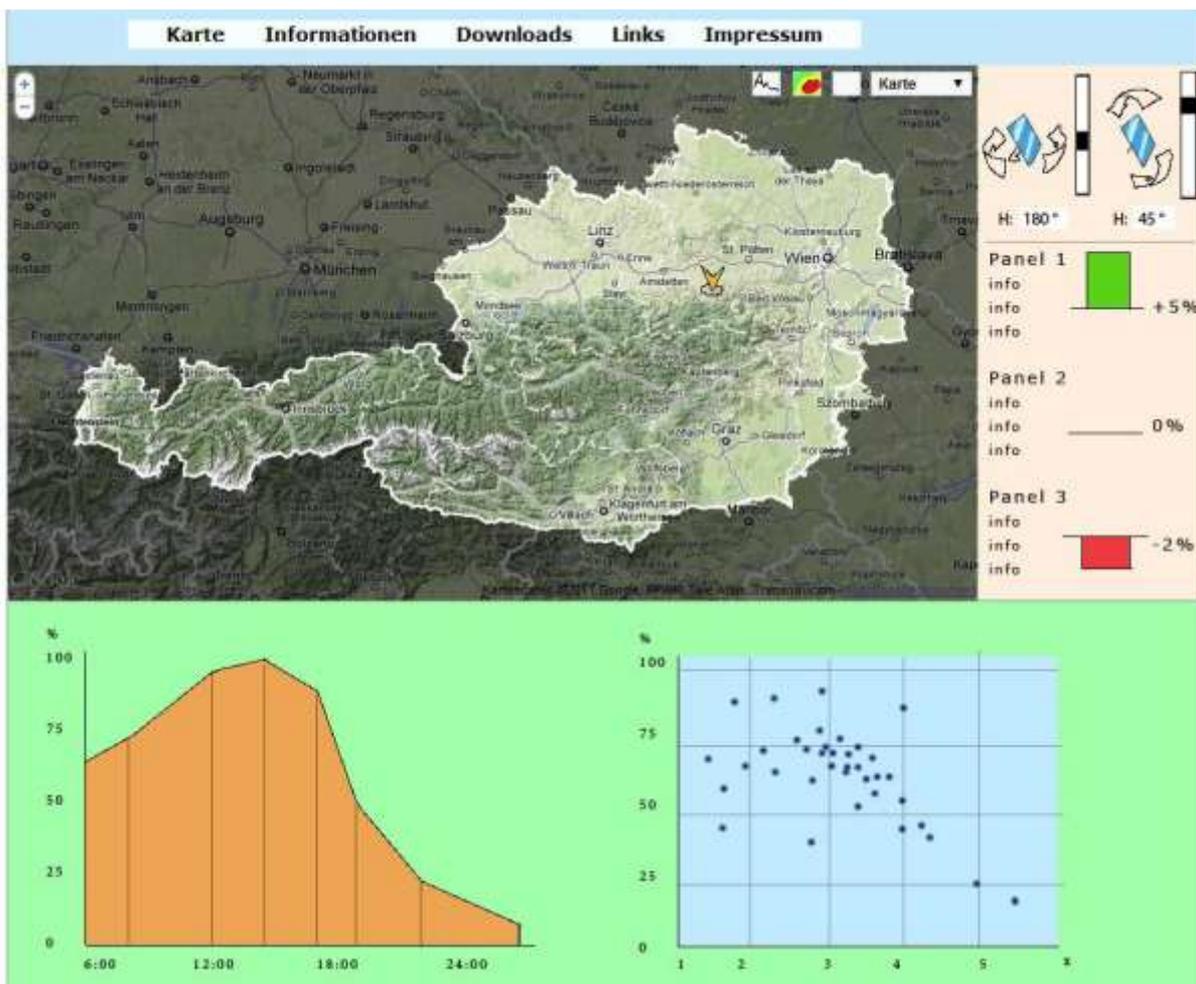


Abbildung 6: Erstentwurf für Design der Projekthomepage sonnenkarte.at

2.2.4 Ergebnisse

2.2.4.1 Pre- und Postcharakterisierung der Module (AP2)

Die für die Untersuchung verwendeten Module wurde hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften, spektralen Empfindlichkeit und Produktgüte vor und nach dem Projekt untersucht.

Vor dem Projekt wurde die Spektrale Empfindlichkeit am JRC in Ispra bestimmt (siehe Abbildung 1). Die Elektrischen Kennwerte wurden gemessen und eine Elektrolumineszenzaufnahme intrinsischer Defekte wurde am AIT angefertigt. Nach der Versuchsdauer wurden diese Messungen wiederholt. Man kann dadurch die geringe Alterung der Module und damit die Zuverlässigkeit der Messdaten feststellen.

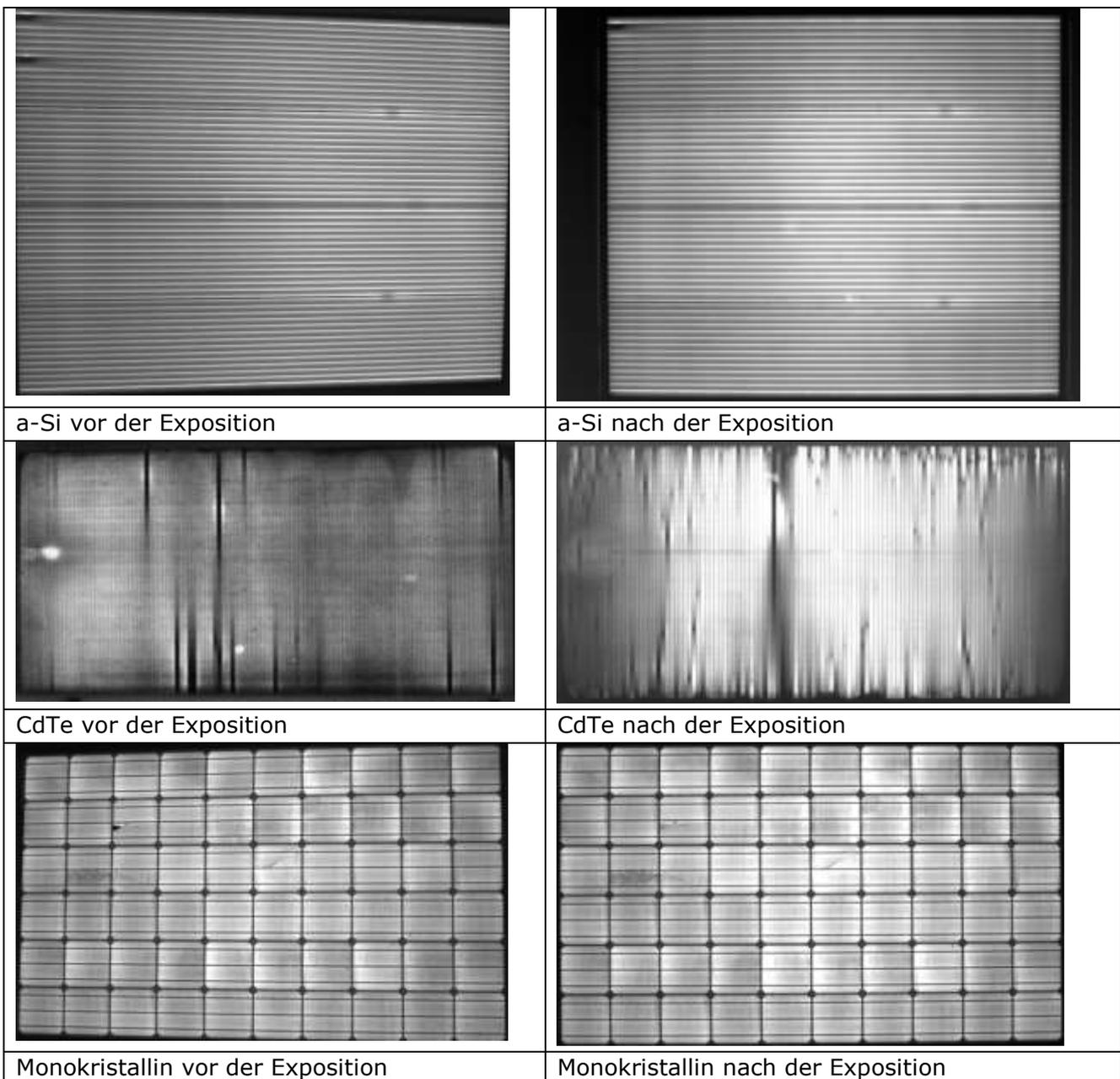


Abbildung 7: Elektrolumineszenzaufnahmen der Modulschäden.

2.2.4.2 Fallstudien zu spektralem Einfluss und Topographieeffekt (AP3)

Es wurde nachgewiesen, dass ein Einfluss des Spektralen Sonnenlichtes auf die Umwandlungseffizienz der untersuchten Photovoltaikmodule in Abhängigkeit von Wetter, Klima und Topographie existiert. Dazu wurden exemplarisch geeignete Tage als Referenz herangezogen und die Amplitude des erwarteten Effektes rein messtechnisch erfasst. Die Verschiebung der Gleichgewichtswellenlänge aufgrund von Topographie und Wetter konnte aus den Messdaten eindeutig gezeigt werden (siehe Abbildungen 8 und 9). Die Gleichgewichtswellenlänge verschiebt sich damit nicht nur jeweils im Tagesverlauf, sondern ist auch von der topographischen Lage (hier 170 m und 1600 m) und der Wettersituation (z.B. Regen, Sonne, etc.) abhängig. Erklärbar ist dies durch die unterschiedlichen Anteile an direkt- und Diffusstrahlung und den Einfluss von Mie- und Rayleighstreuung. Durch die unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeiten wird die direkte Abhängigkeit der Modulströme sichtbar.

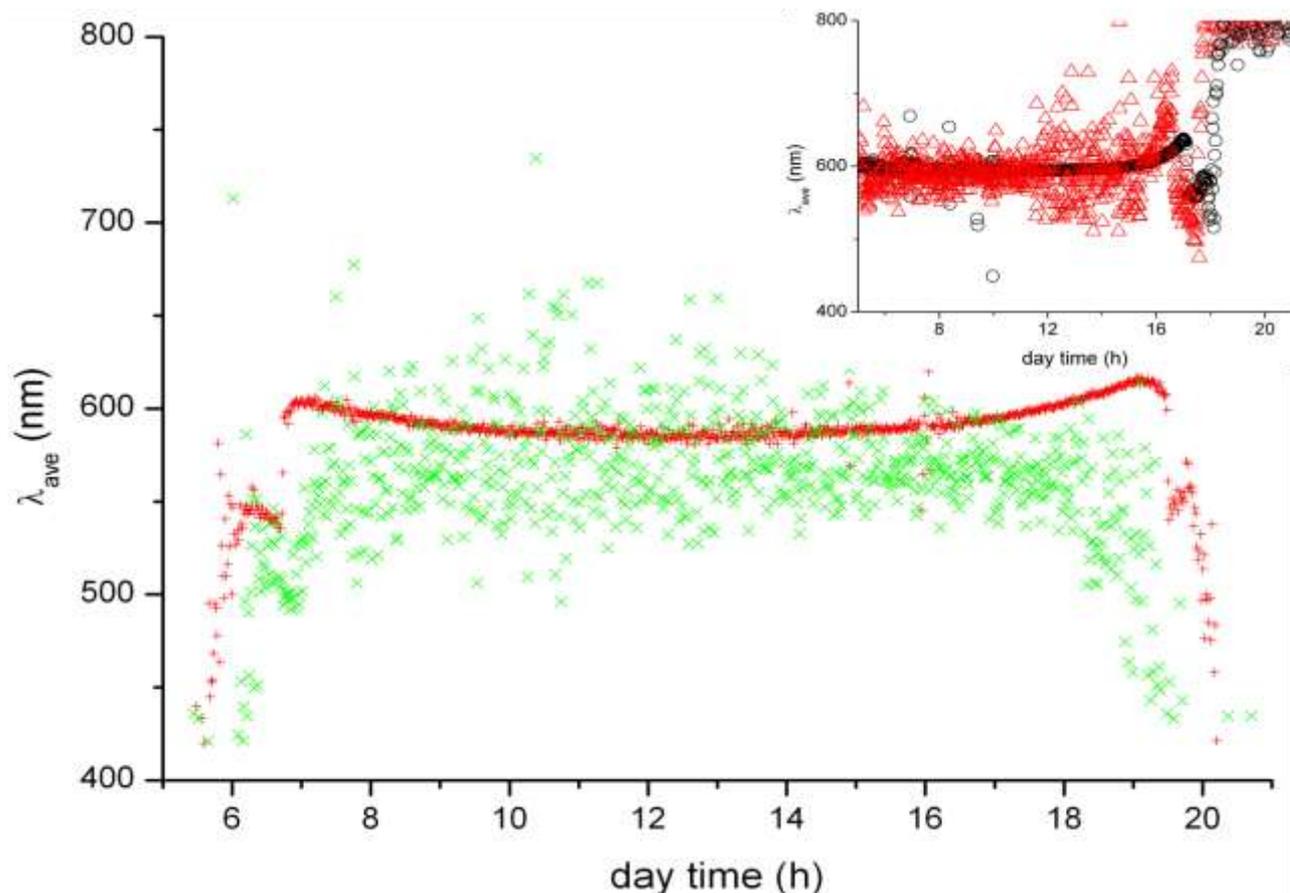


Abbildung 8: Zeitabhängigkeit von λ_{ave} für 170 m (x) and 1600 m (+) an einem sonnigen. Das Inset zeigt die Daten eines vollständig bewölkten Tages auf 170 m (○) und 1600 m (Δ).

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

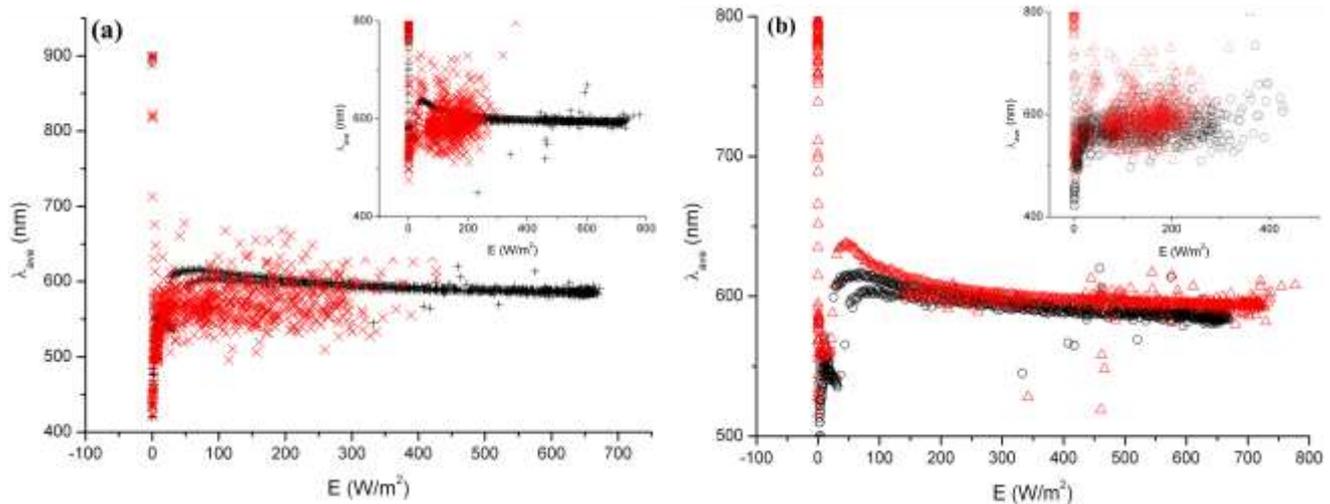


Abbildung 9: Gleichgewichtswellenlänge als Funktion der Einstrahlung für (a) 170 m und 1600 m (Inset) für Bewölkung (x) und Sonne (+) und (b) 170 m (O) und 1600 m (Δ) für Sonne und Bewölkung (Inset). Die Stromumwandlungseffizienz der Modultypen (ein Maß für den Einfluss der spektralen Änderungen) ergibt sich dann durch Vergleich der gemessenen Kurzschlussströme mit den STC-Werten (Laborwerte bei AM1,5, 1000W/m² und 25°C) und der Einstrahlung bezogen auf 1000W/m². Es konnte eine deutliche Abhängigkeit vor allem für die Dünnschichtmodule festgestellt werden, siehe Abbildung 10.

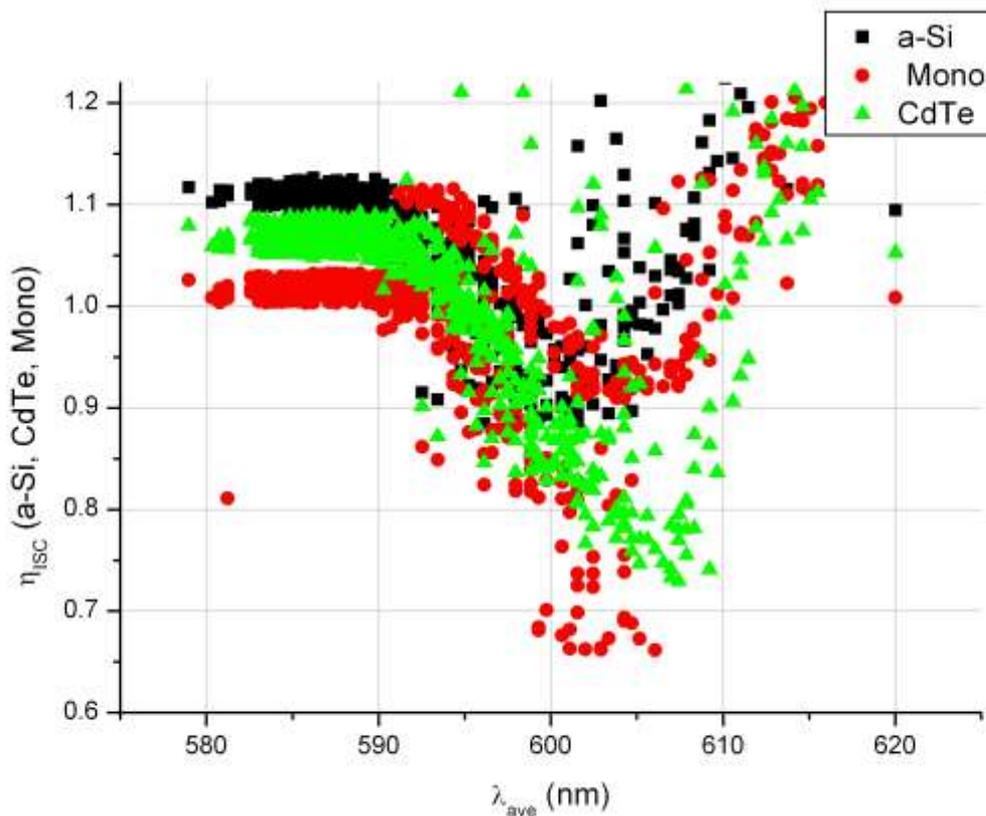


Abbildung 10: Umwandlungseffizienz der einzelnen Modultypen.

2.2.4.3 Spektraler Einfluss (AP3)

Der Einfluss des Spektrums auf den Kurzschlussstrom konnte für die drei untersuchten Modultypen und Ausrichtungen quantifiziert werden. Dazu waren neben den Messdaten auch umfangreiche Modellberechnungen nötig. Mithilfe der im Labor bestimmten spektralen Empfindlichkeit, dem in der Modulebene mit Pyranometern gemessenen Globalstrahlung und dem AM1.5-Spektrum (Norm) konnte zu jedem Zeitpunkt der zu erwartende Kurzschlussstrom bestimmt werden. Dieser Wert wurde mit dem gemessenen Kurzschlussstrom verglichen. Um die spektrale Abhängigkeit zu untersuchen wurden nur Situationen mit großen Sonnenhöhen (> 20 Grad über Modulebene) untersucht. Bei tiefen Sonnenständen beeinflussen Reflexionen wesentlich den Kurzschlussstrom. Das gemessene Spektrum in der Horizontalen unterscheidet sich wesentlich vom Spektrum, das in der Modulebene auftrifft. Deshalb musste das gemessene Spektrum zunächst in die Modulebene umgerechnet werden. Dazu wurde die schon in den 1970er Jahren beschriebene Methode nach Klucher (1979) verwendet. Als Maßzahl für das Spektrale Verhalten wurde anschließend die Gleichgewichtswellenlänge bestimmt. Entsprechend der spektralen Empfindlichkeit der drei Modultechnologien (Abbildung 1) wurde erwartet, dass aSi- und CdTe-Module bei eher blauem Licht (kleine Gleichgewichtswellenlänge) höhere Kurzschlussströme liefern, während cSi-Module bei rotem Licht (hohe Gleichgewichtswellenlänge) höhere Erträge liefern. Die erwartete Abhängigkeit des Kurzschlussstromes vom Spektrum konnte großteils bestätigt werden. In Abbildung 11 ist die prozentuale Änderung des Kurzschlussstromes im Verhältnis zu dem mit dem AM1.5 (Gleichgewichtswellenlänge 597 nm) berechneten Kurzschlussstrom dargestellt. Spektrale Unterschiede sorgen zeitweise für bis zu 10 % höhere bzw. bis zu 15 % niedrigere Erträge. Im zeitlichen Mittel zeigt sich allerdings ein wesentlich geringerer Einfluss, weil zum Zeitpunkt der größten Einstrahlung (mittags) das Spektrum meist etwa dem AM1.5 Spektrum entspricht. Außerdem treten Situationen mit rotem Licht in etwa so häufig auf, wie Situationen mit eher blauem Licht (siehe Abbildung 12) und somit gleichen sich erhöhte Erträge und Mindererträge etwa aus. Letztlich konnte der Einfluss des Spektrums im Jahresmittel auf ca. +1 % (aSi), -2 % (cSi) und -1 % (CdTe) für die nach Süden ausgerichteten Module bestimmt werden. Die nach Osten bzw. Westen montierten Module hatten noch etwas höhere Erträge (aSi) bzw. etwas höhere Mindererträge (cSi- und CdTe-Module). Exemplarisch sind Ergebnisse in Abbildung 17 dargestellt. Detailliert können die Ergebnisse auf der Projekthomepage www.sonnenkarte.at abgerufen werden.

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

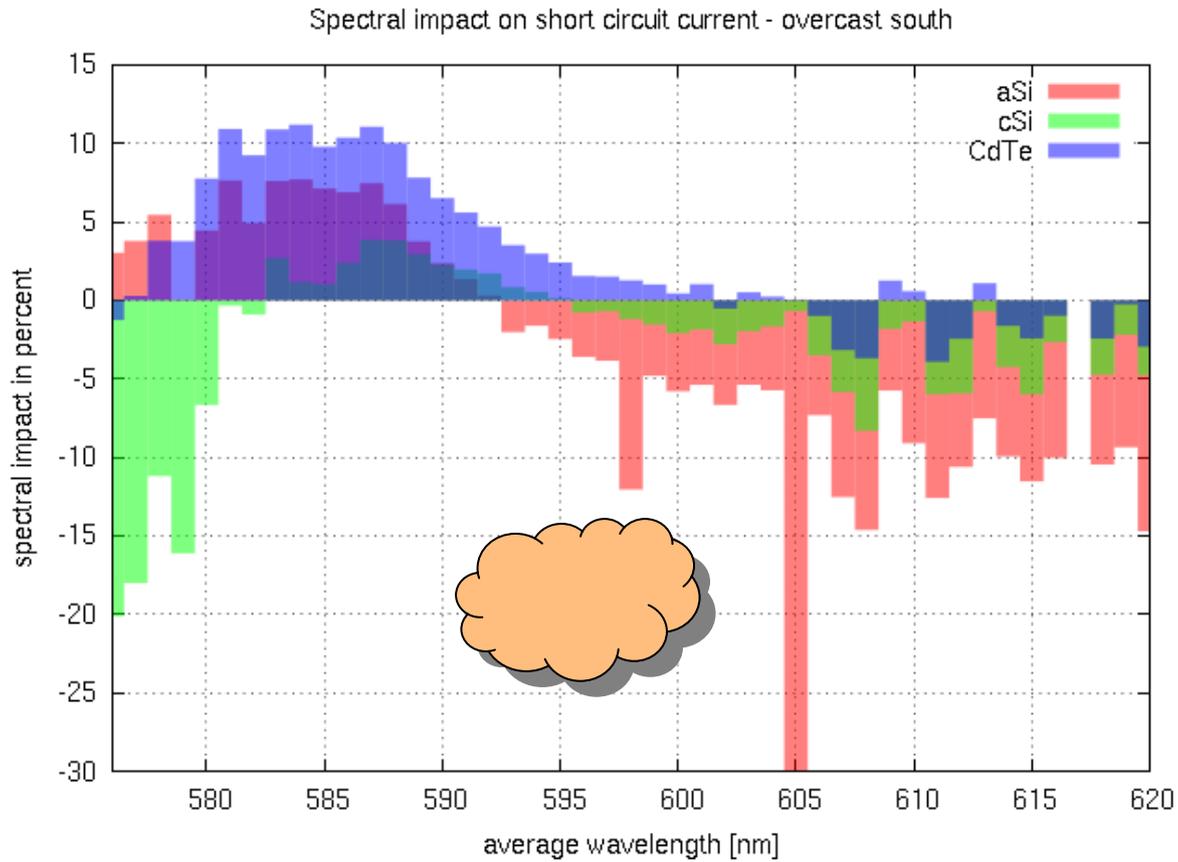


Abbildung 11: Einfluss des Spektrums auf den Ertrag an bewölkten Tagen.

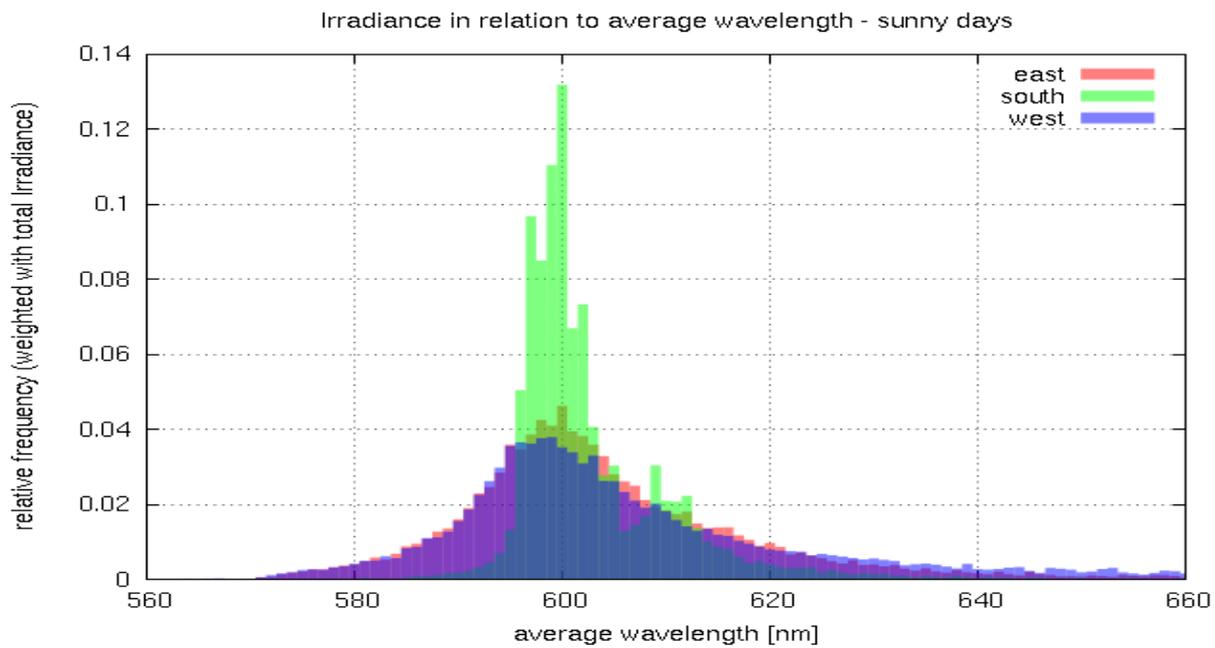


Abbildung 12: Histogramm der Gleichgewichtswellenlänge in Modulebene.

2.2.4.4 Wolkeneinfluss (AP3)

2.2.4.4.1 Bewölkungsgrad und Kurzschlussstrom

Mit Hilfe der Auswertung der Fischaugenkamerabilder konnte ein Zusammenhang zwischen dem Bewölkungsgrad und dem gemessenen Kurzschlussstrom hergestellt werden. Für die Periode von Mai 2011 bis August 2011 wurde der Bewölkungsgrad mit der Auswertungssoftware „findclouds“ bestimmt. Um einen von der Tageszeit unabhängigen Vergleichswert für den gemessenen Kurzschlussstrom zu verwenden, wurde für alle Tage der Messperiode ein maximal möglicher Kurzschlussstrom modelliert (bei wolkenlosen Bedingungen). Der Quotient aus gemessenem und modelliertem Kurzschlussstrom kann als ein von der Tageszeit unabhängiger Wert mit dem Bewölkungsgrad verglichen werden.

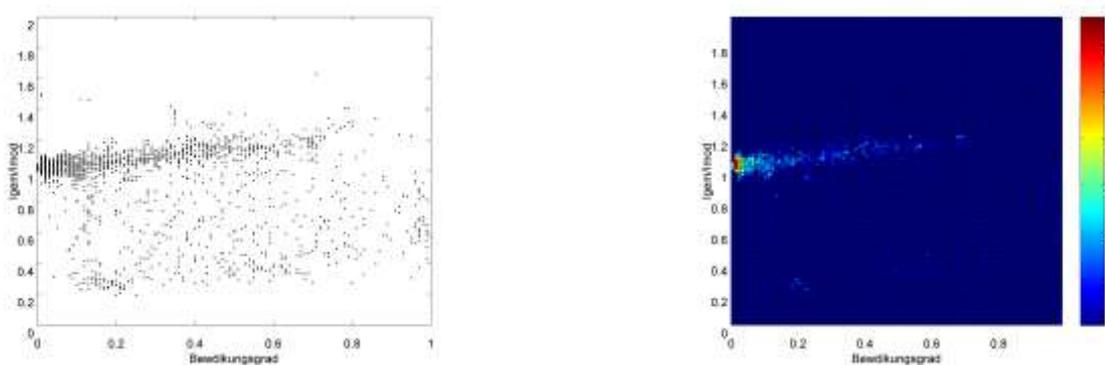


Abbildung 13: Einfluss der Bewölkung auf den Kurzschlussstrom (kristallines Silizium) bei sichtbarer Sonne (links: Messwerte, rechts: Verteilung der Messwerte).

Die beiden Abbildungen zeigen das Ergebnis der Auswertung für das nach Süden ausgerichtete Modul mit Zellen aus kristallinem Silizium bei sichtbarer Sonne. Die Werte konzentrieren sich erwartungsgemäß bei geringer Bewölkung um 1 und man kann einen leichten Anstieg bei zunehmender Bewölkung erkennen. Dieser ist bedingt durch die Strahlungsüberhöhung die bei sichtbarer Sonne und mittlerer Bewölkung auftritt und dabei höhere Einstrahlungswerte verursacht, als dies bei wolkenlosen Bedingungen der Fall wäre. Ab einer Bedeckung von ca. 60% werden allerdings wieder hauptsächlich niedrigere Werte gemessen und auch die Häufigkeit der Messwerte nimmt erwartungsgemäß ab.

2.2.4.4.2 Verschiedene Wolkentypen und Kurzschlussstrom

Neben dem Einfluss des Bewölkungsgrades wurde ebenfalls untersucht inwiefern sich verschiedene Wolkentypen auf die Performance der verschiedenen Zellen auswirken. Es wurde wieder für jeden Tag der Messperiode der Kurzschlussstrom für wolkenlose Bedingungen modelliert und anschließend

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

die prozentuale Abweichung der jeweiligen gemessenen Werte, für bestimmte Zeitspannen mit dem gewünschten Wolkentyp, bestimmt.

Cirrus		
Tage:	4	
Gesamtzeit:	4 h 48 min	
Durchschnittlicher Minderertrag:		
aSi	CdTe	cSi
-7,3 %	-6,8 %	-5,5 %

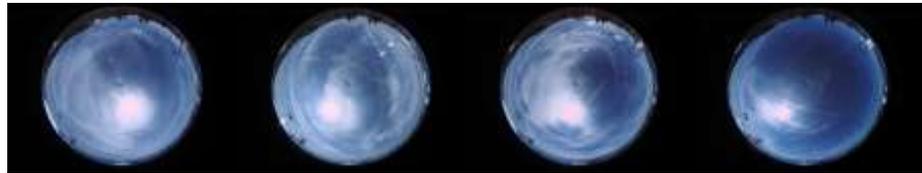


Abbildung 14: Durchschnittlicher Minderertrag bei Cirrusbewölkung (aSi = amorphes Silizium, CdTe = Cadmium Tellurid, cSi = kristallines Silizium)

In der obigen Abbildung sind exemplarisch die Endergebnisse für den Vergleich der verschiedenen Zelltypen bei Cirrus-Bewölkung dargestellt. Für diesen Wolkentyp wurden 4 verschiedene Situationen (siehe Kamerabilder rechts in der Abbildung), bei denen sich durchgehend Cirrus-Wolken vor der Sonne befanden, untersucht. Gleiche Untersuchungen wurden für Zeiträume mit Cumulus-Bewölkung, Nebel, und Durchzügen von Regenfronten durchgeführt. In den meisten untersuchten Fällen zeigte das Modul mit kristallinen Silizium-Zellen die geringsten prozentualen Mindererträge im Vergleich zum modellierten Kurzschlussstrom.

2.2.4.5 Kondensstreifen

Im Rahmen der Untersuchungen des Einflusses der Bewölkung auf die einfallende Sonnenstrahlung wurde auch der Einfluss der Kondensstreifen auf den solaren Ertrag untersucht. Daten von neun Monaten wurden untersucht. Es wurden mit Hilfe von Fischaugenkameraaufnahmen zwischen Tagen mit Kondensstreifenpersistenz und manchen ohne Persistenz unterschieden, wobei die Persistenz so definiert ist, dass der Kondensstreifen noch sichtbar bleibt, wenn das Flugzeug außer Sichtweite ist. An manchen Tage mit tiefer 8/8 Bewölkung ist es nicht möglich Aussagen bzgl. Persistenz zu treffen. Dies kann in manchen Monaten mehr als 60% der Tage betreffen. Die Persistenz ist grundsätzlich höher während der späten Sommermonate und während der Herbst- und Wintermonate. Es wurden in manchen Wintermonaten bis zu einem Drittel der Tage als Kondensstreifenpersistente eingeordnet. Abbildung 15 zeigt den Tagesgang der Globalstrahlung von 2 aufeinanderfolgenden Tagen: dem 22. September 2010, ein wolkenloser Tag ohne Kondensstreifenpersistenz und dem 23. September 2010 mit 49 beobachteten persistenten Kondensstreifen während des Tages von denen 27 eine Abschattung der Sonne verursachten.

Wie in Abbildung 15 ersichtlich ist, wurden kurzzeitige Abnahmen der Globalstrahlung von bis zu 400 W/m² (-68%) beobachtet. Die Abnahme der einfallenden Globalstrahlung auf den nach Osten, Süden und Westen geneigten Flächen entspricht ca. der Abnahme der Globalstrahlung auf die horizontale Ebene.

Es zeigt sich aber auch, dass die Kondensstreifen genauso wie Cirren zu einer Erhöhung der diffusen Strahlung und deswegen der Globalstrahlung von bis zu 10% (bei Nichtbeschattung der Sonne) führen kann. Die durchschnittliche Abnahme der Globalstrahlung (während der Abschattung durch den Kondensstreifen) als Funktion der Dauer einer Beschattung ist in Abbildung 16 ersichtlich. Die maximale Dauer einer Abschattung durch einen Kondensstreifen oder durch mehrere übereinander gelagerte Kondensstreifen liegt bei 15 Minuten. Die mittlere Abnahme der Globalstrahlung während des Beschattungsereignisses liegt zwischen 1 und 68% wobei sich die meisten Werte im Bereich zwischen -1 und -20% befinden. Im Durchschnitt beträgt die mittlere Abnahme der Globalstrahlung während der Abschattung durch den Kondensstreifen 5%. Wenn man eine Strahlungsüberhöhung von ca.10% zwischen den Abschattungsereignissen annimmt, ist eine Abschattung von ca. 40 Minuten notwendig um zu einer Abnahme der Globalstrahlung zu führen notwendig. Dies entspricht im Schnitt ca. 6 bis 7 Kondensstreifen, die zu einer Abschattung der Sonne führen.

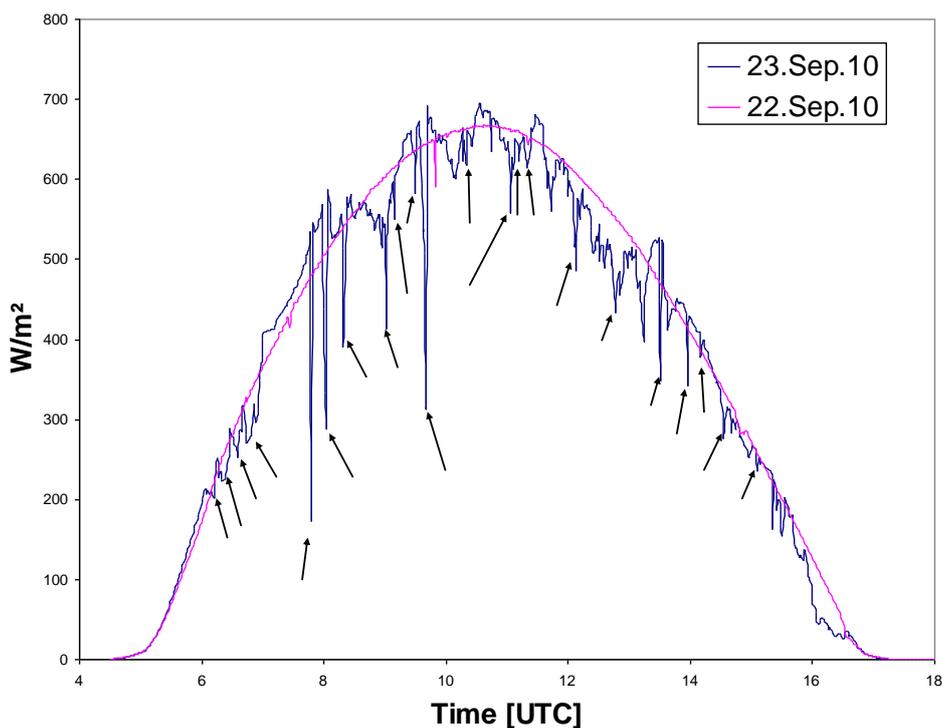


Abbildung 15: Einfluss der Kondensstreifen auf die Globalstrahlung. Hier ist der Tagesgang der Globalstrahlung an zwei aufeinanderfolgenden Tagen 22 und 23. September gezeigt. Der 22. September ist wolkenlos ohne Kondensstreifenpersistenz. Am 23. September traten viele persistente Kondensstreifen (49 wurden beobachtet von denen 27 –durch die Höhenwinde - vor die Sonne wanderten). Die Pfeile zeigen die einzelnen Ereignisse an denen durch Abschattung durch einen Kondensstreifen es zu einer Globalstrahlungsabnahme gekommen ist.

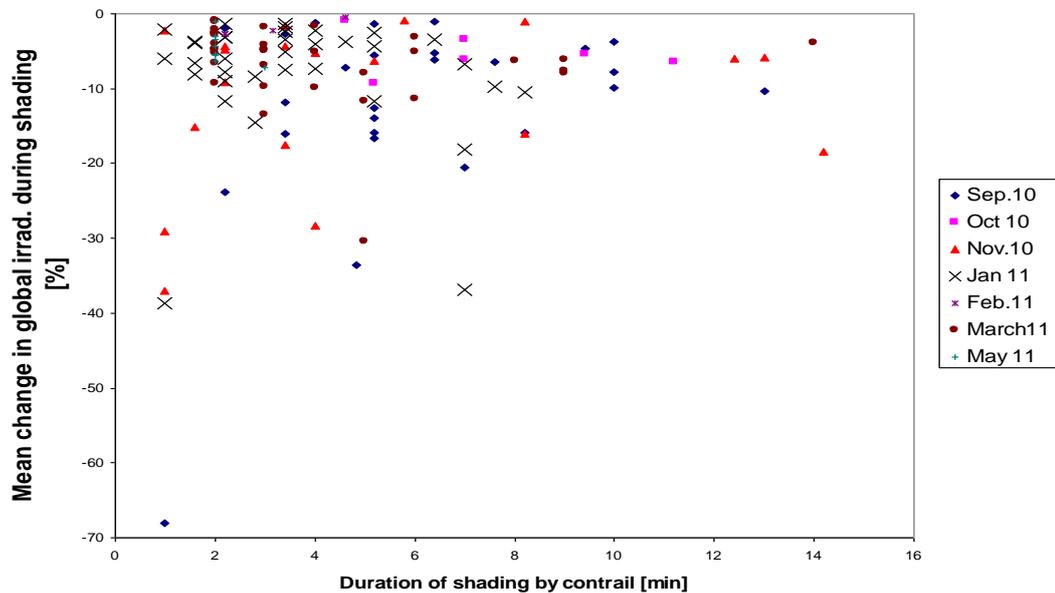


Abbildung 16: Einfluss der Kondensstreifen auf die Globalstrahlung. Hier ist die durchschnittliche Abnahme während der Abschattung durch den Kondensstreifen als Funktion der Beschattungsdauer dargestellt.

2.2.4.6 Homepage (AP5)

Die Homepage wird als Plattform für die Veröffentlichung des Korrekturfaktors „k“ verwendet. Dieser beschreibt den Einfluss des Spektrums auf den Ertrag und wird in grafischer Form als interaktive Karte von Österreich dargestellt. Diese Homepage wird auch für die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse verwendet. Die Internetadresse lautet www.sonnenkarte.at.

2.2.4.6.1 Kurzbeschreibung zur Bedienung der Projekthomepage

Im ersten Schritt gelangt der Besucher zu einer Willkommenseite mit einer Übersicht zu Nutzerbedingungen und technischen Hinweisen, denen er durch einen Klick auf den Button „Akzeptieren“ zustimmt. Das dient einerseits zur Vorabinformation der Besucher über Inhalt und Technik der Internetseite, andererseits zur rechtlichen Absicherung für die Betreiber und Entwickler der Seite.

Im zweiten Schritt gelangt der Besucher zur Startseite von sonnenkarte.at mit der interaktiven Karte von Österreich als Hauptinhalt. Mittels des angezeigten Menüs - es besteht aus den Punkten „Karte“, „Informationen“, „Downloads“, „Links“ und „Impressum“- kann der Besucher auf der Internetseite zu den gewünschten Inhalten navigieren. Gleich unterhalb des Menüs befindet sich die Steuerleiste für die Einstellung der interaktiven Karte. Mögliche Einstellungen betreffen die gewünschte Zoomstufe, Jahreszeit, Himmelsrichtung und Art des PV-Moduls. Am unteren Ende der Seite befindet sich in der Mitte die Legende, in der die Korrekturfaktoren aller drei PV-Modultypen, die mittlere Sonneneinstrahlung in kWh/m² über den gewählten Zeitraum und der Wertebereich der Korrekturfaktoren angezeigt werden.

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

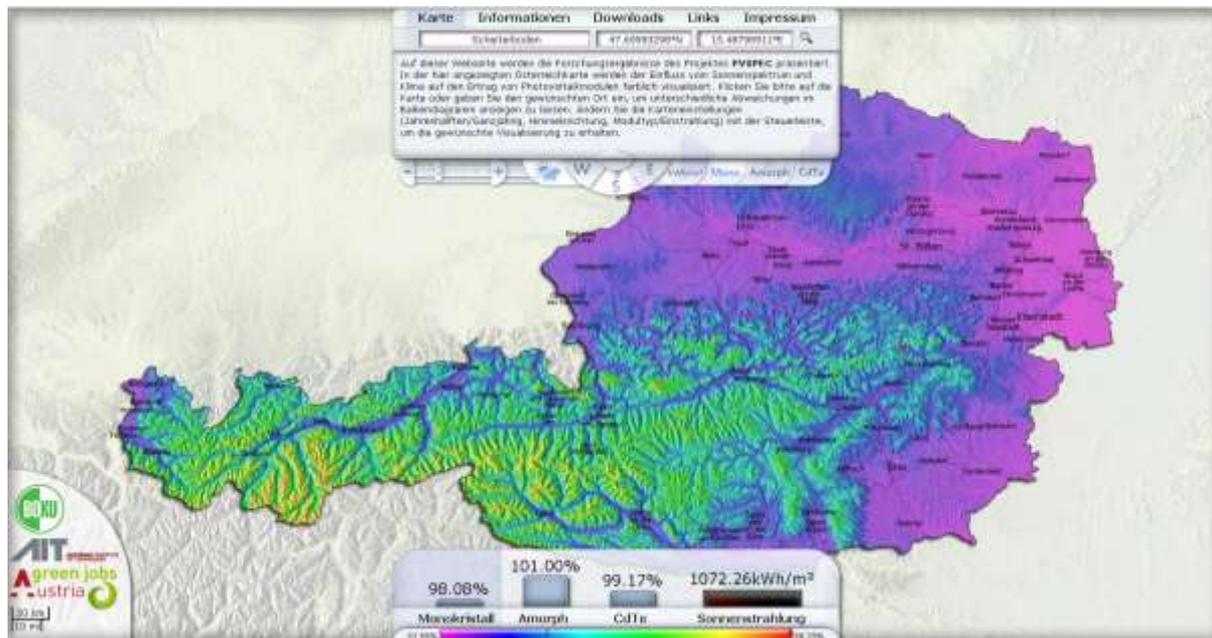


Abbildung 17: Finales Design und Darstellung der interaktiven Karte von sonnenkarte.at

2.2.4.7 Modelle für Leistungshochrechnung (AP4)

Im Versuchsaufbau wurden die Kurzschlussströme der PV-Module gemessen. Für Aussagen über reale Jahreserträge ist die Leistung notwendig. Es wurden daher mehrere Modelle analysiert, die eine Hochrechnung der Leistung aus lediglich den Kurzschlussströmen erlauben. Im Zuge dessen müssen aus Messwerten (Einstrahlung E und Kurzschlussstrom I_{SC} sowie Modultemperatur T_M) sowie Datenblattwerten (Temperaturkoeffizienten, Nennkurzschlussstrom, Nennleistung und Nennspannung) die Leistung genähert werden. Problematisch dabei ist, dass alle Werte temperaturabhängig sind. Eine lineare Näherung erster Ordnung unter Einbeziehung des ebenfalls temperaturabhängigen Füllfaktors ist in Abbildung 18 dargestellt. Wenn auch der grundsätzliche Trend der Ergebnisse der Umwandlungseffizienz wiedergegeben wird, sind die Ergebnisse nicht zuverlässig. Ursache ist vor allem der nicht konstante Füllfaktor sowie die Temperaturabhängigkeit der miteinander korrelierten elektrischen Parameter (Kurzschlussstrom, Leerlaufspannung, Füllfaktor, Spannung maximaler Leistung, Strom maximaler Leistung, maximale Leistung).

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

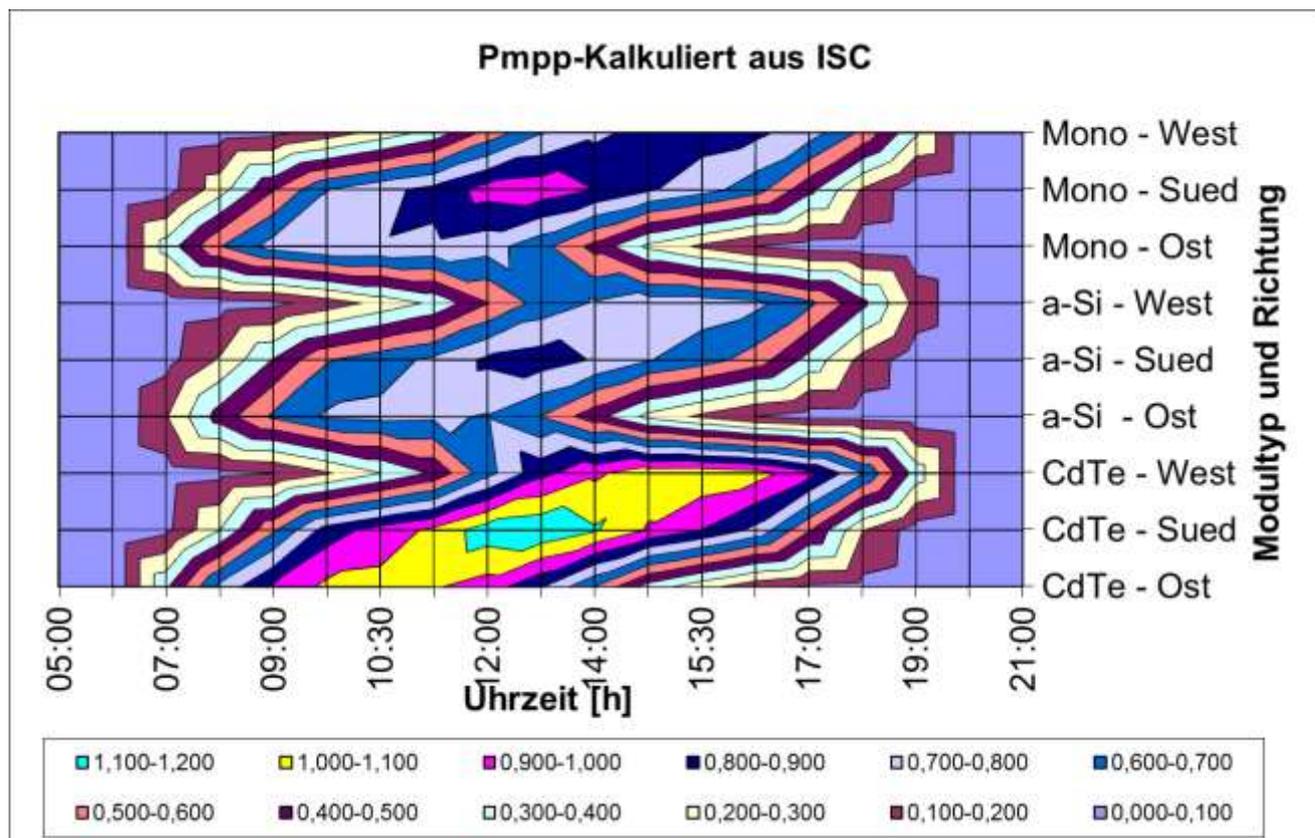


Abbildung 18: Lineare Näherung der maximalen Leistung aus den Kurzschlussströmen berechnet. Wolkenlose Verhältnisse, typischer Sommertag.

2.3 Beschreibung von eventuellen Schwierigkeiten bei der Erreichung der Ziele.

Grundsätzlich lief das Forschungsprojekt nach Plan.

Bei den experimentellen Untersuchungen fanden nur kleinere Ausfälle statt. Die Fischaugenkamera auf der Kanzelhöhe musste zwei Mal repariert werden. Wegen der sehr schnellen Reaktion der Firma Schreder wurde der Datenausfall auf ca. 2 Wochen beschränkt.

Die Pyranometer der Firma EMS, Brno, welche aufgrund des sehr günstigen Preises - und des doch sehr knappen und auch durch den von der FFG bei der Genehmigung gekürzten Budgets - für die Messung der Globalstrahlung eingesetzt wurden, weisen eine spektrale Abhängigkeit ihrer Empfindlichkeit. Diese wurde mit Hilfe der Empfindlichkeitskurve und auch durch Vergleich mit nicht spektral empfindlichen Pyranometerreferenzgeräten korrigiert.

Es traten ausserdem bei den aSi PV Modulen an manchen Tagen Sprünge bei dem gemessenen Kurzschlussstrom auf. Die Ursache ist diesbzgl. nicht vollständig geklärt, eine Korrektur der Daten wurde durchgeführt.

2.4 Highlights des Projektes

Eine sehr wertvolle Datenreihe wurde erstellt. Die zwei Standorte Kanzelhöhe und Wien AIT erwiesen sich als ideal für die Durchführung von wissenschaftlichen Untersuchungen. Die Durchführung von Nachfolgeforschungsprojekten (z.B. Langzeituntersuchungen bzgl. Degradation von PV –Modulen) wäre sehr sinnvoll.

Die Abhängigkeit von Kurzschlussstrom und Ertrag vom solaren Spektrum wurde gut dokumentiert, es zeigte sich aber über längere Perioden sowie über den ganzen Tag gemittelt kein Einfluss. Dies entsprach einerseits nicht den Erwartungen der Antragsteller, es zeigt aber andererseits die Sinnhaftigkeit der Verwendung des AM1.5 Spektrums bei den bekannten weitverbreiteten Prognosetools.

Die Verwendung einer Fischaugenkamera bei den Untersuchungen zeigte umfassende Verwendungsmöglichkeiten für wissenschaftliche Fragestellungen auf. Kurzfristige Einflüsse (Bewölkung Kondensstreifen) lassen sich viel besser dokumentieren und genauere Analysen können mit deren Hilfe durchgeführt werden.

Beachtenswert sind die durch Abschattung der Sonne durch Kondensstreifen verursachten und beobachteten kurzzeitigen Abnahmen der Globalstrahlung von bis zu 400 W/m². Es wurde außerdem auch ersichtlich, dass Kondensstreifen viel öfter vor die Sonne wandern als ursprünglich vermutet wurde.

Es zeigt sich bei der Studie des Einflusses der Bewölkung auf den Ertrag, dass bei der Analyse der Daten die Unterscheidung zwischen Fällen mit direktem Sonnenschein und welchen mit Sonnenbedeckung durch Wolken unbedingt Sinn macht. Die Bedeckung/Sichtbarkeit der Sonne ist von entscheidender Bedeutung für die Magnitude der solaren Bestrahlungsstärke. Die Unterscheidung beider Fälle (bedeckte oder nicht bedeckte Sonne) ermöglicht eine genauere Analyse der unterschiedlichen Einflussfaktoren (z.B. Untersuchung des Einflusses von Wolkentyp auf die Bestrahlungsstärke) auf die zur Verfügung stehende Sonnenenergie.

2.5 Abweichung vom ursprünglichen Plan

Wie bereits angekündigt wurde bei AP 4, vor allem das Augenmerk auf die Erstellung eines Korrekturfaktors statt auf die Entwicklung eines neuen Prognosetools gelegt. Dieser Korrekturfaktor kann aber zusammen mit dem verwendeten Prognosetool nach Quaschnig potentiellen Usern zur Verfügung gestellt werden. Es besitzt aber nicht alle Funktionalitäten die andere Modelle - wie z.B. das PVSOL Modell -haben.

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

In Arbeitspaket 4 sollten laut Projektplan zwei Aspekte begutachtet werden: (A) Algorithmen und Modelle zur Berechnung des Ertrags als Funktion von Neigung und Orientierung der Solarpaneele, Horizont einschränkung und der meteorologischen Eingangsgrößen sollten adaptiert, validiert und eventuell verbessert werden. Charakteristika (spektrale Empfindlichkeit, Temperaturabhängigkeit des Wirkungsgrades) der Solarmodule sollten verwendet werden um den Ertrag eines Moduls zu berechnen. (B) Mit Hilfe dieser Modelle sollten Aussagen über das Integrationspotential von Solarpaneelen in Gebäudefassaden sowie die dafür notwendigen Wirkungsgrade der Solaranlagen gemacht werden.

Dabei lag der Schwerpunkt der Untersuchungen auf (A). Die Ausrichtung und Auslegung des Projektes war ganz auf die Modellierung bzw. Korrektur / Ergänzung von bestehenden Modellen ausgelegt. Dementsprechend wurde die Analyse und Modellierung auch durchgeführt. Eine Aussage, wie sie in (B) gedacht ist geht aus den im Projekt erstellen und auf der Projekthomepage dargestellten Ergebnisgraphen hervor. Die entsprechenden Technologien werden dort topographisch und nicht im Sinne einer exakten rechnerischen Gebäudeintegration ausgewiesen. Eine Exakte Berechnung der Integration wurde auch nicht angestrebt, weil sie (i) in vielen kommerziellen Systemauslegungsprogrammen enthalten ist und (ii) wissenschaftlich gesehen eine Problemklasse an sich darstellt (wie sie etwa auf Europäischer Ebene seit Jahren untersucht wird; z.B. PERFORMACE - FP6 , oder SOPHIA -FP7). Die Gegebenheiten bzw. Auswirkungen der Integration können über die Beschreibung der Relevanz der Ergebnisse auf der Homepage in Kombination mit einer kommerziellen Auslegungssoftware gewonnen werden. Alle Auswirkungen die über die Projektergebnisse hinaus dann berücksichtigt werden müssen sowie ihre Auswirkung sind ausführlich auf der Homepage dargestellt.

Energiestrategische Ziele:

Wie in 3.1.1. des Antrages dargestellt, wurde klar zum Ziel des Projektes gesetzt, u.a. " Die detaillierte Studie der Performance unterschiedlicher Modultypen in realen Situationen wird zu einer Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz durch genauere Planung und optimalen Einsatz der geeigneten Systeme führen." Diese Zielsetzung wurde erfüllt, weil zum einen die einschlägigen wissenschaftlichen Publikationen dem spezifischen Fachpublikum die Ergebnisse der Differenzierung der Modultechnologien unter meteorologischen Einflüssen deutlich näher bringen und zum anderen die Darstellung auf der Projekthomepage diese Ergebnisse übersichtlich und verstehbar einer breiten Öffentlichkeit zugänglich macht. Die Projektergebnisse haben aber auch gezeigt, dass eine direkte Aussage in Sinne einer besten Technologie für eine Anwendung auf Grund der sehr heterogenen Randbedingungen und topographischen, klimatischen Bedingungen nicht angegeben werden kann.

2.6 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen (max. 5 Seiten)

– Welche Erkenntnisse für das Projektteam wurden aus dem Projekt gewonnen?

Eine sehr wertvolle Datenreihe wurde erstellt. Die zwei Standorte Kanzelhöhe und Wien AIT erwiesen sich als ideal für die Durchführung von wissenschaftlichen Untersuchungen und sollten unbedingt für Langzeituntersuchungen (Degradation von PV –Modulen) weiterverwendet werden. Die Verwendung einer Fischaugenkamera bei den Untersuchungen zeigte umfassende Verwendungsmöglichkeiten bei der Analyse von wissenschaftlichen Fragestellungen auf. Kurzfristige Einflüsse (Bewölkung Kondensstreifen) lassen sich viel besser dokumentieren. Beeindruckend waren die beobachteten kurzen Abnahmen der Globalstrahlung von bis zu 400 W/m^2 durch Abschattung durch Kondensstreifen. Außerdem wurde auch ersichtlich, dass Kondensstreifen viel öfter vor die Sonne wandern als ursprünglich vermutet wurde.

Es konnte gezeigt werden, dass der spektrale Einfluss auf den Kurzschlussstrom von PV-Anlagen im zeitlichen Mittel geringer als erwartet ist. Bei bestimmten meteorologischen Situationen ist der spektrale Einfluss dagegen nicht zu vernachlässigen. Zum Beispiel erzielt bei wolkenlosen Situationen mit dominierender direkter Bestrahlungsstärke die kristalline Silizium Technologie relativ höhere Erträge als die beiden Dünnschichttechnologien. Die Durchführung von ähnlichen Studien in anderen Klimazonen ist deshalb sehr erstrebenswert. Wegen der geringen Auswirkungen des Spektrums ($< 2 \%$) auf den Jahresertrag und vor allem wegen der räumlich innerhalb Österreichs nicht signifikanten Unterschiede, war es nicht sinnvoll, eine ökonomische Abschätzung des spektralen Einflusses durchzuführen. Wesentlich nützlicher ist die Verwendung des im Projekt ermittelten Korrekturfaktors k in Kombination mit herkömmlichen Simulationsprogrammen für PV-Anlagen. Somit können die Ergebnisse dieser Untersuchung am effizientesten Ertragsprognosen verbessern.

– Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?

Im Bereich des Langzeitverhaltens von PV Modulen ist noch erheblicher Forschungsbedarf gegeben. Das bereits seit zwei Jahren stattfindende Monitoring der Kurzschlussströme von PV-Modulen und die parallel durchgeführte Messreihe der spektralen Bestrahlungsstärke sollten aus diesem Grund weiter durchgeführt werden (Monitoring). Ein Langzeitmessprogramm mit erweiterter Standortzahl (Zypern/AIT/Kanzelhöhe) kann sehr wahrscheinlich bei einem der kommenden Calls der Förderprogramme des FFG eingereicht werden. Andere Möglichkeiten schließen Energieerzeuger und Netzbetreiber ein, die ein spezielles Interesse an Langzeiterfahrungen sowie Technologiewahl für kommende Anlagen haben. Erste Gespräche dazu sind in Anbahnung. Dabei ist es sehr erstrebenswert, nicht nur den Kurzschlussstrom, sondern die gesamte Kennlinie zu messen. Ein entsprechendes Gerät wurde AIT-intern zur Nutzung auch in diesem Projekt entwickelt, konnte letztlich aber (noch) nicht im Routinemess-betrieb eingesetzt werden. Die derzeit geplante Variante

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

einer Umsetzung greift auf eine Hausinterne Entwicklung des AIT zurück, die höchst wahrscheinlich im Herbst 2012 einsatzbereit sein wird und elektronisch topologische Fehler der Prototypenversion verbessert. Die Messung wird dann an beiden Standorten synchron erfolgen. Um noch genauere Abschätzungen des spektralen Einflusses auf den Ertrag.

- Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?

Diese Ergebnisse sind für alle Firmen, Institutionen und Forscher, welche im Bereich der Photovoltaik tätig sind, von Interesse.

2.7 Arbeits- und Zeitplan (max. 2 Seiten)

- Darstellung des endgültigen Arbeit- und Zeitplan

Arbeitspakete	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
AP1																																
AP2																																
AP3																																
AP4																																
AP5																																

- Erklärungen zu etwaigen Abweichungen zum ursprünglichen Arbeits- und Zeitplan lt. Projektantrag

- Abweichungen vom Zeitplan:

- Um das Potential der Messungen besser ausschöpfen zu können wurde um eine kostenneutrale Verlängerung des Projektes bis Ende Februar 2012 angesucht.

- Abweichungen vom Arbeitsplan

- Es wurde keine ökonomische Abschätzung wegen geringem spektralen Einfluss auf den Ertrag und deshalb auch zu geringer Variabilität innerhalb von Österreich durchgeführt
- Windmessungen und Temperaturmessungen wurden nur wenig ausgewertet, da das Augenmerk vor allem auf die Untersuchung des spektralen Einflusses auf den solaren Ertrag gelegt wurde

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

2.8 Anhang

Im Anhang sollten ergänzende Informationen angeführt werden, die zur Vollständigkeit des Endberichts notwendig sind, aber wegen ihres Umfangs nicht innerhalb des Endberichts dargestellt werden können.

Das sind z.B. Studien (auch als „Endprodukt“ des Projektes selbst), **Versuchsberichte, Publikationen, entstandene Leitfäden, Schulungsunterlagen etc.**

Soweit relevant ist außerdem im Anhang das Literaturverzeichnis/Abbildungsverzeichnis/Tabellenverzeichnis abzubilden.

2.8.1 Publikationen

2010

- [Topographischer Einfluss auf Dünnschicht-Photovoltaik](#)
- [Photovoltaik: Klima und Ertrag](#)
- [Impact of climatic induced spectral changes on thin film PV-module performance](#)
- [Impact of climatic induced spectral changes on thin film PV-module performance \(Poster\)](#)
- [Inclusion of accurate solar spectral irradiance modelling in a PV performance prediction tool](#)
- [Einfluss des variablen Sonnenspektrums auf die Modul-Performance](#)
- [Einfluss von Sonnenspektrum und Klima auf die Performance von c-Si, a-Si und CdTe Modulen](#)

2011

- [Correlation of weather and spectral changes for evaluation of thin film PV-module performance](#)
- [How large is the impact of spectral variability on the energy yield of a-Si, c-Si and CdTe Modules?](#)
- [Muss die spektrale Variabilität des solaren Spektrums in PV Ertragsmodellen berücksichtigt werden?](#)
- [Investigation of spectral variability under outdoor conditions on the energy yield of a-Si, c-Si and CdTe Modules](#)
- [Messung und Modellierung der spektralen Bestrahlungsstärke am Observatorium Kanzelhöhe \(Poster\)](#)

2012

- [Spektraler und topographischer Einfluss auf die Effizienz von Dünnschicht-Photovoltaikmodulen](#)
- [Ist der spektrale Einfluss in Ertragsprognosen zu berücksichtigen?](#)

2.8.2 Literaturverzeichnis:

Boyle, G. (2004), *Renewable Energy: Power for a sustainable future*, Second edition ed., 452 pp., Oxford University Press in association with The Open University, Milton Keynes, Oxford, United Kingdom.

Fechner, H., Lugmaier, A., Resch, G., Lopez Polo, A., Suna, D., Haas, R., (2007) Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich, Berichte aus Energie und Umweltforschung 28/2007, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Gottschalg, R., et al. (2005), The effect of spectral variations on the performance parameters of single and double junction amorphous silicon solar cells, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 85, 415-428.

Gueymard, C. A. (2005), Interdisciplinary applications of a versatile spectral solar irradiance model: A review, *Energy*, 30, 1551-1576.

Gueymard, C. A. (2008), Prediction and validation of cloudless shortwave solar spectra incident on horizontal, tilted, or tracking surfaces, *Solar Energy*, 82, 260-271.

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

Hess, M., P. Koepke (2008), Modelling UV irradiance on arbitrarily oriented surfaces: effects of sky obstruction, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 8, 3357-3381.

Jardine, C. N., and K. Lane (2003), PV-compare: energy yields of photovoltaic technologies in northern and southern Europe, paper presented at Joint Meeting of UK Solar Energy Society and PVNET, Loughborough, University, UK.

Kaskaoutis, D. G., and H. D. Kambezidis (2006), Checking the validity of the Angström's formula with spectral data of direct-beam irradiance obtained in Athens, Greece, *Atmospheric Research*, 79, 67-87.

Kenny, R. P., et al. (2006), Performance of thin film PV modules, *This solid films*, 511-512, 663-672.

Klucher, T. M., 1979: Evaluation of models to predict insolation on tilted surfaces. *Solar Energy* 23(2), 111-114

Minemoto, T., et al. (2007), Effect of spectral irradiance distribution on the outdoor performance of amorphous Si/thin-films crystalline Si stacked photovoltaic modules, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91, 120-122.

Minemoto, T., et al. (2007), Impact of spectral irradiance distribution and temperature on the outdoor performance of amorphous Si photovoltaic modules, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91, 919-923.

Quaschnig, V., and R. Hanitsch (1998), Irradiance calculations on shaded surfaces, *Solar Energy*, 62, 369-375.

Santbergen, R., and R. J. C. van Zolingen (2008), The absorption factor of crystalline silicon PV cells: A numerical and experimental study, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 92, 432-444.

A. W. Schmalwieser, G. Schaubberger A (2001) monitoring network for erythemally-effective solar ultraviolet radiation in Austria: determination of the measuring sites and visualisation of the spatial distribution *Theor Appl Climatol* 69 (3/4), 221-229.

3 Kosten

3.1 Kostentabelle für die gesamte Projektlaufzeit

Die folgende Tabelle gibt einen aggregierten Überblick der angefallenen Kosten im gesamten Projektablauf pro Antragsteller und Partner, gegliedert nach Personalkosten, Investitionen, Reisekosten, Sach- und Materialkosten und Drittkosten und ist mit dem **Abrechnungsbogen** (siehe www.neue-energien-2020, Bereich „Downloads“) abzustimmen.

Alle Angaben sind in EURO.

Für zusätzliche Partner fügen Sie bitte weitere Spalten ein oder beginnen eine neue Tabelle.

Kostenkategorie	Förderbare Gesamtkosten lt. Vertrag	Kumulierte Kosten in der Projektlaufzeit Summe Kosten im Konsortium*	Antragsteller Kosten in der Projektlaufzeit von - bis	Partner 1 Kosten in der Projektlaufzeit von - bis	Partner 2 Kosten in der Projektlaufzeit von - bis
Personalkosten	143.758	172.742,16	88.989,45	69.498,71	14.254,00
Investitionen	0	0,00	0	0	0
Reisekosten	4.000	6.816,80	4.186,63	2.630,17	0
Sach-Materialkosten	42.242	40.072,24	14.581,43	25.490,81	0
Drittkosten	10.000	7.653,10	3.000,00	791,10	3.862,00
Total	200.000	228.286,30	110.757,51	98.411,79	18.117,00

* Summe der Kosten / Kostenkategorie des Antragstellers und aller Partner

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

3.2 Kostenbeschreibung für die gesamte Projektlaufzeit

Die angefallenen Kosten im offenen Berichtszeitraum und für den gesamten Projektzeitraum müssen für jeden Partner bzw. je Arbeitspaket entsprechend dem Kostenplan im Vertrag und dem zu Grunde liegenden Antrag beschrieben werden.

Antragsteller:

Personalkosten

Arbeitspaket	Angesucht	Verwendet
1	3168	1392,5
2		
3	22556,16	39279,81
4	28512	31420,05
5	11720	13614,76
Gesamt	65956	88989,45

Die tatsächlichen Arbeitsstunden waren höher als die veranschlagten. Es zeigte sich, dass vor allem die experimentellen Untersuchungen mitsamt Analysen arbeitsintensiver waren als ursprünglich geplant.

Reisekosten

Arbeitspaket	Angesucht ursprünglich	Angesucht Kostenumschichtung	Verwendet
3			2272,07
5			1914,56
Gesamt	2500	7400	4.186,63

Ein Ansuchen von Seiten des Antragstellers um Verschiebung der Kosten von den Drittkosten zu Reisekosten und zu Materialkosten wurde von Seiten der FFG gewährt
2272,07 wurden für die Installation und die Betreuung der experimentellen Untersuchung am Observatorium Kanzelhöhe verwendet. 1914,56 wurden für Reisen zu Konferenzen und Workshops verwendet (4 Konferenzen und Workshops).

Sach und Materialkosten:

Die Sach- und Materialkosten waren mit 14581,43 leicht unter den geplanten 18400,--. Dies liegt vor allem daran, dass die PV Module günstiger gekauft wurden und dass die Kosten für die Verbrauchsgüter niedriger lagen als ursprünglich geplant.

Drittkosten

Die Drittkosten konnten viel niedriger gehalten werden (Ansuchen um Umschichtung wurden von der FFG genehmigt). Die Leistungen der Wetterbeobachter vom Observatorium Kanzelhöhe waren unentgeltlich. Die Laboruntersuchungen im Forschungszentrum ISPRA wurden auch unentgeltlich durchgeführt. Der externe Berater Herr Ing. Feitzinger wurde für seine Hilfeleistung und seine Arbeit im Rahmen der AP 3 und 4 mit 3600,-- entlohnt (5000,-- ursprünglich veranschlagt). Insgesamt wurden von den ursprünglichen 10000,--, 3600 verwendet.

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

Projektpartner 1:

Personalkosten

Arbeitspaket	Angesucht	Verwendet
1	1979	1474,67
2	10962,73	9054,61
3	22032,05	46547,76
4	19793,82	12421,66
5	5785,88	--
Gesamt	60554,--	69498,71

Die tatsächlichen Arbeitsstunden waren höher als die veranschlagten. Es zeigte sich, dass wie beim Antragsteller BOKU_Met vor allem die experimentellen Untersuchungen mitsamt Analysen arbeitsintensiver waren als ursprünglich geplant.

Reisekosten

Arbeitspaket	Angesucht	Verwendet
2		478,78
3		339,11
5		1812,28
Gesamt	1500	2630,17

Reisekosten waren höher als ursprünglich angesucht und wurden nicht nur für AP 2 (Reise zum Forschungszentrum ISPRA) sondern auch für Konferenzbesuche (2630,17 f. 2 Konferenzbesuche) und für AP 3 verwendet.

Sach und Materialkosten:

Die Sach- und Materialkosten waren mit 25490,81 leicht über den geplanten 23842,--.

Projektpartner 2 (ACT jetzt neuer Name „Green Jobs Austria“):

Personalkosten

Arbeitspaket	Angesucht	Verwendet
1		
2		
3		
4	11240,00	5596,09
5	6008,00	8658,21

Partner 1 war vor allem in Arbeitspaket 5 involviert und vor allem an der Errichtung der Homepage.

Drittkosten

Für die Programmierung der Homepage wurde zusätzlich ein Programmierer über Werkvertrag angestellt. Die Umschichtung der Personalkosten zu den Drittkosten zur Finanzierung von Herrn Andreas Mursch wurden im Vorfeld beantragt und auch von der FFG genehmigt.

Die Drittkosten betragen somit: 3862,40

3.3 Kostenumschichtungen

- Darstellung und Begründung etwaiger genehmigter Kostenumschichtungen (zwischen Partnern und/oder Kostenkategorien) während des Projektes.

Bitte beachten Sie Folgendes: Im Zuge der Zwischenberichtlegung ist es nicht erforderlich, dass zusätzlich zum Abrechnungsformular Kopien der Rechnungen und detaillierte Informationen zu den Personalkosten mitgeliefert werden. Dennoch behält sich das Programmmanagement NEUE ENERGIEN 2020 vor, stichprobenartige Überprüfungen im Zuge der Prüfung der Berichte durchzuführen. Die endgültige Überprüfung der Kosten wird durch die Revisionsabteilung der Abwicklungsstelle durchgeführt.

Vom Antragsteller wurde um Kostenumschichtung von Drittkosten zu Reisekosten angesucht. Gründe hierfür sind in der detaillierten Kostenaufstellung ersichtlich.

Partner 2 hat um Kostenumschichtung von Personalkosten zu Drittkosten angesucht. Dies war für AP 5 notwendig (Programmierung Homepage).

Allgemein wurden von allen 3 Partnern die Personalkosten überschritten. Das veranschlagte Budget war bereits bei Projekteinreichung knapp bemessen und wurde auch von der FFG bei der Genehmigung zusätzlich gekürzt.

4 Verwertung (max. 5 Seiten)

- **Verwertung:** Beschreiben Sie die Verwertungs- und Weiterverbreitungsaktivitäten, die während des Projektes stattgefunden haben (Projektworkshops, Publikationen und Präsentationen auf externen Veranstaltungen).

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

- Die Projektpartner nahmen an 6 Konferenzen in deren Rahmen die Projektergebnisse präsentiert wurden, teil. Die im Rahmen dieser Konferenzen publizierten Beiträge sind oben angeführt.
- **Weiters sind 3 Publikationen in reviewte wissenschaftliche (SCI) Zeitschriften in Planung.** Diese werden sich mit dem Einfluss von Sonnenspektrum auf den solaren Ertrag sowie mit dem Einfluss von Kondensstreifen und Wolken auf den solaren Ertrag auseinandersetzen.
- **Dissertationen:** Wenn zutreffend, führen Sie die Namen der DissertantInnen im Projekt an sowie den Status der jeweiligen Dissertation (gestartet, laufend, beendet).
- **Diplomarbeiten:**
 - Josef Gadermaier: Einfluss von Bewölkung auf den solaren Ertrag von PV Modulen. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur.
 - Maryam Nikbakhti: Korrelation relativer Feuchte und Stromumwandlungskoeffizient der Dünnschicht-Photovoltaik. Diplomarbeit Universität Wien

5 Ausblick (max. 1 Seite)

Es konnte gezeigt werden, dass der spektrale Einfluss auf den Kurzschlussstrom von PV-Anlagen im zeitlichen Mittel geringer als erwartet ist. Bei bestimmten meteorologischen Situationen ist der spektrale Einfluss dagegen nicht zu vernachlässigen. Zum Beispiel erzielt bei wolkenlosen Situationen mit dominierender direkter Bestrahlungsstärke die kristalline Silizium Technologie relativ höhere Erträge als die beiden Dünnschichttechnologien. Die Durchführung von ähnlichen Studien in anderen Klimazonen ist deshalb sehr erstrebenswert.

Im Bereich des Langzeitverhaltens von PV Modulen ist noch erheblicher Forschungsbedarf gegeben. Das bereits seit zwei Jahren stattfindende Monitoring der Kurzschlussströme von PV-Modulen und die parallel durchgeführte Messreihe der spektralen Bestrahlungsstärke sollten aus diesem Grund weiter durchgeführt werden (Monitoring). Ein Langzeitmessprogramm mit erweiterter Standortzahl wo auch andere Klimaregionen einbezogen werden, wäre erstrebenswert.

Diesbzgl. wäre ein Standort in einem mediterranem Klimagebiet mit viel höherer Sonnenscheindauer von besonderem Interesse.

Im Rahmen einer „meteorologischen“ Studie müsste in stark überflogenen Regionen die Untersuchung des Einflusses von Kondensstreifen auf den solaren Ertrag weiterverfolgt werden um wirklich ausschliessen zu können, dass unter den jetzigen Bedingungen keine Einbussen von Sonnenenergie in stark überflogenen Regionen bereits stattfinden.

6 Unterschrift

Ich bestätige, dass der Bericht vollinhaltlich durch die Partner des Projektes akzeptiert wurde.

Neue Energien 2020 - 2. Ausschreibung

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

Ort, Datum

Unterschrift und Stampiglie des Antragstellers (Koordinators)

Checkliste für Endberichte und die Kostenbeschreibung

- Der komplette Endbericht besteht aus 4 Teilen:
 1. einem **Tätigkeitsbericht lt. Endberichtsvorlage**,
 2. einem **Kostenteil (Abrechnungsformular)**,
 3. der aktualisierten **Zusammenfassung** (siehe Kap. 6 des „Leitfaden inkl. Vorlagen zur Berichtslegung und projektbezogenen Öffentlichkeitsarbeit“)
 4. **einem publizierbaren Endbericht**
- Alle Kapitel sind vollständig auszufüllen
- Zur gültigen Abgabe des Endberichts werden benötigt:
 - 1 Original (hard copy)
 - 1 Kopie (hard copy)
 - Eine elektronische Version des Zwischenberichts als Word- bzw. Excel-Datei auf CD-ROM

Anmerkungen:

- Rechtsgültige Unterschrift des Antragsstellers am Ende der Abrechnung.
 - Andere Formen der Abgabe (z.B. Fax oder nur elektronisch) werden nicht anerkannt
 - Zugesandte Dokumente bitte ungebunden, aber geheftet, übermitteln.
- Verschiebungen zwischen den Kostenkategorien eines Projektpartners sowie zwischen den Projektpartnern, sowie die Verlängerung des Förderzeitraums müssen explizit beantragt und von der FFG genehmigt werden.
 - Abgabe der Berichte (postalisch) bei
Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG)
Bereich „Thematische Programme“
Programmmanagement NEUE ENERGIEN 2020
Technischer Sachbearbeiter
Empfang 4. Stock
Sensengasse 1, A-1090 Wien.

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.ffg.at/neue-energien-2020.

Sollten Sie Fragen haben, schicken Sie uns eine E-Mail: neue-energien-2020@ffg.at oder kontaktieren Sie Ihren jeweiligen Projektbetreuer der FFG.

NEUE ENERGIEN 2020

Publizierbarer Endbericht – INDEX

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Ein publizierbarer Endbericht sollte folgende Struktur (Index) besitzen und besteht aus mindestens 10 Seiten:

1. **Einleitung**
 - Aufgabenstellung
 - Schwerpunkte des Projektes
 - Einordnung in das Programm
 - Verwendete Methoden
 - Aufbau der Arbeit
2. **Inhaltliche Darstellung**
3. **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**
4. **Ausblick und Empfehlungen**
5. **Literaturverzeichnis**
6. **Anhang**