

Quarz-Akkr

Akkreditierungsreife von Komponententests für solarthermische Kraftwerkstechnik

Schlussbericht



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Zuwendungsempfänger:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) – Institut für Solarforschung

Förderkennzeichen

03EE5033

Laufzeit des Vorhabens

Dezember 2019 bis Mai 2023

Projektleitung DLR

Björn Schiricke, Johannes Pernpeintner

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz unter dem Förderkennzeichen 03EE5033 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhalt

I.	Kurzdarstellung	3
I.1	Aufgabenstellung	3
I.2	Voraussetzung bei Beginn des Vorhabens	4
I.3	Planung und Ablauf	4
I.3.1	AP1: Vorbereitung (Plan)	4
I.3.2	AP2: F&E für Akkreditierungsreife (Do)	4
I.3.3	AP3: Pränormative Forschung / Standardisierung (Do)	5
I.3.4	AP4: Überprüfung der Akkreditierungsreife (Check)	7
I.3.5	AP5: Nachbesserung (Act)	7
I.3.6	Ablauf	7
I.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand bei Beginn	8
I.4.1	Messtechnik zur Qualifizierung von CSP-Komponenten	8
I.4.2	F&E-Bedarf	9
I.4.3	ISO 17025	9
I.4.4	verwendete Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte	9
I.4.5	Fachliteratur	10
I.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	10
II.	Eingehende Darstellung	12
II.1	Verwendung, Ergebnisse, Gegenüberstellung der Ziele	12
	AP1 Vorbereitung (Plan)	12
	AP2 F&E für Akkreditierungsreife (Do)	12
	AP2.1 Parabolrinnenreceiver – Wärmeverluste	12
	AP2.2 Parabolrinnenreceiver – Optischer Wirkungsgrad	16
	AP2.3 Konzentratorspiegel – Formmessung	16
	AP2.4 Konzentratorspiegel – Reflexionsgrad	19
	AP3 Pränormative Forschung / Standardisierung (Do)	19
	AP3.1 Testverfahren Parabolrinnenreceiver	19
	AP3.2 Testverfahren Konzentratorspiegel	20
	AP4 Überprüfung der Akkreditierungsreife (Check)	21
	AP5 Nachbesserung (Act)	21
II.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	24
II.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	24
II.4	Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit gemäß Verwertungsplan	24
II.5	Fortschritt bei anderen Stellen	25
II.6	Veröffentlichungen des Ergebnisses	25

I. Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Generalunternehmer, Betreiber und Eigner von Solarthermischen Kraftwerken sind auf weltweit einheitliche und genaue Prüfmethode angewiesen, die es ihnen ermöglichen, die besten Komponenten hinsichtlich Qualität und Wirtschaftlichkeit einsetzen zu können.

Ein Nachweis, dass Prüfmethode korrekt ausgelegt sind und nach anerkannten Regeln angewendet werden, wird formell über eine Akkreditierung geführt. Daher spielen Akkreditierungen eine große Rolle in der Qualitätssicherung in Wissenschaft und bei industriellen Prozessen und werden schon länger in Projekten der Solarthermie eingefordert. Allerdings sind Akkreditierungen der Prüfinstitutionen für wesentliche Komponenten für solarthermischen Kraftwerksbaus aufgrund von Verzögerungen in den Normierungsaktivitäten und des hohen Akkreditierungsaufwandes noch nicht verbreitet.

Das Hauptziel dieses Vorhabens bestand darin, für das QUARZ Labor des DLR die Hürden für die Akkreditierung in organisatorischer und technischer Hinsicht zu meistern und eine Akkreditierung für wesentliche Prüfmethode zu erreichen. Dabei können Prüfmethode auf veröffentlichten Standards oder auf Hausmethode basieren, wobei ein Messen nach Standards die internationale Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen sicherstellt und die Messmethode durch Vergleich mit anderen Prüflabors validiert werden kann.

Da für einzelne Prüfungen jedoch noch kein internationaler Standard zur Verfügung stand, sollten zudem aktiv Beiträge zu den internationalen Normierungsaktivitäten eingebracht werden.

In diesem Projekt sollten daher zum einen durch pränormative Forschung Komponententests zur Akkreditierungsreife gebracht werden, um verlässliche Labortests (hohe Präzision und Richtigkeit) zu gewährleisten. Zum anderen sollten Standardisierungsaktivitäten technisch/wissenschaftlich dazu beitragen, dass weltweit verbindliche Prüfstandards entstehen und diese eine hohe Präzision und Richtigkeit gewährleisten.

Dies wird erreicht durch:

- Akkreditierung der wichtigsten Komponenten-Prüfverfahren nach ISO/IEC 17025 „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“
- Pränormative Forschung zur Validierung der wichtigsten Komponenten-Prüfverfahren: a) Receiver optisch, b) Receiver thermisch, c) Spiegelform und d) Spiegelreflexionsgrad / Korrosion sowie Durchführen wissenschaftlich-technischer Verbesserungsmaßnahmen zur Messgenauigkeit und Überprüfbarkeit
- Wissenschaftliche Begleitung laufender Standardisierungsaktivitäten in Fachgremien auf internationaler Ebene, Entwurf von Messvorschriften als wissenschaftlich/ technische Basis für Normen.

Die Erweiterung des QUARZ-Labors um die Akkreditierung verspricht den bisherigen Erfolg des Prüfzentrums fortzusetzen. Eine akkreditierte Messung stellt ein wichtiges, anerkanntes Alleinstellungsmerkmal dar. Das DLR hält seine Spitzenstellung in der Liste der Prüfinstitute, und die Kompetenz für derartige Messungen wird erhalten und erweitert. Die nationalen und internationalen Auftraggeber sind Komponentenhersteller oder auch Kraftwerksbauer. Sie profitieren von verbindlichen und anspruchsvollen Prüfstandards, wenn sie sich damit gegen Angebote aus Niedrigpreisländern über eine hohe Qualität am Markt behaupten können. Durch die Akkreditierung wird eine höhere Qualität über anerkannte Managementsysteme nachweisbar.

I.2 Voraussetzung bei Beginn des Vorhabens

Bei Beginn des Vorhabens sind im QUARZ-Labor mehrere Komponenten-Prüfverfahren verfügbar, und das Institut nutzt ein Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001. Allerdings wurde das Institut bislang nur intern auditiert. Wissen über die Inhalte der DIN EN ISO 17025 war noch nicht ausreichend im Labor verfügbar. Zudem waren für den Bereich der Komponententests in der Solarthermie noch viele Aspekte nicht ausreichend über Normen erfasst, weshalb eine Teilnahme an Standardisierungsgremien wichtig ist, die Qualität der entstehenden Normen sicherzustellen. Zu Details einzelner Prüfungen war zudem noch ein internationaler Konsens zu finden.

I.3 Planung und Ablauf

Das Projekt ist nach dem aus der Qualitätssicherung bekannten PDCA-Zyklus (*Plan – Do – Check – Act*) in folgende fünf Arbeitspakete unterteilt:

- AP 1: Vorbereitung (Plan)
- AP 2: F&E für Akkreditierungsreife (Do)
- AP 3: Pränormative Forschung / Standardisierung (Do)
- AP 4: Überprüfung der Akkreditierungsreife (Check), sowie
- AP 5: Nachbesserungen (Act).

I.3.1 AP1: Vorbereitung (Plan)

Es werden vorbereitende Tätigkeiten für das Projekt durchgeführt, um frühzeitig die Anforderungen der ISO 17025 im Detail zu verstehen und zielgerichtete Handlungen zum Erreichen des Projektzieles zu planen. Dazu gehört ein Kickoff Meeting, der Erstkontakt mit der DAkKS in Berlin, die Teilnahme am Beuth Seminar S-191 "Kompetenz von Laboratorien DIN EN ISO/IEC 17025", eine Vorbegehung durch die DAkKS sowie die Schulung der Labor-Mitarbeiter hinsichtlich ISO 17025 und EC-Konformität. Das bestehende Qualitätsmanagement-System des Institutes und seine Dokumentation wird im Hinblick auf die Anforderungen der ISO 17025 überprüft und genutzt. Ein konkreter Maßnahmenplan für die Akkreditierungsfähigkeit jedes einzelnen der Prüfstände wird erstellt.

I.3.2 AP2: F&E für Akkreditierungsreife (Do)

In diesem AP werden technisch/wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, um fundierte Grundlagen für normative Messvorschriften zu erzielen und so genaue Messungen zu gewährleisten.

Darüber hinaus werden wissenschaftlich-technische Verbesserungsmaßnahmen zur Steigerung der Messgenauigkeit und Überprüfbarkeit erarbeitet und erprobt, die sich aus den Erfahrungen aus der Praxis sowie aus internationalen Vergleichen ergeben.

Ziel ist die Validierung der wichtigsten Komponenten-Prüfverfahren und damit ihrer Akkreditierungsreife: a) Receiver thermisch, b) Receiver optisch, c) Spiegelform, d) Spiegelreflexionsgrad / Spiegelalterung.

Für alle Prüfstände umfassen die Tätigkeiten den Soll-Ist Abgleich der Anforderungen nach ISO 17025, Erstellung oder Anpassung der erforderlichen Unterlagen wie z.B. Betriebsanleitung, Sicherheitsbeurteilung, und Untersuchungen und Berechnungen zu Vergleichbarkeit und Messgenauigkeit. Die Organisation des Prüfablaufs muss für die

Akkreditierung angepasst werden bezüglich der strukturellen Anforderungen, der Organisation der Mess- und Prüfmittel, Durchführung der Kalibration, Bestimmung der Messunsicherheiten, Anfertigung der Prüfberichte, Konformitäten mit relevanten Dokumenten, Umgang mit Beschwerden, Erstellung einer ISO-konformen Beschreibung der Prüfstände und Validierung der Messgenauigkeit.

Parabolrinnenreceiver - Wärmeverluste

Der Prüfstand zur Messung der Parabolrinnenreceiver-Wärmeverluste wird seit vielen Jahren im QUARZ-Labor betrieben und stetig weiterentwickelt. Seine Beschreibungen werden überarbeitet. Im Speziellen werden hier zudem die Heizlanze und das Isolationskonzept verändert, um die Geometrie zu harmonisieren eine bessere internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen.

Parabolrinnenreceiver - Optischer Wirkungsgrad

Der Prüfstand zur Messung des optischen Wirkungsgrades der zweiten Generation war bereits im Messbetrieb im QUARZ-Labor eingesetzt, wobei Erfahrungen aus zehn Jahren Betrieb des Vorgängerprüfstands bestanden. Betriebsanleitung und die Sicherheitsbewertung werden für die Akkreditierung überarbeitet.

Konzentratorspiegel - Formmessung

Der QUARZ-Prüfstand zur Formmessung basiert auf einer im DLR entwickelten und dann durch eine Ausgründung kommerziell vertriebenen, deflektometrischen Messmethode für Spiegelformmessungen. Während die kommerzielle Variante für spezifische Anforderungen in Fertigungslinien entwickelt wurde, ist der Prüfstand QDec im QUARZ für allgemeine Forschungs- und vielfältige Industrieaufträge, Referenzmessungen und Weiterentwicklungen flexibel gehalten.

Im Speziellen waren für diesen Prüfstand technische Probleme hinsichtlich der Softwareaktualisierung zu lösen und eine Anpassung der aktuellen Auswertesoftware von CSP Services auf den QUARZ-Prüfstand durchzuführen. Zudem waren regelmäßige Kalibrationen der Messmittel sowie Wartungen des Prüfstandes durchzuführen.

Konzentratorspiegel – Reflexionsgrad

Die vom DLR betriebenen Reflexionsmessgeräte eignen sich zur Erfüllung der in der SolarPACES Task III Reflectance Guideline beschriebenen Anforderungen zur Messung von versilberten Glasspiegeln. Der solar-gewichtete hemisphärische Reflexionsgrad wird mit dem Perkin Elmer Lambda 950 Spektrophotometer gemessen. Hierbei wird die Wellenlänge in 5-nm-Schritten von 250 bis 2500 nm variiert. Der Einfallswinkel beträgt 8°. Der monochromatische gerichtete Reflexionsgrad wird mit dem D&S 15R Reflektometer gemessen, wobei die Wellenlänge 660 nm, der Einfallswinkel 15° und der Akzeptanzwinkel 7,5; 12,5 oder 23 mrad beträgt. Beide Messgeräte benötigten kalibrierte Referenzspiegel.

I.3.3 AP3: Pränormative Forschung / Standardisierung (Do)

Ziel war es in diesem Arbeitspaket im Sinne der deutschen Industrie und des DLR weltweit verbindliche und einheitliche Prüfstandards zu erreichen, die hohe Präzision und Richtigkeit gewährleisten. Im Rahmen des AP 3 werden daher technisch-wissenschaftliche Beiträge wie

Prüfvorschriften oder die Definition von Performancekriterien in Standardisierungsverfahren eingebracht.

Außerdem werden Untersuchungen zu den Messmethoden durchgeführt, um Normenvorschläge auf ihre Eignung zu prüfen oder die Notwendigkeit von Normenvorschlägen zu belegen. Das AP umfasst die Gremienarbeit auf IEC-Ebene bzw. als Experten in den Projektteams der Normen.

Testverfahren Parabolrinnen-Receiver

Zur Begleitung der Standardisierungsaktivitäten werden Studien durchgeführt. Zunächst werden die Steady-State-Kriterien für die Wärmeverlustmessung untersucht. Dabei zeigt sich, dass die Stabilisierungszeit für Messungen bei 250 °C auf 60 Minuten verlängert werden muss, ansonsten sind sollten die Kriterien der IEC TS 62862-3-3 für die üblichen Heizlizenzen ausreichend sein.

Ein intensiver Austausch findet in der Vorbereitung des Round Robin Versuchs des SFERA III-Projekts statt. In Vorbereitung des Ringversuchs werden dabei Vorgaben zum Messverfahren niedergeschrieben, die die IEC TS 62862-3-3 ergänzen und in einigen Punkten davon abweichen. Da die niedergeschriebenen Vorgaben einerseits einen von allen teilnehmenden Labors tragfähigen Kompromiss darstellen, und andererseits der Ringversuch die Standardabweichung von ca. 7-10% auf 3-5% reduzieren konnte, kann dieses Dokument als Vorlage für die Weiterentwicklung der IEC TS 62862-3-3 dienen. Diese Vorgaben betreffen z.B. die Korrektur der Messung der Absorbtemperatur, auf die in der Kompromisslösung verzichtet wird, indem im Messergebnis die Temperatur des Thermoelements – nicht des Absorbers – angegeben wird. Vorteil dieses Kompromisses, ist dass die sehr aufwändige Korrektur von Thermoelementtemperatur auf Absorbtemperatur entfällt. Gleichzeitig muss dieser Aspekt bei der Verwendung von Messergebnissen für Feldrechnungen künftig separat berücksichtigt werden.

Testverfahren Konzentratorspiegel

Spiegelform

Es werden die Einflüsse der folgenden Umgebungsbedingungen im Labor auf die Messergebnisse der Spiegelform untersucht und quantifiziert in Bezug auf:

- Temperatur und Luftfeuchte im Labor,
- Veränderung der Spiegelform durch Schwerkrafteinfluss bei der Lagerung,
- Streulicht durch eintretendes Sonnenlicht in die Messhalle,
- Durchhang der Projektionsfläche an der Hallendecke.

Die untersuchten Laborbedingungen dienen als Basis für die Ausarbeitung einer verbesserten Prüfvorschrift.

Spiegelalterung

Der spanische Standard UNE 206016:2018, dessen Ausarbeitung das DLR innerhalb des UNE Komitees geleitet hatte, umfasste bereits eine Vorschrift zur Bestimmung der Reflexionseigenschaften und eine Reihe von beschleunigten Alterungstests an 10 x 10 cm² großen Spiegelproben. In seiner bisherigen Form beinhaltet der Standard jedoch keine Akzeptanzkriterien für die Alterungstests. Ein Vorschlag für zulässige Akzeptanzkriterien wurde veröffentlicht, jedoch nicht in den Gremien diskutiert. Es hat sich gezeigt, dass die ausgewählten Testbedingungen nicht aggressiv genug sind, um signifikante Degradation bei kommerziellen Glasspiegelherstellern hervorzurufen. Die definierten Alterungstests gelten daher als Mindestanforderung für den Außeneinsatz, wobei die getesteten Spiegelproben die

Tests ohne Degradation überstehen müssen. Der Standard eignet sich demnach nicht dafür, die erwartete Witterungsbeständigkeit verschiedener Hersteller zu vergleichen und das haltbarste Material auszuwählen. Längere und aggressivere Tests sind zur Durchführung für Materialvergleiche notwendig, und die entsprechenden Akzeptanzkriterien müssen dazu definiert werden.

Innerhalb des Projekts wird der Datenbestand der letzten 10 Jahre im OPAC-Labor auf der Plattform Solar anhand diverser beschleunigter Alterungsmessungen für die Industrie untersucht. Es existieren Daten zum hemisphärischen- und gerichteten Reflexionsverlust, zur Kantenkorrosion, zur Bläschenbildung im Lack und zur Defektdichte lokaler Punktcorrosion bei bis zur vierfachen Testdauer der UNE Tests. Die gesammelten Daten werden für die verschiedenen Alterungstests zusammengetragen und ermöglichen so sinnvolle Akzeptanzkriterien zu definieren. Dazu wird eine Datenbank aufgebaut, in der alte Messdaten zur beschleunigten Alterung von kommerziellen Glasspiegeln gesammelt werden. Die Datenbank wird entsprechend programmiert, dass man auf einfache Art und Weise einen Überblick über die Degradationserscheinungen verschiedener Proben erhalten kann. Es werden Schlussfolgerungen bezüglich Testdauer und Pass-/Fail Kriterien abgeleitet.

I.3.4 AP4: Überprüfung der Akkreditierungsreife (Check)

Ein internes Audit wird als Generalprobe vor der Akkreditierungsbegutachtung durchgeführt, um vor der Begutachtung noch Verbesserungen umsetzen zu können. Die Labor-Mitarbeitenden werden zu dem Labor-spezifischen Qualitätsmanagementsystem geschult. Es wurde ein resultierender Maßnahmenplan für AP5 erstellt.

Die für die Akkreditierung vorbereiteten Prüfstände des QUARZ-Labors werden durch die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS nach ISO 17025 begutachtet. Zu Abweichungen sind gegebenenfalls Nachbesserungen vorzubringen.

I.3.5 AP5: Nachbesserung (Act)

AP5 umfasst die abschließende Bearbeitung des Maßnahmenplans aus dem internen Audit sowie des Maßnahmenplans aus der Begutachtung der DAkkS.

I.3.6 Ablauf

Das Projekt lief von Dezember 2019 bis Mai 2023. Eine Übersicht der erreichten Meilensteine, siehe Tabelle 1, gibt den Projektverlauf wieder.

Nach der Behebung der Abweichungen wurde dem QUARZ-Labor des DLR zum 1.6.2023 die Akkreditierung erteilt. Über die ursprüngliche Planung hinausgehend konnte die Akkreditierung zudem erreicht werden für Prüfungen zur beschleunigten Alterung von Parabolrinnenreceivern durch Überhitzung, thermische Zyklisierung und Ermüdung des Faltenbalges.

Tabelle 1: Übersicht der Meilensteine

Nummer	Beschreibung	Monat
M 1	Konkreter Maßnahmenplan für die Akkreditierungsfähigkeit der Prüfstände	3
M 2.1	Integration der Anforderungen der ISO 17025 am Wärmeverlustprüfstand	18
M 2.2	Integration der Anforderungen der ISO 17025 am optischen Receiverprüfstand	18
M 2.3	Integration der Anforderungen der ISO 17025 am Deflektometrieproofstand	18
M 2.4	Integration der Anforderungen der ISO 17025 am Reflexionsprüfstand	18
M 3.1	IEC Normenentwurf für Receivermessungen	14
M 3.2	IEC Normenentwurf für Spiegelmessungen (Reflexion, Form, Alterung)	18
M 4.1	Maßnahmenplan aus Ergebnis des internen Audits erstellt	24
M 4.2	Maßnahmenplan aus Ergebnis der DAkkS-Begutachtung erstellt	30
M 5.1	Akkreditierung durch die DAkkS erfolgreich	42

I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand bei Beginn

I.4.1 Messtechnik zur Qualifizierung von CSP-Komponenten

Durch seine langjährige Forschungs- und Entwicklungsarbeit im Bereich Qualifizierung zählt das DLR Institut für Solarforschung weltweit zu den Wegbereitern für einheitliche Qualitätsstandards bei Komponenten und Systemen in solarthermischen Kraftwerken. In der Abteilung Qualifizierung am DLR Institut für Solarforschung wurde in zahlreichen Forschungsprojekten und Industriekooperationen ein Portfolio an Prüfständen, Messmethoden und Simulationswerkzeugen zur Quantifizierung und Bewertung der Leistungsfähigkeit von Parabolrinnen- und Turmsystemen und deren Komponenten entwickelt.

Insbesondere hat das DLR im Rahmen vorausgegangener Projekte QUARZ-CSP, StaMeP und QUARZ-Zert am Standort Köln das QUARZ-Zentrum®, ein Test- und Qualifizierungszentrum für konzentrierende Solartechnik aufgebaut und stetig erweitert. Dort werden unter anderem Solarspiegel und Parabolrinnenreceiver unter reproduzierbaren Laborbedingungen in eigens entwickelten Prüfständen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit untersucht. Diese Prüfstände werden der Industrie im Rahmen von Auftragsmessungen zur unabhängigen objektiven Beurteilung durch das DLR bereitgestellt und regelmäßig genutzt. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Prüfverfahren und die dabei erarbeiteten Messvorschriften werden in internationalen Arbeitsgruppen und Normentwürfen und Gremien eingebracht.

Im Bereich Standardisierung beteiligt sich das DLR seit Jahren mit wissenschaftlichen Erkenntnissen und erarbeiteten Messvorschriften und Normentwürfen in folgenden Arbeitsgruppen von Normierungsgesellschaften und Gremien:

- IEC TC 117 Solarthermische Kraftwerke, Eckhard Lüpfer (DLR) ist Leiter der deutschen Delegation.
- SolarPACES Task III, Arbeitsgruppen für Spiegel-Reflektivität, -Form, -Lebensdauer, Receiverrohr-Tests, flexible Rohrverbinder, Abnahmetests für Solarfelder
- DIN DKE K374 Solarthermische Kraftwerke (deutsches Spiegelkomitee zu TC117), E. Lüpfer (DLR) ist gewählter Sprecher.

- UNE (Spanien, Spiegelkomitees zu IEC TC117), E. Lüpfer, F. Sutter, (alle DLR) sind als Experten beteiligt.

Der Stand der Technik ist in einigen vorausgegangenen Arbeiten gut dokumentiert. Eine Auswahl findet sich in der Literatur in Abschnitt I.4.5.

I.4.2 F&E-Bedarf

Im Rahmen des EU-Projekts STAGE-STE war 2015/16 ein Ringversuch zu Wärmeverlustmessungen an Parabolrinnenreceivern durchgeführt worden. Im Vergleich zeigten sich Abweichungen zwischen den vier teilnehmenden Labors von mit einer Standardabweichung von typischerweise 7% bis 10%, die die angegebenen Messunsicherheiten überstiegen. Zwar wurden die dem Ringversuch zugrunde liegenden Messvorschriften 2020 in die IEC TS 62862-3-3 „Solar thermal electric plants - Part 3-3: Systems and components - General requirements and test methods for solar receivers“ aufgenommen, der Standard wurde jedoch als ‚Technical Specification‘ veröffentlicht, was eine Vorstufe zu einer Norm bezeichnet. Daher bestand Bedarf an technisch/wissenschaftlichen Untersuchungen, die Grundlagen zur Weiterentwicklung der Norm bieten. Im Rahmen des EU-Projektes SFERA III war eine weitere Vergleichskampagne für die Wärmeverlustmessungen vorgesehen.

Zur Qualifizierung von Spiegelpanels hat das spanische Standardisierungskomitee UNE (Subkomitee AEN / CTN206 / SC117, heute: CTN224) im März 2018 einen Standard veröffentlicht (UNE 206016:2018), an dessen inhaltlicher Ausarbeitung das DLR maßgeblich beteiligt war. Es handelt sich um den ersten Standard, der für Spiegel von solarthermischen Kraftwerken entwickelt wurde. Der Standard stellt einen wichtigen Schritt in Richtung Vergleichbarkeit der am Markt erhältlichen Spiegel für Parabolrinnen dar. In der Vergangenheit wurde die Alterungsbeständigkeit der Spiegel mit Hilfe von Standards qualifiziert, die für andere Industriezweige (Glas-, PV- oder Automobilindustrie) entwickelt worden waren. In der veröffentlichten Form beinhaltet die Norm keine Akzeptanzkriterien für die definierten Alterungstests, so dass die Aussagekraft der Testergebnisse gering ist. Ein wesentliches Ziel in QUARZ-Akkr war die Definition solcher Kriterien, bevor die überarbeitete Norm der IEC als Entwurf einer internationalen Norm vorgeschlagen werden soll.

I.4.3 ISO 17025

Die DIN EN ISO 17025 ‚Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien‘ ist die Basis, anhand derer Prüflabore akkreditiert werden. In Deutschland darf nur die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS einem Labor die Akkreditierung aussprechen, wofür das Labor regelmäßig von der DAkkS auditiert werden muss. Die ISO 17025 beschreibt Aspekte der Labororganisation und Anforderungen an die Prüfverfahren. Mit der bekannteren ISO 9001, die Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme beschreibt, gibt es deutliche Überschneidungen, die Normen sind aber nicht äquivalent. Insbesondere in der Nomenklatur gibt es teilweise deutliche Unterschiede.

I.4.4 verwendete Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte

Ins Projekt werden insbesondere die Prüfstände und Prüfverfahren 1. Receiver thermisch, 2. Receiver optisch, 3. Spiegelform, 4. Spiegelreflexionsgrad / Spiegelalterung inklusive deren Dokumentation eingebracht. Schutzrechte sind nicht betroffen.

I.4.5 Fachliteratur

- [1] Pernpeintner, J.; Happich, C.; Lüpfer, E.; Schiricke, B.; Lichtenthäler, N.; Weinhausen, J. (2015); Linear Focus Solar Simulator Test Bench for Non-destructive Optical Efficiency Testing of Parabolic Trough Receivers; Energy Procedia, Vol. 69, pp 518 – 522
- [2] Pernpeintner, J.; Sutter, F.; Happich, Ch.; Lüpfer, E.; Schiricke, B.; Lichtenthäler, N.; Thoss, J.; Schumacher, F. (2015); Durability Testing of Parabolic Trough Receivers - Overheating, Thermal Cycling, bellow Fatigue and Antireflex-Coating Abrasion; Energy Procedia, Vol. 69, pp. 1540-1550, Elsevier (2015)
- [3] J. Pernpeintner, B. Schiricke, F. Sallaberry, A. García de Jalón, R. López-Martín, L. Valenzuela, A. de Luca, A. Georg; Parabolic Trough Receiver Heat Loss And Optical Efficiency Round Robin 2015/2016; AIP Conference Proceedings 1850, 020012 (2017); doi: 10.1063/1.4984337; <https://dx.doi.org/10.1063/1.4984337>
- [4] Sallaberry F., Fernández-García A., Lüpfer E., Morales A., San Vicente G., Sutter F.: Towards standardized testing methodologies for optical properties of components in concentrating solar thermal power plants, AIP Conference Proceedings 1850, 150004 (2017); doi: 10.1063/1.4984533; <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4984533>
- [5] Happich, C., Janotte, N., Pernpeintner, J., Schiricke, B., Lüpfer, E.; Second Generation Linear Focus Sun Simulator to Test Optical Performance of Parabolic Trough Receivers- OptiRec; SolarPACES 2017, Santiago, Chile
- [6] Happich, C., Fernández García, A., Lüpfer, E., Pernpeintner, J., Schiricke, B., Sutter, F.; Introduction of DLR QUARZ Scope Assessment Label for Independent Product Tests of CSP Key Components; SolarPACES 2017, Santiago, Chile
- [7] Pernpeintner, J., Schiricke, B.; Parabolic Trough Receiver Heat Loss Measurement – Correction of Absorber Temperature Over-Prediction, SolarPACES 2018, Casablanca, Marokko
- [8] Sutter, F., Fernández-García, A., Wette, J., Reche-Navarro, T., Martínez-Arcos, L.: Acceptance criteria for accelerated aging testing of silvered-glass mirrors for concentrated solar power technologies. Solar Energy Materials and Solar Cells 193 (2019) 361-371.

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Zusammengearbeitet wird im Projekt insbesondere mit der Deutsch Akkreditierungsstelle DAkkS, die ein Vordaudit, ein Erstaudit und die Erteilung der Akkreditierung durchführt – und darauffolgend die dauerhafte Einhaltung der DIN EN ISO 17025 überwacht.

Frau Dr. Michaela Schlicker konnte als Expertin für Qualitätsmanagement und interne Auditierung gewonnen werden. Sie unterstützt bei der Erstellung der Unterlagen des Managementhandbuchs und berät bei der Labororganisation. Zudem führt sie regelmäßige interne Audits des QUARZ-Labors durch.

Zwar wurde die Messmethodik zur Messung der Formgenauigkeit (QDec) beim DLR entwickelt, die Technologie wird jedoch über die CSP-Services GmbH vermarktet. Das beim DLR betriebene System nutzt dabei die kommerzielle Software der CSP-Services GmbH. Aufgrund der Komplexität des QDec-Prüfstandes ist die CSP-Services GmbH daher bei der Kalibration und bei der Einstellung auf neue Messgeometrien beteiligt.

Im EU-Projekt SFERA-3 wird ein Ringversuch für die Wärmeverlustmessung von Parabolrinnenreceiver durchgeführt. In dessen Vorbereitung wird das Messprotokoll, das

über die IEC TS 62862-3-3 hinaus gehen soll, für den Ringversuch angepasst.
Ringversuchspartner sind dabei die Forschungseinrichtungen von CENER, CIEMAT (Spanien) und ENEA (Italien).

Die Weiterentwicklung der Spiegelalterungstests findet im OPAC-Labor in Almeria statt, das das DLR zusammen mit der CIEMAT betreibt. Daher finden diese Aktivitäten in intensivem Austausch mit Kollegen der CIEMAT statt.

Die im Projekt betroffenen Standardisierungsaktivitäten werden koordiniert durch die Organisationen SolarPACES, IEC, DKE und UNE.

Im Rahmen der Überarbeitung des Entwurfs der spanischen Norm UNE206016:2018 zur beschleunigten Alterung von Konzentratorspiegeln und des Normentwurfs für IEC wird zudem mit Forschenden der Einrichtungen der CEA (Frankreich) und von NREL (USA) zusammengearbeitet.

II. Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung, Ergebnisse, Gegenüberstellung der Ziele

AP1 Vorbereitung (Plan)

Ziel des Projekts ist die Akkreditierung von vier Messmethoden für Parabolrinnenreceiver und Solarspiegel im QUARZ-Labor des Instituts für Solarforschung des DLR. Anforderungen an akkreditierte Labors sind in der ISO 17025 beschrieben. Um eine effiziente Umsetzung der Anforderungen im Institut sicherzustellen, steht eine erfahrene Expertin des Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 des Institutes für das Projekt zur Verfügung.

Die DAkKS ist die einzige Stelle in Deutschland, die Labors und Messmethoden akkreditieren darf. Das Vorgespräch findet im März 2020 statt. Im Vorgespräch werden neben allgemeinen Themen wie Projektablauf, Terminen und Aspekten des Qualitätsmanagementsystems auch bereits fachliche Fragen zur Akkreditierung der Prüfstände mit den Fachbegutachtern besprochen. Basierend auf dem Gespräch mit der DAkKS wird die Grundsatzentscheidung darüber getroffen, wie die zusätzlichen Anforderungen der Akkreditierung nach ISO 17025 in das vorhandene Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001 eingebunden werden: Die zusätzlichen Aspekte der ISO 17025 werden nicht direkt in das vorhandene Qualitätsmanagementhandbuch (QMH) eingefügt, sondern es wird ein eigenes Managementhandbuch (MH) nach ISO 17025 erstellt. Dies vermeidet die Umarbeitung vorhandener Dokumente, vereinfacht die Vorbereitung auf die Begutachtung und begrenzt die Auswirkungen der neuen Dokumente auf die direkt bei der Akkreditierung involvierten Mitarbeiter. Wo immer möglich wird aber auf das bestehende QMH verwiesen und vorhandenes übernommen.

Das MH besteht aus gelenkten Dokumenten, die vom Allgemeinen zum Besonderen in Hierarchieebenen sortiert sind. Die oberste Hierarchieebene bildet „Teil 1 Beschreibender Teil“. Darunter angesiedelt sind Verfahrensanweisungen, dann Arbeitsanweisungen und schließlich Formblätter und Checklisten. Die Struktur wird angelegt und im weiteren Projektverlauf werden die erforderlichen Dokumente erstellt.

AP2 F&E für Akkreditierungsreife (Do)

Zentrales Werkzeug der Dokumentation der Labororganisation und Prüfverfahren ist das Managementhandbuch MH. Hierfür werden in 54 gelenkte Dokumente neu erstellt. Inhalt der Dokumente betrifft alle relevanten Themen der Labororganisation und Messdurchführung, wie das Prüfen von Anfragen, die Eingangskontrolle von Prüflingen, Durchführung der Messungen, Erstellen der Prüfberichte, Vorlagen für Prüfberichte, Umgang mit Beschwerden, Planung von Eignungsprüfungen, Durchführen von Audits, usw. Prüfstands-spezifisch werden darüber hinausgehend folgende Arbeiten durchgeführt:

AP2.1 Parabolrinnenreceiver – Wärmeverluste

Im Rahmen eines internationalen Round Robin zu Wärmeverlustmessungen von Parabolrinnenreceiver im EU-Projekts STAGE-STE waren 2015/16 größere Abweichungen zwischen den Ergebnissen der teilnehmenden Labors festgestellt worden. Es wird angenommen, dass eine der Ursachen für die Abweichungen die unterschiedliche Messgeometrie ist. Um eine bessere internationale Vergleichbarkeit des Messergebnisses zu erreichen, wird daher beschlossen, die Messgeometrie des Prüfstands des DLRs international anzugleichen und die alte Heizlanze V8_0_1 durch eine neue Heizlanze

V9_0_1 zu ersetzen. Gleichzeitig sollen weitere konstruktive Verbesserungen bezüglich der Isolation umgesetzt werden.

Bei der Prüfung der Parabolrinnenreceiver auf Wärmeverluste werden die Receiver auf Betriebstemperatur erhitzt. Dies wird durch eine elektrische Heizlanze erreicht, die in den Absorber (das Innenrohr aus Stahl) eingeschoben wird, Bild 1. Die Heizlanze erhitzt nun elektrisch den Absorber auf Betriebstemperatur. Im stabilen Zustand (Steady State), charakterisiert, der durch eine möglichst gleichbleibende Temperatur charakterisiert ist, wird die benötigte Heizleistung gemessen und diese den Wärmeverlusten gleichgesetzt. Die Temperatur des Absorbers wird über zwölf Thermoelemente gemessen, die von innen an das Stahlrohr angedrückt werden. Um die zusätzlichen Wärmeverluste über die Faltenbalge an den Enden des Receivers auszugleichen, gibt es zusätzliche Endheizer, die an den Enden der Heizlanze angebracht sind. Axiale Wärmeverluste werden durch eine isolierte Gegenheizung vermieden, die an den Enden, aber außerhalb des Receivers angebracht wird, Bild 2. In der Gesamtbilanz liefert die Hauptheizung 90% bis 95% der Heizleistung, die beiden Endheizer den Rest. Die Leistung der Gegenheizer außerhalb des Receivers wird nicht als Verlustleistung des Receivers betrachtet und fließt nicht in die Bilanzierung ein.

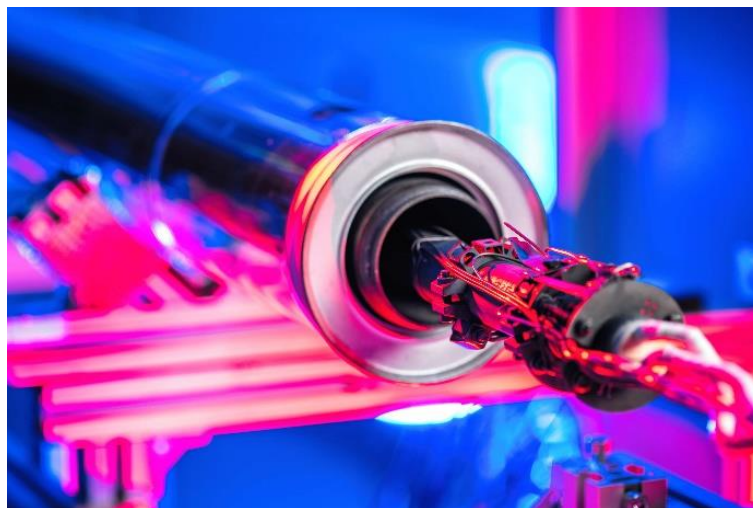


Bild 1: Heizlanze V8_0_1

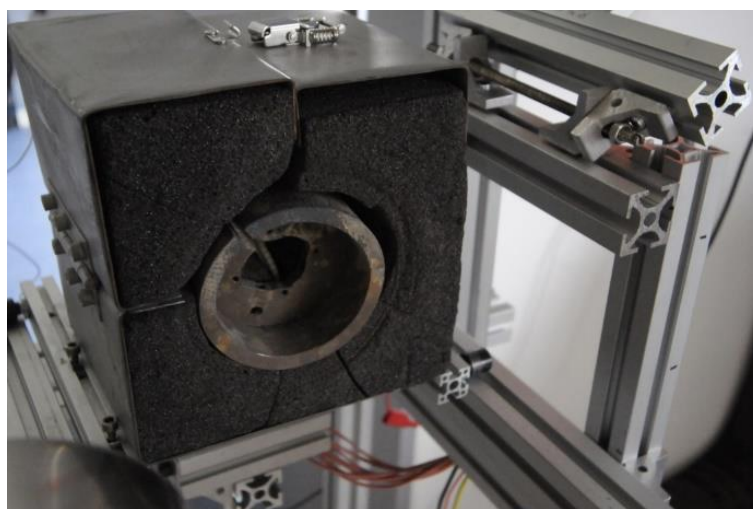


Bild 2: Gegenheizung mit Endisolation für Heizlanze V8_0_1

Die alte Version der Heizlanze V8_0_1 und die zugehörige Gegenheizung (Bild 1 und Bild 2) sind auf eine schnelle Messung, gute Alterungsbeständigkeit und hohen Arbeitsschutz optimiert. Die Heizpatrone der Hauptheizung von 30 mm Durchmesser fungiert dabei

gleichzeitig als Strukturelement, an dem Thermolemente, Abstandsfüße und Endheizungen angebracht waren. Die Heizwärme wird von der 30 mm- Heizpatrone über Strahlung, aber auch über die Luft durch Gaswärmeleitung und ggf. Konvektion übertragen. Andere Labors verwenden Messgeometrien, bei denen die letzte wärmeübertragende Oberfläche durch eine zylindrische Oberfläche mit ca. 50 mm Durchmesser gebildet wird. Um geringe axiale Wärmeverluste an den Enden zu erreichen wurden in V8_0_1 Verbindungen über Festkörper auf notwendige Strom- und Thermoleitungen beschränkt, und die Länge der Heizlanze auf die Länge des Receivers beschränkt.

Aufgrund des Innendurchmessers des Absorbers von ca. 66 mm ergibt sich mit der Heizlanzenversion V8_0_1 ein Spalt von 18 mm, bei einem Durchmesser von 50 mm jedoch nur ein Spalt von 8 mm. Berücksichtigt man die auftretenden Temperaturen und Leistungsdichten, so wird die Heizlanze im Übergangsbereich betrieben, in dem, der aktuellen Literatur folgend, nicht sichergestellt ist, ob Konvektion im Zwischenraum von Heizoberfläche und Absorber auftritt, oder nicht. Ein Auftreten von Konvektion hat jedoch deutlich höhere Wärmeübergangskoeffizienten zur Folge. Daher ist eine Angleichung der Geometrie geboten, um die Bedingungen des Wärmeübergangs und die thermische Situation für die Thermolemente möglichst ähnlich in allen Prüfständen zu halten, da eine rechnerische Korrektur in die Standardisierung nur schwer einzubringen ist. Daher wird für die Nachfolgeversion in V9_0_1 um die Heizpatrone von 30 mm ein Homogenisierungsrohr aus Edelstahl von 50 mm und 3 mm Wandstärke in den Zwischenraum eingefügt. So wird der relevante äußere Spalt zwischen Homogenisierungsrohr und Absorber auf 8 mm reduziert. Die Neukonstruktion wird genutzt um weitere Verbesserungen umzusetzen: Das in der neuen Version verwendete Homogenisierungsrohr kann Gewichtskräfte von Receiver und Heizlanze axial nach außen führen, wie dies in den Prüfständen von NREL und CENER realisiert ist. Da in V8_0_1 Gewichtskräfte über Faltenbalg und Glashüllrohr abgeführt werden, werden diese empfindlichen Komponenten in der neuen Version entlastet. Zudem wird die Isolationsleistung verbessert: Der in V8_0_1 verwendete Glasschaum (Bild 2) wird durch andere Isolationsmaterialien ersetzt. Zudem bildet die aus Messing gefertigte Gegenheizung die radiale Temperaturverteilung des Receivers mit Heizung nur unzureichend ab. Daher wird in V9_0_1 die radiale Struktur von Heizpatrone 30 mm - Homogenisierungsrohr 50 mm - Absorber 70 mm auch im Bereich der Gegenheizung umgesetzt.

Bild 3 zeigt den realisierten Heizkern. Die Heizpatrone der Hauptheizung ist am Ende mit einer Endheizung ausgestattet. Im Bereich der Gegenheizung ist die Heizpatrone mit einem Stahlrohrkern um 15 cm verlängert. Um einen Wärmeaustausch durch Gaswärmeleitung über die Grenzen der Heizzonen hinweg gering zu halten, werden Ringbarrieren eingesetzt.



Bild 3: Heizlanze V9_0_1, Heizpatrone (30 mm) mit gewickelter Endheizung (rechts) und Gegenheizung bestehend aus vier einzelnen kleinen Heizpatronen mit Stahlrohrkern (links), Übergang bei Doppelring

Bild 4 zeigt das Homogenisierungsrohr im Bereich der Enden. Um den Wärmeaustausch über die Grenzen der Heizzonen gering zu halten, werden auch hier Ringbarrieren eingesetzt, die die Struktur der Heizzonen abbilden. Das Homogenisierungsrohr ist nach beiden Seiten hin außen um je 15 cm länger als der Receiver, um so die Gewichtskräfte nach außen hin übertragen zu können. Der Temperaturgradient über das Stahlrohr über die Receivergrenze hinweg wird über zwei zusätzliche Thermoelemente gemessen, die außen am Homogenisierungsrohr angebracht sind. Außerdem sind am Homogenisierungsrohr die Thermoelemente befestigt, die über Blattfedern von innen an das Absorberrohr des Receivers angedrückt werden.

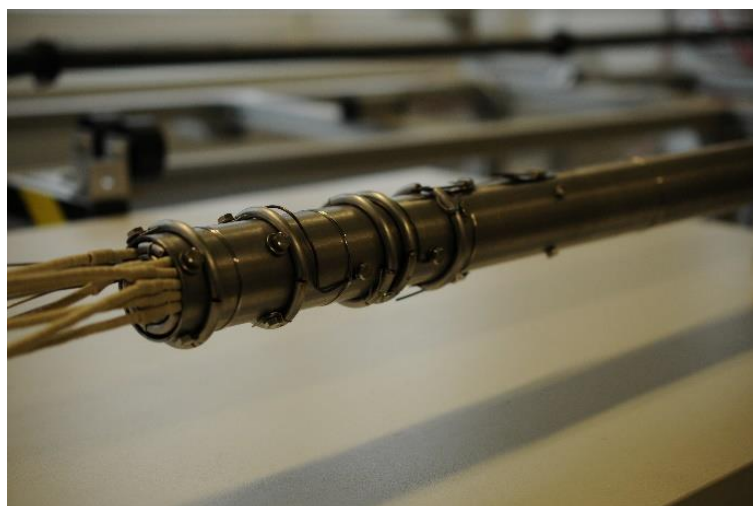


Bild 4: Heizlanze V9_0_1, Homogenisierungsrohr (50 mm) mit Wärmeaustauschbarrieren im Bereich Endheizung und Gegenheizung

Bild 5 und Bild 6 zeigen die in den Receiver eingeschobene Heizlanze mit Absorber-Verlängerung im Bereich der Gegenheizung beim Einbau. Die Absorberverlängerung liegt auf der Endisolation auf. Die nun verwendeten Materialien für die Endisolation zeigen eine wesentlich bessere Isolationsleistung, als der vorher verwendete Glasschaum, erfordern aufgrund der staubenden und Faserflug-bildenden Eigenschaften aber höhere Sorgfalt beim Einbau. Gesundheitlich sind diese Materialien lt. Herstellerangaben unbedenklich, jedoch wirken sie Haut- und Lungenreizend und verschmutzen leicht den Laborbereich. Daher wird der fertige Aufbau zum Staubschutz am Ende mit Aluminiumfolie umwickelt (Bild 6).



Bild 5: Eingebaute Heizlanze V9_0_1, eingebettet in die Unterschale der Endisolation; das Homogenisierungsrohr ist im Bereich der Gegenheizung mit der Absorberverlängerung umgeben

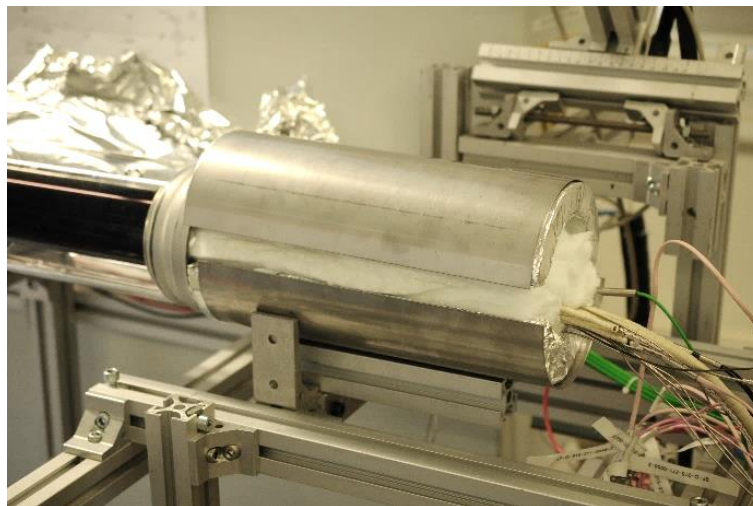


Bild 6: Eingebaute Heizlanze V9_0_1 mit Unter- und Oberschale der Endisolation

Mit der neuen Heizlanze werden nach der Inbetriebnahme 13 Messungen an sechs verschiedenen Receivern durchgeführt. Wiederholungsmessungen am Referenzreceiver zeigten eine niedrige Standardabweichung von 0.8% bei 250 °C und 1.7% bei 400 °C.

AP2.2 Parabolrinnenreceiver – Optischer Wirkungsgrad

Am Prüfstand zur Vermessung des optischen Wirkungsgrades werden die Vorgaben der DIN EN ISO 17025 umgesetzt und die Dokumentation für das MH erstellt.

AP2.3 Konzentratorspiegel – Formmessung

Es wird entschieden, dass der QDec Teststand im Projektverlauf als erster die Arbeiten zur Erreichung der Akkreditierungsreife durchläuft, wodurch er als Beispiel zur Klärung grundsätzlicher Fragen bezgl. des Vorgehens und der Struktur der Dokumente insbesondere im Hinblick auf eine einheitliche Dokumentation für das QUARZ-Zentrum dient.

Es erfolgt eine Bewertung der Risiken im Sinne des Arbeitsschutzes und die Ausarbeitung der entsprechenden Dokumentation. Die sich aus der Einsatzumgebung ergebenden

Gefährdungen werden, wo möglich, durch technische und organisatorische Maßnahmen sowie Regelungen zur Nutzung persönlicher Schutzausrüstung minimiert und in der Betriebsanweisung verbindlich festgelegt. Weitere notwendige Sicherheitsmaßnahmen in Zusammenhang mit Anforderungen des Produktsicherheitsgesetzes und DLR-interner Vorgaben werden umgesetzt.

In Vorbereitung der Wartung und Referenzmessung des QDec Prüfstands vor dem Akkreditierungsaudit werden alle zur Prüfung der Konfiguration und Einmessung benötigten Mess- und Prüfmittel (re-)kalibriert. Dazu wird die bisherige Kalibrationspraxis im Hinblick auf die Anforderungen der ISO/IEC 17025 überprüft und teilweise ergänzt bzw. ersetzt. Aufgrund der geforderten Rückführbarkeit der Kalibrationen und DAkkS-Akkreditierung der Kalibrierlabore war die Identifikation geeigneter Kalibrierlabore für die zum Teil außergewöhnlichen Messbereiche bzw. der Messunsicherheitsanforderungen der verwendeten Messmittel aufwändig.

Es wird die notwendige (jährliche) Wartung des QDec-Prüfstands zur Vermessung der Steigungsabweichung von CSP-Spiegeln durchgeführt. Sie umfasst die Überprüfung aller Teststandskomponenten wie Spiegelhalterahmen, Targets, Kameras und Mess- und Auswertesoftware und wurde in Zusammenarbeit mit den Entwicklern und Anbietern der kommerziellen Version des Prüfstands durchgeführt.

Zur Korrektur einer entstandenen Verkipfung des Spiegelhalterahmens ist eine komplette Neueinstellung sämtlicher Haltepunkte und Anschläge notwendig. Im Rahmen dieser Arbeiten können die Werkzeuge und Verfahren zur Einstellung des Spiegelhalterahmens deutlich verbessert und die entsprechenden Arbeitsanweisungen überarbeitet werden.



Bild 7: Einstellung/Überprüfung der rechten Winkel zwischen unteren Spiegelauflagepunkten und Anschlag bei der Wartung des QDec Prüfstands

Bei der anschließenden Wasseroberflächenmessung zur finalen Überprüfung der Messqualität werden Abweichungen vom erwarteten Ergebnis offensichtlich. Sie wären zwar im Rahmen der Toleranzen akzeptabel, können aber in der Analyse eindeutig auf Mängel in der Halterung des Objektivs der Targetkamera zurückgeführt werden: In Folge des entstandenen Spiels in der Halterung sind die relativen Positionen von Objektiv und Kamera nicht mehr ausreichend genau definiert. Durch Ersatz des schadhafte Objektivs und externe Kalibration des neuen Objektivs mit der Targetkamera kann das Wasseroberflächenmessergebnis als Referenz und damit die Qualität der Spiegelmessungen deutlich verbessert werden.

In Vorbereitung auf die systematische Charakterisierung des Einflusses der Messbedingungen auf die QDec-Messergebnisse werden die vorhandenen Referenzspiegel und -gläser mit dem gewarteten Teststand eingemessen und ausgewertet.

Das Ergebnis der Unsicherheitsbetrachtung ist zufriedenstellend, da der Prüfstand mit seinen resultierenden Gesamtunsicherheiten der Neigungsabweichung für RP3-Panels von 0,28 und 0,22 mrad in x- bzw. y-Richtung auch weiterhin die notwendige und spezifizierte Unsicherheit von 0,3 mrad unterschreitet. Darüber hinaus stimmt die berechnete kombinierte Unsicherheit gut mit dem Wert von 0,3 mrad überein, der vom Hersteller für die Systemunsicherheit und letzte Wasseroberflächenmessung angegeben wird. Bild 8 zeigt die nach Unsicherheitsbeiträgen aufgeschlüsselten Ergebnisse.

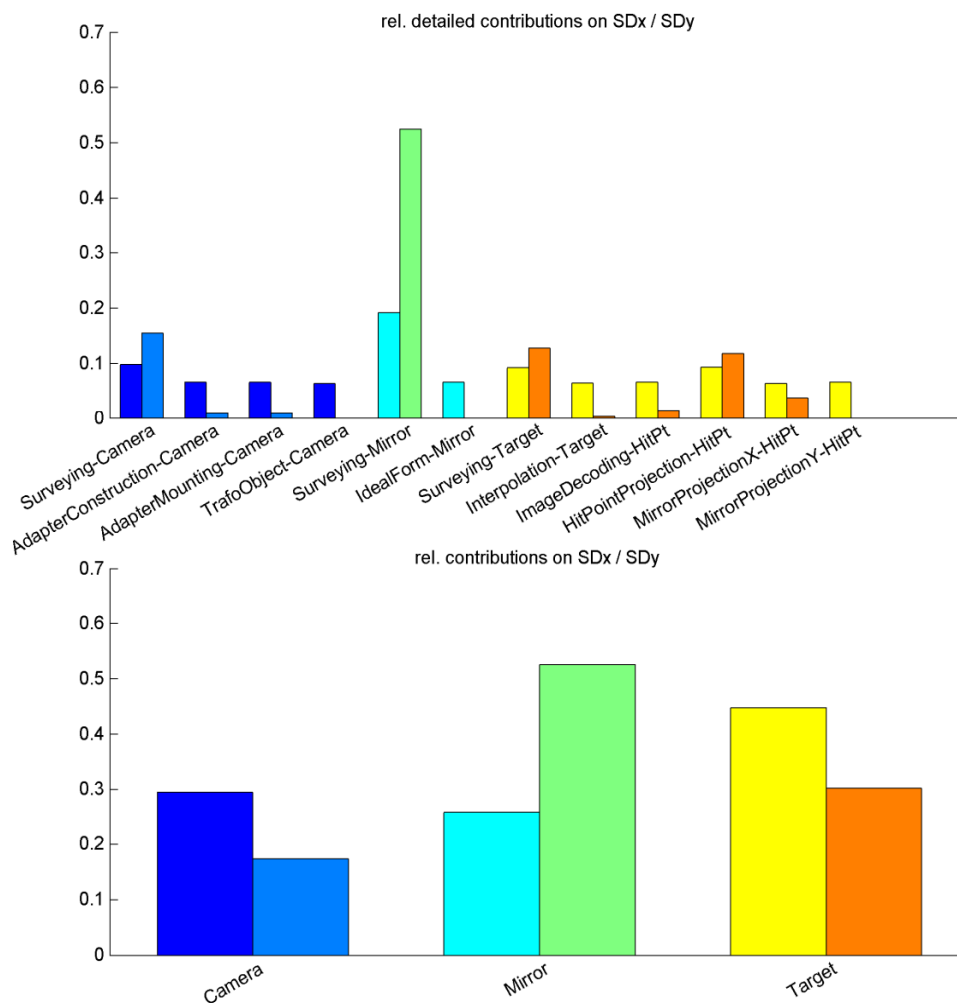


Bild 8: Relative Beiträge individueller (oben) und komponentenweise gruppierter Unsicherheitseffekte zur Gesamtunsicherheit der ermittelten Steigungsabweichung in x- und in y-Richtung $u(SD_x)$, $u(SD_y)$

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine weitere Verringerung der Unsicherheit des Messaufbaus möglich ist. Eine präzisere und genauere Vermessung wäre durch den Einsatz einer hochpräzisen Nahbereichsphotogrammetrie anstelle einer hochpräzisen Totalstation möglich. Sollte eine weitere Reduktion der Messunsicherheit erforderlich sein, kann dies eine Option für die Zukunft sein, wird aber aus Gründen des höheren Instrumentierungs-, Mess- und Auswertungsaufwandes nicht verfolgt.

AP2.4 Konzentratorspiegel – Reflexionsgrad

Die für den akkreditierten Betrieb erforderliche Wartung der Messgeräte wird durchgeführt, die Rückführbarkeit der Referenzspiegel wird überprüft, das Photospektrometer wird durch den Hersteller gewartet und die Messsoftware aktualisiert.

Es wird festgestellt, dass die bisher verwendeten Referenzspiegel nicht den Anforderungen der ISO/IEC 1705 hinsichtlich Rückführbarkeit auf ein nationales Normal und damit der internationalen Vergleichbarkeit entsprechen. Es werden daher rückführbar kalibrierte Referenzspiegel eines DAkkS-akkreditierten Prüflabors beschafft.

Zur Umsetzung des Produktsicherheitsgesetzes wird eine systematischen Risikobeurteilung durchgeführt. Die verwendeten (nicht CE-zertifizierten) Messgeräte müssen die harmonisierte Norm zur Niederspannungsrichtlinie (2014/35/EU) erfüllen, d. h. es wird überprüft, ob die Messgeräte den „Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allg. Anforderungen“ (S. 175), (DIN 61010-1, 2020-03) erfüllen. Zudem wird eine Gebrauchsanleitung erstellt.

AP3 Pränormative Forschung / Standardisierung (Do)

Das DLR beteiligt sich an Standardisierungsaktivitäten im Zusammenhang mit den im Projekt behandelten Themen durch kontinuierliche Mitarbeit und Leitung der halbjährlich stattfindenden Sitzung des DKE-Komitees K374 (nationales Spiegelkomitee zu IEC-TC117) zu solarthermischen Kraftwerken, bei der sich die Teilnehmenden aus Forschung und Industrie über die erforderlichen Kommentierungen und Abstimmungen zu den internationalen Normentwürfen verständigen.

Die Entwicklungen im unnummerierten spanischen nationalen Komitee UNE CTN224 (vorher CTN206) werden verfolgt und kommentiert.

AP3.1 Testverfahren Parabolrinnenreceiver

Im Rahmen der Vorbereitung des Round Robin Versuchs des SFERA III-Projekts findet ein intensiver Austausch aller teilnehmenden Labors, CENER, ENEA, CIEMAT und DLR statt. In Vorbereitung dieses Ringversuchs werden dabei Vorgaben zur Durchführung des Ringversuchs, aber auch Vorgaben zum Messverfahren niedergeschrieben, die die IEC TS 62862-3-3 ergänzen und in einigen Punkten davon abweichen. Ziel der Änderungen gegenüber der die IEC TS 62862-3-3 ist eine bessere Übereinstimmung der Messergebnisse zu erreichen.

Es wird erwartet, dass Änderungen im Messverfahren als Vorlage für eine SolarPACES-Guideline und zur Aktualisierung der IEC TS 62862-3-3 dienen werden. Einerseits stellen die niedergeschriebenen Änderungen einen von den teilnehmenden Labors getragenen Kompromiss dar. Andererseits kann der Ringversuch die Standardabweichung der Messergebnisse von ca. 7-10% (Round Robin im Rahmen des STAGE-STE Projekts 2015/16) auf 3-5% reduzieren.

Die Änderungen betreffen die Steady-State Kriterien und Vorgaben zur Geometrie der Heizer. Zudem wird die Korrektur der Absorbentemperatur gestrichen, so dass im Messergebnis künftig die Temperatur des Thermoelements am Absorber – nicht die des Absorbers selbst – angegeben wird. Künftig muss dieser Aspekt separat berücksichtigt werden, sollen die Messergebnissen für Feldrechnungen verwendet werden.

Vergleichstests zum optischen Wirkungsgrad mit dem IEECAS (Institute of Electrical Engineering of the Chinese Academy of Sciences) werden angestoßen. Die Messungen werden nach Projektende abgeschlossen.

AP3.2 Testverfahren Konzentratorspiegel

Die spanische Norm UNE206016:2018 wird bzgl. der beschleunigten Alterung von Konzentratorspiegeln überarbeitet und ein Normentwurf für IEC wird erstellt. Der Entwurf beinhaltet drei Prüfprozeduren:

- 1) Methode A beschreibt einen Benchmark Test um neuentwickelte Reflektoren oder Reflektorbeschichtungen mit dem Stand der Technik zu vergleichen. Diese Methode beinhaltet Akzeptanzkriterien, die definieren, ob das getestete Produkt dem Stand der Technik entspricht.
- 2) Methode B dient als Grundlage um Vergleichstests unterschiedlicher Reflektorhersteller durchzuführen. Diese Methode ist nützlich, wenn beispielsweise ein Kraftwerksbauer zwischen verschiedenen Spiegellieferanten auswählen soll. Die Prüfprozedur B ist repräsentativ für das zu erwartende Materialranking eines Außenstandorts der Korrosionsklasse C3-C4 nach 3 Jahren.
- 3) Methode C beschreibt einen Akzeptanztest für Standorte verschiedener Korrosions- und Erosionsklassen. Hierzu definiert der Nutzer eine maximal zulässige Degradation über die Lebensdauer des Reflektors. Dieser Kennwert wird in eine vorgegebene Formel eingesetzt, um die Akzeptanzkriterien des beschleunigten Korrosions- und Erosionstests zu berechnen.

Die Akzeptanzkriterien der Methode A basieren auf den über die letzten 10 Jahre gesammelten Daten des OPAC Labors der Plataforma Solar. Es wird eine Datenbank in Excel angelegt, die ein einfaches Filtern nach Reflektortyp, Projekt, Glasdicke, Hersteller usw. erlaubt. Die Datenbank beinhaltet Messdaten zur gerichteten und hemisphärischen Reflexion, korrodierte Flächenanteile, Anzahl der Korrosionspunkte, Penetration der Kantenkorrosion. Die Datenbank umfasst derzeit über 9000 Spiegelmessungen und wird genutzt, um Akzeptanzkriterien und den Stand der Technik zu definieren.

Die Akzeptanzkriterien der Methode C beruhen auf Lebensdauermodellen, die im EU-Projekt RAISELIFE abgeleitet wurden. Die Modelle stützen sich auf Expositionsdaten von bis zu 3 Jahren. Die Datenerfassung an den Außenstandorten wird fortgeführt, um die Modelle zu validieren.

Der Normentwurf wird mit dem spanischen UNE Komitee, CEA (Frankreich) und NREL (USA) geteilt, um Kommentare bezüglich der vorgeschlagen Prüfprozeduren einzuholen.

Parallel dazu wird an einem weiteren Abschnitt des Normentwurfs gearbeitet. Das Messprinzip zur Detektion von Silberkorrosion mittels Bildanalyse soll verankert werden, damit die Messungen verschiedener Labore vergleichbar werden. Die empfohlene Messvorschrift wird ausgearbeitet (Kalibration des Messbildes, Einfluss der Alterung der Lichtquelle, empfohlener Helligkeitsgrenzwert zur Detektion von Korrosion, usw.) und mit den Partnern diskutiert.

Das im QUARZ angewendete deflektometrische Verfahren zur Charakterisierung der Steigungsabweichung für CSP-Spiegel erfüllt sowohl die Anforderung der spanischen Norm

UNE 206016¹ als auch der SolarPACES Spiegelrichtlinie². Nachdem es in den vergangenen Jahren nur wenig europäische und internationale Aktivitäten zur weiteren Harmonisierung der Messverfahren für die Spiegelform gab, wird im Rahmen des europäischen Projekts SFERA-3 ein so genannter „Mirror Shape Round Robin“, eine Vergleichskampagne verschiedener Messsysteme, von Projektpartnern aus Deutschland, Italien und den USA durchgeführt.

Die Arbeiten im Projekt IEC 62862 Part 3-6: Accelerated aging tests of silvered-glass reflectors for concentrating solar technologies haben zu einem fortgeschrittenen Entwurf geführt, für den noch aktuellere Ergebnisse des Industriepartners AGC erwartet werden. Der Committee-Draft wird für Anfang 2024 angestrebt.

Für das Projekt IEC 62862 Part 3-5: Laboratory reflectance measurement of concentrating solar thermal reflectors werden in einem Meeting erste Entwürfe besprochen. Die Entwicklung der Norm erfordert Besprechungen und Zuarbeiten im Team mit den spanischen und internationalen Partnern.

Im Rahmen dieses Projektes beteiligt sich das Projektteam an der weiteren Ausarbeitung der Normen. Ergebnisse dieses Projektes gelangen damit auf direktem Weg in die internationale Abstimmung und Verbreitung über die künftige Anwendung, sind daher also relevant für die Veröffentlichung der Projektergebnisse.

AP4 Überprüfung der Akkreditierungsreife (Check)

Vor der Vorbegutachtung wird ein erstes internes Audit durchgeführt. Die Ergebnisse des internen Audits werden ins Managementhandbuch MH eingearbeitet.

Anschließend findet die Erstbegehung durch einen Systemauditor der DAkkS statt. Auch die Ergebnisse der Erstbegehung werden ins Managementhandbuch MH eingearbeitet.

Am 29.-30.11.2022 findet das Audit der DAkkS statt, für das drei beauftragte Gutachter das QUARZ-Labor besichtigten und die Prozesse und Dokumentation prüfen. Bei diesem Audit werden sieben Abweichungen festgestellt. Dabei werden bemängelt: Es fehlt eine Lieferantenbeurteilung für Aufträge unter 1000 Euro. Eignungsprüfungen sind nicht geplant. Einzelne Prüfmittel sind nicht kalibriert (3x). Es fehlt eine Entscheidungsregel bei Konformitätsaussagen. Genutzte Software- und Firmwareversionen werden nicht systematisch aufgezeichnet. System Wasserwanne und Kanalmesstab sind nicht in die Mess- und Prüfmittelliste aufgenommen. Aus den Abweichungen wird ein Maßnahmenplan erstellt, der in den zentralen Maßnahmenplan des Managementsystems übernommen wird.

AP5 Nachbesserung (Act)

Die in AP4 genannten Abweichungen wurden behoben, und zum 01.06.2023 wurden die Akkreditierungsurkunden ausgestellt, die Haupturkunde ist in Bild 9 gezeigt. Die Akkreditierung umfasst

- das Verfahren zur Spiegel-Formmessung:
QDec-Verfahren, Slope Measurement of Reflecting Surfaces used for Concentrating Solar Power Applications by Deflectometry - Measurement Method and Specifications - Version October 2022

¹ Norma Española UNE 206016: 2018: Paneles reflectantes para tecnologías de concentración solar

² SolarPACES Guideline Measurement and Assessment of Mirror Shape for Concentrating Solar Collectors version 2.2 (2016)

- das Verfahren zur Messung des Spiegel Reflexionsgrades:
SolarPACES-Guideline 2020-04, Parameters and method to evaluate the reflectance properties of reflector materials for concentrating solar power technology under laboratory conditions. Version 3.1, SolarPACES
- verschiedene Messverfahren für Parabolrinnenreceiver, insbesondere auch Wärmeverlustmessung und optischer Wirkungsgrad:
IEC TS 62862-3-3, 2020-02, Solar thermal electric plants - Part 3-3: Systems and components - General requirements and test methods for solar receivers
außer den Abschnitten:
 - 4.7.2.2 *Condensation test*
 - 4.7.3.2 *Impact resistance with ice balls*
 - 4.7.4 *External and/or internal thermal shock test*
 - 4.7.6 *Thermal stability of selective absorber coated stainless-steel samples*

Damit konnte über die ursprüngliche Planung hinausgehend die Akkreditierung zusätzliche für Tests zur beschleunigten Alterung von Parabolrinnenreceivern erreicht werden, also den Überhitzungstest, den Test mit thermischer Zyklisierung und den Faltenbalgtest.



Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle bestätigt mit dieser **Akkreditierungsurkunde**, dass das Prüflaboratorium

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V
Linder Höhe, 51147 Köln

die Anforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die in den nachfolgend aufgeführten Teil-Akkreditierungsurkunden näher spezifizierten Konformitätsbewertungstätigkeiten erfüllt. Dies schließt zusätzlich bestehende gesetzliche und normative Anforderungen an das Prüflaboratorium ein, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, sofern diese in den Anlagen der nachfolgend aufgeführten Teil-Akkreditierungsurkunden ausdrücklich bestätigt werden.

D-PL-11223-07-01

D-PL-11223-07-02


Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Prüflaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

Diese Akkreditierung wurde gemäß Art. 5 Abs. 1 Satz 2 VO (EG) 765/2008, nach Durchführung eines Akkreditierungsverfahrens unter Beachtung der Mindestanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17011 und auf Grundlage einer Bewertung und Entscheidung der eingesetzten Akkreditierungsausschüsse ausgestellt.

Diese Akkreditierungsurkunde besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der dazugehörigen Anlage. Sie gilt nur in Verbindung mit den oben aufgeführten Teil-Akkreditierungsurkunden und den dort in Bezug genommenen Bescheiden.

Registrierungsnummer der Akkreditierungsurkunde: **D-PL-11223-07-00**

Berlin, 01.06.2023


Im Auftrag Dipl.-Ing. Gabriel Zrenner
Abteilungsleitung

Diese Urkunde gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen (www.dakks.de).

Siehe Hinweise auf der Rückseite

Bild 9 Haupt-Akkreditierungsurkunde der DAkKS für das Quarz-Labor des DLR

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Da die in die Akkreditierung eingebrachten Prüfverfahren und Prüfstände bereits vorhanden waren, bilden Personalkosten die wichtigste Kostenposition. Sie wurden verwendet für Projektmanagement, Entwicklung des Managementsystems für das QUARZ-Labor, Anpassung der Prüfstände an die Anforderungen der Akkreditierung, Durchführung von wissenschaftlichen Untersuchungen, Teilnahme an Standardisierungsaktivitäten und interne und externe Audits.

Sachkosten sind angefallen für die externe Unterstützung zur Vorbereitung auf die Akkreditierung und die Akkreditierungsgebühren der DAkkS. Materialkosten sind für Modifikation und Betrieb und Kalibration von Prüfständen und Messgeräten angefallen.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Zu einer Weiterentwicklung der Qualitätssicherung in der Solarthermie, die Voraussetzung für die Minderung von Projektrisiken ist, gehört die externe Bestätigung der Einhaltung von Qualitätsstandards durch eine Akkreditierung der Prüflabore. Dies ist verbunden mit einem Aufwand für Einarbeitung in das System der Akkreditierung (AP1), Anpassung und Weiterentwicklung der Prüfverfahren (AP2) und Aufbau eines Managementsystems spezifisch für die Einhaltung der DIN EN ISO 17025 (AP2), und Durchführung von Audits und entsprechende Nacharbeit (AP 4 und AP5).

Weiterhin ist durch die Teilnahme an Gremien zur internationalen Standardisierung (AP3) die Voraussetzung geschaffen für die weitere Vereinheitlichung von Messverfahren, die später in den akkreditierten Bereich mit aufgenommen werden können.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit gemäß Verwertungsplan

Ziel des Projekts, die Akkreditierung des Prüflabors und der vier eingebrachten Prüfverfahren, wurde erreicht, wodurch diese Messverfahren nun der deutschen Industrie als Dienstleistung zur Verfügung stehen. Damit verspricht die Erweiterung des QUARZ-Zentrums um die Akkreditierung den bisherigen Erfolg des Prüfzentrums fortzusetzen. Die deutsche Industrie profitiert von verbindlichen und anspruchsvollen Prüfstandards.

Durch begleitende wissenschaftliche Untersuchungen erarbeitete Ergebnisse und Erkenntnisse werden durch Veröffentlichung bei wissenschaftlichen Konferenzen und in Zeitschriften der Allgemeinheit zugänglich gemacht. Die Netzwerke des DLR zur Industrie und zu nationalen und internationalen F&E-Partnern werden genutzt, um die Ergebnisse vorzustellen, zu diskutieren und Erkenntnisse auszutauschen. Ein wichtiges Forum dafür sind zudem die SolarPACES-Workshops in Task III zur Erstellung von Richtlinien für Standards, die jährlich stattfinden.

Als Normierungsgrundlage erarbeitete Prüfvorschriften werden in der internationalen Normierungskommission der IEC und dem nationalen Spiegelkomitee der DIN/DKE eingebracht. Soweit möglich wird auch die spanische Normierungsarbeit (UNE) berücksichtigt, die im Bereich der Solarthermie eine besondere Stellung einnimmt. Die Mitarbeit und beratende Eingaben erfolgen während des Projekts und über das Projektende hinaus. Im Speziellen zu nennen sind dabei die Mitarbeit zu den Prüfnormen der IEC 62862-Reihe, insbesondere für Parabolrinnen-Receiver und Spiegel aus Floatglas.

II.5 Fortschritt bei anderen Stellen

In einem Round Robin Versuch im Rahmen des SFERA III EU-Projekts der Prüflabore von CENER, CIEMAT, ENEA und DLR für Wärmeverlustmessungen an Parabolrinnenreceivern konnte die Standardabweichung von typisch 7-10% auf nun 3-5% gesenkt werden.

Das chinesische Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences IEECAS hat eine Akkreditierung der China National Accreditation Service for Conformity Assessment CNAS erhalten. Akkreditiert wurden drei Prüfverfahren: Heliostat-Tracking-Genauigkeit, Spiegelformmessung und Wärmeverluste von Parabolrinnenreceivern. Die zwei letztgenannten Prüfverfahren überlappen damit teilweise mit dem Leistungsumfang des QUARZ-Labors.

II.6 Veröffentlichungen des Ergebnisses

1. J. Pernpeintner and B. Schiricke: Steady state criteria for parabolic trough receiver heat loss measurements, AIP Conf. Proc. 2445, 100005 (2022), <https://doi.org/10.1063/5.0085918>