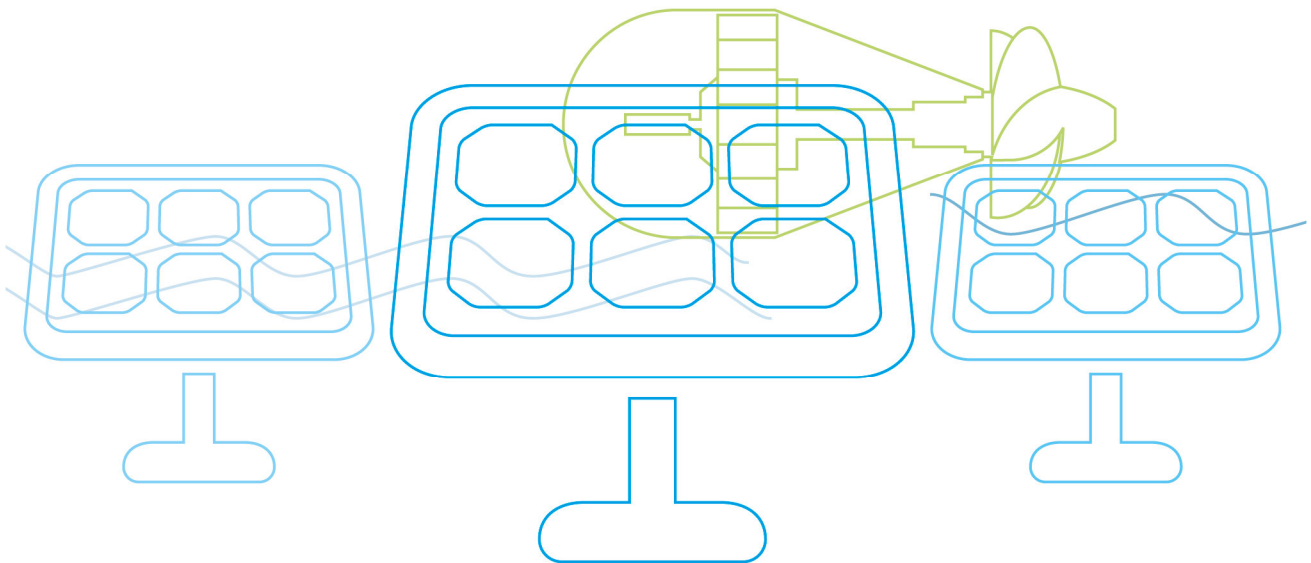




GFK 90+

Hochleistungssolarkollektor für
Temperaturniveaus über 90°C,
Kollektorfläche & 12m² für industrielle
Serienfertigung



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink that reads 'Theresia Vogel' in a cursive script.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

NEUE ENERGIEN 2020

Publizierbarer Endbericht – INDEX

Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Ziel ist es, den zurzeit eingesetzten Großflächenkollektor ökoTech GS oder ökoTech HT, der sich in der Vergangenheit bereits bewährt hat, durch eine Konzeptänderung der Kollektorkonstruktion und damit auch in der Fertigungstechnik wesentlich weiter zu entwickeln. Die Innovation bzw. auch die Schwierigkeiten bestehen unter anderem aus folgenden Punkten:

- die Energieausbeute bei geforderten Systemtemperaturen von über 90°C um weitere 10% zu steigern,
- die statischen Eigenschaften zu verbessern bei gleichzeitiger Reduktion des Eigengewichts des Solarkollektors
- Reduktion der Materialkosten
- Kosten der Transportlogistik (auch Exporte) zu minimieren,
- den Kollektor für eine automatisierte Fertigung zu optimieren und die dazu gehörige Produktion zu entwerfen.
- Steigerung der Produktivität und Erreichen von schnellen Produktionszeiten
- Optimieren der Montagetechnik, sodass 1000 m² Kollektorfläche pro Tag fertig versetzt und montiert werden können.
- Langlebigkeit und Einsetzbarkeit der Solarkollektoren in den unterschiedlichsten Klimaregionen (Frostzonen, Wüstenklima, Feuchtigkeit, Salzwassernähe, ...)
- Entwicklung eine witterungsdichte Gebäudeintegration durch ein Put&Click-System für Kollektorneigungen <10°. Gerade hier sind vor allem in Kombination von Nahwärmeanlagen die Überdachung der Materiallager optimale Anwendungsgebiete

Die Problematik besteht darin, dass zur Erreichung dieser Ziele neu Materialien und alternative Fertigungsverfahren zum Einsatz gebracht werden sollen. Ein Up-scale von bisherigen Fertigungs- und Automatisierungstechniken von Kleinkollektoren (Modulen) ist aus den unterschiedlichsten Gründen nicht bzw. nur sehr schwer möglich. Hier gilt es die technischen Anforderungen mit den Vorgaben für eine effiziente Fertigung abzugleichen und ein optimales Ergebnis zu erzielen.

1.2 Schwerpunkte und Ziele des Projektes

- Durchführung einer umfangreichen State-of-the-Art-Erhebung. Diese Untersuchung hat zwei Zielrichtungen: Erstens die gängigen Produktionstechniken zu erfassen und zweitens das Verständnis für alternative Konstruktionskonzepte für den Kollektorbau zu vertiefen. Dazu sollen einerseits Produktionsstätten von Mitbewerbern in Europa besucht werden und andererseits gezielte Produktanalysen durchgeführt werden.
- Qualitäts- und Kostenanalyse
- Die eigenen und fremden Systeme werden in einer Qualitäts- und Kostenanalyse gegenüber gestellt.
- Alternativmaterialstudie
- Es geht darum nach kostengünstigeren und leistungstärkeren Alternativen zu forschen.
- Die Anbieter für Absorber, Glas und Isolierung haben sich wesentlich weiterentwickelt und große Potentiale sind aber in der Polymertechnologie zu finden. Polymere können beim Kollektorrahmen, der Isolation und der transparenten Abdeckung interessante Alternativmaterialien sein.
- Entwurfsplanung
- Entwurf der Kollektorkonstruktion, der Montagesysteme und der Eindecksysteme
- Statische Berechnungen
- Optimierung der Tragfähigkeit des Kollektorrahmens, der Haltepunkte und Montagesysteme bei Windbelastung und Schneedruck.
- Prototypenbau und Vortests, bei denen Mangelpunkte erkannt und behoben werden sollen.
- Leistungstest
- Thermisches Verhalten und Energieausbeute gem. EN-Prüfstandards
- Qualitätstest
- SolarKeymark test
- Statische Belastbarkeit durch Bruchtest
- Produktionsprozessdesign und Gerätespezifikation

Abgeleitet aus den zuvor genannten Schwerpunkten sind nachfolgend die Projektziele dargestellt:

1. Marktreifer und mit allen Prüfzertifikaten ausgestatteter Hochleistungskollektor mit einer Energieertragssteigerung von 10%.
2. Kosteneinsparung von 10% bei den Materialkosten
3. Marktreifes Put&Click-Montagesystem
4. Entwurf des Fertigungskonzepts und der dazugehörigen Produktionstechnik für eine automatisierte Fertigung, sodass die Herstellungszeiten im Verhältnis 1:3 gesenkt werden können.

1.3 Einordnung in das Programm

Dieses Projekt ist in der Programmlinie Neue Energien 2020 in der 3. Ausschreibung eingeordnet.

1.4 Verwendete Methoden

Nachfolgend werden zu den einzelnen Arbeitspaketen die unterschiedlichen Arbeitsmethoden kurz beschrieben.

Benchmarking

Durchführung einer umfangreichen State-of-the-Art-Erhebung. Diese Untersuchung hat zwei Zielrichtungen: Erstens die gängigen Produktionstechniken zu erfassen und zweitens das Verständnis für alternative Konstruktionskonzepte für den Kollektorbau zu vertiefen. Dazu sollen einerseits Produktionsstätten von Mitbewerbern in Europa besucht werden und andererseits gezielte Produktanalysen durchgeführt werden.

Qualitäts- und Kostenanalyse

Die eigenen und fremden Systeme werden in einer Qualitäts- und Kostenanalyse gegenüber gestellt.

Alternativmaterialstudie

Es geht darum nach kostengünstigeren und leistungstärkeren Alternativen zu forschen. Die Anbieter für Absorber, Glas und Isolierung haben sich wesentlich weiterentwickelt und große Potentiale sind aber in der Polymertechnologie zu finden. Polymere können beim Kollektorrahmen, der Isolation und der transparenten Abdeckung interessante Alternativmaterialien sein.

Entwurfsplanung

Entwurf der Kollektorkonstruktion, der Montagesysteme und der Eindecksysteme

Statische Berechnungen:

Optimierung der Tragfähigkeit des Kollektorrahmens, der Haltepunkte und Montagesysteme bei Windbelastung und Schneedruck. Enge Zusammenarbeit mit einem Statikbüro.

Prototypenbau und Vortests

Bau eines Prototypen auf Basis der Konstruktionsplanung. Durchführung von Vortests, dass Mangelpunkte erkannt werden, und diese in weiterer Folge auch behoben werden können.

Leistungstest

Durchführung eines Leistungstest mit einem autorisierten Prüfungsinstituts. Messung des thermischen Verhalten und Energieausbeute gem. EN-Prüfstandards (SolarKeymark, SRCC)

Qualitätstest:

Durchführung eines Test zur Erreichung der Gütesiegel "SolarKeymark" und „SRCC“ mit einem autorisierten Prüfungsinstituts.

Produktionsprozessdesign und Gerätespezifikation

Auf Basis des getesteten Kollektors wird eine Automatisierung der Kollektorfertigung am Papier ausgearbeitet und die Investitionskosten dafür ermittelt. Hier wird vor allem auf die Umsetzbarkeit der Automatisierung (Vol-, Halb- oder Teilautomatisierung) wert gelegt.

Entwicklung eines Put&Click Systems für Indachlösungen mit geringen Dachneigungen (ca. 10°)

Hier wird konstruktiv ein so genanntes „Put&Click“ System entwickelt für einen raschen Einsatz von Solarkollektoren bei sehr geringen Dachneigungen. Hier soll die Solarfläche das dichte Dach ersetzen. Nach Konstruktiver Entwicklung werden diverse Tests (Dauerberegnung, Schlagregendichtheit) durchgeführt.

1.5 Aufbau der Arbeit

Arbeitspaket 1: Analyse Materialalternativen

- Durchführung folgender Arbeiten:
- "state of the art" - Analyse der Mitbewerber bei Kollektoraufbau
- Definition der Hauptkomponenten im GFK 90+
- Kriterien und Einsatzbereiche definieren in Form von:
- Temperaturbeständigkeit
- Feuchtigkeit [%]
- UV – Beständigkeit
- Längendehnung (wichtig bei GFK 90+)
- Formstabilität
- Transmissionswerte (bei Gläser)
- Absorption & Emission
- Lebensdauer
- Kosten
- Materialverträglichkeit
- Durchführen diverser Materialtests (z.B. Transmission, Temperaturbeständigkeit, usw.)

Arbeitspaket 2: Analyse Verarbeitungstechniken

- Bewertung von Verarbeitungstechniken in Hinblick auf Kosten, maschinelle Einsetzbarkeit, Serienproduktionstauglichkeit.....
- Untersuchung der vorhandenen Serienproduktionstechniken von Modulherstellern und den Möglichkeiten diese Techniken auf den GFK 90+ anzupassen.
- Aus diesen Ergebnissen soll eine für den GFK 90+ geeignete Verarbeitungstechnik definiert werden.

Arbeitspaket 3: Entwicklung Dachmontage und Eindecksystem (Put+Click)

- Entwicklung eines Dachmontagesystems, das eine einfache Montage bei gleichzeitig witterungsdichter Dachintegration großer Kollektorfelder gewährleistet. Das so entstehende Solardach soll die erste Dachhaut ersetzen und bis zu einer Dachneigung von nur 10° die Dichtheit sichern
- Erstellung einer Montageanleitung für das Dachmontagesystem
- Test auf Witterungsdichtheit und Alterungsbeständigkeit (Regen, Wind, Schnee)

Arbeitspaket 4: Kollektordesign

- Erstellen von Systemskizzen
- Besprechen und Kontrolle der Umsetzbarkeit & Serientauglichkeit mit diversen Lieferanten.
- Fertigungs- und Funktionsspezifische Optimierung (z.B. Wandstärken, Eckverbindungen....)
- Zusammenführen der einzelnen Teillösungen und erstellen einer Fertigungskonstruktion.
- Erstellung von Materialbestelllisten

Arbeitspaket 5: Kollektortests und Optimierung

- Durchführung des ersten Prototypenbaues und "Hand in Hand" erarbeiten der neuen Fertigungsprozeduren.
- Erproben und adaptieren der neuen Verarbeitungsmethoden
- QS - Maßnahmen durchführen (Toleranzen, Transmissionsmessungen)

- Zwischentests des Prototypens auf Belastung, Temperaturbeständigkeit, Qualität und Leistung (intern und eventuell extern) durchführen
- Definition der Optimierungsmaßnahmen für Kollektorkonstruktion und der Produktionsprozesse und Einarbeitung in die "neue" Kollektor Konstruktion
- Bau des marktreifen Kollektors und Durchführung von marktrelevanten Kollektortests

Arbeitspaket 6: Entwicklung Fertigungstechnik

- Definition der einzelnen Arbeitsschritte
- Erstellung von Produktionsablaufpläne
- Vergleich der Arbeitszeiten – manuell mit maschineller Fertigung
- Aufbau einer automatischen Fertigung auf Papier
- Definition des Produktionsprozesses, Definition der Maschinen und Gerätschaften, Spezifikation der Sondermaschinen, Detailplanung der Sondermaschinen, Zusammenstellung der Maschinen und Gerätschaften zu Gesamteinheiten für jede Baugruppe, Erstellung von Lasten- und Pflichtenheften, Erstellung von Ausschreibungsunterlagen, Erstellung eines Transport- und Logistikkonzepts entsprechend dem abgestimmten Fertigungsprozess, Planung des Fabriklayouts.

2 Inhaltliche Darstellung

2.1 Arbeitspaket 1: Analyse Materialalternativen

Im Zuge des Projektes wurde mit einer Materialrecherche für die in Frage kommenden Materialien begonnen. Für dieses wurde ein Kriterienkatalog für die wichtigsten Hauptkomponenten im Hinblick auf Hochtemperaturflachkollektoren erstellt.

Um eine Materialrecherche durchführen zu können musste zuerst der typische Kollektoraufbau mit seinen „Standardmaterialien“ bekannt sein. Hierzu wurden die gängigen Materialien in unterschiedlichsten Flachkollektoren (auch bei High-End Kollektoren) recherchiert.

Die am häufigsten eingesetzten Materialien sind:

- Aluminiumrahmen
- Aluminiumrückwände
- Kunststoffe für Rohrdurchführungen
- EPDM Dichtstoffe
- Absorber aus Kupfer
- Absorber aus Aluminium
- Silikon (ev. 2K) für die Verklebung und Dichtheit des Kollektorglases mit Kollektorrahmen
- Rückwand & Seitenwanddämmung aus Stein oder Mineralwolle
- Folie (ETFE, FEP, usw.) als zusätzliche thermische Trennschicht

Übersicht bzw. Kriterienkatalog für Materialanforderungen für den GFK 90+

In weiterer Folge wurde ein Kriterienkatalog erstellt, welche die Einsatzbedingungen und Anforderungen der Materialien für den Einsatz von Hochtemperaturkollektoren bestimmt.

Tabelle 1: Kriterienkatalog von ausgewählten Hauptkomponenten für den Einsatz im GFK 90+

Anforderung	Bandbreite	Kollektorbereich	Materialauswahl
Temperaturbeständigkeit	- 30°C bis + 250°C	Rahmenmaterial, Glas, Dämmung,	Aluminium, Solarglas, Steinwolle,
UV Beständigkeit	----	Dichtstoffe, Dämmmaterialien,	Solarsilikon, Steinwolle, EPDM Dichtungen
Formstabilität	----	Rahmenprofile	Rahmen und Stegprofile aus Alustrangpressprofilen
Transmission	> 90%	Solargläser, Folie	Solarglas (Floatglas) mit/ohne AR (Anitreflex) Beschichtung, Nowofol
Absorption & Emission	Absorption: > 95% Emission: < 7%	Absorber	Sunstrip Streifenabsorber, Solvis Vollflächenabsorber
Materiallebensdauer	Mind. 20 Jahre	Alles	

Die Materialverträglichkeit der eingesetzten Materialien wurde mit sämtlichen Lieferanten im Zuge der Konstruktionsentwicklung abgestimmt. Kritische Punkte hier waren die Verklebung des Solarglases mit dem Kollektorrahmen und die dazugehörige Abdichtung (Silikon). Hierbei mussten vor allem die chemische Zusammensetzung beider Stoffe im Detail durch die Lieferanten geprüft und dann freigegeben werden. Beide Lieferanten waren natürlich bemüht „nur hauseigene“ Produkte als materialverträglich freizugeben, was sich aber im Zuge des Projektverlaufes aber in eine positive Zusammenarbeit aller beteiligten Firmen änderte.

Im Zuge dieser Arbeiten wurden auch unterschiedliche Materialtests durchgeführt.

Folien: Messung der Transmission, Temperaturbeständigkeit mittels Test in Ofen (Temperaturkammer), Stabilität = Weiterreißfestigkeit

Es wurde die Transmission von drei unterschiedlichen Folien im Labor vermesse. Die Messungen erfolgten im Lichtspektrum zwischen 300 nm und 2800nm.

Gemessene Folien und deren Transmission:

- Nowofol (Folienstärke: 0,50 µm): 90,92%
- Nowofol (Folienstärke: 0,25 µm): 92,21%
- Dupont (Folienstärke: 0,25 µm): 93,98%

Die Messungen zeigten, deutlich, dass sich mit steigender Folienstärke die Transmission verringert. Daher wurde die Folie Nowofol 0,5müm als erstes ausgeschieden. Nach Abwägung von Transmission und vor allem auch die Verarbeitbarkeit der Folie, fiel die Auswahl auf die Folie Nowofol (0,25 µm). Obwohl die Transmission geringfügig schlechter ist, wurde aufgrund der besseren fertigungstechnischen Handhabung der Folie Nowofol 0,25 µm die weiteren Arbeiten mit dieser Folie durchgeführt. Der weiters durchgeführte Belastungstest mittels hohen Temperaturen (Ofentest; bis

230°C) zeigten bei sämtlichen Folien keine augenscheinlichen Veränderungen der Folienspannung bzw. der Folienoberfläche.

Kollektorrückwand bzw. Aluprofile: Durchführung von Zug- und Druckbelastung in der Produktionshalle mittels Gewichtsbelastung bzw. Zugbelastung durch den in der Produktionshalle befindlichen Hallenkran mit zwischengeschalteter Waage zur Gewichtsdocumentation

Klebeband zur Verklebung von Glas und Aluminium: Zugtest mittels Glassauger, Hallenkran und Zwischengeschalteter Waage, zusätzliche Durchführung von Labortests durch einen möglichen Lieferanten von Klebebändern. Ergebnisse der Labortest waren einerseits die Definition der Breite des Klebebandes um die Belastungen (vor allem Zugbelastung) entgegen zu wirken. Andererseits wurden Erkenntnisse und Vorgaben für die Untergrundbehandlung bei der Verklebung gewonnen und diese als Verarbeitungskriterien in die Produktionsvorgaben eingearbeitet.

2.2 Arbeitspaket 2: Analyse Verarbeitungstechniken

Um einen Überblick unterschiedlichste Verarbeitungstechniken zu erhalten und diese bestmöglich bewerten zu können wurden Firmenbesuchen, bzw. Besuchen von Fachmessen und Fachveranstaltungen durchgeführt.

Kollektorrahmen:

Bei den Kollektorrahmen muss unterschieden werden zwischen „kleinen“ Modulkollektoren und Großflächenkollektoren.

Modulkollektoren:

Modulkollektoren werden auf unterschiedlichste Weisen hergestellt.

Unterschiedlichste Rahmenherstellung bei Modulkollektoren:

- Aluwannen gepresst
- Aluminiumrahmen mit Alurückwand geklebt
- Aluminiumrahmen mit Alurückwand verpresst
- Edelstahlrahmen verschweißt und die Alurückwand verpresst
- Holzrahmenkollektoren (nicht relevant für GFK90+ Projekt)

Unterschiedlichste Anbindungsmöglichkeiten zwischen Rahmen und Glasabdeckung:

- Glas mittels Aluprofilen und EPDM Dichtungen geklemmt und abgedichtet (1)
- Glas mittels 2K Kleber geklebt und gedichtet (2)
- Glas mittels Doppelseitigen Klebeband geklebt und mit Silikon rundum abgedichtet (3)
- Glas mittels doppelseitigen Klebeband geklebt und mit EPD Dichtung abgedichtet (4)

In weiterer Folge wird auf die Rahmenherstellung weniger Wert gelegt, da die Herstellung von „Kleinkollektoren“, soweit es den Kollektorrahmen betrifft, nur wenig vergleichbar mit Großflächenkollektoren ist. Wichtige Verarbeitungstechniken sind hier vor allem die Anbindung des Kollektorrahmens an die Glasabdeckung inkl. Abdichtung.

Tabelle 2: Übersichtstabelle der Anbindungsmöglichkeiten zwischen Rahmen und Glasabdeckung inkl. Bewertungen.

Verarbeitungstechnik	Materialkosten (für Herstellung der mechanischen und dichten Verbindung zwischen Glas und Rahmen)	Vorteile	Nachteile	Mögliche Probleme	Maschinelle Einsetzbarkeit	Automatisierungskosten
(1)	*****	Rasche Weiterverarbeitung möglich	Viele unterschiedliche Bauteile	Dichtheit bei geringen Kollektorneigungen	Nur bedingt	Keine Automatisierung
(2)	***	Durch eine kompakte Klebefuge sehr dichte Ausführung	Zum Teil lange Aushärtezeiten des Klebers, Zwischenlagerung notwendig	nicht bekannt bzw. schwer einschätzbar	Ja	***
(3)	***		Aushärtezeit des Silikons	Verträglichkeit Silikon und Klebeband	Ja	*****
(4)	***	Glas durch Klebeband sofort fixiert, und statische Unterstützung für den Kollektor durch formstabile Verbindung	Fertigungstoleranzen müssen sehr genau sein		tlw.	***

Für die Materialauswahl und weitere Entwicklung des GFK 90+ Kollektors wurden die Bearbeitungstechniken (3) und (4) gewählt. Zuerst wurde die Verarbeitungstechnik (3) im Zuge eines Prototypenbaus getestet und ausgeführt (für den getesteten GFK 90+ SolarKeymark, SRCC). Das Verarbeitungsergebnis war zufrieden stellend. Die Dichtheit des Kollektors wurde gewährleistet, aber die Problematik dieser Verarbeitung waren lange Aushärtezeiten des Abdichtungssilikons und damit die langen Verweilzeiten des Kollektors in einer möglichen Produktionslinie. Zusätzlich wären hier sehr hohe Automatisierungskosten für die Hinterfüllung der Kollektorabdichtung mittels Silikon entstanden.

Aus diesem Grund wurde der letzte Kollektorprototyp mit der Verarbeitungsvariante (4) ausgeführt. Hierbei entstanden keine Verweilzeiten des Kollektors in der Produktionslinie. Probleme bei dieser Variante waren vor allem die geringen Maßtoleranzen zwischen Klebeband, Glas, Rahmen und EPDM

Dichtung. Hier wird im Zuge einer kleinen Überarbeitung dieses Details die Problematik der Maßtoleranz entschärft.

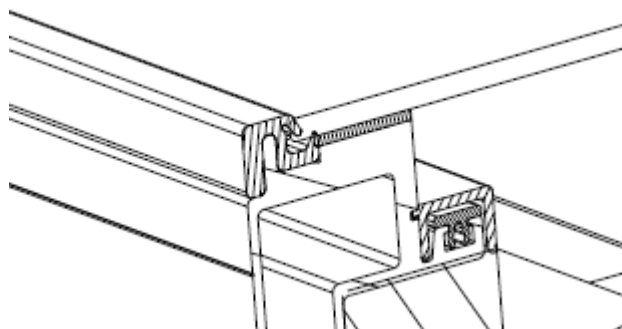


Abbildung 1: EPDM Dichtung und Verklebung der Glases

Es wurde neben den herkömmlichen Rahmenkonstruktionen mit Alustrangpressprofilen auch die Möglichkeit von gewalzten Edelstahlprofilen untersucht. Die Vorteile von Edelstahl sind vor allem die Materialbeständigkeit gegenüber äußeren Einflüssen, was eine äußerst interessante Alternative dargestellt hätte. Das Problem dieser gewalzten bzw. nach dem „Rollbiegeverfahren“ hergestellten Profile ist, dass Verklebungen unterschiedlicher Profile auf kleinstem Raum nicht bzw. nur sehr schwer zu realisieren sind. Im Zuge der Projektentwicklung wurde diese Konstruktionsmöglichkeit nicht weiter verfolgt.

2.3 Arbeitspaket 3: Entwicklung Dachmontage und Eindecksystem (Put+Click)

Montagesystem

Die Entwicklung der Montagekonstruktion für die Aufständigung der Kollektoren an verschiedene Untergründe wurde nach erfolgter Rahmenkonstruktion gestartet. Ziel war es ein einheitliches Anbindungsdetail zwischen „Aufständigung“ und Kollektorrahmen für die unterschiedlichsten Gegebenheiten zu konstruieren. Winddruck, Windsog und natürlich Schneebelastungen waren hier vor allem für die Dimensionierung und der Materialauswahl entscheidende Faktoren. Ziel dieser Aufständigungskonstruktion sollte auch sein, die Montagezeiten und somit auch die Montagekosten erheblich zu reduzieren.

Die Aufständigung selbst sollte aus möglichst wenigen Einzelteilen bestehen und es uns ermöglichen durch relativ geringem Aufwand verschiedene Kollektorneigungen herzustellen um den Einsatzbereich, solares Kühlen (Kollektorneigungen im Bereich 20-25 °) bis hin zu Heizungsunterstützung mit sehr hohem solaren Deckungsgraden (Kollektorneigungen bis hin zu 70°) zu ermöglichen.

Die Aufständigung sollte der kanadischen Windlast entsprechen und somit einen Großteil des geplanten geographischen Einsatzgebietes, Ausnahmen Küstenregionen und Hurrikan Gebiet, abdecken.

Anforderungen an das Montagesystem:

- Montagemöglichkeit auf Betonfundamenten und Stahlunterkonstruktionen
- Korrosionsbeständig- und Langlebigkeit des gesamten Montagesystems

- Montagemöglichkeit von bis zu 700 m² Kollektorfläche pro Tag mit einem Montageteam von 2 Monteuren
- Möglichkeit Montage- und Fertigungsungenauigkeiten der Betonfundamente auszugleichen
- Flexible Verbindung der Einzelkollektoren zum Ausgleich der thermische Längenänderung des Kollektorfeldes und auch der Montageungenauigkeiten

Anforderungen an die statische Kollektorbefestigung:

- drehbare Ausführung der Aufständering um die Winkelflexibilität zu gewährleisten
- statische Dimensionierung der Kollektoraufständering – kanadische Norm
- statische Dimensionierung der Betonfundamente – Sicherheit auf Kippen & Verschieben der Solarkollektoren – für unterschiedliche geografische Lagen
- Kostenoptimierung durch den Einsatz von Normteilen und möglichst wenigen Einzelteilen

Ergebnisse bzgl. der statischen Kollektorbefestigung:

- Durch diese Anforderungen wurde die Entscheidung gefällt den Kollektorrahmen so zu gestalten, dass dieser als tragendes Teil der Aufständering wirkt und nur eine hintere Stützte, welche die Kollektorneigung bestimmt für die Fixierung des Kollektors notwendig ist.
- eingesetzte Materialien Aluminium und Edelstahl um eine möglichst hohe Korrosionsbeständigkeit zu erzielen
- Der Einsatz von Normteilen ist nur teilweise gelungen jedoch konnte durch die einfache Gestaltung der Bauteile ein geringer Kostenaufwand erreicht werden.

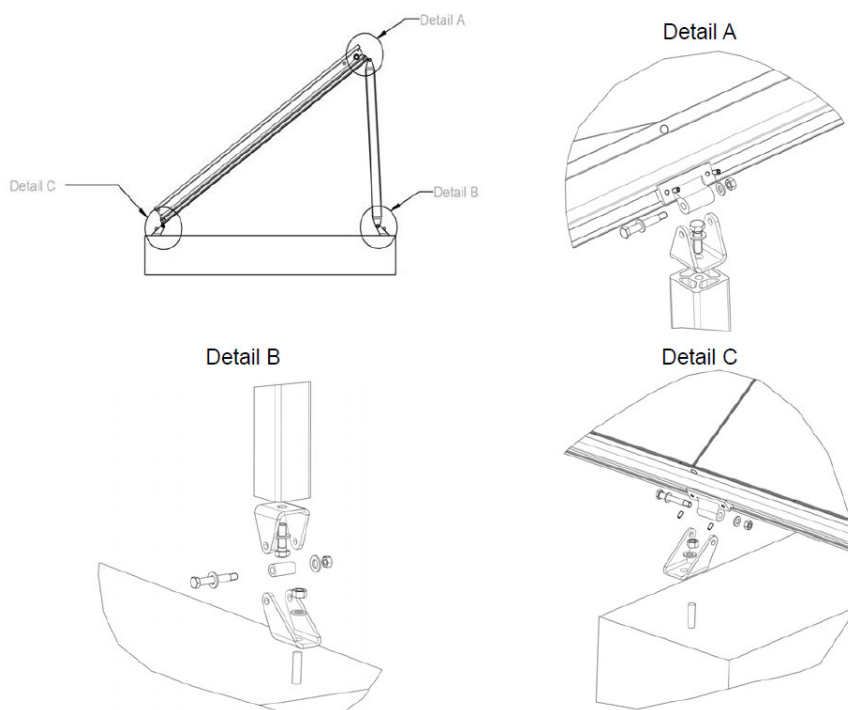


Abbildung 2: Details Befestigungs- und Aufständerungsmaterialien

Anforderungen an die flexible Kollektorverbindung:

- Flexible Verbindung zum Ausgleich von Längenänderung aufgrund von Temperaturschwankungen und Winkel- bzw. Lateralversatz aufgrund von Montageungenauigkeiten
- Schnelle und einfache Montag- und Austauschbarkeit
- Materialverträglichkeit mit Cu-Installation und Propylenglykol
- Temperaturbeständigkeit der gesamten Verbindung bis ca. 250°C
- UV-Beständigkeit
- Geringer Druckverlust

Indachsystem

Neben den der Entwicklung des Alurahmenkollektors GFK 90+ und dessen Montagekonstruktion- und Aufständerungssysteme für Frei Anwendungen war auch ein Projektziel Indachkollektoren als so genanntes Put&Click System zu konstruieren. Hier waren die Herausforderung die, dass vor allem bei Dächern mit geringen Neigungen (ca. 10°) bisherige Indachlösungen nicht oder nur bedingt einsatzbereit waren. Dieses wurde auf Basis der „Standard Indachlösungen der Fa. ökoTech“ erheblich weiterentwickelt. Hauptschwierigkeit lag hierbei bei:

- Gewährleistung der Dichtheit des Daches bis 10° Dachneigung
- Verschaltungs- bzw. Verbindungsmöglichkeit der Kollektoren
- Einfache und rasche Montage
- Dichte Anbindung an das restliche Dach muss durch entsprechende Profillösungen möglich sein (professionelle Schnittstelle zum Spenglereibetrieb rund um das Kollektorfeld)

Nachfolgende Abbildung zeigt die Überlappende Abdichtung zweier Kollektoren übereinander. Hier ist der obere Kollektor mit einem langen Abschlussprofil ausgestattet. Die Befestigung des oberen Kollektors erfolgt mit Dichtschrauben in den Rahmen des unteren Kollektors.

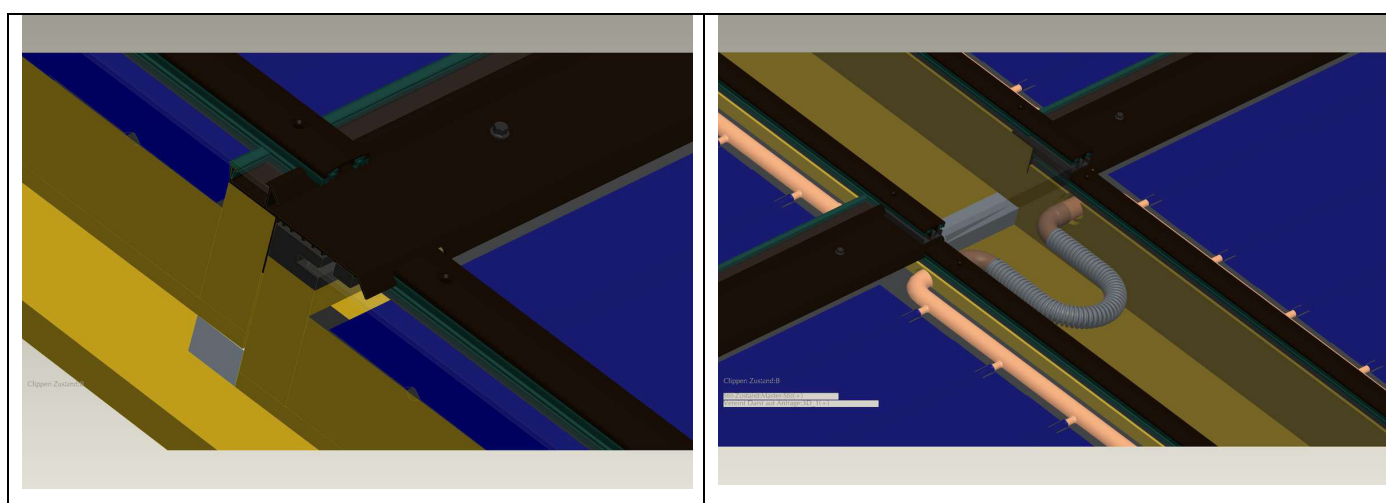


Abbildung 3: links: Überlappungsdetail von übereinander platzierten Kollektoren, rechts: Verbindungstechnik von nebeneinander liegenden Kollektoren

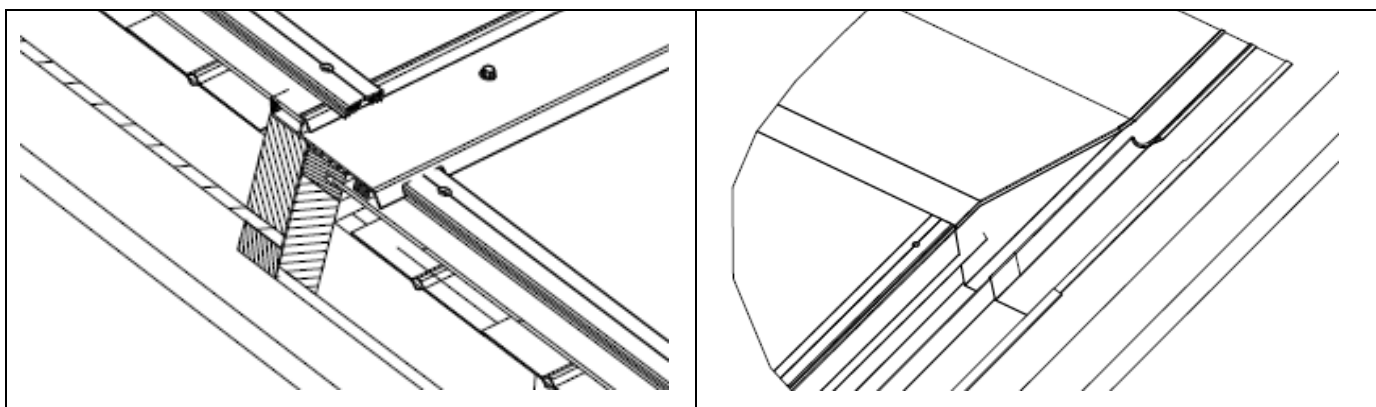


Abbildung 4: links: Schnitt durch die Kollektoren inkl. Details, rechts: obere Eindichtung des Kollektorfeldes

Nach erfolgreichen internen Beregnungstest und auch Test gegen Schlagregen wurden bereits zwei Anlagen mit diesem System umgesetzt.



Abbildung 5: Durchgeführter Beregnungstest (Schlagregen) des Put&Click Indachsystems

2.4 Arbeitspaket 4 + 5: Kollektordesign und Kollektortests und Optimierung

In weiterer Folge werden die Arbeitspakete 4 und 5 gemeinsam beschrieben, da diese im Projektablauf tlw. Hand in Hand durchgeführt wurden und es hierbei inhaltliche Überschneidungen gab.

Vorgaben an die Konstruktion:

- Kollektorabmessungen für Export in Container optimieren
- Lagerung der Kollektoren liegend (Platz sparend)
- Wirkungsgradoptimierung bei hohen Betriebstemperaturen
- Optimierung für rasche Kollektormontagen
- Möglichkeit einer (Teil) Automatisierung der Fertigung
- Rasche Produktionszeiten
- Auslegung auf hohe Wind und Schneelasten (z.B. Vorgaben aus Kanada)

Im Zuge dieses Projektes wurden unzählige Ideen und Konstruktionsvarianten in vielen internen Meetings erstellt. Neben den zuvor erwähnten Vorgaben waren vor allem die Spannung und die Klemmung einer zusätzlichen thermischen Trennschicht (Folie) von besonderer Herausforderung. Nachfolgend werden einige Auszüge der Konstruktionshistorie dargestellt, in der die Änderungen bzw. die Konstruktionsentwicklungen deutlich erkennbar sind.

Um nicht jedes Detail der einzelnen Entwicklungen zu beschreiben wurde die Kollektorentwicklung in vier Entwicklungsstufen unterteilt.

Entwicklungsstufe I

Die ersten Entwicklungen und vorgaben für die Kollektorkonstruktion waren vor allem die Abmessung für den Export. Um eine optimale Ausnutzung von Transportcontainer zu erhalten wurden folgende Abmessungen festgelegt: 5735 x 2180 x 145 mm (Länge x Breite x Höhe).

Der Kollektorrahmen war als Alustrangpressprofil geplant. Die Aufnahme für die Befestigung der Aufständerung wurde im Rahmenprofil mittels einer Aufnahmenut definiert.

Die Kollektorrückwand und deren Abdichtung zum Kollektorrahmen wurden aus Aluminium und Silikonabdichtung vorerst geplant. Rückwanddämmung (90mm) und Seitendämmung (15mm) waren als Wärmedämmung (Steinwolle) angedacht. Der Einbau der Folie war der Höhe nach geplant. Hier sollte die Folie mittels Aluklemm- und Kunststoffklemmprofilen in den Rahmen verspannt werden.

Die Befestigung des Glases und die Abdichtung ist bei dieser Entwicklungsstufe mittels Aluklemmprofilen (rundum) und EPD Dichtung ausgeführt. Nachteil dieser Variante war, dass durch die „schwimmende“ Einbauweise des Glases, das Glas für die Statik des gesamten Kollektorrahmens nicht berücksichtigt werden konnte.

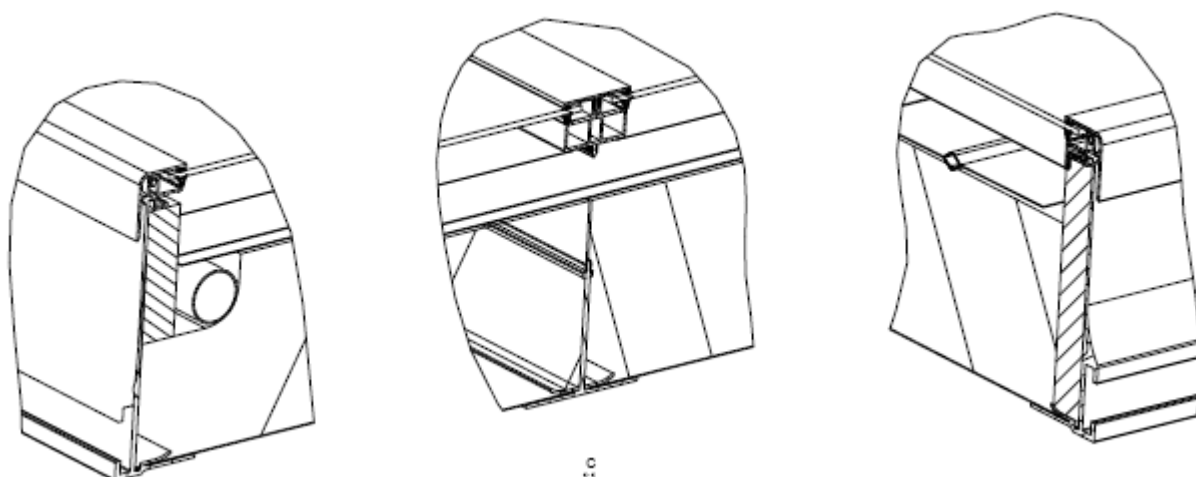


Abbildung 6: Konstruktionsdetails aus der Entwicklungsstufe I

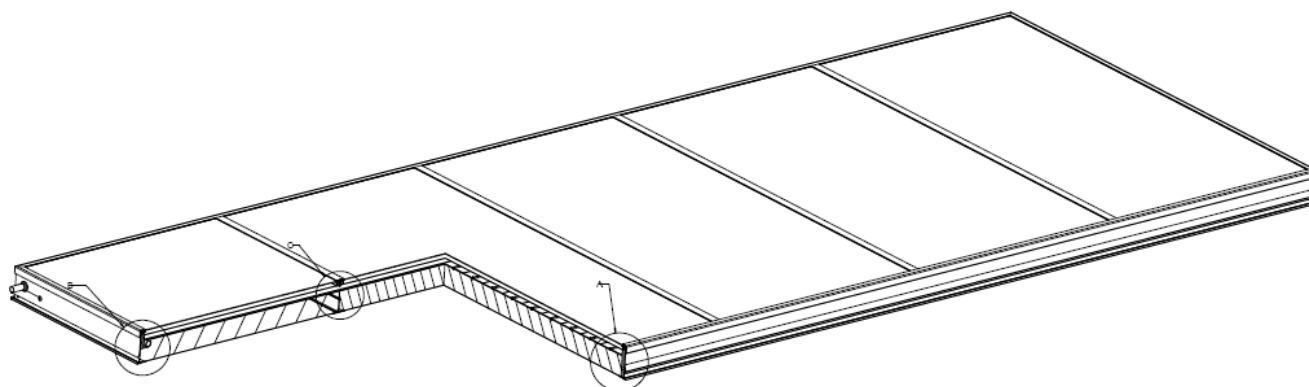


Abbildung 7: Darstellung des Flachkollektors – Entwicklungsstufe I

Entwicklungsstufe II

Nach zahlreichen weiteren Optimierungskonstruktionen und Ideen wurde die Entwicklungsstufe II geplant und im Detail konstruiert. Wesentliche Änderungen im Vergleich zur Entwicklungsstufe I waren:

Die Befestigung des Solarglases mit dem Kollektorrahmen wurde verklebt ausgeführt. Dadurch wurde eine Formfeste Verbindung des Glases mit dem Kollektorrahmen hergestellt, was sich positiv auf die ganze Statik des Kollektors auswirkte. Die Abdichtung zum Kollektorrahmen erfolgte mit Solarsilikon.

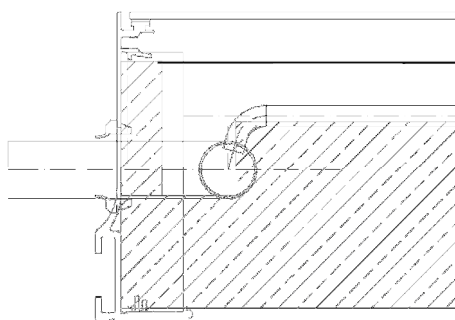


Abbildung 8: Detail der Befestigung des Solarglase mit dem Kollektorrahmen – Entwicklungsstufe II

Die Kollektorrückwand wurde wiederum mit Aluminium ausgeführt. Hier wurde die Anbindung an den Kollektorrahmen mittels Silikonabdichtung und Aluklemmprofile durchgeführt.

Die Mittelstege (Glasauflagerprofile) wurden mit den T-Profilen an der Kollektorunterseite über weiter Aluklemmprofile verbunden. Somit wurde eine Kraftübertragung zwischen Glas und T-Profilen hergestellt. Die Folienklemmungen wurden ähnlich wie in der Entwicklungsstufe I ausgeführt.

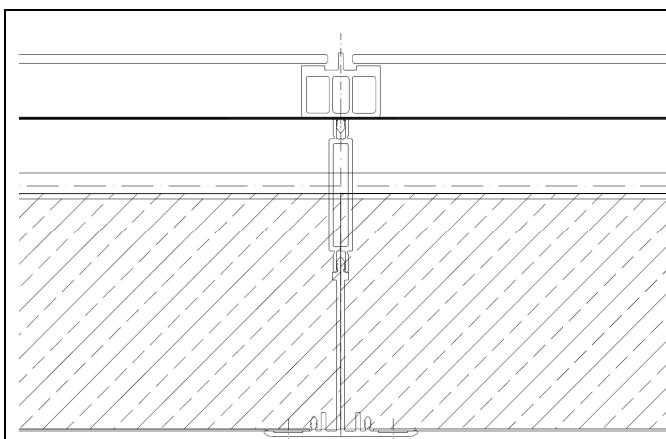


Abbildung 9: T-Profil und Anbindung des Mittelsteges

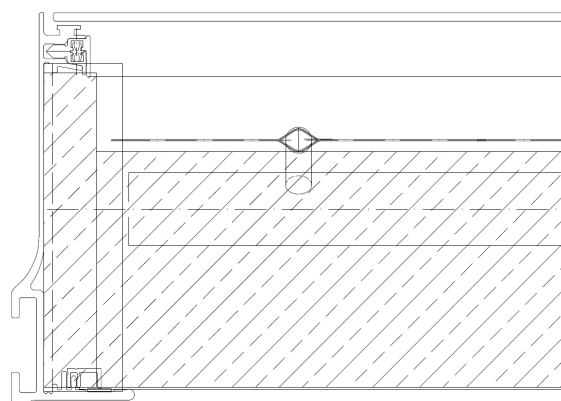


Abbildung 10: Klemmung der Kollektorrückwand mit dem Rahmenprofil

In dieser Entwicklungsstufe wurden zwei unterschiedliche Absorber in die Konstruktion integriert:

- Sunstrip Streifenabsorber
- Solvis Vollflächenabsorber

Um einen Praxisvergleich beider Absorber zu erhalten wurden zwei identische Kollektoren dieser Entwicklungsstufe gebaut und mit unterschiedlichen Absorbern ausgestattet. Die Kollektoren wurden zeitgleich am Prüfstand der AEE INTEC in Gleisdorf auf Leistung getestet.

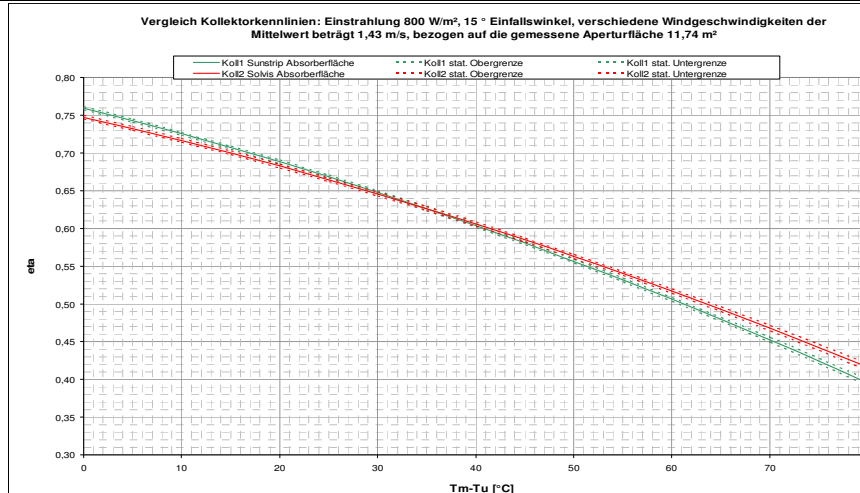
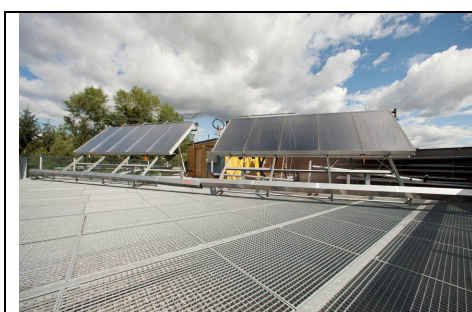


Abbildung 11: links: Testkollektoren am Versuchsstand, rechts: Ergebnisse anhand der Kollektorkennlinien

Diese Ergebnisse des Vortests sollten richtungweisend für die weitere Kollektorentwicklung sein. Leider kam es bei den Leistungsmessungen zu Messfehlern, welche erst nach Beendigung der Leistungsmessung (Outdoor Test) entdeckt wurden. Es handelte sich um defekte Temperatursensoren, welche die Testergebnisse unbrauchbar machten. Aus diesem Grund wurde dieser Outdoor Test nochmals durchgeführt, was aber eine extreme Zeitverzögerung von einigen Monaten bedeutete. Um diese Zeitverzögerung zu kompensieren wurden noch kleine Adaptierungen am Kollektor durchgeführt (siehe Entwicklungsstufe III), und nachfolgend mit den Zertifizierungstest (SolarKeymark, SRCC) des Kollektors schnellstmöglich begonnen.

In Abbildung 11 sind noch die „richtigen“ Messergebnisse der Vergleichsmessung an der Entwicklungsstufe II dargestellt. Diese Messergebnisse waren wie zuvor erwähnt erst nach

begonnenen Zertifizierungstests bekannt. Deutlich erkennbar ist, dass vor allem mit dem Solvis Absorber bei höheren Systemtemperaturen ein Leistungsvorteil im Vergleich zum Sunstrip Absorber besteht.

Entwicklungsstufe III

Wie zuvor Beschrieben wurde anhand dieser Entwicklungsstufe die Zertifizierungstests für SRCC und SolarKeymark durchgeführt.

Änderungen in Vergleich zu Entwicklungsstufe II sind:

- Leichte geometrische Adaption des Rahmenprofils
- Aluminiumrückwand wird nun mit doppelseitigen Klebeband verklebt (anstatt Klemmung + Silikon)
- Absorber: Einsatz von SunStrip Streifenabsorbern (aufgrund von langjährige Erfahrung)

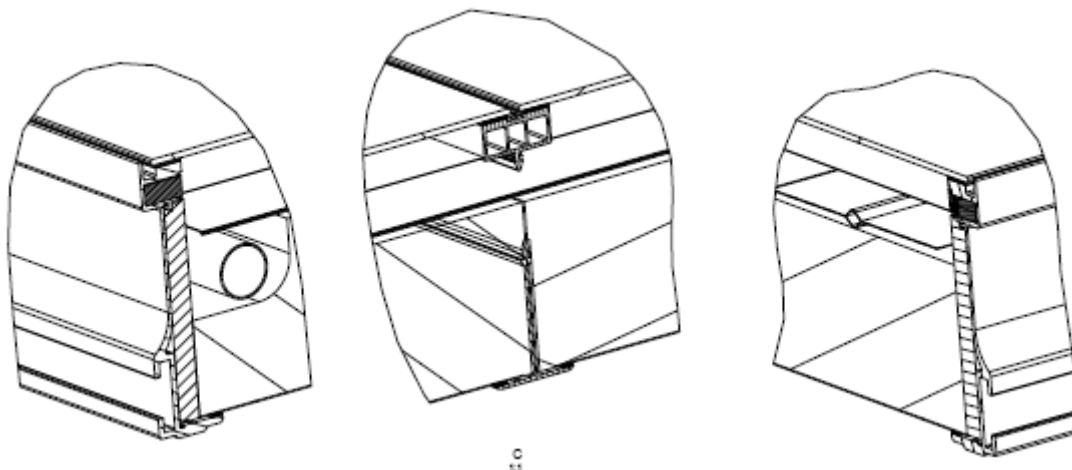


Abbildung 12: Darstellung der Kollektorprofile und Anschlussdetails – Entwicklungsstufe III

Nachfolgend sind die im Kollektor eingesetzten Materialien nochmals tabellarisch zusammengefasst.

Komponentenliste: ökoTech HT+ 12.5					
Nr.	Anzahl	Einheit	Bauteilbezeichnung	Abmessungen, Type	Material
1	1	Stk.	Absorberfeld		Kupfer, Aluminium
2	4	Stk.	Eckwinkel	30 x 30 x 3, Länge 100mm	Aluminium
3	50	Stk.	Blebschrauben	DIN 7981 c 3,5x13	St/469401
4	32	Stk.	Blindniete für Rückwandversteifungs- bzw. Glasauflageprofil	4,8 x 12 mmSK (Senkkopf)	A2 / A2
5	24	Stk.	Blindniete für Rahmenprofile	5 x 10 mm Flk (Flachkopf)	A2 / A2
6	3	Stk.	Rückwanddämmung mittig	90 x 1145 x 2131 mm / TSP SolarBoard D5 GVB	Steinwolle mit einseitigen schwarzen Flies
7	2	Stk.	Rückwanddämmung links / rechts	90 x 1126 x 2131 mm / TSP SolarBoard D5 GVB	Steinwolle mit einseitigen schwarzen Flies
8	15	Stk.	Randdämmung rundum	12 x 113 x 2000 mm / TSP SolarBoard D 15 GVB	Steinwolle mit einseitigen schwarzen Flies
9	1	Stk.	Rahmenprofil rechts	Länge: 2180 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / natureloxiert silber
10	1	Stk.	Rahmenprofil links	Länge: 2180 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / natureloxiert silber
11	2	Stk.	Rahmenprofil Längsseite	Länge: 5730 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / natureloxiert silber
12	5	Stk.	Kollektorrückwand	2130 x 1120 x 0,6 mm / Alustuccoblech	Stucco-EN573-3/485/1/2/4
13	4	Stk.	Rückwandversteifungsprofil	Länge: 2150 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / natureloxiert silber
14	8	Stk.	Stegprofil	Abschnittslänge: 20 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / blank
15	4	Stk.	Glasauflageprofil	Länge: 2161 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / natureloxiert silber
16	4	Stk.	Doppelklebeband - Rückwand links / rechts	6 x 1,5 Länge: 1101,6mm / 3M Solar Acrylic Foam Tape 2155	Solar Acrylic Foam Tape
17	6	Stk.	Doppelklebeband - Rückwand mittig	6 x 1,5 Länge: 1112,6mm / 3M Solar Acrylic Foam Tape 2155	Solar Acrylic Foam Tape
18	10	Stk.	Doppelklebeband - Rückwand lange Seite	6 x 1,5 Länge: 2117mm / 3M Solar Acrylic Foam Tape 2155	Solar Acrylic Foam Tape
19	10	Stk.	Doppelklebeband - Solarglas lange Seite	15 x 1,5 Länge: 2161mm / 3M Solar Acrylic Foam Tape 2155	Solar Acrylic Foam Tape
20	10	Stk.	Doppelklebeband - Solarglas kurze Seite	15 x 1,5 Länge: 1135,2mm / 3M Solar Acrylic Foam Tape 2155	Solar Acrylic Foam Tape
21	10	Stk.	Folienklemmprofil 2 (unten)	Länge: 1102 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / blank
22	10	Stk.	Folienklemmprofil 1 (oben)	Länge: 1102 mm / Alustrangressprofil	AlMgSi0,5 - F25 / blank
23	10	Stk.	Kunststoffklemmprofil	Länge: 1102 mm / Extrudieren	ABS
24	5	Stk.	ETFE Folie	1120 x 2200 x 0,025 mm / E16325Z-0025-1120	ETFE
25	2	Stk.	Tülle für Anschlussrohrdurchführung (VL / RL)	NW 28 mm	EPDM
26	1	Stk.	Tülle für Kollektorfühlerhülse durchführung	NW 10 mm	EPDM
27	26	Stk.	Membranlüftungselement	14 x 8 / VE 7 Serie	ePTFE
28	5	Stk.	Solarglas	3,2 x 1140 x 2166 mm / GMB Silk 3,2	Sicherheit Solarglas, eisenarm, kanten gesäumt
29	3	Stk.	Dichtsilikon - 310ml	Solardichtsilikon schwarz / 3M 320 Silicone Weather Sealant	Silikon

Abbildung 13: Stückliste – Entwicklungsstufe III

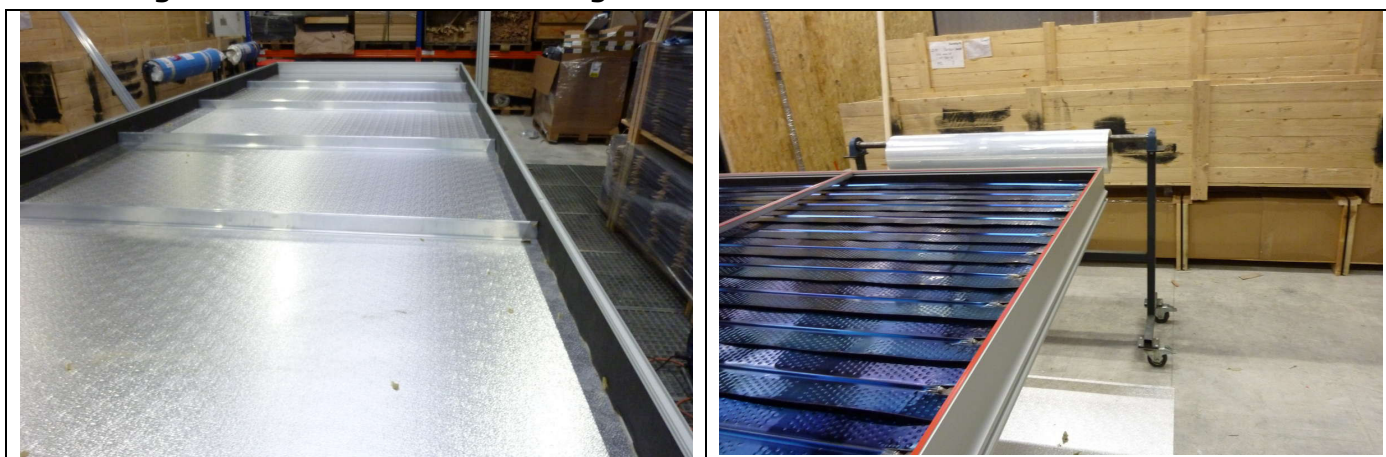


Abbildung 14: Auszug des Kollektorbaues – Entwicklungsstufe III

Die Testergebnisse (Leistung und Qualität) waren leider alles andere als zufrieden stellend. Es wurde ein erfolgreicher SRCC Kollektortest (siehe Anhang) durchgeführt. Leider entsprachen die Leistungsdaten nicht den Erwartungen des Projektteams. Nachfolgend sind die Leistungskurve und die Leistungsfaktoren aus einem Auszug des SRCC Berichtes angeführt.

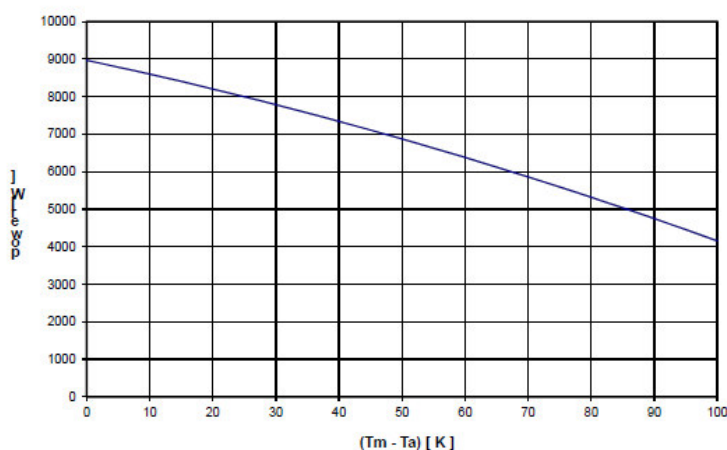
7.3.1 Test results thermal performance
Prüfergebnisse Wärmeleistung

Second order fit to data
Ausgleichskurve 2. Ordnung für die Messwerte

$$\dot{Q} = A \cdot G \left(\eta_0 - a_1 \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \right)$$

Conversion factor η_{0a} [] Konversionsfaktor	0.765 ± 0.003 (based on aperture area)
Heat transfer coefficient a_{1a} [W/(m²K)] Wärmedurchgangskoeffizient	3.046 ± 0.208 (based on aperture area)
Temp. dependent heat transfer coefficient a_{2a} [W/(m²K²)] Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0.011 ± 0.003 (based on aperture area)

Power curve per collector unit (for $G = 1000 \text{ W/m}^2$)
Leistungskurve pro Kollektormodul



Maximum power [W _{peak}] Spitzenleistung (G=1000 W/m²) per collector unit/ pro Kollektormodul	8968
---	------

Details of any damage and problems: Einzelheiten hinsichtlich vorhandener Fehler.
No visual damages

Abbildung 15: Auszug der Leistungsdaten aus dem Bericht der Kollektorprüfung nach SRCC Standard

Ein weiteres Problem trat bei den Qualitätstests auf. Nach erfolgreicher Exponierung wurden ein Beregungstest und weitere Belastungstests (Zug und Druck) durchgeführt. Aufgrund von diversen Qualitätsproblemen wurden diese Tests mit groben Mängeln bewertet, was zur Erlangung des SolarKeymark Gütesiegels nicht ausreichend war.

Appendix 3: Photo documentation

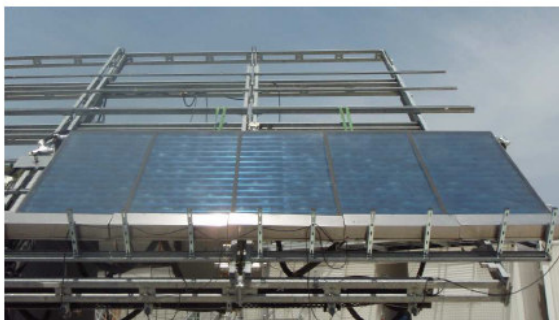


Fig. 2: determination of thermal time constant



Fig. 3: external shock test

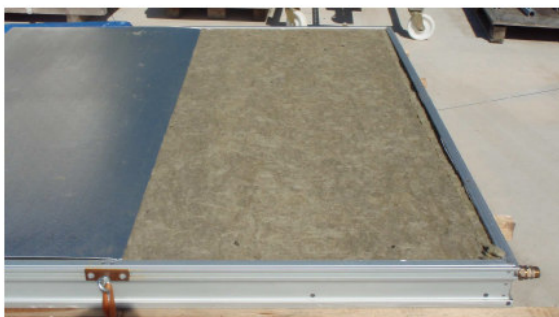


Fig. 4: final inspection



Fig. 5: final inspection

Abbildung 16: Testkollektor – Entwicklungsstufe III – auf dem Prüfstand

Die positiv, mit exzellenten Leistungsdaten, abgeschlossenen Kollektortest sollten als schlussendliches Projektziel erreicht werden. Nach den ernüchternden Ergebnissen wurde eine gänzliche Neukonstruktion des GFK 90+ durchgeführt (siehe hierzu Entwicklungsstufe IV).

Die Konstruktiven Probleme der statischen Haltbarkeit und der Abdichtung des Kollektorrahmens wurden analysiert, und anhand der Entwicklungsstufe soweit ausgemerzt.

Neben den Zielen der hochwertigen Qualität und Leistung des GFK 90+ war es auch eine Zielsetzung einen möglich günstigen Kollektor zu fertigen. Die Materialpreise von vergleichsweise billigen Modulkollektoren bewegen sich zwischen 60 und 75 EUR/m² Kollektorfläche. Die Kostenanalyse für die Entwicklungsstufe III ergab einen m² Materialpreis von ca. 80 EUR/m². Hier ist zu bedenken, dass es sich einerseits um einen Großflächenkollektor handelt, wo naturgemäß mehrere unterschiedliche Profile zum Einsatz kommen, und andererseits hier durch die Projektzielvorgaben ein Kollektor für hohe Systemtemperaturen zu konzipieren, und daher konstruktiv andere Ansätze getroffen werden müssen.

Entwicklungsstufe IV

Aufgrund der zuvor beschriebenen Probleme wurde eine gänzlich Überarbeitung der Kollektorkonstruktion durchgeführt. Es wurden hier vor allem die Problemstellen der Statik, der Abdichtung des Kollektorgehäuses und vor allem der schlechte Wirkungsgrad im Detail bearbeitet.

Kollektorrahmenprofil: Aufgrund der Probleme mit der Statik aus den zuvor beschriebenen Entwicklungsstufen wurde hier nun ein Hohlkammerprofil entwickelt. Dieses ist aufgrund seiner Geometrien für höhere Belastungen besser geeignet als die vorangegangenen Profile. Auch bei Wassereintritt in den Rahmen besitzen Hohlkammerprofile Vorteile, da sich das Wasser in der Hohlkammer Verteilen kann und an der Kollektorunterkante entwässert wird. Somit ist die Gefahr eines Wassereintrittes in den Kollektor schon konstruktiv verringert.

Abdichtung Glas – Kollektorrahmen: Das Glas wird mittels doppelseitigem Klebeband geklebt und mit einer EPD Dichtung abgedichtet. Hierbei entstehen beim Fertigungsprozess keine Verweilzeiten des Kollektors in der Produktionslinie. Probleme bei dieser Variante waren vor allem die geringen Maßtoleranzen zwischen Klebeband, Glas, Rahmen und EPDM Dichtung. Hier wird im Zuge einer kleinen Überarbeitung dieses Details die Problematik der Maßtoleranz entschärft.

Kollektorrückwand – Wärmeverluste: Um auch die Leistungsdaten zu erhöhen, wurde eine gänzlich andere Art einer Kollektorrückwand eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein Sandwichpaneel mit GFK Beschichtung. In diesem Paneel ist eine Alufachprofil eingearbeitet, welches die notwendige Befestigungsmöglichkeit mit dem Rahmenprofil und den Glashalteprofilen bietet. Nebenbei werden durch dieses Sandwichpaneel Wärmeverlust weitest gehend reduziert, was sich auf den Wirkungsgrad bevorzugt bei hohen Systemtemperaturen positiv auswirkt. Die Abdichtung zwischen Rückwand und Rahmenprofil wird durch ein zusätzliches Dichtband (Quellfugenband) hergestellt.

Folienklemmung: Durch entsprechende Profiländerungen wird die Folie nun vierseitig geklemmt und eingespannt, was sich auf die Faltenbildung der Folie äußerst positiv auswirkt. Die Folie lässt sich schöner und faltenfreier spannen und verarbeiten.

Absorber: Hier kommt ein optimierter Vollflächenabsorber (Solvis) hinsichtlich Durchströmung und Absorberrohrabstand zum Einsatz.

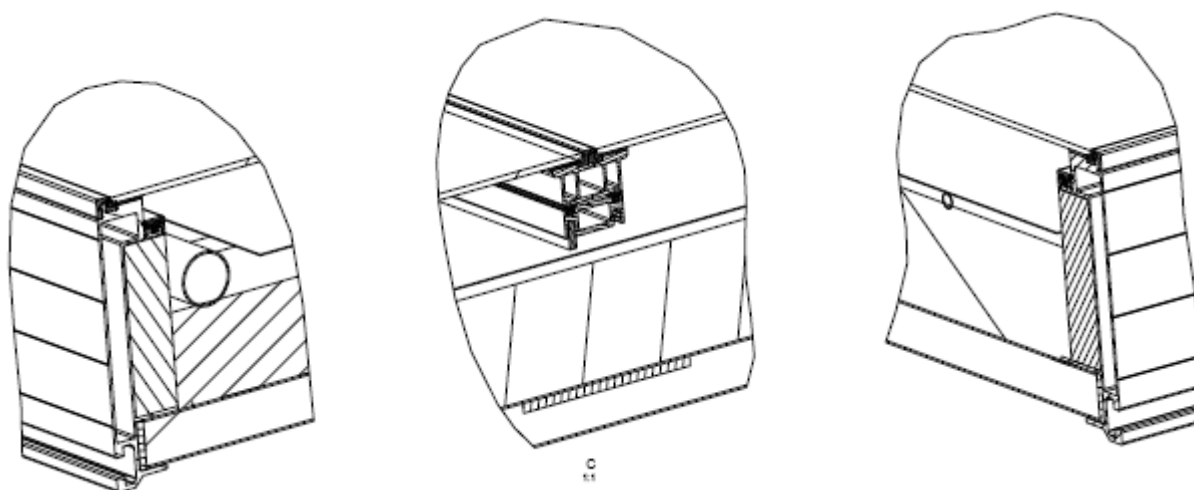


Abbildung 17: Detailzeichnungen zur Entwicklungsstufe IV

In nachfolgender Abbildung sind die einzelnen Materialien für den Kollektor der Entwicklungsstufe IV dargestellt.

Kollektorabmessungen 5.735 mm x 2.180 mm x 145 mm
Bruttokollektorfläche: 12,5m

Pos.	Art.	Bezeichnung	Zeichnungs-Prüfung	Materialdefinition
10	1	EPD Vorversiegelung	1:1	EPD Vorversiegelung: 1:1 nach EPD Vorversiegelung
11	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	EPD (4.000 x 4.000 mm)
12	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
13	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
14	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
15	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
16	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
17	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
18	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
19	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
20	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
21	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
22	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
23	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
24	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
25	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
26	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
27	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
28	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
29	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
30	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
31	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
32	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
33	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
34	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
35	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
36	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
37	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
38	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
39	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
40	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
41	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
42	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
43	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
44	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
45	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
46	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
47	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
48	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
49	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
50	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
51	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
52	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
53	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
54	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
55	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
56	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
57	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
58	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
59	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
60	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
61	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
62	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
63	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
64	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
65	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
66	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
67	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
68	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
69	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
70	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
71	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
72	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
73	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
74	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
75	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
76	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
77	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
78	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
79	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
80	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
81	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
82	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
83	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
84	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
85	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
86	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
87	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
88	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
89	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
90	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
91	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
92	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
93	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
94	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
95	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
96	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
97	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
98	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
99	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)
100	1	Druckplatte	1:1 (4.000 x 4.000 mm)	Druckplatte: 1:1 (4.000 x 4.000 mm)

Abbildung 18: Stückliste bzw. Materialdefinition der Entwicklungsstufe IV

Bei dieser Kollektorentwicklungsstufe wurden bereits erste Vortests mit Erfolg abgeschlossen. Einerseits stimmen die Leistungstest sehr positiv und andererseits auch die durchgeführten Qualitätstests. Bei den Belastungstests wurden auch die Kollektorbefestigungselemente getestet. Die Zugbelastung der Kollektoren (=Windsog) wurde über den für den SolarKeymark geforderten Werten getestet. Hierbei wurde mit 2000 Pa Zug- und Druckbelastung (= Anforderungen für Kanada) getestet. Diese durchaus harten Testbedingungen wurden anstandslos durchgeführt und positiv abgeschlossen.



Abbildung 19: links: Einsetzen der EPDM Dichtungen (Folie bereits montiert), rechts: fertiger Kollektor – Entwicklungsstufe IV

Aufgrund der verwendeten Materialien und der neuartigen Konstruktion sind die Leistungsdaten hervorzuheben, und mit nahezu keinem anderen am Markt befindlichen Flachkollektor vergleichbar.

Wirkungsgradkennlinie für $G^*_{\text{Norm}} = 1000 \text{ [W/m}^2\text{]}$

Aperturfläche $[\text{m}^2]$	Absorberfläche $[\text{m}^2]$	Massenstrom $[\text{kg/h}]$	Umg. Luftgeschw. $[\text{m/s}]$
4,683	0,000	450,0	3+/-1

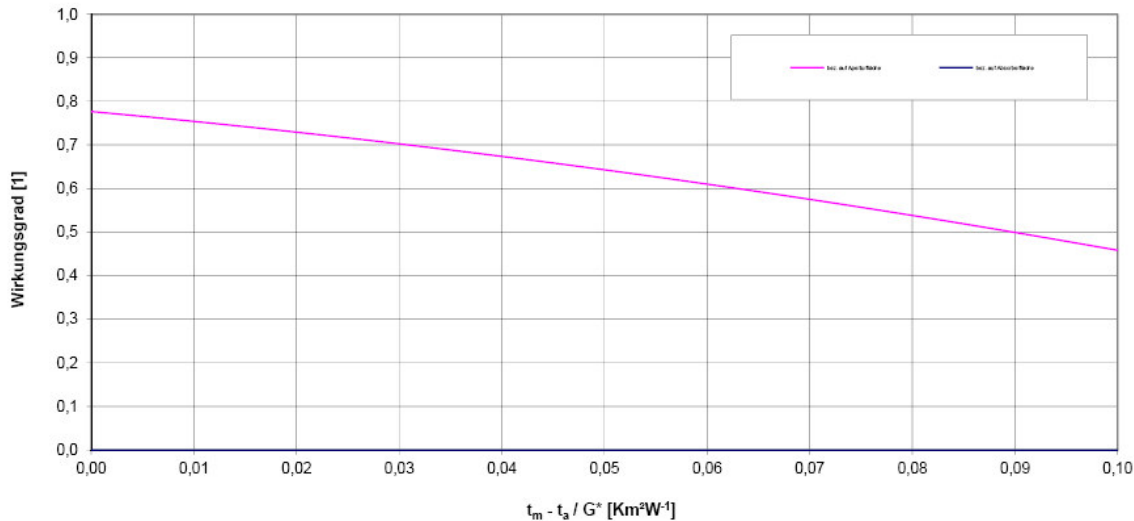


Abbildung 20: sehr flache Leistungskurve – Entwicklungsstufe IV

Ergebnisse der Leistungsprüfung

Wirkungsgradgleichung

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot (T_m - T_a) / G^* - a_2 \cdot (T_m - T_a)^2 / G^*$$

Koeffizienten inkl. Unsicherheiten der Wirkungsgradgleichung (bezogen auf die Aperturfläche A_a)

η_0	$u(\eta_0)$	$u(\eta_0)$	a_1	$u(a_1)$	$u(a_1)$	a_2	$u(a_2)$	$u(a_2)$
$[-]$	$[\%]$	$[-]$	$[(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$	$[\%]$	$[(\text{m}^2\text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2\text{K}^2)/\text{W}]$	$[\%]$	$[(\text{m}^2\text{K}^2)/\text{W}]$
0,777	1,34	0,0106	2,166	24,40	0,5286	0,010	60,92	0,0062

Prüfbedingungen	mittlere Bestrahlungsstärke $G^*_{\text{mittel}} [\text{W/m}^2]$	758
	Massenstrom $[\text{kg/h}]$	450,0
	Umgebungsluftgeschwindigkeit $[\text{m/s}]$	3+/-1

Abbildung 21: Hervorragende Kollektorkennwerte – Entwicklungsstufe IV

2.5 Arbeitspaket 6: Entwicklung Fertigungstechnik

Die Ausarbeitung eines Automatisierungskonzeptes erfolgte auf Basis der Entwicklungsstufe III.

Der Beginn der Ausarbeitung eines Automatisierungskonzeptes begann mit einer Recherche von Firmen, welche sich mit Automatisierung, insbesondere in der Solarindustrie beschäftigen. Danach wurde mit unterschiedlichsten Firmen in Kontakt getreten. Nach recht kurzer Zeit wurde aufgrund der Richtungsvorgaben von den Automatisierungsfirmen schnell klar, dass es für die Ausarbeitung dieses Konzeptes nötig ist, sich Hilfestellungen von einer unabhängigen Institution zu holen. Diese Hilfestellung wurde vom Campus 02 aus Graz, Fachhochschule der Wirtschaft, Fachbereich Maschinenbau Studienrichtung Automatisierung geleistet.

In zahlreichen Projektmeetings wurden die Vorgaben für die Automatisierungsrealisierung bzw. Konzeptausarbeitung definiert. Aufgrund der immer wieder sich ändernden Konstruktionen der Automatisierung haben sich im Laufe der Ausarbeitung auch die Anforderungen geändert.

Relativ rasch stellte sich heraus, dass eine Vollautomatisierung für einen Alu-Großflächenkollektor sowohl produktionstechnisch wie auch wirtschaftlich nicht die sinnvollste Lösung war. Aus diesem Grund wurde die Ausarbeitung auf eine optimierte Teilautomatisierung gelenkt.

Vorgaben an die Ausarbeitung:

- *Zugänglichkeit und Ablagefächer für Material*

Der Tisch muss rundum zugänglich sein, damit der Kollektor montiert werden kann. Des Weiteren müssen Ablagen für die einzelnen Komponenten des Kollektors unter dem Tisch Platz finden.

- *Manuelle Hubvorrichtungen*

Im Laufe des Projektes hat sich herausgestellt, dass ein manuelles Ausrichten der Rückwand vor dem Befestigen gegeben sein muss. Diese Platte wird von einem Produktionsmitarbeiter auf diese Hubvorrichtung (fünfmal pro Kollektor) gelegt, die Hubvorrichtung soll dann die Platte relativ zum Rahmen anheben.

- *Automatisierung Folienvorbereitung*

Um die Maßtoleranzen und damit auch die Folienspannung bei der Klemmung gleichmäßig vorzugeben sollte die Folie inkl. darauf fixierte Klemmprofile automatisiert werden. Reduktion der Montagezeiten und Qualitätssicherung für den Einbau und der Vorspannung der Folie !

- *Festdrücken der Glasplatte und Silikonaufragen*

Um die Glasplatten auf einer Klebeschicht zu befestigen, ist es notwendig, über die Breite des Doppelklebebandes eine Kraft von 200N auf die Glasplatte aufzubringen, damit die Klebeverbindung die Anforderungen erfüllt. Hierfür sollte eine automatisierte Lösung ausgearbeitet werden. Der Kollektor teilt sich an der Oberseite in fünf einzelne Glasplatten, welche rundum einen Spalt aufweisen. Die Spaltbreite ist über die Länge nicht konstant, da hier Fertigungstoleranzen einen großen Einfluss haben. Die Abdichtung des Spaltes mit Silikon soll auch automatisiert erfolgen

- *Portalkonstruktion der Positioniereinheit vermeiden*

Ein Rahmenaufbau über dem Montagetisch scheidet im Laufe des Projekts aus, da durch ein Portal mit Linearführungen über die gesamte Länge des Tisches der Platz für einen notwendigen Abtransport des Kollektors fehlt. Um dies zu vermeiden, ist eine innovative Kinematik-Lösung anzustreben.

Aus diesen Vorgaben wurde eine Ausarbeitung der einzelnen Elemente durchgeführt. Das Kernstück der Teilautomatisierung ist der Montagetisch. Dieser Montagetische übernimmt folgende Tätigkeiten:

- Ablagefächer für Profile und Materialien für eine Tagesproduktion (8-10 Stk. Kollektoren pro Schicht)
- Einstellbare Arbeitshöhen für eine ergonomisch Gesunde Arbeitshaltung der Produktionsmitarbeiter
- Maßtoleranzen und Anschläge für eine genaue Rahmenfixierung des Kollektors

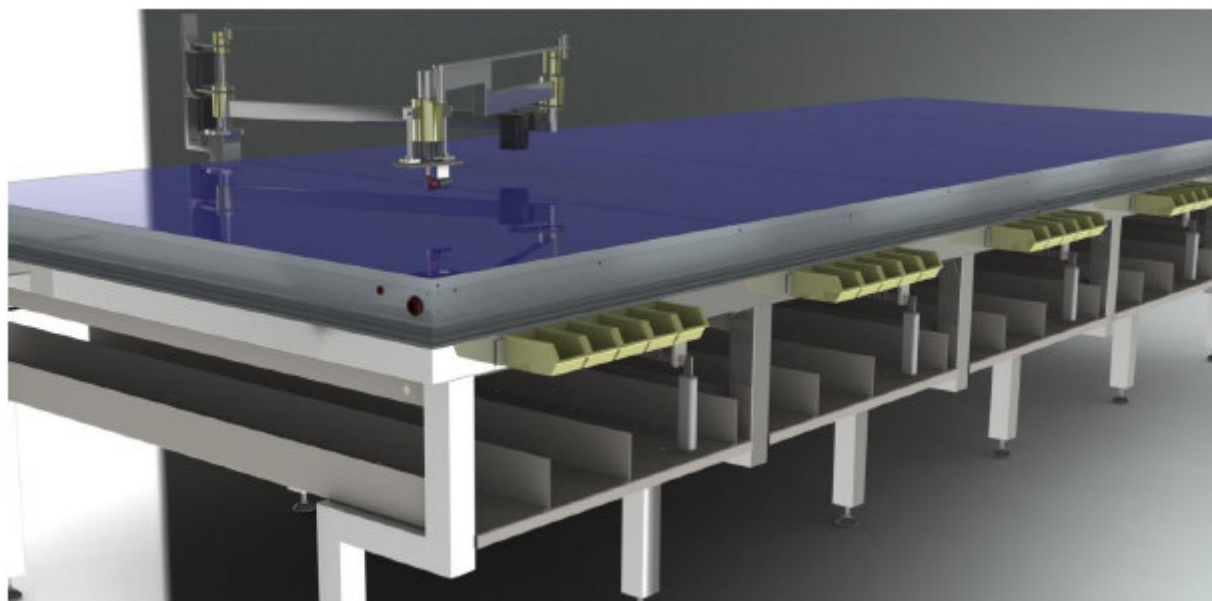


Abbildung 22: Rendering des Kollektormontagetisches

- Manuelle Hubvorrichtung für die Platzierung und Verklebung der Rückwand mit den Rahmen und Versteifungs- bzw. Querprofilen. Hier wird die Hubvorrichtung nach oben gedrückt, sodass die Alurückwände auf diese Hubvorrichtung platziert und eingerichtet werden können, ohne dabei mit dem Klebeband in Berührung zu kommen. Nach dem Einrichten, wird die Hubvorrichtung gesenkt und die Rückwände mit den Rahmenprofilen verklebt.

Nach dem Einlegen der Kollektordämmung und des Kollektorfeldes wird die Folie als zusätzliche thermische Trennschicht im Kollektorrahmen fixiert. Für die Vorbereitung der exakten Folienspannung und Fixiermöglichkeit wird die Folie automatisiert abgeschnitten, und in den dafür vorgesehene Klemmpunkten an den Enden verklemt. Somit kann die Folie an den Enden mit den Klemmpunkten in den Rahmen verspannt werden.

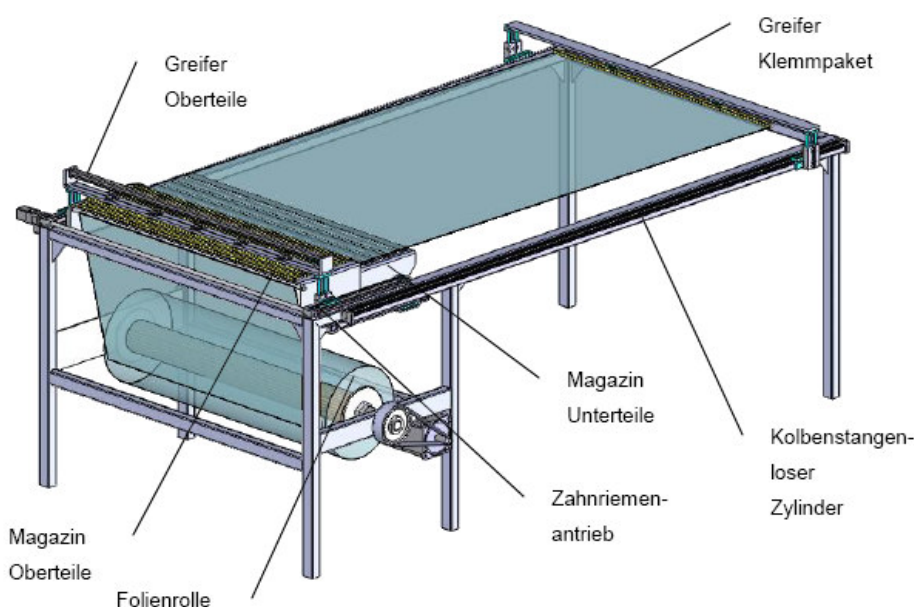


Abbildung 23: Folienspanntisch als automatisierter Prozess

Die nächsten automatisierten Prozesse sind die Verpressung zwischen Glas – Klebeband – Alurahmen bzw. die Erstellung einer dichten Silikonfuge im konstruktiven Leerraum zwischen Glas und Aluprofil. Diese wird mittels eines Gelenkarmes welcher die Glaskonturen abfährt und einer Linearführung am Rahmentisch (Positionswechsel des Gelenkarmes zwischen den Gläsern) ausgeführt. Eine Multifunktionseinheit am Ende des Gelenkarmes führt gleichzeitig die Verpressung und die Ausfüllung der Leerräume mit Silikon aus.

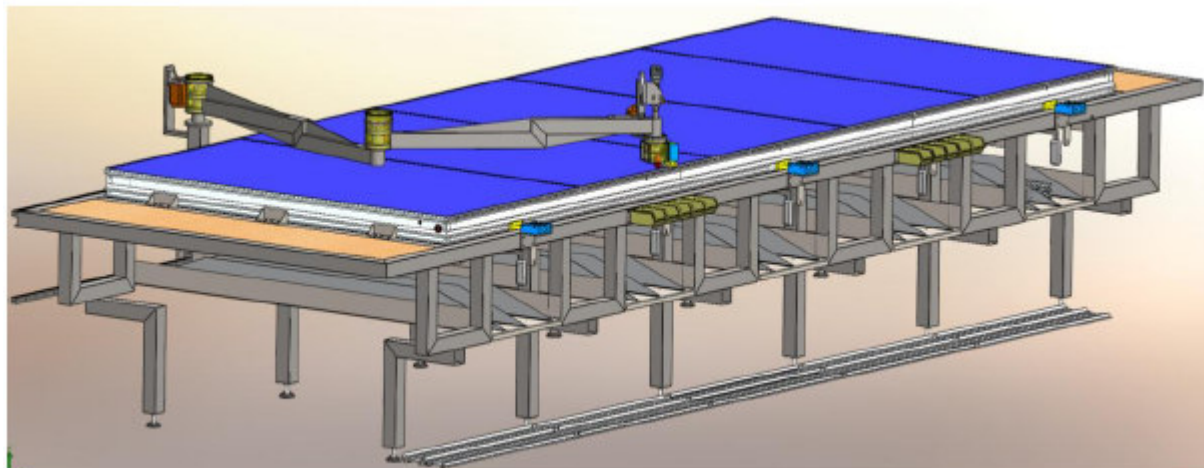


Abbildung 24: Kollektormontagetisch inkl. Gelenkarm

Zusammenfassend ist nochmals die Montagereihenfolge der Kollektorfertigung aufgelistet:

- Rahmenprofile einlegen (Gehrung geschnitten, komplett bearbeitet) - *manuell*
- Al-Eckwinkel einschieben und vernieten (6 Nieten / Winkel, von außen zugänglich) - *manuell*
- Rückwand-Versteifungsträger (4 Nieten/Träger, verschwinden in Isolierung) - *manuell*
- Rückwandbleche (Klebeband breit) - *halbautomatisiert*
- Dämmung (Randdämmung und Rückwanddämmung zur Fixierung der Randdämmung, 2 Dämmplatten/Glasscheibe) - *manuell*
- Verbindungsstege für Glas zur Versteifung - *manuell*
- Absorber-Element komplett einfädeln (keine Automatisierung, Zugänglichkeit, nicht formstabil)
- Glasauflageprofile positionieren und vernieten (4 Profile/Kollektor, 4 Nieten/Profil) - *manuell*
- Drucktest (Druckluft, 10-15 Minuten Prüfdauer) - *manuell*
- Abwickeln der Folie - *automatisiert*
- Fixieren mit Folienklemmprofil oben und unten unter Spannung (1%, ca. 20mm) - *manuell*
- Verschrauben der Klemmprofile (5 Schrauben/Profil, 10 Profile/Kollektor) - *manuell*
- Glas auflegen (Schutzschichten der Klebebänder abziehen, Klebestellen reinigen) - *manuell*
- Glas positionieren - *manuell*
- Anrollen der Klebezonen (Aushärtezeit 72 Stunden für 100% Klebefestigkeit) - *automatisiert*
- Zusätzliche Abdichtung aufbringen (Silikon) - *automatisiert*

Mögliche Investitionskosten für die Herstellung der zuvor beschriebenen Teilautomatisierung.

Nachfolgend ist eine Auflistung auf Basis von Erfahrungen bzw. Kosteneinholung diverser Lieferanten angeführt.

Gesamtkosten			
Pos.-Nr.	Bennennung		Preis
1	Ablagefach		2.490,00 €
2	Anpresseinheit		863,00 €
3	Gelenkarm		1.892,50 €
4	Hubvorrichtung		10.650,00 €
5	Linearführung		5.490,66 €
7	Tischgestell		2.560,00 €
8	Antriebstechnik und Steuerung - B&R		7.545,00 €
9	Kamerasystem - Keyence		9.011,19 €
10	Dosiertechnik - ViscoTec		17.000,00 €
11	Beschichtung		500,00 €
	Gesamtkosten		58.002,35 €

Abbildung 25: Darstellung der Investitionskosten für die Automatisierungskomponenten

Nicht enthalten sind hier die Firmeninternen Kosten für Planung, Inbetriebnahme, Feineinstellungen usw. Hier wird mit einem minimalen Arbeitsaufwand von mind. 2 -3 Mannarbeitswochen kalkuliert, bis die Automatisierung betriebs- bzw. serienbereit ist.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Optimaler Kollektorwirkungsgrad:

Im Zuge dieses Projektes mit den einzelnen Arbeitspaketen wurde vorweg die Erfahrung gemacht, dass mit einem im Detail perfekt konstruierten Großflächenflachkollektor optimale Wirkungsgrade (gerade im hohen Temperaturbereich) erzielbar sind (siehe Entwicklungsstufe IV).

Nachfolgende Grafik soll nochmals die optimale Performance der Entwicklungsstufe IV, und den Wirkungsgradvorteil bei hohen Temperaturen darstellen.

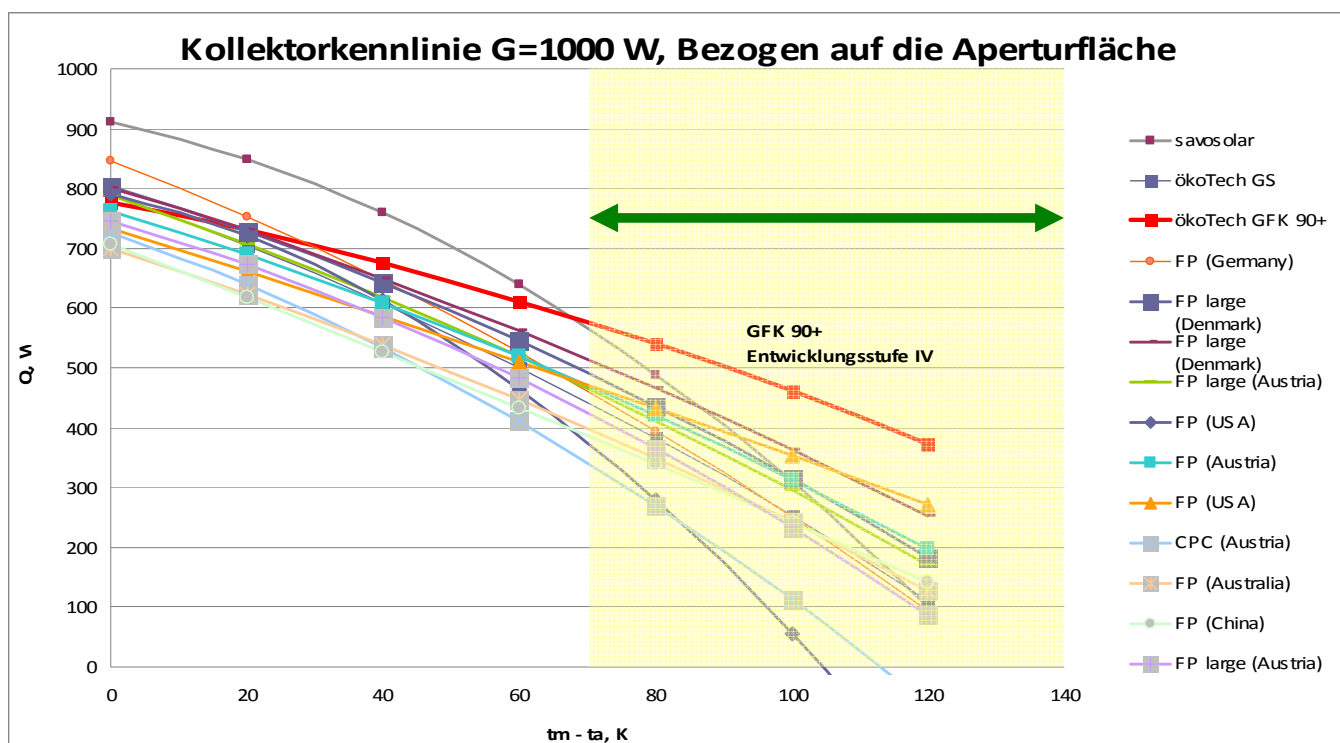


Abbildung 26: Leistungskennlinien unterschiedlicher Flachkollektoren im Vergleich

Deutlich erkennbar ist der Wirkungsgradvorteil im rechten Kurvenbereich (hohe Systemtemperaturen) des GFK 90+ (Entwicklungsstufe IV). Im Vergleich zu den am Markt befindlichen Flachkollektoren ist der Vorteil der Performance unübersehbar.

Um aber gerade diese optimale Konstruktion unter Berücksichtigung vieler Faktoren (z.B. Statik, Konvektion, Transport, Montage usw.) zu erstellen benötigt es einiges an Erfahrung in der Entwicklung von Großflächenkollektoren auf Basis einer Aluminiumkonstruktion. Diese Erfahrung wurde im Projektverlauf gesammelt.

Folienspannung:

Der zum Zeitpunkt des Projektantrages sehr kritische Punkt der Folienspannung, wurde im Verlauf des Projektes zur Zufriedenheit des gesamten Projektteams unter Ausarbeitung mehrere Spann- bzw. Klemmvarianten (auch in Zusammenarbeit von Lieferanten) erfolgreich umgesetzt.

Materialanforderungen:

Schwierig ergab sich die Definition der Materialanforderungen für den Großflächenkollektor. Hierbei sind vor allem die erreichbaren max. Temperaturen im Kollektorgehäuse und die damit verbundenen Materialbelastungen ein so genannter „Graubereich“. Gemessene bzw. berechnete Stillstandstemperaturen zum einen und eine max. Temperaturbelastung von diversen Materialien (Angabe von Herstellern) zum anderen sollten die Einsetzbarkeit dieser Materialien definieren. Dieses ist nach wie vor ein Graubereich, da in der Praxis Materialien eingesetzt werden, welche lt. Materialdefinition nicht geeignet dafür sind, aber trotzdem den Anforderungen auf Dauer entsprechen.

Statik

Die statischen Anforderungen an Großflächenkollektoren sind relativ schwer zu erreichen. Hierbei wurde im Projektverlauf erkannt, dass Einzelteile für sich relativ schwierig die statischen Anforderungen erreichen. Hierbei wurde rasch klar, dass vor allem die Verbindung zwischen

Kollektorrahmen und Glasabdeckung eine formschlüssige und feste Verbindung sein musste, um im Verbund die statischen Belastungen entgegen wirken zu können. Hierbei übernimmt das Glas eine Art „Versteifung“ des Rahmens. Die Entwicklungsstufe IV hat mit vollem Erfolg die Statischen Anforderungen bestanden.

Rahmenprofil – Bearbeitung

Der Bearbeitung diverser Rahmenprofile musste nach erfolgter Lieferung mit unbrauchbar bearbeiteten Rahmenteilern einer genaueren Betrachtung und Aufmerksamkeit entgegengebracht werden. Hierbei galt es besonders, den richtigen Lieferanten mit den dazugehörigen Möglichkeiten einer Materialbearbeitung nach planlichen Vorgaben und kleinsten Toleranzen umzusetzen, zu finden. Nach mehrmaligen nicht brauchbaren Lieferungen wurde nicht nur der Bau von Prototypen zeitlich verschoben, sondern auch der gesamte Projektzeitplan verschoben.

Automatisierung

Relativ rasch stellte sich heraus, dass eine Vollautomatisierung für einen Alu-Großflächenkollektor sowohl produktionstechnisch wie auch wirtschaftlich nicht die sinnvollste Lösung war. Aus diesem Grund wurde die Ausarbeitung auf eine optimierte Teilautomatisierung gelenkt, was als mittelfristiges Ziel auch umgesetzt werden sollte.

Indachsystem „Put&Click“

Ein weiteres positives Projektergebnis war, die Entwicklung eines raschen Montagesystems mit der Anforderung eines Solardaches und eine Dichtheit bei sehr geringen Dachneigungen. Die Konstruktion, die Umsetzung, und die ersten Belastungstest waren erfolgreich. Hier wurde bereits ein erstes Bauvorhaben mit dieser Konstruktion erfolgreich umgesetzt.



Abbildung 27: Erfolgreich umgesetztes Indachsystem (rund 280m² Kollektorfläche)

4 Ausblick und Empfehlungen

Der zur Zeit entwickelte Kollektortyp GFK 90+ besitzt im internationalen Vergleich hervorragende Leistungsdaten. Hier gilt es diese optimalen Leistungsdaten, gepaart mit noch eventuell durchgeführten Optimierungsmaßnahmen zur Vermarkten und zu verkaufen. Bei optimaler Nachfrage würde eine Automatisierung (Teilautomatisierung) in naher Zukunft umsetzbar werden. Ähnliches gilt für die Entwickelten Indachlösung (Put&Click). Nun ist es möglich sehr flache Dächer mit Indachkollektoren auszustatten, was vor allem bei Nahwärmenetzen (Einbindung in zentrale Heizwerken) für die Sommernutzung eine optimale Anwendung bietet.

IMPRESSUM

Verfasser

Asgard Solarkollektoren GmbH (Ökotech)
Puchstraße 85, 8020 Graz
T: +43 - 316 - 57 60 77
Fax: +43 - 316 - 57 60 77 - 28
Web: www.oekotech.biz

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH